

**TCXDVN**

**TIÊU CHUẨN XÂY DỰNG VIỆT NAM**

**TCXDVN : 366: 2004**

**CHỈ DẪN KỸ THUẬT  
CÔNG TÁC KHẢO SÁT ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH  
CHO XÂY DỰNG TRONG VÙNG KARST**

*Technical regulation of engineering geological investigation for construction in karst areas*

MỤC LỤC.

**Lời nói đầu**

<b>1.Những vấn đề chung .....</b>	<b>5</b>
1.1 Phạm vi và đối tượng áp dụng.....	5
1.2 Thuật ngữ và định nghĩa .....	5
1.3 Tài liệu trích dẫn.....	6
1.3 Đặc điểm hình thành, phát triển karst.....	6
1.4 Đặc điểm điều kiện ĐCCT trong vùng karst.....	7
<b>2. Phương pháp khảo sát ĐCCT trong vùng karst.....</b>	<b>9</b>
2.1 Thu thập, phân tích và tổng hợp số liệu khảo sát đã có .....	9
2.2 Sử dụng các tài liệu viễn thám.....	10
2.3 Phương pháp đo vẽ trắc địa công trình.....	10
2.4 Phương pháp khí tượng thủy văn - công trình.....	11
2.5 Phương pháp đo vẽ địa chất công trình.....	11
2.6 Phương pháp thăm dò địa vật lý.....	13
2.7 Phương pháp khoan và khai đào.....	15
2.8 Phương pháp nghiên cứu địa chất thủy văn.....	17
2.9 Thí nghiệm đất đá tại hiện trường.....	19
2.10 Thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thử nghiệm.....	19
2.11 Quan trắc định kỳ.....	21
2.12 Xử lý số liệu.....	22
<b>3 Khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở.....</b>	<b>22</b>
3.1 Mục tiêu khảo sát.....	22
3.2 Nhiệm vụ khảo sát.....	23
3.3 Ranh giới khảo sát .....	23
3.4 Nội dung và khối lượng khảo sát .....	23
<b>4. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở.....</b>	<b>25</b>
4.1 Mục tiêu khảo sát .....	25
4.2 Nhiệm vụ khảo sát .....	25
4.3 Ranh giới khảo sát .....	26
4.4 Nội dung và khối lượng khảo sát .....	26
<b>5. Khảo sát ĐCCT cho giai đoạn thiết kế kỹ thuật.....</b>	<b>31</b>
5.1 Mục tiêu khảo sát .....	31
5.2 Nhiệm vụ khảo sát .....	31
5.3 Ranh giới khảo sát .....	32
5.4 Nội dung và khối lượng khảo sát .....	32
<b>6. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công .....</b>	<b>36</b>



6.1	Mục tiêu khảo sát .....	36
6.2	Nhiệm vụ khảo sát .....	36
6.3	Ranh giới khảo sát .....	37
6.4	Nội dung và khối lượng khảo sát .....	37
<b>Phụ lục A. Đánh giá điều kiện ĐCCT trong vùng karst.....</b>		<b>41</b>
<b>Phụ lục B. Phân loại đá theo mức độ nứt nẻ.....</b>		<b>81</b>
<b>Phụ lục C. Phân loại đá theo mức độ phong hoá .....</b>		<b>82</b>
<b>Phụ lục D. Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển karst lãnh thổ Việt Nam</b>		<b>83</b>

## **Lời nói đầu**

TCXDVN 336:2006 “Chỉ dẫn kỹ thuật công tác khảo sát địa chất công trình cho xây dựng trong vùng karst” được Bộ Xây dựng ban hành theo Quyết định số: ngày.....tháng.....năm 2006

## **Chỉ dẫn kỹ thuật công tác khảo sát địa chất công trình cho xây dựng trong vùng karst**

*Technical regulation of engineering geological investigation for construction in karst areas*

### **1. Những vấn đề chung**

#### **1.1 Phạm vi và đối tượng áp dụng**

1.1.1 Chỉ dẫn này dùng làm cơ sở để lập nhiệm vụ khảo sát địa chất công trình (ĐCCT) cho xây dựng trong vùng karst. Đối tượng áp dụng là các khu công nghiệp, các khu dân cư, đô thị (gọi tắt là công trình), không áp dụng cho khảo sát xây dựng các công trình đặc biệt như: các công trình dạng tuyến, các công trình thủy lợi-thủy điện, các công trình ngầm,...

1.1.2 Khảo sát ĐCCT trong vùng karst không tách rời công tác khảo sát chung cho xây dựng và được tiến hành trong 3 giai đoạn, tương ứng với 3 giai đoạn thiết kế xây dựng đã được quy định trong các quy chế hiện hành: thiết kế cơ sở (TKCS); thiết kế kỹ thuật (TKKT); thiết kế bản vẽ thi công (TKBVTC). Trong trường hợp cần thiết phải bổ sung thêm giai đoạn khảo sát ĐCCT trước TKCS.

1.1.3 Công tác khảo sát ĐCCT phải được thực hiện trên cơ sở đề cương khảo sát ĐCCT. Nội dung của đề cương phải đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu nghiên cứu, lập hồ sơ cho các giai đoạn thiết kế tương ứng. Chỉ dẫn này có thể áp dụng để khảo sát phục vụ sửa chữa, mở rộng, nâng cấp xí nghiệp và công trình.

1.1.4 Karst trên lãnh thổ Việt Nam phát triển chủ yếu trong các đá cacbonat, vì vậy trong phạm vi của chỉ dẫn này chỉ xét đến các vùng phát triển karst trên đá cacbonat (đá vôi, dolomid, đá macnơ). Các khu vực nếu có hang hốc loại khác (ví dụ các hang hốc trong đất sét hình thành do đất có khả năng tan rã mạnh) không phải là đối tượng được quan tâm trong chỉ dẫn này.

#### **1.2 Thuật ngữ và định nghĩa**

1.2.1 *Karst* là tổ hợp các quá trình và hiện tượng địa chất xuất hiện trên bề mặt hoặc trong lòng đất chủ yếu là do hoà tan hoá học đất đá, tạo nên các hang rỗng, làm phá huỷ và biến đổi cấu trúc, trạng thái đất đá, cơ chế nước ngầm, đặc thù địa hình, cơ chế mạng thủy văn.

1.2.2 *Vùng karst* là các khu vực mà trên mặt đất địa chất của chúng có mặt đất đá hoà tan (đá vôi, dolomit, đá macrơ, đá muối, ...) và có hoặc có thể xuất hiện karst trên mặt và karst ngầm.

1.2.3 *Karst trần và karst phủ* là hai loại karst phân biệt theo đặc điểm phân bố của đá bị karst hoá. karst trần (đá bị karst hoá nằm ngay trên mặt) và karst phủ (đá bị karst hoá bị che phủ bởi các lớp đất đá không hoà tan, không thấm nước hoặc đất đá không hoà tan có thấm nước).

1.2.4 *Sụt lở - karst* là hiện tượng sập mặt đất do hang karst ở độ sâu không lớn, trần hang yếu.

*Xói sụt lở - karst* là hiện tượng sập mặt đất do dòng nước mang các vật liệu của tầng phủ nằm trên đưa xuống hang gây sập lớp phủ bên trên (dòng thấm đi xuống).

*Sụt lở - xói sụt lở - karst* là tổ hợp của cả 2 loại hình nêu trên.

1.2.5 *Lỗ khoan sâu* là hố khoan để nghiên cứu karst có chiều sâu vượt qua vùng bị karst hoá vào tầng đá nằm dưới nguyên khối không nhỏ hơn 5m.

### 1.3 Tài liệu trích dẫn

TCVN 4419 : 1987. Khảo sát cho xây dựng – Nguyên tắc cơ bản

TCVN 4253-86. Phân loại khối đá

TCXD 13: 1991. Phân cấp công trình xây dựng.

### 1.4 Đặc điểm hình thành, phát triển karst

1.4.1 Những yếu tố cơ bản phát triển karst bao gồm: sự vận động của nước ngầm và nước mặt; tồn tại đất đá hoà tan; tính thấm nước của đất đá hoà tan (đất đá phải có khả năng thấm nước); khả năng hoà tan đất đá của nước.

Chỉ cần thiếu dù chỉ 1 trong các yếu tố kể trên thì karst không phát triển, và khi hội tụ cả 4 yếu tố thì sự phát triển của karst là không tránh khỏi.

Các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển karst bao gồm: thành phần thạch học của đá hoà tan; chiều dày và đặc điểm nứt nẻ của lớp đá hoà tan; thành phần và chiều dày của lớp phủ; địa hình; điều kiện khí hậu.

1.4.2 Karst có quy luật phát triển chung là : giảm dần theo chiều sâu; mạnh hơn ở thung lũng sông và yếu hơn ở khu vực phân thủy; phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc và lịch sử phát triển địa chất của khu vực.

Các loại hình karst bề mặt phổ biến có thể kể đến như: hào, rãnh karst, các bề mặt hoà tan sót với các hang nổi, hang chìm; phế karst (rửa trôi bề mặt, lún, sập tầng mặt); cánh đồng karst (tập trung nhiều phế karst); thung lũng karst (do hoạt động xâm thực bằng

nước mặt và nước ngầm); vực karst (do sập nóc các sông ngầm hoặc hợp nhất các hố sâu karst tạo thành vực sâu khép kín có vách dựng đứng, đáy bằng phẳng); rừng đá karst (tạo ra do sự kế tiếp liên tục của các rãnh sâu với những khối đá còn lại); sông, suối, hồ cạn, hồ nổi karst; giếng karst, hố thu nước karst.

Các loại hình karst ngầm phổ biến bao gồm: khe nứt mở rộng do hoà tan; lỗ rỗng hoà tan (nhỏ hơn 2mm); lỗ hổng hoà tan (2÷20mm); hang hốc các loại (lớn hơn 20mm, trong đó có cả hang động, hồ và sông ngầm); các đới phá huỷ và dỡ tải; bề mặt hoà tan các lớp đá karst hoá; các phá huỷ thế nằm của đất đá nằm trên các hang hốc và các đới phá huỷ karst; phế u và địa hình karst cổ bị che khuất.

## **1.5 Đặc điểm điều kiện ĐCCT trong vùng phát triển karst**

1.5.1 Khảo sát ĐCCT trong vùng phát triển karst cần chú ý: khả năng phát sinh biến dạng đất nền và bề mặt đất do phát triển karst; khả năng chịu tải của đất đá bị karst hoá giảm không đều, có chỗ tồn tại các đới hoặc các thấu kính yếu trong tầng phủ; đặc điểm thuỷ văn (TV) và địa chất thuỷ văn (ĐCTV) liên quan với karst biến đổi rất mạnh và phức tạp; khả năng kích thích phát triển karst và các quá trình địa chất kéo theo khác do hoạt động kinh tế của con người.

1.5.2 Biến dạng đất nền và bề mặt đất trong vùng karst chia làm các loại: sập mặt đất, lún mặt đất cục bộ, lún mặt đất khu vực.

Các hố sập có thể xuất hiện đơn lẻ hoặc thành nhóm, có thể là mới, có thể là nhắc lại ở chỗ cũ trong đó có thể nhắc lại nhiều lần. Theo thời gian, các hố sập bị lấp dần.

Lún mặt đất cục bộ do karst phát triển chậm hơn sập, từ vài giờ, vài ngày đến vài năm và hình thành trên mặt đất chỗ uốn võng, thung lũng, phế u đường kính từ vài mét đến vài chục mét, chiều sâu từ vài cm đến 1-2m, thậm chí đôi khi vài mét. Cơ chế lún mặt đất cục bộ cũng như sập nhưng chậm hơn, thường hay xen kẽ với sập thứ sinh.

Lún mặt đất khu vực là quá trình địa chất lâu dài do dịch chuyển đất đá phía trên vùng phát triển karst, đặc biệt là đất đá ở phía trên bề mặt đá bị xâm thực (hoà tan) và do mang dần vật liệu rời từ đất đá tầng phủ theo các khe nứt và hang hốc karst. Lún mặt đất khu vực xảy ra với vận tốc quá nhỏ chỉ phải xét đến khi thiết kế các công trình đặc biệt, nhạy cảm với lún nền.

Trong vùng phát triển karst ngoài sập, lún còn tồn tại các dạng địa hình karst khác như đã kể ở phần trên: phế u, trũng, hào, rãnh... ở đó lắng đọng và tích chứa các vật liệu chịu tải kém, trong đó có cả đất san lấp, bùn.

1.5.3 Nếu trong vùng nén lún của công trình có đá gốc bị karst hoá thì phải đánh giá khả năng chịu tải của chúng, phải tính đến mức độ nứt nẻ và không đồng nhất về nứt nẻ, sự có

mặt của các đới đá gốc yếu do rửa lũa và do hang hốc (được lấp nhét hoặc không lấp nhét). Cũng cần phải tính đến khả năng tồn tại các phá huỷ khác (do karst) trong đất đá không hoà tan nằm trong vùng nén lún (hang hốc bị lấp nhét hoặc không bị lấp nhét, các đới đỡ tải, các đới dịch chuyển và đứt gãy).

1.5.4 Điều kiện ĐCTV và TV trong vùng karst đặc trưng bằng những tính chất rất riêng biệt (tính thấm của đá bị karst hoá cao và rất không đồng nhất, đặc điểm phân chia dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm, cơ chế mực nước, đặc điểm biến đổi thủy địa hoá rất phức tạp, tồn tại các hố thu nước mặt, các khu vực mất nước từ hồ chứa và các dòng chảy ngầm bất ngờ chảy vào hố đào) phải rất chú ý khi khảo sát đánh giá lãnh thổ. Những đặc trưng này có ý nghĩa quan trọng khi thiết kế các hồ chứa nước, hệ thống kênh mương, tưới tiêu, thải... và giải quyết các nhiệm vụ khác, bao gồm cả các giải pháp xử lý karst.

1.5.5 Điều kiện xây dựng và khảo sát trong vùng karst phụ thuộc vào những *quy luật* và đặc điểm tự nhiên mang tính *khu vực, địa phương và cục bộ*. Những quy luật và đặc điểm này rất khác nhau đối với các loại karst khác nhau theo thành phần thạch học, thế nằm của đá karst hoá và cũng rất khác nhau cho các vùng kiến tạo, khí hậu khác nhau.

1.5.6 Vùng phát triển karst trần có những đặc điểm sau: sự xuất lộ trên bề mặt các đá bị karst hoá làm cho nước mặt thấm xuống, phát triển phong hoá, hình thành các khe nứt ngoại sinh và phát triển karst; sập và hạ thấp mặt đất là do bị vỡ và sạt thành vách các hố karst. Sập và lún mặt đất do xói ngầm - karst chỉ quan sát thấy ở các vùng địa hình hạ thấp được lấp đầy bằng đất mềm rời; khả năng chịu tải của đá nói chung là cao nhưng không đều, đôi chỗ rất yếu. Do đá lộ ngay trên mặt nên tiến hành khảo sát ĐCCT trong trường hợp này rất hiệu quả, có thể phân vùng ĐCCT karst một cách dễ dàng.

Vùng phát triển karst kín bị che phủ bởi đất đá không hoà tan và không thấm nước thì đất đá không thấm nước bên trên ngăn cản quá trình phát triển karst và các quá trình liên quan khác. Khảo sát ĐCCT trong trường hợp này cần phải xác định khả năng thấm nước và chiều dày tầng phủ, đánh giá khả năng bảo vệ bề mặt đất của tầng phủ (độ bền) khỏi các hiện tượng karst bề mặt.

Vùng phát triển karst kín bị che phủ bởi đất đá thấm nước không hoà tan thì lớp đất đá thấm nước không ngăn cản quá trình phát triển karst và các hiện tượng liên quan, nó còn gây khó khăn cho việc khảo sát và đánh giá phân loại lãnh thổ theo karst, đặc biệt nguy hiểm là các khu vực mà lớp phủ là đất loại cát, sạn, sỏi. Trong trường hợp này karst phát triển mạnh ở thung lũng sông, các dòng chảy ngầm có gradien rất lớn xuất lộ ở đáy sông và sườn thung lũng, quá trình xói ngầm-karst phát triển mạnh, có thể hình thành các phếu karst làm hư hại và phá huỷ công trình. Những tác động nhân sinh trong các khu vực này (đặc biệt là những biến đổi về chế độ động lực nước dưới đất do khai thác nước ngầm) sẽ làm phát triển mạnh các quá trình xói sụt lở - karst.



Khảo sát ĐCCT trong vùng karst kín đối với tầng phủ phải xác định được: cấu trúc địa chất, thành phần thạch học, trạng thái, tính chất của đất đá, điều kiện ĐCTV, các biểu hiện karst bề mặt, các đới phá huỷ và đỡ tải.

1.5.7 Khảo sát ĐCCT trong vùng karst cần chú ý rằng thay đổi trạng thái tự nhiên do kết quả hoạt động kinh tế của con người có thể dẫn đến việc phát triển mạnh karst cùng với các quá trình có liên quan, ví dụ : thay đổi điều kiện thuỷ động lực nước dưới đất do xây dựng thuỷ điện, khai thác mỏ, khai thác nước ngầm thường làm gia tăng đột ngột quá trình xói sụt lở- karst; thay đổi tính ăn mòn của nước ngầm do nước thải công nghiệp cũng dẫn tới phát triển mạnh karst; tải trọng động có thể gia tăng các quá trình sập mặt đất trong đá macnơ, làm giảm sức chịu tải của đá, thậm chí gây hoá lỏng đối với đá ướt...

1.5.8 Đánh giá sơ bộ mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT trong vùng karst phục vụ thiết kế khảo sát có thể kết hợp bảng phân cấp mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT trong tiêu chuẩn khảo sát TCVN 4419:1987 với đánh giá mức độ và đặc điểm phát triển karst theo bảng A1, A2 của phụ lục A. Cấp của công trình xây dựng được đề cập trong chỉ dẫn này xác định theo tiêu chuẩn xây dựng TCXD 13: 1991.

Nhiệm vụ cơ bản của khảo sát ĐCCT trong vùng karst là: xác định mức độ nguy hiểm của karst tác động đến công trình, môi trường sinh thái và kinh tế xã hội; dự báo phát triển karst trong giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình; xác định khả năng kích hoạt karst trong quá trình sử dụng công trình do các tác động nhân sinh; soạn thảo chiến lược và các kiến nghị cụ thể cho các giải pháp xử lý karst.

Từ khi xây dựng kế hoạch, lập đề cương và tiến hành khảo sát cần chú ý những điểm sau: quá trình phát triển karst và các hiện tượng đi kèm (xói ngầm, sập, hạ thấp mặt đất...) được quyết định bởi tổ hợp nhiều yếu tố có mối liên hệ tương tác và phức tạp; karst phát triển và phân bố rất không đồng nhất theo thời gian và không gian; vùng phát triển hang hốc karst nguy hiểm cho công trình có thể nằm ở những độ sâu lớn (50 ÷ 100 m, đôi khi còn hơn ) đòi hỏi phải có các lỗ khoan chuyên dụng để nghiên cứu; quy luật phân bố và phát triển karst không thể làm rõ được khi tiến hành khảo sát trên một diện tích không đủ lớn.

## **2. Phương pháp khảo sát ĐCCT trong vùng karst. Một số yêu cầu kỹ thuật**

Khảo sát ĐCCT trong vùng karst phải được tiến hành theo thứ tự công việc và kết hợp tối ưu các phương pháp khảo sát: thu thập, phân tích và tổng hợp tài liệu khảo sát của những năm trước ( trong đó có cả các số liệu về kinh nghiệm xây dựng và sử dụng nhà, công trình trong vùng karst); phân tích bản đồ địa hình tỷ lệ lớn và ảnh máy bay; trắc địa công trình; khí tượng-thủy văn công trình; đo vẽ địa chất công trình (ĐCCT); địa vật lý (ĐVL); khoan - khai đào; địa chất thủy văn (ĐCTV); thí nghiệm đất đá ngoài trời, bao gồm cả xuyên

động, xuyên tĩnh và karota; thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thực nghiệm; quan trắc; xử lý số liệu.

### **2.1 Thu thập, phân tích và tổng hợp số liệu khảo sát đã có**

Thu thập, phân tích, tổng hợp số liệu về các vùng karst để giải quyết các nhiệm vụ sau: làm sáng tỏ cấu trúc kiến tạo, lịch sử địa chất khu vực, chiều sâu phân bố, loại hình và tuổi của karst; nghiên cứu mặt cắt địa chất-thạch học khu vực thăm dò và vùng phụ cận trên toàn bộ chiều dày tầng phủ và chiều sâu đới phát triển karst; phát hiện các đới kiến tạo yếu; nghiên cứu điều kiện địa chất thuỷ văn, thuỷ văn, địa mạo phát triển karst; thu thập các bằng chứng và các đặc tính định lượng về karst trên bề mặt và dưới sâu, về biến dạng các công trình xây dựng, nhà ở, khai thác nước, về những biến đổi trạng thái môi trường tự nhiên cũng như tác động của chúng đến quá trình phát triển karst trên lãnh thổ nghiên cứu. Chú trọng đến những biểu hiện của các hố sập karst và biến dạng mặt đất trong khu vực.

Khi thu thập và hệ thống hoá tư liệu cần tiến hành đồng thời việc ghi chú danh mục tài liệu đã sử dụng, sao chép các bản đồ, mặt cắt, đồ thị, biểu bảng. Trên cơ sở thu thập, phân tích, tổng hợp tư liệu phải thành lập: bản đồ tài liệu thực tế; bảng tra cứu lỗ khoan khảo sát; các kết quả nghiên cứu địa vật lí, thuỷ văn, địa chất thuỷ văn, thí nghiệm trong phòng và ngoài trời, quan trắc định kỳ; katalo các dạng địa hình karst (phễu, hố sập, ...); sơ đồ phân tích điều kiện phát triển và phân bố karst; sơ đồ phân vùng sơ bộ lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst.

Thu thập số liệu phải được tiến hành trước mọi giai đoạn khảo sát. Những tài liệu thu thập kể trên làm cơ sở hoạch định kế hoạch khảo sát tiếp theo, lựa chọn nội dung và khối lượng hợp lý cũng như phương pháp khảo sát thích hợp.

### **2.2 Sử dụng các tài liệu viễn thám**

Các tài liệu viễn thám được sử dụng ở giai đoạn đầu khảo sát cho các công trình có quy mô lớn. Các tư liệu viễn thám được sử dụng để đo vẽ địa chất, địa chất thuỷ văn và địa mạo ảnh hưởng đến quá trình phát triển karst, đo vẽ các cấu trúc karst và quan trắc quá trình phát triển của nó. Ảnh hàng không tỷ lệ 1:5000 ÷ 1:20000 cho phép giải đoán với độ tin cậy cao các dạng cấu trúc địa hình karst tại những khu vực không có dân cư sinh sống (phễu, hố sập karst ...) với kích thước tương ứng lớn hơn 5-20 m. Trên ảnh hàng không cho phép xác định các hố sụt, phễu karst đã bị lấp mà khảo sát mặt đất không nhận thấy. Tại các khu vực có dân cư sinh sống, tư liệu ảnh viễn thám có thể cho phép giải đoán các dạng địa hình hoặc một quần thể địa hình karst có kích thước lớn.

### **2.3 Phương pháp đo vẽ trắc địa công trình**

Đo đạc trắc địa công trình phục vụ nghiên cứu địa hình khu vực sẽ xây dựng và cung cấp số liệu để thiết kế các hạng mục xây dựng và khảo sát công trình. Trong vùng karst phải



đặc biệt chú trọng việc đo đạc và thể hiện được các biểu hiện karst trên sơ đồ, bản đồ mặt bằng khu vực khảo sát, định vị toạ độ mặt bằng, cao trình của các công trình khoan đào, của các điểm quan trắc (địa vật lý, thuỷ văn,...) khác, đo vẽ mặt cắt, mặt bằng địa hình cho từng cấu trúc karst phức tạp, quan trắc định kỳ về biến dạng công trình xây dựng, biến dạng bề mặt và các lớp đất.

#### **2.4 Các phương pháp khí tượng thuỷ văn - công trình**

Khảo sát khí tượng thuỷ văn là bộ phận không thể thiếu đi kèm với các khảo sát địa chất thuỷ văn và các công tác khảo sát khác. Khảo sát khí tượng thuỷ văn không chỉ tiến hành trong các giai đoạn khảo sát mà còn trong hệ thống quan trắc định kỳ tiếp theo. Nhiệm vụ khảo sát khí tượng-thuỷ văn bao gồm: lập cân bằng nước và muối, đánh giá cường độ hoạt động karst; làm sáng tỏ và định lượng các khu vực thu nước mặt và các khu vực nước mặt được bổ sung bằng nước ngầm; nghiên cứu chế độ động lực nước mặt và ảnh hưởng của nước mặt đến phát triển karst; dự báo những quy luật thuỷ văn để đánh giá sự phát triển của karst trong tương lai và tính toán ảnh hưởng của các tác động nhân sinh. Cần chú ý rằng trong vùng phát triển karst, đặc điểm thuỷ văn biến đổi rất mạnh theo diện cũng như thời gian (các phễu thu nước mặt, các nguồn nuôi nước mặt bằng nước ngầm, sự dao động bất thường của chế độ nước mặt).

#### **2.5 Phương pháp đo vẽ địa chất công trình**

Đo vẽ ĐCCT trong vùng karst, bên cạnh những nhiệm vụ ĐCCT thông thường còn phải giải quyết những nội dung đặc thù sau: xác định sự xuất hiện các loại hình karst trên mặt đất; các biểu hiện thuỷ văn, ĐCTV phát triển karst; mối quan hệ của karst với các yếu tố địa chất – kiến tạo, địa mạo, địa chất thuỷ văn; biến dạng nhà và công trình liên quan với karst; kinh nghiệm và hiệu quả của các giải pháp xử lý karst; các yếu tố tác động nhân sinh kích hoạt karst (các trạm bơm nước ngầm, hệ thống dẫn nước, công trình thuỷ công). Tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào: giai đoạn khảo sát, quy mô và tầm quan trọng của công trình, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và các kết quả đã nghiên cứu.

Tại những khu vực đã có nền địa chất, địa chất thuỷ văn cùng tỷ lệ đo vẽ ĐCCT thì đo vẽ ĐCCT được tiến hành chỉ để kiểm tra và chính xác hoá các tư liệu về điều kiện địa chất, ĐCTV, địa mạo. Trong trường hợp không có các tư liệu này, cần phải tiến hành đo vẽ địa chất, địa chất thuỷ văn, địa mạo với nội dung đáp ứng yêu cầu của nhiệm vụ khảo sát ĐCCT đặt ra.

Việc nghiên cứu điều kiện phát triển karst và mức độ karst hoá tại các điểm lộ đá gốc tự nhiên và nhân tạo có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Nghiên cứu các đới tiếp xúc giữa đá đá có nguồn gốc thạch học và thành phần khác nhau, nhằm xác định rõ lịch sử địa chất của khu vực, trong đó có vấn đề karst cổ và cũng là làm sáng tỏ khả năng phát triển karst trong thời điểm hiện tại. Đặc biệt chú ý nghiên cứu địa hình bề mặt của đá gốc và các thung lũng cổ,

các biến đổi độ dày tầng đá và làm sáng tỏ mối liên quan của các biến đổi này với karst. Phát hiện các phân lớp chắn nước và tầng đá không hoà tan. Xác định cấu trúc, thành phần đất đá, phân bố và tính chất của tầng phủ để làm rõ khả năng phát triển các quá trình phá huỷ, sập, lún v.v..., thúc đẩy biến dạng bề mặt. Nghiên cứu độ nứt nẻ của đất đá trong các vết lộ, hào, hố đào để tiến hành các phân tích thống kê sau này. Lấy mẫu đất, đá, nước mặt, nước ngầm cho các thí nghiệm trong phòng.

Đối với mỗi biểu hiện karst trên mặt (phễu, hố sập) phải được mô tả đầy đủ các đặc tính: hình dạng trên mặt bằng (tròn, ô van, đa giác hay không); đường kính, độ sâu, phương trục dài, trục ngắn; đặc điểm miệng phễu (phẳng, góc cạnh, rõ hay mờ, nhẵn hay không); độ dốc của thành phễu; hình dạng đáy, mức độ chứa nước và lầy hoá; mức độ che phủ thực vật trên sườn dốc và đáy; mô tả các điểm xuất lộ đá gốc, mức độ nứt nẻ của chúng, các hố thu nước.

Khi điều tra các trũng lòng chảo, khe xói, thung lũng và cánh đồng karst phải nghiên cứu hình hài của chúng và mối liên hệ với nước mặt, nước ngầm. Trong đó phải mô tả hình thái, kích thước, đặc điểm sườn dốc, đáy, các điểm lộ đá gốc, sự hiện diện của các phễu karst, hố thu nước, nguồn nước xuất lộ, khu vực úng ngập vào mùa mưa v.v... Cần phải điều tra, khẳng định yếu tố khép kín, nửa khép kín hay mở (có cửa trao đổi tự do với nước mặt), khoanh vùng các dạng karst thu nước khép kín. Nên tiến hành phân tích lịch sử địa chất quá trình hình thành các loại hình karst đang thị sát.

Trong quá trình mô tả hào-rãnh, cánh đồng karst, phải thể hiện mật độ rãnh, hướng phát triển của chúng, hình hài, kích thước và có hay không các tàn tích tồn tại trong các rãnh, mối liên quan giữa hào-rãnh và thành phần thạch học, mức độ nứt nẻ và địa mạo.

Đối với các hang động karst cần vẽ sơ đồ mặt bằng, mặt cắt ngang, mặt cắt dọc hang, xác định hiện trạng tồn tại của hang: địa chất-thạch học của hang, cấu trúc kiến tạo, địa mạo, cao độ hang, tuổi, thành phần, điều kiện thế nằm, đặc điểm cấu tạo và tính chất của đất đá trên tường, trên nóc và dưới đáy hang động, độ nứt nẻ, phân cắt, đặc điểm bề mặt vết nứt. Lưu ý đến các suối hồ ngầm, nước đọng trên thành và trần hang động, các nhũ cột, nhũ chuông, vật liệu cát, sét trong khe nứt và đáy hang động. Xác định mối liên quan giữa hang động với các phễu karst có trong khu vực khảo sát.

Các hồ karst cần mô tả vị trí, kích thước, độ sâu, hình dạng, làm rõ điều kiện thành tạo hồ, mối liên quan với tầng thạch học, điều kiện cấp nước (nước mặt, nước ngầm hay hỗn hợp), thoát nước, chế độ, mực nước và thành phần hoá học của nước trong hồ, có hay không phễu, nguồn nước ngầm dưới đáy hồ và trên bờ.

Các sông và hồ ngầm cần xác định kích thước của chúng, vận tốc dòng chảy, lưu lượng trên từng đoạn, nhiệt độ, thành phần hoá học, làm rõ nguồn cấp và đặc điểm chế độ nước. Xác định cao trình mực nước và mối liên hệ với địa tầng thạch học.

Các sông suối hiện-ẩn cần ghi nhận chế độ động lực của chúng (thường xuyên, chu kỳ), lưu lượng dòng chảy, vị trí thu nước và đặc điểm vận chuyển từ nước mặt sang nước ngầm, thành phần hoá học và nhiệt độ nước.

Cần thu thập các số liệu về ảnh hưởng của các tác động nhân sinh đến chế độ và đặc tính ăn mòn của nước ngầm, các số liệu về phá huỷ và mất ổn định của đất đá trên các hang hốc karst ngầm do phụ tải của các công trình, do tác động của máy móc, hệ thống giao thông v.v..., các số liệu về biến dạng nhà - công trình và mối liên hệ của chúng với các loại hình karst trên mặt đất và dưới sâu, đặc điểm nứt nẻ của đất đá v.v..., các số liệu về các quá trình địa chất động lực khác và mối tương quan giữa những quá trình này với hiện tượng karst.

Cần thu thập tài liệu của các cơ quan quản lý hành chính ở địa phương và trong dân cư, những chứng cứ về sụt, lún mặt đất, về biến dạng các công trình xây dựng, về kinh nghiệm xây dựng và sử dụng công trình, về các biện pháp phòng chống, xử lý karst và hiệu quả của chúng.

Trong quá trình đo vẽ cần xác định các điều kiện cấp thoát nước ngầm, khoanh định vùng thu nước, mô tả và đo vẽ các nguồn xuất lộ nước (mạch nước, giếng, lỗ khoan, khu vực lấy hoá...), Lấy mẫu nước phân tích thành phần hoá học và đặc tính ăn mòn. Đặc biệt chú ý các mạch nước karst, ổ thu nước mặt, hồ karst, dòng chảy trong hang động... Nếu đã có sẵn nguồn tư liệu về ĐCTV, cần tiến hành kiểm tra, chính xác hoá và xem xét khả năng biến động điều kiện ĐCTV so với số liệu có trước. Khi mô tả các nguồn nước karst cần chỉ rõ vị trí, yếu tố địa mạo mà chúng tồn tại trong đó, độ cao, kiểu (chảy ra, đùn lên hay đổ vào), lưu lượng và đặc điểm nguồn nước (thường xuyên, bất thường, có chu kỳ...). Xác định mối quan hệ giữa nguồn nước với các tầng chứa nước và với các biểu hiện karst khác. Nếu nguồn nước chảy từ các khe nứt, cần xác định nguồn gốc của các khe nứt đó, kích thước, góc dốc, phương vị.

Kết quả đo vẽ ĐCCT và karst phải thể hiện trên bản đồ kể cả những biểu hiện karst đã bị che phủ, những biểu hiện karst đã khảo sát từ những năm trước.

## **2.6 Phương pháp thăm dò địa vật lý**

Trong vùng karst các phương pháp địa vật lý được sử dụng để giải quyết những nội dung sau: xác định chiều dày, thành phần và điều kiện thể nằm của lớp phủ và đá karst, nghiên cứu địa hình karst dạng trũng thấp; xác định chiều sâu mực nước, hướng và vận tốc dòng chảy của nước karst, độ khoáng hoá, miền cấp, miền thoát của chúng; đo vẽ hang hốc

và xác định mức độ karst hoá, mức độ phá huỷ của đất đá, các đới phá huỷ kiến tạo và dập nát, các đới đỡ tải trong tầng phủ và trong tầng đá karst và các dị thường khác

**Chú ý:** Các phương pháp và thiết bị khảo sát địa vật lý trên mặt đất cho phép xác định hang hốc karst khi quan hệ giữa độ sâu phân bố của chúng với đường kính (h/d) không vượt quá 1-2 và nếu chúng nổi bật một cách đủ tương phản giữa các đá xung quanh bởi những tính chất vật lý của mình. Các phương pháp nghiên cứu khoảng không gần lỗ khoan, khoảng không giữa các lỗ khoan chưa được nghiên cứu đầy đủ và cũng có những hạn chế liên quan đến kích thước và độ tương phản thể hiện trong các trường địa vật lý của các hang hốc cần tìm.

Khảo sát ĐVL trong vùng karst thường sử dụng các phương pháp sau: Thăm dò điện (mặt cắt điện, đo sâu điện); thăm dò địa chấn; thăm dò trọng lực; thăm dò âm thanh; đo điện trở nước mặt, nước giếng; các loại carota lỗ khoan (điện, phóng xạ, âm thanh); đo độ hồng, lưu lượng, nhiệt độ và điện trở trong lỗ khoan; và các phương pháp khác.

**2.6.1 Thăm dò điện** được coi là phương pháp cơ động, đơn giản, tiết kiệm và hiệu quả. Nguyên tắc của thăm dò điện là dựa trên cơ sở biến đổi điện trở suất của đất đá trong không gian, vì vậy các phương pháp cơ bản sử dụng trong thăm dò điện là: đo mặt cắt điện, đo sâu điện, carota điện tổng hợp.

Đo mặt cắt điện (theo các tuyến mặt cắt) được sử dụng để nghiên cứu địa hình karst dạng trũng thấp-răng lược, phức tạp và khoanh vùng các hang hốc karst, các đới xung yếu nằm ở độ sâu không lớn (dưới 10-15 m).

Đo sâu điện được sử dụng để nghiên cứu độ sâu, các yếu tố thể nằm, chiều dày và cấu trúc của tầng đá karst và các biểu hiện karst (hang hốc, nứt nẻ) đã được xác định bằng phương pháp đo mặt cắt điện.

Carota điện tổng hợp trong các lỗ khoan bao gồm: điện trở biểu kiến, điện trường tự nhiên, phân cực cưỡng bức, đo kháng trở, carota biên, carota biên lập, vì thăm dò cho phép xác định chính xác mặt cắt địa chất-thạch học lỗ khoan, phân chia trong đó các đới phá huỷ và nứt nẻ, xác định chính xác độ sâu, chiều cao và đặc điểm chất lấp nhét hang hốc karst, phân đoạn theo chiều sâu lỗ khoan các khu vực hút nước, các khu vực nhả nước, xác định khoáng hoá của nước.

Ngoài ra để xác định các đới nứt nẻ, các hang hốc karst, hướng và vận tốc chuyển động của nước ngầm trong khoảng không gian gần lỗ khoan, nên sử dụng phương pháp vật thể tích điện, còn đối với trường hợp giữa các lỗ khoan và giữa các công trình khai đào khác thì sử dụng phương pháp chiếu điện và chiếu sóng vô tuyến điện.

**2.6.2 Thăm dò trọng lực** để nghiên cứu karst dựa vào sự khác nhau cơ bản về dung trọng của đất đá tầng phủ, chất lấp nhét, đá nứt nẻ-lỗ rỗng và đá nguyên khối. Vì vậy đo vẽ trọng lực chính xác cao, thực hiện theo các chỉ dẫn hiện hành có thể giải quyết được các bài toán



xác định các cấu trúc kiến tạo, các thung lũng sông bị chìm sâu, độ sâu phân bố của bề mặt đá karst, các hang hốc lớn hoặc các đới phá huỷ mạnh.

**2.6.3 Thăm dò địa chấn** dựa trên đặc điểm phân bố sóng đàn hồi trong đất đá có thành phần thạch học, trạng thái, độ nứt nẻ và phát triển karst khác nhau. Thăm dò địa chấn bao gồm: thăm dò địa chấn từ mặt đất (đo mặt cắt địa chấn, đo sâu địa chấn) và thăm dò địa chấn trong lỗ khoan (carota địa chấn và truyền sóng địa chấn giữa các lỗ khoan). Thăm dò địa chấn giải quyết được các bài toán xác định cấu trúc địa chất (đặc biệt là ranh giới tầng phủ với đá gốc), độ dày tầng phủ, tầng đá karst, mực nước ngầm, xác định hang hốc karst trong điều kiện thuận lợi.

**2.6.4 Thăm dò âm thanh** bao gồm: carota siêu âm lỗ khoan và truyền âm giữa các lỗ khoan nhằm giải quyết các nhiệm vụ phân chia mặt cắt lỗ khoan theo thành phần thạch học, phát hiện các đới đỡ tải, hang hốc karst, trạng thái ứng suất của đất đá, mức độ không đẳng hướng của đất đá trên cơ sở phân tích đặc điểm sóng siêu âm (vận tốc sóng siêu âm bề mặt và sóng dọc, chu kỳ và biên độ sóng theo chiều sâu).

**2.6.5 Thăm dò từ** có khả năng tìm kiếm hang hốc karst được lấp nhét bởi các vật liệu có từ tính cao như bô-xit vốn có ở các phế truồng karst. Thăm dò từ là phương pháp thông thường có hiệu quả tốt trong khảo sát ĐCCT tại các khu vực mỏ khoáng sản.

**2.6.6 Georadar** là phương pháp mới, có triển vọng trong nghiên cứu karst, nhưng chưa được kiểm tra thực tế. Phương pháp Georadar (GPR) sử dụng sóng rada ở dải tần 1-1000MHz để nghiên cứu cấu trúc và các đặc tính của vật chất bên dưới mặt đất với độ phân giải cao. Số liệu và kết quả khảo sát của GPR biểu diễn dưới dạng mặt cắt cấu trúc với những thông số vật lý đặc trưng cho môi trường địa chất như: độ điện thẩm, vận tốc và thời gian truyền sóng, độ dẫn điện, hệ số suy giảm của sóng điện từ. Phương pháp GPR sử dụng trong khảo sát ĐCCT ở vùng karst với nhiệm vụ: xác định cấu trúc địa chất, xác định các đới xung yếu, các đới đỡ tải, các hang hốc karst

**2.6.7 Đo điện trở nước hồ và giếng** Cơ sở của phương pháp này là sự phụ thuộc rõ nét của điện trở suất riêng của nước vào độ khoáng hoá của nó, vì vậy theo hàm lượng tổng khoáng của nước có thể xác định miền tháo nước ngầm và các khu vực thu nước bề mặt. Đây là phương pháp đo nhanh, năng suất cao và rất có hiệu quả trong khảo sát karst.

**2.6.8 Đo nhiệt độ** trong các hồ chứa nước, sông suối, nguồn nước, giếng và trong lỗ khoan thường được tiến hành cùng với đo kháng trở và các nghiên cứu thuỷ địa hoá khác. Đây là phương pháp hiệu quả phát hiện các nguồn cấp và miền thoát ở dưới đáy hồ và đáy sông.

**2.6.9 Nghiên cứu carota phóng xạ lỗ khoan** có thể thực hiện tại bất kỳ lỗ khoan nào: ngập nước hay khô ráo, có ống chống hay không có ống chống và bao gồm các phiên bản khác nhau: gamma-carota được áp dụng để đánh giá thành phần vật liệu sét của đất đá, gamma-gamma-carota đánh giá dung trọng của đất đá, neutron-neutron-carota và neutron-gamma-carota đánh giá độ ẩm của đất đá. Các số liệu này cho phép đánh giá mức độ nứt nẻ và mức độ karst hoá của đá theo mặt cắt lỗ khoan, kể cả đặc tính vật liệu lấp nhét hang hốc

và vết nứt, phân chia chi tiết mặt cắt địa chất-thạch học, đánh giá độ bão hoà nước của đất đá.

**2.6.10 Khảo sát khí radon - toron** trong các lớp cát-sét gần bề mặt đất (từ 0.5 ÷ 1.0m) trên khu vực khảo sát có thể xác định được các đới nguy hiểm do karst. Sự xuất hiện các cực tiểu trên phòng khí bình thường chứng tỏ nhiều khả năng có đới nứt nẻ và phát triển karst.

**2.6.11 Đo đường kính lỗ khoan, đo lưu lượng nước** trong hố khoan theo chiều sâu bằng các thiết bị chuyên dụng gọi là các thiết bị đo độ hồng và thiết bị đo lưu lượng cho phép đánh giá trạng thái đất đá thành hố khoan, xác định kích thước các hang hốc karst và mức độ lấp nhét của chúng, đồng thời xác định các đới có khả năng thấm nước khác nhau và các thông số ĐCTV tương ứng.

## 2.7 Phương pháp khoan và khai đào

Công tác khoan – khai đào giải quyết những nhiệm vụ sau: nghiên cứu cấu trúc địa chất của khu vực; nghiên cứu điều kiện ĐCTV; nghiên cứu thành phần, trạng thái, tính chất của các loại đá karst, đặc tính nứt nẻ, độ rỗng, mức độ phát triển karst, làm rõ các hang hốc karst, các đới phá huỷ; nghiên cứu thành phần, trạng thái và tính chất của lớp phủ (bao gồm cả các hang hốc, các đới đỡ tải, thấu kính đất yếu); lấy mẫu đất đá và nước để thí nghiệm trong phòng; thí nghiệm ĐCTV, ĐCCT, ĐVL; quan trắc định kỳ; khoanh vùng các khu vực có mức độ phát triển karst khác nhau.

Khối lượng khoan – khai đào được xem xét trong các giai đoạn khảo sát, trong số lượng tổng thể đó phải có một số hố khoan sâu dùng để nghiên cứu karst (cũng được quy định trong các giai đoạn khảo sát). Chiều sâu các hố khoan phải vượt quá vùng ảnh hưởng dự kiến của công trình từ 1-2m. Nếu chiều dày của vùng bị karst hoá lớn hơn 5-10m cho phép không cần khoan hết chiều dày đó nhưng phải có luận chứng trong đề cương. Trong những vùng có tầng phủ là đất đá không hoà tan, không thấm nước cần phải đánh giá mức độ thấm nước và khả năng bảo vệ của chúng khỏi các biểu hiện karst trên mặt đất, nếu chiều dày tầng phủ bảo vệ được mặt đất khỏi các biểu hiện karst thì cho phép không khoan vào đá karst hoá mà chỉ giới hạn ở việc kiểm tra bề dày của lớp phủ bảo vệ, nhưng phải có luận chứng trong đề cương. Mạng lưới hố khoan phải được thiết kế theo kết quả đo vẽ ĐCCT, thăm dò ĐVL mặt đất và phụ thuộc vào mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT, cấp và quy mô của công trình xây dựng.

Công nghệ và phương pháp khoan phải đảm bảo lấy được tối đa lõi khoan đất đá tầng phủ, tầng đá karst và vật liệu lấp nhét. Không được sử dụng *phương pháp khoan phá, khoan guồng xoắn và bất kỳ kiểu khoan nào khác không đảm bảo thu nhận lõi khoan dưới dạng mẫu hình trụ*.

Khoan lấy mẫu trong đá cứng thì tốt nhất bằng khoan rửa hoặc thổi khí, trong đất đá dễ bị rửa xói - khoan tuân hoàn ngược hoặc khoan khô và rút ngắn hiệp khoan xuống 0,5-1,0 m. Đối với đá yếu, bị phá huỷ, nứt nẻ mạnh, vật liệu lấp nhét hang hốc cần áp dụng ống

khoan nòng đôi và ống mẫu. Chỉ cho phép khoan với dung dịch sét trong trường hợp thật sự cần thiết, với điều kiện không mang lại thiệt hại cơ bản nào cho công tác nghiên cứu địa chất thuỷ văn. Đối với đất loại sét, đất loại cát không bão hoà hoặc ngậm ít nước thì phương pháp khoan đập với dao vòng rất có hiệu quả, các mẫu đất bỏ rời phải được lấy bằng ống mẫu hoặc ống khoan nòng đôi.

Lấy mẫu và mô tả lõi khoan tiến hành theo các quy định bắt buộc hiện hành. Cần tiến hành mô tả lõi khoan một cách chi tiết theo từng lớp: mặt cắt địa chất-thạch học; đặc điểm nứt nẻ, độ rỗng, mức độ phong hoá và phá huỷ; các biểu hiện karst của đá, kích thước và hình dạng hang hốc, đặc điểm lấp nhét; các biểu hiện canxit hoá, dolomit hoá, thạch cao hoá. Mô tả trạng thái lõi khoan: mức độ dập vỡ, rửa xói, v.v..

Mô tả khe nứt phải chỉ ra hướng (thẳng đứng, nằm ngang, nghiêng với góc dốc tương ứng), quan hệ với mặt phân lớp, tần số và đặc điểm khe nứt (mở, đóng). Đo chiều rộng vết nứt, đặc điểm bề mặt vết nứt, thành phần, kiến trúc, cấu tạo và trạng thái vật liệu lấp nhét. Nếu lõi khoan được định hướng, tiến hành đo phương vị góc đổ của vết nứt. Trong trường hợp có nhiều kiểu vết nứt, mô tả từng kiểu một và đánh giá đặc điểm phân bố tương đối của chúng. Phải đặc biệt chú ý đến việc mô tả các hang hốc và lỗ hổng của đất đá theo những số liệu: độ sâu sập cần khoan, tốc độ khoan thay đổi đột ngột, tỷ lệ lõi khoan, mức độ và đặc điểm lấp nhét cũng như chế độ rửa xói, mất dung dịch khoan, thay đổi mực nước và những số liệu nghiên cứu địa vật lý lỗ khoan.

Mô tả vật liệu lấp hang hốc karst tiến hành theo từng lớp: chiều dày, thành phần, cấu tạo và trạng thái, kích thước mảnh vỡ, mức độ mài mòn của chúng (đối với các sản phẩm đưa đến bằng cơ học); hình dáng, kích thước và phân bố các tinh thể và các chất kết tụ (đối với các sản phẩm lắng xuống từ dung dịch nước bằng con đường kết tủa). Cũng bằng phương pháp đó, mô tả vật liệu lấp nhét cho lỗ hổng, đánh giá mức độ lấp nhét của chúng.

Trong quá trình khoan nhất thiết phải có những quan trắc địa chất thuỷ văn: những khoảng độ sâu, mà ở đó dung dịch khoan luân chuyển khác nhau (luân chuyển bình thường, mất một phần dung dịch, mất toàn bộ dung dịch); độ sâu xuất hiện nước ngầm, quan trắc sự phục hồi và mức nước ổn định (đối với tầng chứa nước); mức nước ổn định (tĩnh) đối với từng khoảng bị mất dung dịch khoan; mực nước ngầm ở đầu ca và cuối ca khoan; những khoảng độ sâu (địa tầng) nước tự trào và áp lực của chúng; hiện tượng khí thoát ra từ lỗ khoan, nhiệt độ nước; lấy mẫu nước và khí để thí nghiệm trong phòng.

Trong tất cả các lỗ khoan nghiên cứu karst nhất thiết phải tiến hành các khảo sát địa vật lý, ít nhất cũng phải là carota. Áp dụng tổ hợp các phương pháp địa vật lý trong việc nghiên cứu lỗ khoan và khoảng không lân cận lỗ khoan sẽ cho kết quả tốt nhất. Tất cả các lỗ khoan (trừ các lỗ khoan quan trắc) ngay sau khi khoan kết thúc các thí nghiệm cần thiết (carota, ĐCTV) cần phải được loại bỏ (trám lỗ khoan).

Các công trình khai đào (giếng, hào, rãnh thăm dò, v.v..) cho phép nghiên cứu một cách đầy đủ hơn, so với biện pháp khoan, về nứt nẻ, mức độ karst hoá của đá, thành phần, tính chất và trạng thái của lớp phủ, các hang hốc, các đới bị suy yếu, các đới đỡ tải trong tầng phủ, nghiên cứu cấu trúc phễu karst và các loại hình karst khác. Phương pháp và nội dung mô tả đất đá, độ nứt nẻ, mức độ karst hoá về cơ bản tương tự như đã mô tả ở trên. Trong các công trình khai đào cũng tiến hành tất cả các thí nghiệm hiện trường ĐCCT, ĐCTV, ĐVL, mà đã được luận chứng trong đề cương khảo sát. Trong một số trường hợp khi khảo sát phục vụ một số hạng mục công trình đặc biệt quan trọng thì hố đào sâu và hào thăm dò là quan trọng và hợp lý hơn cả.

## **2.8 Phương pháp nghiên cứu địa chất thuỷ văn**

Nghiên cứu ĐCTV trong vùng karst nhằm giải quyết các nhiệm vụ sau: đánh giá diện phân bố, điều kiện thế nằm, độ dày các tầng chứa nước thuộc tầng phủ, tầng đá karst và đá nằm dưới, các thông số ĐCTV của chúng (hệ số thấm v.v.), mức nước, nhiệt độ, thành phần hoá học, chế độ, quy luật chuyển động của nước ngầm, điều kiện cấp nước và thoát nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước với nước mặt; đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến biến đổi điều kiện địa chất thuỷ văn và vai trò bảo vệ của các tầng cách nước; đánh giá khả năng hoà tan của nước ngầm và nước mặt đối với các đá karst và vai trò của chúng trong phát triển karst, sụt, lún các lớp và mặt đất.

Nội dung nghiên cứu ĐCTV bao gồm: thu thập, phân tích và tổng hợp số liệu địa chất thuỷ văn, điều tra ĐCTV karst, thí nghiệm thăm, quan trắc ĐCTV, nghiên cứu ĐCTV chuyên dụng và thuỷ địa hoá. Điều tra và quan trắc ĐCTV được tiến hành theo các quy định chung hiện hành có chú ý thêm về đặc thù ĐCTV trong vùng karst. Các thí nghiệm thăm hiện trường bao gồm: bơm hút thử, bơm hút thực nghiệm, bơm hút đơn, bơm hút chùm; ép nước-ép khí lỗ khoan; đổ nước hố khoan và hố đào; các phương pháp chỉ thị (hoá học, hoá điện, so màu, chỉ thị phóng xạ).

Bơm hút thử được thực hiện nhằm mục đích đánh giá sơ bộ tính xũng nước và tính thấm nước, lựa chọn vị trí đặt bơm hút thực nghiệm và đánh giá sơ bộ mức độ phát triển karst của các đới khác nhau.

Bơm hút thực nghiệm từ những lỗ khoan đơn nhằm mục đích xác định hệ số thấm trong các trường hợp không đòi hỏi độ chính xác quá cao. Trên cơ sở một số lượng lớn các đợt bơm hút thực nghiệm từ những lỗ khoan đơn có thể đánh giá được đặc tính thấm nước của các đới có mức độ phát triển karst khác nhau cũng như những đặc điểm chung nhất về lãnh thổ nghiên cứu.

Bơm hút chùm thực nghiệm được tiến hành với mục đích xác định giá trị tính toán của hệ số thấm, hệ số dẫn nước và hệ số xả nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước, mối quan hệ nước ngầm với nước mặt. Bơm hút chùm trong đá karst nên có không dưới hai tia



lỗ khoan quan trắc, ngoài ra với mục đích nghiên cứu dị hướng theo phương nằm ngang, một tia bố trí theo hướng nút nẻ phổ biến nhất, còn tia kia thì vuông góc với hướng đó. Trong trường hợp nếu một lỗ khoan trung tâm không đủ để hạ thấp mức nước cần thiết thì tiến hành bơm hút theo nhóm (từ hai lỗ khoan trở lên). Chú ý không bơm hút với thời gian dài, không đổ nước ở gần nhà và công trình để tránh các tác động gây mất ổn định.

Lựa chọn vị trí lỗ khoan và cụm lỗ khoan thí nghiệm thăm thực nghiệm cần phải tiến hành trên cơ sở phân tích tính không đồng nhất về điều kiện ĐCTV theo số liệu điều tra karst, khoan thăm dò, quan trắc ĐCTV trong khi khoan, bơm hút-đổ nước nhanh, theo kết quả carota và thí nghiệm ĐVL hiện trường.

Đổ và ép nước thực nghiệm để: đánh giá độ thấm nước của đất đá không chứa nước; đánh giá khả năng hút nước của đất đá phục vụ cho công tác phụt xi măng; thay thế các công tác bơm hút thử. Điều kiện thực hiện thí nghiệm đổ và ép nước trong vùng karst về cơ bản cũng giống như đối với trường hợp bơm hút.

Xác định hướng và vận tốc chuyển động của nước ngầm thực hiện bằng cách sử dụng các chất chỉ thị đưa vào lỗ khoan và nơi thu nước bề mặt, sau đó thu nước ở những điểm khác trong lỗ khoan hoặc tại nguồn nước. Chất chỉ thị được dùng là các chất màu (vàng huỳnh quang, eozin, eritrozin, đỏ công-gô, xanh metilen, xanh lơ anilin, v.v..), các chất hoà tan (natri clorua, liti clorua, v.v..), dầu hoả, các đồng vị phóng xạ (nếu đáp ứng các yêu cầu về vệ sinh) và mùn cưa. Việc thu hồi các chất chỉ thị thực hiện bằng trực quan, so màu, hoá học, điện hoá học, phóng xạ, cũng như phương pháp hấp thụ chất vàng huỳnh quang của than hoạt tính.

Trong trường hợp cần thiết, phải thực hiện những thí nghiệm ĐCTV chuyên dụng như: quan sát hiện trường quá trình hoà tan của đá do nước ngầm và nước mặt tại các vết lộ tự nhiên và vết lộ nhân tạo và trên các mẫu vật đưa vào lỗ khoan, vào những chỗ xuất lộ nước ngầm tại các hố đào và hang động, các nguồn nước karst, v.v.; thí nghiệm ngoài trời nghiên cứu đặc điểm rửa trôi và xói ngầm mang vật liệu ra khỏi chỗ rỗng và khe nứt trong đất đá; thí nghiệm bơm phụt dung dịch xi măng, các vật liệu trơ ... vào đất đá nút nẻ; nghiên cứu trong phòng thí nghiệm quá trình hoà tan trong đất karst và trong tầng phủ, quá trình biến dạng thấm-trọng lực trong đất đá nằm trên đá karst; dựng mô hình thuỷ động lực trên các máy tính, các mô hình hoà tan thuỷ động lực của đất đá trên máy tính, các tính toán thuỷ địa cơ học.

## **2.9 Phương pháp thí nghiệm đất đá tại hiện trường**

Trong vùng karst có thể áp dụng những phương pháp nghiên cứu hiện trường: thí nghiệm bần nén, nén thành hố khoan, cắt và đẩy trong hố đào, cắt quay, vi xuyên,... để xác định độ bền và biến dạng của đất đá tầng phủ nằm dưới móng dự kiến của công trình

Với đặc tính không đồng nhất của môi trường địa chất trong vùng karst phải sử dụng tối đa khả năng của xuyên động, xuyên tĩnh để giải quyết các bài toán đặc thù của vùng karst: khoan vùng các đới đỡ tải yếu và hang hốc trong tầng phủ; khoan vùng đất yếu thuộc các dạng địa hình karst bề mặt và địa hình karst trũng thấp; chính xác hoá mặt cắt địa chất, trong đó có việc xác định bề mặt đá cứng.

## 2.10 Phương pháp thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thử nghiệm

Thí nghiệm trong phòng bao gồm: xác định thành phần, trạng thái và tính chất cơ lý của đá hoà tan và không hoà tan của tầng karst hoá và tầng phủ; nghiên cứu vật liệu lấp nhét hang hốc karst và các vết nứt; xác định thành phần hoá học của nước ngầm, nước mặt, xác định khả năng ăn mòn của chúng đối với các đá karst. Các nghiên cứu thực nghiệm (nếu cần) bao gồm: mô hình hoá học động để nghiên cứu quá trình hoà tan của đá cacbonat; mô hình vật liệu tương đương để nghiên cứu quá trình trọng lực ở trên các hang hốc; mô hình thuỷ địa cơ học để nghiên cứu các biến dạng thấm trọng lực. Các phương pháp xác định tuổi của hang hốc và phếu karst (nếu cần): thạch học-khoáng vật; bào tử phấn hoa; khảo cổ học và đồng vị phóng xạ.

Khi lấy mẫu nước, phải đo nhiệt độ của nó và xác định ngay tại hiện trường độ pH, thành phần  $\text{CO}_2$  tự do và những thành phần không bền vững khác ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Các nội dung phân tích hoá học để đánh giá khả năng ăn mòn của nước đối với đá karst và vận tốc hoà tan đá ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SiO}_2$ , hàm lượng khoáng hoá) được xác định trong phòng thí nghiệm. Ngoài ra, còn phải xác định định lượng độ trong suốt, các chất lơ lửng, các chất kết tủa, màu, mùi vị.

Đối với đá phải xác định: tỷ trọng, độ ẩm tự nhiên và độ hút ẩm, dung trọng tự nhiên và dung trọng ở trạng thái khô và bão hoà nước, độ bền nén một trục trong trạng thái khô gió và bão hoà nước, phải tính toán hệ số hoá mềm, độ rỗng mở và kín. Trong trường hợp cần thiết, phải xác định độ bền kéo, hệ số phong hoá, hệ số ổn định theo Protodiyakov, khả năng hoà tan trong nước (có tính đến thành phần hoá học và nhiệt độ nước ngầm), hệ số và vận tốc hoà tan.

Đối với đất loại sét, đất loại cát, đất hạt thô phải thực hiện các thí nghiệm trong phòng để xác định tính chất cơ lý của chúng bao gồm: Thành phần hạt, tỷ trọng, dung trọng tự nhiên, dung trọng của đất cát ở 2 trạng thái nén giới hạn, độ ẩm tự nhiên và độ hút ẩm, các giới hạn, độ trương nở, độ co ngót, độ tan rã, góc nghỉ tự nhiên, hệ số thấm, sức bền nén một trục, sức chống cắt, sức kháng xuyên, hoạt tính ăn mòn và nhiều tính chất khác.

Các nghiên cứu thực nghiệm bao gồm cả mô hình hoá dùng để: xác định định lượng quy luật phát triển karst: vận tốc hoà tan đá, cơ chế biến dạng do karst, v.v.; dự báo sự phát triển karst theo thời gian và không gian dưới tác động của các yếu tố tự nhiên và nhân sinh;

đánh giá mức độ nguy hiểm của các hang hốc karst đã được khám phá; Xác định các thông số để thiết kế các biện pháp xử lý karst.

Mô hình hoá học-động dùng cho nghiên cứu thực nghiệm quá trình hoà tan trong đá karst và đất đá tầng phủ (khử kiềm của muối, hoà tan xi măng carbonat gắn kết đất mảnh vụn lớn, v.v.).

Mô hình vật liệu tương đương được sử dụng để nghiên cứu thực nghiệm các quá trình trọng lực khác nhau diễn ra ở phía trên các hang hốc karst (gãy và nứt mái hang hốc karst, dịch chuyển trọng lực đất đá vào hang hốc karst). Vật liệu sử dụng là các hỗn hợp dạng bột khác nhau của các khoáng vật cứng được gắn kết bằng vazelin, dầu kỹ thuật, paraffin, thạch cao, v.v..

Mô hình thuỷ địa cơ học được áp dụng cho nghiên cứu thực nghiệm các biến dạng thấm-trọng lực, xảy ra trong các đất đá bão hoà nước nằm trên các hang hốc karst hoặc nằm trên các chỗ bị phá huỷ của tầng cách nước do karst. Để lập mô hình nên sử dụng các máng thấm, có thể là vuông góc, rẽ quạt hoặc hình trụ.

Để xác định tuổi hang hốc và phếu karst có thể sử dụng các nghiên cứu thạch học - khoáng vật (nghiên cứu các hợp thể khoáng), các phương pháp bào tử- phấn hoa, cổ sinh, khảo cổ học và phóng xạ. Phân tích bào tử phấn hoa các mẫu vật lấy từ các trầm tích trong hang hốc hay phếu karst cho phép thiết lập các giai đoạn thay đổi về giới thực vật xảy ra từ thời hình thành phếu (vật liệu lấp nhét hang hốc karst) và xác định tuổi của nó. Phương pháp phóng xạ dựa trên việc xác định số lượng đồng vị phóng xạ  $C^{14}$  trong các trầm tích của phếu và trong vật liệu lấp nhét các hang hốc karst.

Để dự đoán sự phát triển karst trong điều kiện tự nhiên và trong điều kiện bị biến đổi do các yếu tố nhân sinh có thể sử dụng mô hình thuỷ động lực trên máy tính điện tử. Các nghiên cứu thử nghiệm trong phòng và mô hình hoá phải tiến hành theo đề cương bổ sung và thống nhất với chủ đầu tư.

## **2.11 Phương pháp quan trắc định kỳ**

Khảo sát để thiết kế các công trình lớn và phức tạp, kể cả những công trình không lớn lắm nhưng khi có nhu cầu, phải tiến hành quan trắc định kỳ điều kiện và động thái phát triển karst, những biểu hiện của chúng trên mặt đất, trong tầng đá karst và trong tầng phủ. Thành phần quan trắc bao gồm: chế độ nước ngầm, nước mặt, lún mặt đất, biến đổi địa hình, biến dạng và hư hại công trình.

Quan sát chế độ nước mặt và nước ngầm được tiến hành không dưới một năm thuỷ văn nhằm mục đích: quy hoạch vùng lãnh thổ theo điều kiện phát triển karst (phân chia các vùng theo loại hình chế độ nước ngầm); xác định mức độ karst hoá, độ dẫn nước và khả

năng chứa nước của đá trong môi trường địa chất; nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ giữa các tầng nước ngầm và nước mặt; tính thấm từ các hồ chứa nước, tính toán dòng chảy vào hồ móng; đánh giá khả năng ngập xũng nước và tính toán các công trình thoát nước; xác định số lượng vật chất hoà tan bị mang khỏi khối đá karst qua các khoảng thời gian nhất định. Số liệu này cần thiết để kiểm tra ảnh hưởng nhân sinh đối với sự phát triển karst và dự báo phát triển karst trong tương lai có tính đến những yếu tố tự nhiên và yếu tố nhân sinh.

Quan trắc chế độ nước ngầm được tiến hành tại nguồn nước, các tuyến lỗ khoan quan trắc, các lỗ và giếng khoan độc lập, trong hang động karst và ở nhiều nơi khác. Quan trắc phải tiến hành cho từng tầng chứa nước trong đá karst và trong tầng phủ, khi cần thiết quan trắc cả những tầng chứa nước trong các đá lốt đáy. Để làm được điều này cần trang bị các nhóm lỗ khoan quan trắc. Nội dung quan trắc chế độ bao gồm: đo mức nước, đo lưu lượng (nguồn và các lỗ khoan tự trào), xác định thành phần hoá học và đo nhiệt độ nước.

Để nghiên cứu chế độ nước mặt và mối quan hệ giữa chúng với nước ngầm phải sử dụng các số liệu khí tượng thuỷ văn: lượng mưa, dòng chảy, bay hơi, thấm, nhiệt độ không khí, v.v.;

Khi tiến hành quan sát chế độ nước bề mặt và nước ngầm cần sử dụng các phương pháp địa vật lý. Đặc biệt là đo trở suất và đo nhiệt độ là phương pháp có hiệu quả cao. Trong một số trường hợp có thể phải thực hiện các thử nghiệm thả các chất chỉ thị để nghiên cứu vận tốc của nước ngầm vào những mùa và năm khác nhau.

Khi xây dựng mạng quan trắc chế độ nước mặt và nước ngầm cần tính đến các lỗ khoan khai thác và các công trình thuỷ công và sử dụng các số liệu đã quan trắc của chúng. Trong trường hợp các số liệu kể trên không đủ thì tổ chức quan trắc thêm về ảnh hưởng của các lỗ khoan khai thác và các công trình thuỷ công đến chế độ nước.

Để làm rõ vai trò của nước thải công nghiệp và các chất thải rắn đối với phát triển karst, tại những nơi thu gom và chôn cất chúng phải tiến hành mạng quan trắc chuyên dụng bao gồm: quan trắc các dòng chảy công nghiệp (lưu lượng, nhiệt độ và thành phần hoá học), các dị thường ô nhiễm nước ngầm và nước mặt.

Quan trắc định kỳ các biểu hiện và phát triển karst, biến dạng nhà và công trình được tổ chức trên cơ sở thị sát karst tỷ lệ 1:2000 hay lớn hơn, thị sát định kỳ nhà và các công trình, thiết lập quan trắc đối với các biến dạng phát hiện được. So sánh các số liệu quan trắc biến dạng theo các mốc biến dạng gắn trong kết cấu công trình, các mốc sâu, các mốc nông cho phép làm rõ nguyên nhân biến dạng nhà và công trình.

## **2.12 Xử lý số liệu**

Trong giai đoạn thực địa phải thực hiện xử lý sơ bộ tài liệu để kiểm tra và đảm bảo tài liệu có chất lượng và đầy đủ, hệ thống hoá và sơ bộ tổng hợp nhằm hiệu chỉnh kịp thời



hướng và nội dung công việc. Trong giai đoạn thực địa phải thiết lập bản đồ tài liệu thực tế và bản đồ này được bổ sung liên tục trong quá trình thực hiện. Trên bản đồ, thể hiện các số liệu thị sát trên mặt đất (điểm thị sát, các biểu hiện karst, biểu hiện xuất lộ nước v.v.), các hố khoan-khai đào, các điểm quan trắc định kỳ v.v., xây dựng sơ bộ các mặt cắt và bản đồ : địa vật lý, địa chất – thạch học, địa mạo, địa chất thuỷ văn, mức độ phát triển karst bề mặt và dưới sâu, phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst.

Xử lý nội nghiệp phải kết hợp các số liệu thực địa với các số liệu thí nghiệm trong phòng và mô hình. Tất cả số liệu phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống lại. Trên cơ sở phân tích và tổng hợp tài liệu tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh, các phụ lục văn bản và đồ thị. Nội dung chi tiết của phần thuyết minh phụ thuộc vào mục tiêu, nhiệm vụ, thành phần, nội dung khảo sát của từng giai đoạn.

### **3. Khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở**

#### **3.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở là nhằm đánh giá điều kiện ĐCCT lãnh thổ để: lựa chọn phương án đầu tư xây dựng công trình; định giá sơ bộ tổng chi phí công trình; dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau. (Về nguyên tắc việc lựa chọn phương án đầu tư xây dựng công trình là do chính quyền các cấp hoặc các cơ quan quy hoạch của địa phương hoạch định).

#### **3.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở là làm sáng tỏ sơ bộ các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển karst ở mức độ chi tiết như sau:

- a) Cấu trúc địa chất: xác định sơ bộ đặc điểm phân bố, thành phần, trạng thái và thể nằm của đất đá tầng phủ và đá karst.
- b) Kiến tạo: sơ bộ về hệ thống đứt gãy và bậc của chúng.
- c) Tân kiến tạo: sơ lược về các giai đoạn nâng hạ tân kiến tạo và đặc điểm lịch sử phát triển địa chất (nếu có).
- d) Thuỷ văn: đặc điểm mạng sông suối và biến đổi lưu lượng, tổng khoáng hoá của chúng (nếu có).
- e) Địa chất thuỷ văn: Sơ bộ phân chia các tầng chứa nước trong khu vực và đặc điểm biến đổi động thái nước ngầm (nếu có).
- f) Địa hình - địa mạo: sơ bộ phân chia các đơn vị cấu trúc địa mạo.
- g) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: Các chỉ tiêu cơ lý của đất đá xác định định tính bằng phương pháp tra bảng hoặc ngoại suy.

h) Liệt kê sơ lược các quá trình địa chất tự nhiên và nhân sinh khác có thể xảy ra trong khu vực.

Về hiện trạng phát triển karst: phân định sơ bộ ranh giới các khu vực có mức độ phát triển karst khác nhau (phân vùng karst). Liệt kê sơ bộ các loại hình karst có mặt trong khu vực; liệt kê các biểu hiện của karst trên mặt đất ( các hố sập, phễu, lún, ...).

### 3.3 Ranh giới khảo sát

Ranh giới khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở phụ thuộc vào quy mô và đặc điểm tác động của công trình, ranh giới khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở được xác định là ranh giới của vùng lãnh thổ dự kiến để tìm kiếm phương án xây dựng công trình trong đó hoặc từ phương án đã dự kiến để lựa chọn phương án tối ưu xây dựng công trình có mở rộng trên cơ sở xác định các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình phát triển karst.

### 3.4 Nội dung và khối lượng khảo sát

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở tập trung chủ yếu vào thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có, trong đó có cả các tài liệu ảnh máy bay, thị sát ĐCCT và xử lý số liệu, viết báo cáo. Các công tác khác chưa nên tiến hành.

#### 3.4.1. Thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có:

Cần thu thập và lập danh mục các tài liệu chuyên môn đã có sẵn trong phạm vi nghiên cứu bao gồm: các bản đồ địa hình và mạng sông suối; bản đồ địa chất chung; ảnh máy bay (đối với các công trình từ cấp II trở lên và không phải là đơn lẻ); Các tài liệu khảo sát trước (nếu có): địa chất công trình, địa chất thủy văn, địa vật lý, khí tượng-thủy văn.

#### 3.4.2. Đo vẽ ĐCCT

Trên cơ sở các tài liệu thu thập được tiến hành công tác thị sát ĐCCT, trong điều kiện không đủ tài liệu thì tiến hành đo vẽ ĐCCT tỷ lệ 1: 50 000 ÷ 1:25 000, tương ứng với mức độ chi tiết khảo sát ĐCCT và tỷ lệ bản đồ phân vùng ĐCCT cho giai đoạn trước thiết kế cơ sở. Lựa chọn tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào diện tích khu vực nghiên cứu, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình dự kiến xây dựng.

Đo vẽ ĐCCT vùng lãnh thổ dự kiến hoặc các phương án đã dự kiến và khu vực lân cận phải được tiến hành trên nền địa chất hoặc thạch học-kiến tạo có địa hình với đầy đủ các yếu tố về thạch học đá karst, các yếu tố uốn nếp chính, phá huỷ kiến tạo và các thông số đi kèm: bậc, chiều sâu phân bố, chiều dài, chiều rộng vùng ảnh hưởng. Ngoài vùng dự kiến xây dựng đo vẽ ĐCCT được tiến hành ở tỷ lệ nhỏ hơn. Đo vẽ ĐCCT bao gồm cả nội dung đo vẽ thủy văn – công trình, trong đó các chỉ tiêu hoá học của nước mặt được xác định ngay tại hiện trường (các chỉ tiêu có thể xác định nhanh).

### 3.4.3 Xử lý số liệu, viết báo cáo

Theo kết quả khảo sát, trong giai đoạn xử lý trong phòng phải tiến hành đánh giá sơ bộ điều kiện ĐCCT vùng lãnh thổ dự kiến để tìm kiếm phương án xây dựng hoặc các phương án đã dự kiến, cường độ phát triển karst cũng như mức độ nguy hiểm của karst với công trình dự kiến xây dựng, kiến nghị lựa chọn phương án tối ưu xây dựng công trình và định hướng những nhiệm vụ phải giải quyết ở giai đoạn khảo sát sau (TKCS).

Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh và phần phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phân mở đầu bao gồm: cơ sở tiến hành công việc; nhiệm vụ khảo sát ĐCCT; vị trí và diện tích khu vực khảo sát ( hoặc các phương án đã dự kiến); các thông số về công trình xây dựng; thành phần, khối lượng, thời hạn, phương pháp và trang thiết bị khảo sát; thành phần những người thực hiện; những điều chỉnh thay đổi so với đề cương khảo sát ĐCCT và thuyết minh cho sự điều chỉnh đó.
- b) Phần tổng quan bao gồm: điều kiện địa lý - tự nhiên: giới thiệu những thông tin về địa hình, khí hậu, mạng sông suối, điều kiện thuỷ văn, trạng thái vùng lãnh thổ; mức độ nghiên cứu điều kiện tự nhiên: khái quát về lịch sử và hiện trạng nghiên cứu địa chất, địa chất thuỷ văn và địa chất công trình, khí tượng thuỷ văn của khu vực; đánh giá mức độ đáp ứng yêu cầu nghiên cứu karst trong khu vực của tất cả các tài liệu đã thu thập được, giới thiệu những kết quả cơ bản có ý nghĩa đối với việc đánh giá điều kiện địa chất công trình vùng lãnh thổ; giới thiệu các thông tin về lịch sử khai thác, sử dụng vùng lãnh thổ và về kinh nghiệm xây dựng ở địa phương (nếu có).
- c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu:

Trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn trước thiết kế cơ sở ( mục 3.2) bao gồm: đặc điểm địa mạo, cấu trúc địa chất, kiến tạo và tân kiến tạo, thuỷ văn, ĐCTV, đặc điểm phát triển karst, các quá trình địa chất động lực tự nhiên và nhân sinh.

- d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình:

Tiến hành phân vùng sơ bộ ĐCCT lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst. Trên cơ sở chồng ghép các bản đồ thành phần kể trên tiến hành phân vùng sơ bộ ĐCCT chung cho lãnh thổ, đánh giá-so sánh các khu vực phân chia, dự báo sơ bộ biến đổi điều kiện ĐCCT dưới ảnh hưởng của các hoạt động xây dựng trên lãnh thổ và lựa chọn phương án xây dựng công trình.

e) Kết luận: Trình bày ngắn gọn những dữ liệu cơ bản về điều kiện địa chất công trình và những luận điểm cơ bản để khuyến nghị lựa chọn phương án xây dựng công trình. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

f) Danh mục tài liệu tham khảo.

Phần phụ lục cần có:

a) Các bản vẽ: bản đồ tài liệu thực tế; bản đồ địa chất; bản đồ địa chất đệ tứ (nếu có); bản đồ địa mạo; sơ đồ địa chất công trình; các sơ đồ phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst; các mặt cắt địa chất -ĐCCT.

b) Các biểu bảng: các bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý đất đá, thành phần hoá học nước ngầm và nước mặt.

c) Tài liệu gốc: bản sao đề cương khảo sát ĐCCT; sổ thực địa đo vẽ ĐCCT; album ảnh khi đo vẽ ĐCCT; ảnh máy bay (nếu có); các tài liệu liên quan khác (nếu có).

#### **4. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở**

##### **4.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở là nhằm đánh giá điều kiện ĐCCT để bố trí sơ bộ các hạng mục công trình; lựa chọn sơ bộ các giải pháp thi công, phương án gia cố nền móng và xử lý karst; định giá tổng chi phí công trình; dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

##### **4.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở là làm sáng tỏ các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển karst ở mức độ chi tiết khác nhau:

a) Cấu trúc địa chất:

Đối với đất đá tầng phủ: phân chia thành các đơn nguyên địa chất theo mức độ đồng nhất về tuổi-nguồn gốc và thành phần hạt.

Đối với đá gốc: Phân chia theo thành phần thạch học (đá vôi, dolomid, macnơ) và đặc biệt chú ý đến đặc điểm kiến trúc và cấu tạo của đá gốc (đá cacbonat có xen kẹp thấu kính hoặc lớp không liên tục; đá cacbonat xen kẹp nhiều lớp phicacbonat; xen kẽ giữa đá cacbonat và phi cacbonat; đá cacbonat có cấu tạo hạt thô, hạt nhỏ, đều hạt,...).

b) Kiến tạo: Xác định đứt gãy và bậc của chúng, chiều dài và chiều rộng đới cà nát, tính chất của đới cà nát.

c) Tân kiến tạo: các giai đoạn nâng hạ tân kiến tạo và đặc điểm lịch sử phát triển địa chất.

d) Thủy văn: đặc điểm biến đổi lưu lượng và tổng khoáng hoá theo chiều dài phát triển mạng sông suối.



- e) Địa chất thủy văn: Quan hệ giữa nước mặt và nước ngầm, mực nước và thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất, tính thấm của đất đá tầng phủ và đá bị karst hoá.
- f) Địa hình - địa mạo: Phân chia chính thức các đơn vị cấu trúc địa mạo.
- g) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: Các chỉ tiêu phân loại đất đá ở dạng max- min. Các chỉ tiêu cơ lý nhận được do thí nghiệm nhanh (dung trọng, tỷ trọng, độ ẩm, độ bền nén một trục, mô đun đàn hồi, thành phần thạch học, thành phần hạt, khả năng trương nở, đặc điểm biến đổi đất đá theo các chỉ tiêu phân loại).
- h) Các quá trình địa chất tự nhiên và nhân sinh khác trong khu vực

Về hiện trạng phát triển karst: xác định ranh giới các khu vực có mức độ phát triển karst khác nhau ( phân vùng karst); liệt kê toàn bộ các loại hình karst có mặt trong khu vực; liệt kê các biểu hiện của karst trên mặt đất ( các hố sập, phễu, lún, ...); liệt kê các biểu hiện và tồn tại karst ngầm, các đới phá huỷ và giảm tải trong đá karst và tầng phủ, đặc điểm và thành phần chất lấp nhét.

### **4.3 Ranh giới khảo sát**

Ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn thiết kế cơ sở là ranh giới của phương án đã lựa chọn xây dựng công trình, các tuyến giao thông nằm ngoài công trình và có mở rộng trên cơ sở xác định các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình phát triển karst, điều kiện và lịch sử phát triển karst, cũng như các yếu tố nhân sinh làm gia tăng sự phát triển karst.

### **4.4 Nội dung và khối lượng khảo sát**

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở được sắp xếp theo thứ tự như sau: thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có; đo vẽ ĐCCT; thăm dò địa vật lý mặt đất; khoan - khai đào; thăm dò địa vật lý lỗ khoan; thí nghiệm ĐCTV; thí nghiệm đất đá tại hiện trường; lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng; xử lý số liệu, viết báo cáo. Trong đó khối lượng công việc tập trung chủ yếu vào: thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có, đo vẽ ĐCCT, thăm dò địa vật lý mặt đất, còn các công tác khoan - khai đào, thí nghiệm ĐCTV, ĐVL lỗ khoan lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng nên tiến hành với khối lượng hạn chế.

Đặc điểm của giai đoạn thiết kế cơ sở là công tác khảo sát ĐCCT được tiến hành chủ yếu theo các tuyến đặc trưng.

#### **4.4.1 Thu thập, phân tích, tổng hợp các tài liệu đã có:**

Cần thu thập và lập danh mục các tài liệu chuyên môn đã có trong phạm vi dự án bao gồm: các bản đồ địa hình và mạng sông suối; bản đồ địa chất chung; ảnh máy bay (đối

với các công trình từ cấp II trở lên và không phải là đơn lẻ); các tài liệu khảo sát trước: địa chất công trình, địa chất thủy văn, địa vật lý, khí tượng-thủy văn, báo cáo khảo sát ĐCCT giai đoạn trước TKCS (nếu có).

#### 4.4.2 Đo vẽ ĐCCT

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT tương ứng với mức độ chi tiết khảo sát ĐCCT và tỷ lệ bản đồ phân vùng ĐCCT cho giai đoạn thiết kế cơ sở là 1: 10 000 ÷ 1: 5 000. Lựa chọn tỷ lệ đo vẽ phụ thuộc vào diện tích khu vực nghiên cứu, mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình dự kiến xây dựng.

Đo vẽ ĐCCT cho phương án đã lựa chọn để xây dựng công trình và khu vực lân cận phải được tiến hành trên nền địa chất hoặc thạch học-kiến tạo có địa hình với đầy đủ các yếu tố về thạch học đá karst, các yếu tố uốn nếp chính, phá huỷ kiến tạo và các thông số đi kèm: bậc, chiều sâu phân bố, chiều dài, chiều rộng vùng ảnh hưởng. Ngoài vùng dự kiến xây dựng, đo vẽ ĐCCT nên tiến hành ở tỷ lệ nhỏ hơn.

Đo vẽ ĐCCT bao gồm cả nội dung đo vẽ thủy văn – công trình và đặc biệt chú ý tới nội dung điều tra karst bề mặt.

#### 4.4.3 Thăm dò địa vật lý

Các phương pháp địa vật lý mặt đất (mặt cắt điện, mặt cắt địa chấn ) được sử dụng để khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở nhằm xác định và khoanh vùng các khu vực nứt nẻ và karst hoá mạnh, các địa hình karst trung thấp, còn phương pháp đo sâu điện được sử dụng để xác định chiều sâu phân bố của các vùng đó và tìm kiếm các hang hốc karst. Các phương pháp địa vật lý lỗ khoan (carota tổng thể, phóng xạ lỗ khoan, đo đường kính lỗ khoan) được tiến hành để nghiên cứu định lượng đặc điểm nứt nẻ của đất đá và hang hốc karst.

Các phương pháp địa vật lý mặt đất được sử dụng có hiệu quả trong điều kiện chiều rộng của các đới bị karst hoá không nhỏ hơn 80÷100m, chiều sâu không quá 30÷40m và chiều dày tầng phủ không quá 4÷15m. Theo kết quả thăm dò địa vật lý tiến hành xây dựng các mặt cắt địa vật lý, bản đồ dị thường, phân vùng khu vực theo mức độ phát triển karst, xác định sơ bộ các loại hang hốc và các loại hình karst khác, mà vị trí và kích thước của chúng sẽ được chính xác hoá ở các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo .

Các phương pháp đo mặt cắt điện, mặt cắt địa chấn được tiến hành theo các tuyến khảo sát, vị trí của các tuyến được xác định trên cơ sở kết quả điều tra karst bề mặt, tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và chiều sâu dự kiến phát triển karst. Khoảng cách giữa các tuyến thay đổi từ 25m đến 100m. Các phương pháp đo sâu điện được tiến hành chủ yếu tại các điểm dị thường địa

vật lý theo tài liệu đo mật cắt điện, mật cắt địa chấn. Các phương pháp địa vật lý lỗ khoan phải được tiến hành ở tất cả các lỗ khoan sâu để nghiên cứu karst.

#### 4.4.4 Khoan - khai đào

Dựa vào kết quả đo vẽ ĐCCT, khảo sát ĐVL mặt đất công tác khoan – khai đào thăm dò sẽ được bố trí nhằm làm rõ thêm cấu trúc địa chất, các hang hốc karst, các đới phá huỷ, lấy mẫu đất đá và nước để thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm ĐCTV và ĐVL lỗ khoan.

Khối lượng khoan – khai đào tối thiểu được kiến nghị theo bảng 1:

Bảng 1: Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và khối lượng khoan-khai đào tối thiểu trong vùng karst

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT	Tổng khối lượng khoan và khai đào / khối lượng hố khoan sâu để nghiên cứu karst trên 1km <sup>2</sup> (hố)	Khoảng cách giữa các hố khoan sâu (trung bình), (m)
1: 10 000	9 ÷ 16 / 2 ÷ 8	700 ÷ 350
1: 5 000	25 ÷ 50 / 8 ÷ 25	350 ÷ 200

Ghi chú: Số lượng hố khoan và khoảng cách giữa chúng phụ thuộc vào mức độ phức tạp của điều kiện ĐCCT và đặc điểm của công trình xây dựng (cấp công trình, đặc điểm kết cấu và tải trọng tác động, công nghệ thi công, điều kiện xây dựng và khai thác sử dụng) và sẽ được chính xác hoá theo kết quả đo địa vật lý. Nếu cần thiết thì một số hố khoan cho giai đoạn thiết kế cơ sở sẽ được trang bị để quan trắc dài hạn.

Các hố khoan sâu trong giai đoạn thiết kế cơ sở vừa có chức năng thăm dò, vừa có chức năng lỗ khoan kỹ thuật và lỗ khoan chuyên dụng.

#### 4.4.5 Thí nghiệm ĐCTV

Điều kiện ĐCTV được nghiên cứu ở mức độ chi tiết tương ứng với tỷ lệ khảo sát và đo vẽ.

Đối với các công trình có mức độ quan trọng không quá cấp II, dự kiến xây dựng trên vùng karst kém phát triển, thì mức độ xũng nước và tính thấm của đá bị karst hoá nứt nẻ có thể xác định theo các dấu hiệu gián tiếp ( mức độ nứt nẻ, mức độ karst hoá, mức độ tiêu hao dung dịch khi khoan, ..).

Để đánh giá mức độ không đồng nhất về tính thấm của đá bị karst hoá theo diện và chiều sâu, cũng như thành phần hoá học của nước phải tiến hành bơm hút hoặc đổ nước hố khoan đơn (thử và thực nghiệm) theo phương pháp thí nghiệm nhanh. Trong trường hợp cần thiết phải tiến hành thí nghiệm trong các hố khoan ĐCTV theo từng khoảng. Số lượng và chiều dài các khoảng thí nghiệm cho mỗi lỗ khoan ĐCTV xác định theo kết quả nghiên cứu

địa vật lý lỗ khoan. Số lượng hố khoan sâu được chọn để thí nghiệm ĐCTV bằng 1/2 ÷ 1/3 số hố khoan sâu nghiên cứu karst. Trong các thí nghiệm ĐCTV phải lấy mẫu nước để phân tích hoá học.

#### 4.4.6 Thí nghiệm đất đá tại hiện trường

Thí nghiệm đất đá tại hiện trường chủ yếu là xuyên động và xuyên tĩnh nhằm xác định các đới lỗ hổng và dỡ tải trong đất đá loại cát và loại sét của tầng phủ. Khối lượng xuyên phụ thuộc vào kết quả đo vẽ ĐCCT và ĐVL mặt đất.

#### 4.4.7 Lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng

Lấy mẫu đất đá cho thí nghiệm trong phòng từ tất cả các hố khoan khảo sát bao gồm: theo các dạng thạch học của đá karst hoá, vật liệu lấp nhét và các đơn nguyên ĐCCT của tầng phủ, mỗi loại một mẫu thí nghiệm / trong một hố khoan. Tổng thể không nhỏ hơn 6 mẫu/một đơn vị địa tầng đã phân chia.

Mẫu nước lấy từ tất cả các tầng nước ngầm bất gặp trong các hố khoan, các dòng chảy mặt, ao-hồ và các dạng nước xuất hiện khác với khối lượng như sau:

- a) Trong các hố khoan: 1 mẫu thí nghiệm/1 tầng. Tổng thể không nhỏ hơn 3 mẫu / một tầng chứa nước.
- b) Các dòng chảy mặt: lấy mẫu thí nghiệm ở tất cả các vị trí của dòng chảy mặt thay đổi hướng chảy, thay đổi về lưu lượng dòng chảy, thay đổi về điều kiện địa mạo, mỗi vị trí một mẫu.
- c) Mỗi ao – hồ và các dạng nước xuất hiện khác lấy một mẫu / một vị trí, trừ trường hợp phát hiện trong ao-hồ có các dị thường đặc biệt như mạch nước nóng, mạch nước lạnh,..thì tại mỗi dị thường đó lấy một mẫu thí nghiệm.

#### 4.4.8. Xử lý số liệu, viết báo cáo

Theo kết quả khảo sát trong giai đoạn xử lý nội nghiệp phải tiến hành đánh giá sơ bộ điều kiện, cường độ phát triển karst cũng như mức độ nguy hiểm của karst với công trình dự kiến xây dựng, kiến nghị sử dụng hợp lý lãnh thổ ( trong đó có cả kiến nghị loại bỏ các khu vực đặc biệt nguy hiểm), bố trí hợp lý các hạng mục công trình, lựa chọn các giải pháp xử lý karst, soạn thảo được những nhiệm vụ phải giải quyết ở giai đoạn khảo sát thiết kế kỹ thuật tiếp theo.

Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra , hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật gồm phần thuyết minh và phần phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

a) Phần mở đầu bao gồm: Nội dung như mục 3.4.3 a và bổ sung thêm tóm tắt công tác khảo sát ĐCCT đã thực hiện ở giai đoạn trước thiết kế cơ sở (nếu có).

b) Phần tổng quan: Nội dung như mục 3.4.3 b trên cơ sở bổ sung thêm các số liệu khảo sát của giai đoạn trước

c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu:

Trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế cơ sở (mục 4.2).

d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình:

Tiến hành phân vùng ĐCCT lãnh thổ theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst.

e) Kết luận: Trình bày những luận điểm cơ bản để khuyến nghị bố trí sơ bộ các hạng mục công trình và sử dụng hợp lý, bảo vệ lãnh thổ, trong đó có những kết luận về đánh giá, dự báo karst, việc sử dụng các khu vực karst phát triển mạnh và những biện pháp phòng chống. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

f.) Danh mục tài liệu tham khảo.

Chú ý: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo. Ví dụ, phương pháp khảo sát, kết quả khảo sát địa chất thủy văn, kết quả khảo sát địa vật lý, ... có thể đưa thành các phần riêng.

Phần phụ lục cần có:

a) Các bản vẽ bao gồm: Như mục 3.4.3, phần phụ lục bổ sung thêm bản đồ địa hình bề mặt đá gốc; bản đồ địa hình bề mặt (hoặc đáy) và độ dày các tầng thạch học quan trọng (nếu cần); bản đồ mực nước, thành phần hoá học và khả năng ăn mòn của nước trong các tầng chứa nước khác nhau; bản đồ địa chất thủy văn;

b) Các biểu bảng bao gồm: Như mục 3.4.3, phần phụ lục

c) Tài liệu gốc bao gồm: Như mục 3.4.3, phần phụ lục bổ sung thêm danh mục các lỗ khoan, hố đào, các điểm xuyên; các cột địa tầng lỗ khoan, mặt cắt hố đào, các đồ thị xuyên; các tài liệu khảo sát địa vật lý; kết quả thí nghiệm trong phòng; mẫu lưu của các lỗ khoan.

## **5. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật**

### **5.1 Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là đánh giá đầy đủ và chi tiết điều kiện ĐCCT trên diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình để: bố trí tối ưu và chính thức các công trình theo mặt bằng; tính toán thiết kế sơ bộ nền móng công trình; tính toán thiết kế sơ bộ xử lý karst; lựa chọn loại móng hợp lý cho công trình; lựa chọn phương pháp khai đào hiệu quả nhất; dự báo quy mô phát triển các quá trình địa chất ảnh hưởng



đến điều kiện xây dựng và sử dụng công trình; soạn thảo các giải pháp bảo vệ công trình và nền địa chất khỏi các quá trình địa chất nguy hiểm.

## **5.2 Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là làm sáng tỏ các yếu tố điều kiện ĐCCT ( tối ưu và tương đối đồng đều trên toàn bộ diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình ) và hiện trạng phát triển karst ở mức độ chi tiết như sau:

a) Cấu trúc địa chất:

Đối với đất đá tầng phủ: phân chia thành các đơn nguyên địa chất công trình như mục 4.2 và chi tiết hơn ở mức độ đồng nhất về trạng thái.

Đối với đá karst: Phân chia như ở mục 4.2 và bổ sung thêm phân chia các đới theo mức độ nứt nẻ và phát triển karst.

Đối với đá nằm dưới: thành phần khoáng vật và thế nằm.

b) Kiến tạo: Như mục 4.2 và bổ sung thêm nội dung xác định các hệ thống khe nứt, mật độ, chất lấp nhét trong đới cà nát của các đứt gãy .

c) Thủy văn: Như mục 4.2, trường hợp cần thiết phải bổ sung để có số liệu chi tiết hơn

d) Địa chất thủy văn: Như mục 4.2 nhưng chi tiết và chính xác hơn, bổ sung thêm nội dung xác định nhiệt độ và chế độ nước ngầm, nguồn cấp, nguồn thoát, miền vận động của nước dưới đất.

e) Địa hình - Địa mạo: Như mục 4.2 và bổ sung thêm nội dung xác định các thung lũng cổ và thành phần lấp đầy của chúng.

f) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: Các chỉ tiêu cơ lý của đất đá phải phản ánh đặc tính biến đổi theo không gian, các chỉ tiêu phân loại phải đủ để kiểm tra tính đồng nhất của chúng trong phạm vi phát triển các phân vị đất đá đã phân chia ở trên.

Tính toán các giá trị trung bình, độ lệch quân phương, các chỉ tiêu phân loại cho tất cả các đơn nguyên ĐCCT của tầng phủ, các đới nứt nẻ của đá karst và đá nằm dưới để tìm kiếm giá trị tiêu chuẩn phục vụ cho tính toán sơ bộ công trình.

Về hiện trạng phát triển karst và những biểu hiện của chúng: Như mục 4.2 và bổ sung thêm nội dung xác định: biến dạng nhà và công trình có liên quan với karst; hình dáng, kích thước và phân bố không gian của hang hốc karst ngầm, phân bố các vùng ảnh hưởng và phá huỷ đất đá do karst, đặc điểm và thành phần chất lấp nhét.

Kết quả khảo sát phải đủ cơ sở để chính xác hoá phân vùng địa chất công trình khu vực xây dựng theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst, đồng thời đánh giá khả năng kích hoạt phát triển karst khi xây dựng và sử dụng công trình, dự báo phát triển karst.

## **5.3 Ranh giới khảo sát**

Ranh giới khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật là ranh giới đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình có tính đến vùng ảnh hưởng của công trình ngoài phạm vi diện tích xây dựng.

#### **5.4 Nội dung và khối lượng khảo sát**

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật được sắp xếp theo thứ tự như sau: Thu thập, tổng hợp số liệu; đo vẽ ĐCCT; thăm dò địa vật lý mặt đất, khoan - khai đào, địa vật lý lỗ khoan, thí nghiệm ĐCCT hiện trường, thí nghiệm ĐCTV, thí nghiệm trong phòng. Tất cả các công việc hiện trường và trong phòng đều được triển khai với khối lượng lớn. Bắt đầu triển khai quan trắc định kỳ.

Đặc điểm của giai đoạn thiết kế kỹ thuật là các công tác khảo sát ĐCCT được bố trí tối ưu và tương đối đồng đều trong phạm vi diện tích đã bố trí sơ bộ các hạng mục công trình sao cho theo bất kỳ hướng nào cũng có thể xây dựng được mặt cắt ĐCCT và các sơ đồ tính toán để đạt được các mục tiêu và nhiệm vụ của giai đoạn thiết kế kỹ thuật.

##### **5.4.1 Thu thập, tổng hợp số liệu**

Thu thập toàn bộ các số liệu, tài liệu và báo cáo của giai đoạn trước, khi tổng hợp số liệu cần đặc biệt chú ý đến các biểu hiện karst trên bề mặt ( hố sập, phếu karst, ..), kích thước của chúng, thậm chí cả tuổi tương đối, khoanh vùng các khu vực có biểu hiện sập, lún mới và các khu vực chỉ có dấu vết của các hố sập cũ.

##### **5.4.2 Đo vẽ ĐCCT**

Đo vẽ ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật được tiến hành ở tỷ lệ 1:2000 ÷ 1: 500. Điều tra karst nằm trong nội dung đo vẽ ĐCCT và bao gồm: đo vẽ toàn bộ các biểu hiện karst trên bề mặt đất (lún, sập, khe nứt) có thể liên quan với hang hốc karst dưới sâu; thị sát hiện trạng của các nhà và công trình lân cận, đo vẽ biến dạng và lý giải nguyên nhân, làm rõ những biến đổi các yếu tố tự nhiên và nhân sinh ảnh hưởng đến phát triển karst, đặc điểm phân bố và cường độ phát triển karst từ lần khảo sát trước; mỗi biểu hiện karst trên bề mặt đều được ghi chép, đo vẽ đầy đủ, có hồ sơ riêng, có đánh số trong hồ sơ và dùng trắc địa xác định tọa độ, đưa lên trên bản đồ.

##### **5.4.3 Thăm dò địa vật lý**

Trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật công tác thăm dò ĐVL sử dụng các phương pháp sau: đo mặt cắt điện để khoanh định các khu vực nứt nẻ và phát triển karst khác nhau, phát hiện hang hốc karst; đo sâu điện để xác định chiều sâu phát triển của hang hốc karst; đo sâu vòng để xác định thể nằm và cấu trúc của hang hốc.

Địa vật lý lỗ khoan ( đo lưu lượng nước lỗ khoan, đường kính lỗ khoan, phóng xạ lỗ khoan, carota lỗ khoan, nhiệt độ lỗ khoan, phương pháp vật thể nhiễm điện) để xác định chính xác đặc điểm phân đới nứt nẻ của đất đá và vị trí hang hốc karst.

Mạng lưới thí nghiệm địa vật lý, chủng loại và kích thước thiết bị phụ thuộc vào tỷ lệ đo vẽ, chiều sâu phân bố đá karst cũng như tính chất dẫn điện và các yếu tố gây nhiễu. Với tỷ lệ khảo sát 1: 2000÷1:500, khoảng cách giữa các điểm đo sâu điện tương ứng là 25 x 25m ÷ 10 x 10m, còn khoảng cách giữa các điểm đo mật cắt điện tương ứng là 10 x10m ÷ 5 x 5m, các điểm đo sâu vòng để xác định thế nằm và cấu trúc của hang hốc thường bằng 30 ÷ 50% các điểm đo sâu, khối lượng khảo sát ĐVL lỗ khoan phụ thuộc vào kết quả khoan khảo sát và ĐVL mặt đất. Khối lượng lỗ khoan thăm dò được chỉ định thí nghiệm ĐVL lỗ khoan chiếm 30 ÷ 70% tổng lỗ khoan thăm dò.

#### 5.4.4 Khoan-khai đào

Khoan-khai đào phải được bố trí phụ thuộc và địa hình-địa mạo, mạng thủy văn, cấu trúc địa chất, đặc điểm cấu trúc-kiến tạo, đặc điểm phân bố các đới dị thường ĐCTV, ĐVL, đặc điểm phân bố không gian các hang hốc karst theo kết quả đo vẽ ĐCCT và nghiên cứu ĐVL. Số lượng lỗ khoan sâu được chỉ định theo bảng 2.

**Bảng 2: Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT và khối lượng khoan-khai đào tối thiểu trong vùng karst giai đoạn thiết kế kỹ thuật**

Tỷ lệ đo vẽ ĐCCT	Tổng khối lượng khoan và khai đào / khối lượng hố khoan sâu để nghiên cứu karst trên 1km <sup>2</sup> (hố)	Khoảng cách giữa các hố khoan sâu (trung bình), m
1: 2 000	100 ÷ 250 / >25 (không hạn định)	200 ÷ 100
1: 1 000	300 ÷ 750 / không hạn định	100 ÷ 50
1 : 500	500 ÷ 1600 / không hạn định	50 ÷ 25

Chiều sâu của những lỗ khoan để nghiên cứu tầng phủ, vật chất lấp nhét, khoanh vùng các loại hang hốc karst, các đới giảm tải trong tầng phủ,.. phải được luận chứng trong đề cương nghiên cứu, phụ thuộc vào chiều sâu phát triển karst, kích cỡ của chúng và chiều dày tầng phủ. Ngoài khoan còn phải tiến hành các khai đào bổ sung ( giếng thăm dò, hố đào, rãnh) để nghiên cứu đất đá trong tầng phủ và tiến hành các thí nghiệm hiện trường ĐCCT, ĐCTV. Khối lượng khai đào cũng phải được luận chứng trong đề cương nghiên cứu và phụ thuộc vào khối lượng thí nghiệm hiện trường khác ĐCCT, ĐCTV.

#### 5.4.5 Xuyên động, xuyên tĩnh và các phương pháp hiện trường khác



Phương pháp xuyên động, xuyên tĩnh được sử dụng để: xác định và khoanh vùng các đới đỡ tải yếu và hang hốc trong tầng phủ; xác định và khoanh vùng đất yếu thuộc các dạng địa hình karst bề mặt và địa hình karst trũng thấp; chính xác hoá mặt cắt địa chất và bề mặt đá cứng.

Các phương pháp hiện trường khác được sử dụng để xác định độ bền, biến dạng của tầng phủ dưới móng nhà và công trình dự kiến xây dựng (thí nghiệm bàn nén, cắt và đẩy trong hố đào) được bố trí tại các vị trí mà tầng phủ bị phá huỷ và không bị phá huỷ do karst. Dưới mỗi móng nhà mỗi đơn nguyên ĐCCT phải tiến hành ít nhất 3 thí nghiệm.

#### 5.4.6 Thí nghiệm ĐCTV

Nghiên cứu ĐCTV trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật phải đảm bảo đầy đủ thông tin để đánh giá đặc điểm ĐCTV tầng phủ, tầng đá karst và tầng lót đáy bao gồm: mực nước và gradien dòng ngầm, các thông số ĐCTV của tầng chứa nước (hệ số thấm, hệ số dẫn nước), thành phần hoá học, nhiệt độ, khả năng ăn mòn, động lực nước ngầm, quan hệ giữa các tầng chứa nước với nhau và với nước mặt, khả năng biến đổi điều kiện ĐCTV khi xây dựng và sử dụng công trình, khả năng kích hoạt phát triển karst.

Lựa chọn các khu vực thí nghiệm thấm, phụ thuộc và đặc điểm không đồng nhất của điều kiện ĐCTV, mức độ phát triển karst theo diện và chiều sâu đã được đánh giá theo các kết quả nghiên cứu khác.

Thí nghiệm ĐCTV trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật bao gồm: thí nghiệm bơm hút đơn và thí nghiệm bơm hút cụm, trong đó thí nghiệm bơm hút đơn (bao gồm cả đổ nước và ép nước) để xác định các vùng chứa nước và dẫn nước khác nhau, còn thí nghiệm bơm hút cụm để xác định các thông số ĐCTV các tầng chứa nước, các khu vực có mức độ phát triển karst khác nhau, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước và với nước mặt.

Khối lượng thí nghiệm bơm hút đơn không nhỏ hơn 3 thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước karst trong mỗi vùng có mức độ phát triển karst khác nhau. Khối lượng thí nghiệm bơm hút cụm ít nhất là 1 thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước karst trong mỗi vùng có mức độ phát triển karst khác nhau.

#### 5.4.7. Lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng

Lấy mẫu cho thí nghiệm trong phòng bao gồm mẫu đất, mẫu đá và mẫu nước.

Mẫu đất được lấy cho tất cả các đơn nguyên địa chất công trình đã phân chia, mẫu đá lấy cho tất cả các phân vị thạch học ở tất cả các đới nứt nẻ và phát triển karst của tầng đá karst và tầng lót đáy. Mẫu nước lấy trong lỗ khoan khi khảo sát, khi thí nghiệm ĐCTV. Mẫu nước phải lấy đồng loạt, cùng thời gian, nhiều lần trong năm phụ thuộc vào động thái, nhưng ít nhất cũng phải theo mùa.

Khối lượng thí nghiệm trong phòng phải được luận chứng trong đề cương khảo sát cho từng đơn nguyên ĐCCT và các phân vị đá gốc bị ảnh hưởng của quá trình karst, phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu (xuất đảm bảo yêu cầu) đánh giá các chỉ tiêu cơ lý, mức độ không đồng nhất của đất đá, cấp công trình. Nếu không có luận chứng cụ thể thì dưới mỗi móng nhà và công trình độc lập đối với mỗi đơn nguyên ĐCCT phải thí nghiệm không dưới 10 mẫu chỉ tiêu vật lý và trạng thái 6 mẫu chỉ tiêu cơ học. Mẫu nước thí nghiệm lấy từ mỗi tầng ít nhất 3 mẫu (mỗi mùa) để xác định thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất.

#### 5.4.8 Quan trắc định kỳ

Công tác quan trắc nằm trong nội dung khảo sát ĐCCT để xây dựng các công trình lớn và phức tạp, kể cả các công trình không lớn lắm nhưng có nhu cầu để phát hiện các biểu hiện mới của karst, cũng như nghiên cứu động lực phát triển các loại hình karst đã phát hiện, chu kỳ quan sát phụ thuộc vào mức độ phát triển karst và tầm quan trọng của công trình xây dựng.

Quan trắc động lực nước dưới đất được tiến hành trong các giếng, các tuyến hố khoan, các hố khoan đơn lẻ, các nguồn xuất lộ nước. Mạng và khối lượng quan trắc được luận chứng trong đề cương khảo sát và phụ thuộc vào điều kiện địa chất, ĐCTV khu vực xây dựng, cũng như các yếu tố tác động nhân sinh từ các nguồn khác nhau như: các công trình khai thác nước ngầm, các công trình thuỷ công, các công trình xử lý, chôn lấp chất thải.

Hàng năm phải theo dõi định kỳ trạng thái của nhà và công trình trong khu vực khảo sát và quan trắc định kỳ các công trình bị lún, biến dạng.

Đối với các công trình nguy hại cho môi trường, cần phải xây dựng hệ thống quan trắc karst, trong đó bao gồm cả các quan trắc định kỳ ĐVL, biến dạng nền móng công trình, mực nước và thành phần hoá học của nước dưới đất.

#### 5.4.9 Xử lý số liệu, viết báo cáo.

Tất cả số liệu khảo sát phải được kiểm tra, hiệu chỉnh và hệ thống hoá, trên cơ sở đó tiến hành lập báo cáo kỹ thuật. Báo cáo kỹ thuật phải đảm bảo đầy đủ số liệu để giải quyết các mục tiêu đặt ra ở mục 5.1 và bao gồm 2 phần: thuyết minh và phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phần mở đầu: Nội dung như mục 4.4.8a;
- b) Phần tổng quan: Nội dung như mục 4.4.8b;
- c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu:

Trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật (mục 5.2).

d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình:

Đánh giá - dự báo quy luật (khả năng và cường độ) phát triển karst; đánh giá hiện trạng biến dạng bề mặt đất và phát triển karst ngầm khu vực dự kiến xây dựng; phân vùng karst theo điều kiện, đặc điểm, mức độ phát triển karst; đánh giá mức độ ổn định khu vực dự kiến xây dựng do karst; trên cơ sở của những kết quả khảo sát, trong báo cáo khảo sát phải có kiến nghị các giải pháp phòng chống karst (kết cấu, điều chỉnh ảnh hưởng tác động của nước, chống thấm, gia cố nền móng, các giải pháp công nghệ và khai thác).

e) Kết luận: Trình bày những luận điểm cơ bản khuyến nghị bố trí chính thức công trình và sử dụng hợp lý, bảo vệ lãnh thổ, trong đó có những kết luận về đánh giá, dự báo karst, những biện pháp xử lý karst. Dự kiến các vấn đề ĐCCT phải nghiên cứu kỹ ở giai đoạn sau.

f) Danh mục tài liệu tham khảo.

Chú ý: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo cho phù hợp.

Phần phụ lục cần có:

a) Các bản vẽ: Nội dung như mục 4.4.8, phần phụ lục và bổ sung thêm bản đồ karst bề mặt đất và karst ngầm; bản đồ địa chất công trình cắt lớp tại các độ sâu khác nhau (nếu cần).

b) Các biểu bảng: Nội dung như mục 4.4.8, phần phụ lục.

c) Tài liệu gốc: Nội dung như mục 4.4.8, phần phụ lục và bổ sung thêm danh mục các biểu hiện karst trên mặt đất - sụt, lún, phễu v.v; danh mục các biểu hiện karst ngầm.

## **6. Khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công**

### **6.1. Mục tiêu khảo sát**

Mục tiêu khảo sát ĐCCT giai đoạn bản vẽ thi công là chính xác, chi tiết hoá và đánh giá điều kiện ĐCCT ở từng khu vực xây dựng công trình (trong phạm vi từng vùng ảnh hưởng của các hạng mục công trình) tương ứng với kiến trúc và phương pháp thi công đã thiết kế sao cho các thông tin ĐCCT đó cần và đủ để: hoàn thiện toàn bộ tính toán chính xác cho các hạng mục công trình và nền móng của chúng; hoàn thiện các thiết kế đặc biệt; soạn thảo phương án thi công công trình; thiết kế thi công biện pháp xử lý karst.

Cần chú ý rằng tất cả các yếu tố ĐCCT quan trọng để quyết định điều kiện xây dựng công trình nhất thiết phải được đánh giá định lượng.

### **6.2. Nhiệm vụ khảo sát**

Nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn bản vẽ thi công là chính xác hoá và chi tiết hoá các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển karst trong phạm vi vùng ảnh hưởng dự kiến của các hạng mục công trình bao gồm:

a) Cấu trúc địa chất:

Đối với đất đá tầng phủ: như mục 5.2 hoặc phân chia theo các giá trị tính toán;

Đối với đá karst: như mục 5.2;

Đối với đá nằm dưới: thành phần khoáng vật, thể nằm và độ bền của đá.

b) Kiến tạo: Như mục 5.2 .

c) Thuỷ văn: Như mục 5.2, nhưng số liệu phải có đặc trưng theo mùa.

d) Địa chất thuỷ văn: Như mục 5.2

f) Các chỉ tiêu cơ lý đất đá: Như mục 5.2 và bổ sung thêm yêu cầu các chỉ tiêu biến dạng, độ bền xác định bằng các phương pháp hiện trường là chủ yếu.

Về hiện trạng phát triển karst và những biểu hiện của chúng: Như mục 5.2 và bổ sung thêm nội dung dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển karst ở trên mặt và dưới sâu

Trên cơ sở các tài liệu kể trên chi tiết hoá và hiệu chỉnh việc đánh giá mức độ và đặc điểm phát triển karst, điều kiện phát triển karst, khả năng kích hoạt nhân sinh phát triển karst, khả năng ổn định của các khu vực xây dựng từng hạng mục công trình độc lập.

### **6.3 Ranh giới khảo sát**

Ranh giới khảo sát ĐCCTgiai đoạn thiết kế bản vẽ thi công là ranh giới của vùng ảnh hưởng dự kiến của từng hạng mục công trình độc lập.

### **6.4 Nội dung và khối lượng khảo sát**

Các công tác khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công chỉ bố trí bổ sung dưới hệ thống móng của công trình dự kiến bao gồm: khoan - khai đào và thăm dò địa vật lý chiếm tỷ trọng lớn trong khối lượng khảo sát; xuyên động - xuyên tĩnh và thí nghiệm hiện trường khác cũng như các thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm ĐCTV được triển khai với khối lượng nhỏ hơn; quan trắc định kỳ được tiếp tục trong giai đoạn này; xử lý số liệu, viết báo cáo.

#### **6.4.1 Khoan - khai đào**

Công tác khoan trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công nhằm xác định sự biến đổi mặt cắt ĐCCT, điều kiện ĐCTV, chính xác lại kích thước, hình dạng hang hốc karst, kiểm tra các dị thường ĐVL và nghiên cứu định lượng-chi tiết các biểu hiện karst trên mặt đất trong

phạm vi vùng ảnh hưởng dự kiến của từng hạng mục công trình độc lập, trong trường hợp cần thiết có thể phải khoan cả ở ngoài phạm vi thiết kế của nhà và công trình.

Số lượng hố khoan trong phạm vi các nhà và công trình phụ thuộc vào tầm quan trọng và kích thước của nhà và công trình, cũng như điều kiện, đặc điểm, mức độ phát triển karst. Khoảng cách giữa các hố khoan được chấp nhận trong khoảng  $20 \div 50\text{m}$ .

Trong khu vực phân bố đá cứng và nửa cứng ở độ sâu không lớn (dưới 20m), dưới nền nhà và công trình ở cấp quan trọng (cấp I-II) cần phải tiến hành khoan-khai đào chi tiết hơn, khoảng cách giữa các hố khoan là 10-20m và nhỏ hơn, đồng thời cũng phải khoan trực tiếp dưới các móng riêng biệt tại khu vực phát triển karst mạnh để đánh giá chính xác khả năng ổn định của diện tích xây dựng. Các hố khoan phải cắm sâu vào đá cứng-phong hoá nhẹ không dưới  $1 \div 2\text{m}$ .

Nếu chiều dày tầng phủ và tầng đá karst lớn hơn  $30 \div 50\text{m}$ , chiều sâu của các hố khoan phải được luận chứng riêng trong đề cương khảo sát. Dưới nền nhà và công trình có tầm quan trọng cấp I-II, 1/3 số hố khoan khảo sát phải cắm vào tầng đá phong hoá nhẹ 5m. Chiều sâu của các hố khoan còn lại được tính toán theo yêu cầu khảo sát cho các trường hợp khảo sát thông thường khác.

#### 6.4.2 Thăm dò địa vật lý

Trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công sử dụng chủ yếu phương pháp đo sâu điện và các phương pháp địa vật lý lỗ khoan nhằm khoanh định chính xác phạm vi phân bố các đới nứt nẻ, các hang hốc karst. Trong tất cả các lỗ khoan sâu đều phải sử dụng các phương pháp ĐVL lỗ khoan (đo lưu lượng nước lỗ khoan, đường kính lỗ khoan, phóng xạ lỗ khoan, carota lỗ khoan, chiếu điện và chiếu âm giữa các lỗ khoan).

#### 6.4.3 Xuyên động - xuyên tĩnh và các thí nghiệm hiện trường khác

Công tác thí nghiệm hiện trường trong giai đoạn bản vẽ thi công được bổ sung để khoanh vùng các đới xung yếu- đỡ tải trong đất dính và bờ rời tầng phủ dưới móng công trình và xác định các chỉ tiêu độ bền và biến dạng của chúng khi cần thiết. Các phương pháp thí nghiệm bao gồm: xuyên động, xuyên tĩnh cắt cánh, nén thành hố khoan, nén và cắt, đẩy trong hố đào. Khối lượng thí nghiệm được luận chứng trong đề cương khảo sát.

#### 6.4.4 Nghiên cứu ĐCTV

Nghiên cứu ĐCTV trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công được bổ sung để chính xác hoá các thông số ĐCTV (mức nước, gradien dòng thấm, hệ số thấm, hệ số dẫn nước, thành phần hoá học, nhiệt độ, khả năng ăn mòn, động lực nước ngầm, quan hệ giữa các tầng chứa nước với nhau và với nước mặt) cho dự báo biến đổi điều kiện ĐCTV và giải quyết các bài toán thiết kế hệ thống hạ thấp mực nước, thiết kế các giải pháp chống thấm.



Thí nghiệm ĐCTV trong giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công chủ yếu thí nghiệm bơm hút cụm được bố trí trong phạm vi hố móng và trực tiếp tại các vị trí thiết kế hệ thống chống thấm, hệ thống hạ thấp mực nước, hệ thống thoát nước, ... . Khối lượng thí nghiệm bơm hút cụm ít nhất là 1 thí nghiệm cho mỗi tầng chứa nước karst trong mỗi vùng có mức độ phát triển karst khác nhau (có tính đến thí nghiệm của giai đoạn trước).

#### 6.4.5 Lấy mẫu thí nghiệm, thí nghiệm trong phòng và nghiên cứu thử nghiệm

Lấy mẫu cho thí nghiệm trong phòng bao gồm mẫu đất, mẫu đá và mẫu nước từ các hố khoan và hố đào.

Thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất đá được tiến hành cho tất cả các đơn nguyên địa chất công trình đã phân chia trong phạm vi từng công trình độc lập hoặc nhóm công trình. Số lượng thí nghiệm tối ưu (để xác định các giá trị tiêu chuẩn và các giá trị tính toán) phải được tính toán và luận chứng cụ thể trong đề cương khảo sát, phụ thuộc vào mức độ không đồng nhất của đất đá, độ chính xác yêu cầu (xuất đảm bảo yêu cầu) thí nghiệm, cấp công trình xây dựng. Trong trường hợp không có dữ liệu để tính toán khối lượng thí nghiệm tối ưu thì dưới mỗi móng của công trình độc lập đối với mỗi đơn nguyên ĐCCT phải thí nghiệm không dưới 10 mẫu chỉ tiêu vật lý và trạng thái, 6 mẫu chỉ tiêu cơ học (kể cả các mẫu đã thí nghiệm ở giai đoạn trước). Mẫu nước thí nghiệm lấy từ mỗi tầng ít nhất 3 mẫu (mỗi mùa) để xác định thành phần hoá học, khả năng ăn mòn của nước dưới đất.

Trong giai đoạn bản vẽ thi công nếu xét thấy cần thiết có thể tiến hành các nghiên cứu thử nghiệm trong phòng và mô hình hoá phải theo đề cương bổ sung và được chủ đầu tư chấp thuận.

#### 6.4.6 Quan trắc định kỳ

Quan trắc định kỳ bắt đầu từ giai đoạn khảo sát trước, phải được tiếp tục ở giai đoạn thiết kế bản vẽ thi công. Lưới và nội dung quan trắc có thể được hiệu chỉnh theo kết quả nghiên cứu thực tế.

#### 6.4.7 Xử lý số liệu, viết báo cáo

Tất cả các số liệu khảo sát hiện trường, thí nghiệm trong phòng, nghiên cứu thử nghiệm, quan trắc định kỳ phải được xử lý-phân tích và hệ thống hoá, đảm bảo đầy đủ số liệu để giải quyết các mục tiêu đặt ra ở mục 6.1. Báo cáo kỹ thuật bao gồm 2 phần: thuyết minh và phụ lục.

Nội dung của phần thuyết minh như sau:

- a) Phần mở đầu: Nội dung như mục 5.4.9 a;
- b) Phần tổng quan: Nội dung như mục 5.4.9 a;

c) Điều kiện ĐCCT khu vực nghiên cứu:

Trình bày và phân tích các yếu tố điều kiện ĐCCT và hiện trạng phát triển karst theo nhiệm vụ khảo sát ĐCCT giai đoạn thiết kế kỹ thuật ( mục 6.2 )

d) Đánh giá điều kiện địa chất công trình:

Đánh giá - dự báo bổ sung quy luật (khả năng và cường độ) phát triển karst(nếu cần thiết); đánh giá bổ sung hiện trạng biến dạng bề mặt đất và phát triển karst ngầm khu vực dự kiến xây dựng (nếu cần thiết); đánh giá bổ sung mức độ ổn định của diện tích dự kiến xây dựng do karst (chính xác hoá); trên cơ sở của những kết quả khảo sát, trong báo cáo khảo sát phải có kiến nghị chính thức về các giải pháp xử lý karst, kiến nghị về các nội dung quan trắc tiếp theo (nếu cần thiết).

e) Kết luận: Trình bày ngắn gọn những luận điểm cơ bản khuyến nghị chính thức về thiết kế nền móng công trình và xử lý karst. Dự kiến các nội dung quan trắc ở giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình (nếu cần thiết).

f) Danh mục tài liệu tham khảo.

Chú ý: Tùy thuộc vào tính chất tài liệu thu được trong quá trình khảo sát mà có thể sửa đổi cấu trúc báo cáo cho phù hợp.

Phần phụ lục cần có:

- a) Các bản vẽ: Nội dung như mục 5.4.9, phần phụ lục;
- b) Các biểu bảng: Nội dung như mục 5.4.9, phần phụ lục ;
- c) Tài liệu gốc: Nội dung như mục 5.4.9, phần phụ lục;

**Phụ lục A  
(tham khảo)**

**Đánh giá điều kiện địa chất công trình trong vùng karst**

**A1 Phân vùng địa chất công trình lãnh thổ theo điều kiện, mức độ và đặc điểm phát triển karst.**

A1.1 Trên cơ sở của những kết quả khảo sát có thể phân vùng lãnh thổ karst theo cường độ phát triển các hố sập mặt đất và đường kính trung bình của các hố sập (bảng A1, A2).

Bảng A1 - Phân vùng lãnh thổ phát triển karst theo cường độ phát triển các hố sập mặt đất

Phạm trù ổn định lãnh thổ phát triển karst	Cường độ phát triển các hố sập mặt đất (hố/km <sup>2</sup> .năm)
Vùng I	Trên 1.0
Vùng II	Từ 0.1 đến 1.0
Vùng III	Từ 0.05 đến 0.1
vùng IV	Từ 0.01 đến 0.05
Vùng V	Nhỏ hơn 0.01
Vùng VI	Không có khả năng sập mặt đất do karst

Bảng A.2 Phân vùng lãnh thổ phát triển karst theo đường kính trung bình của các hố sập mặt đất

Phạm trù ổn định lãnh thổ phát triển karst	Đường kính trung bình của các hố sập, m
A	lớn hơn 20
B	từ 10 đến 20
C	từ 3 đến 10
Đ	nhỏ hơn 3

A1.2 Phân vùng địa chất công trình là cơ sở đánh giá vùng lãnh thổ phát triển karst phục vụ xây dựng. Các kết quả phân vùng giúp cho các đơn vị thiết kế xác định mức độ phù hợp

A1.3 Các yêu cầu đối với phân vùng được xác định bằng tỷ lệ của nó, đồng thời phụ thuộc vào các điều kiện tự nhiên và nhu cầu đặc thù của bài toán thiết kế. Tỷ lệ phân vùng được lựa chọn thuộc vào giai đoạn thiết kế.

A1.4 Phân vùng được mô tả trên bản đồ tỷ lệ đã chọn, tỷ lệ này xác định các thang bậc phân chia lãnh thổ (vùng, khoảnh, ..) và chi tiết phân chia .

A1.5 Phân vùng được thực hiện :

- a) Theo điều kiện phát triển karst, có tính đến các điều kiện xuất hiện chúng trên mặt đất;
- b) Theo mức độ và đặc điểm phát triển karst, bao gồm cả mức độ và đặc điểm xuất hiện karst trên mặt đất.

Phân chia các vùng, khu, khoảnh v.v.. được tiến hành theo cách xếp chồng bản đồ mức độ và đặc điểm phát triển karst lên trên bản đồ điều kiện phát triển của nó, đối chiếu và kết hợp chúng. Cần chú ý rằng các ranh giới phát triển karst không phải lúc nào cũng trùng khớp với các ranh giới địa chất và địa mạo, nhiều khi sự phát triển karst tiến sát đến các ranh giới đó.

A1.6. Cơ sở cơ bản của phân vùng là phân tích lịch sử địa chất về điều kiện phát triển karst. Có bốn điều kiện như vậy ( mục 1.4.1).

Ngoài ra, phân vùng theo điều kiện phát triển karst cần phải lưu ý các điều kiện phát triển xói ngầm, dịch chuyển và sập lở của đất đá cũng như các quá trình khác tham gia vào sự hình thành hang hốc, các đới bị phá huỷ và đỡ tải trong các đá karst và tầng phủ, đồng thời cũng phải lưu ý tới sự hình thành các hố sập và lún bề mặt đất.

A1.7. Trong phân vùng cần nghiên cứu và sử dụng các quy luật phát triển karst. Quy luật được phân loại thành: quy luật chung, quy luật khu vực và quy luật địa phương ở các cấp độ khác nhau.

A1.8. Những quy luật chung quan trọng nhất cần tính đến trong phân vùng là:

- a. Sự phát triển tích cực của karst trong các đá hoà tan diễn ra ở các đới có sự trao đổi nước tích cực;
- b. sự phát triển karst được xác định bởi toàn bộ lịch sử phát triển của nó trong quá khứ, hiện tại và tương lai. Trong đó, rút ra được một loạt các quy luật chung khác như: mức độ phát triển karst giảm theo độ sâu (với các điều kiện khác là tương đương); karst phát triển mạnh hơn ở gần thung lũng và giảm dần theo hướng đến đường phân thủy; karst phát triển và phân bố trong các đới nứt nẻ mạnh, đới phá huỷ kiến tạo, dưới mực ăn mòn cơ sở.

A1.9. Để phân vùng theo điều kiện phát triển karst, nên lập bộ bản đồ với một tỷ lệ thích hợp: các bản đồ địa chất, cấu trúc-kiến tạo, địa mạo, và địa chất thủy văn (bao gồm cả thủy địa hoá).

A1.10. Để phân vùng trước hết phải phân chia ranh giới lãnh thổ các kiểu karst theo thành phần thạch học và đặc điểm thể nằm. Muốn vậy, trước hết phải phân chia và khoanh vùng các thành hệ chứa các đá hoà tan có xét đến tuổi của chúng, phân chia các khu vực nâng, hạ, các đới phá huỷ kiến tạo, các đới nứt nẻ mạnh, các khu vực có độ dày và độ thấm nước tầng phủ khác nhau, các yếu tố cấu trúc địa hình-địa mạo (bề mặt san bằng, sườn dốc thung lũng, thêm v.v..) và cuối cùng là các khu vực có chế độ thủy động lực khác nhau và cường độ trao đổi nước trong các đá karst khác nhau. Phân chia các thời kỳ phát triển karst.

Nội dung như trên là đủ để phân vùng lãnh thổ theo điều kiện phát triển karst ở tỷ lệ 1:50 000 - 1:25 000. Phân vùng tỷ lệ lớn hơn phải phân chia tỷ mỉ hơn nữa.

Phân bố của các thành hệ chứa đá hoà tan thường được khống chế bởi các cấu trúc kiến tạo ở các cấp bậc khác nhau.

A1.11. Trên bản đồ phân vùng tỷ lệ 1:50 000 ÷ 1:25000, lãnh thổ nghiên cứu được chia thành các vùng: không phát triển karst, phát triển karst mạnh, trung bình và yếu. Vùng không phát triển karst là vùng không có đất đá hoà tan, hoặc bị phủ bởi đất đá không thấm nước, không hoà tan tương đối dày. Ở các khu vực đồng bằng, nơi phát triển karst thường liên quan chặt chẽ với sự phát triển địa hình và mạng sông ngòi, bởi vì mạng sông ngòi và địa hình -địa mạo liên quan trực tiếp với cấu trúc kiến tạo ở các bậc khác nhau, các đới phá huỷ, nứt nẻ mạnh.

A1.12. Mỗi vùng hoặc khu được phân chia trong bản đồ phân vùng tỷ lệ 1: 50 000 ÷ 1: 25 000 phải được chú giải đầy đủ về: loại karst, điều kiện địa chất, địa mạo, địa chất thủy văn cùng với các mặt cắt tương ứng, mức độ và đặc điểm phát triển karst, đặc điểm biểu hiện karst trên bề mặt đất.

Mức độ phát triển karst và ổn định lãnh thổ cho phép được đánh giá định tính hoặc định tính – nửa định lượng trên cơ sở tương tự địa chất.

A1.13. Để phân vùng ở tỷ lệ 1:10 000 và lớn hơn, đối với mỗi tầng trầm tích và mỗi tầng địa chất thủy văn nên thành lập riêng các bộ bản đồ bao gồm: địa hình bề mặt và chiều dày của tầng, ranh giới của các loại đá (tướng đá), đặc tính thấm, mực nước, thành phần hoá học, đặc tính ăn mòn của nước. Thành lập các bản đồ cấu trúc kiến tạo, địa mạo, bản đồ phát triển karst ngầm và trên mặt, các mặt cắt ĐCCT, ĐCTV. Trên cơ sở phân tích các tài liệu đó phân chia lãnh thổ nghiên cứu thành các khu vực theo điều kiện, mức độ và đặc điểm phát triển karst.

Phân vùng theo điều kiện phát triển karst được tiến hành dựa trên những dấu hiệu sau (xem thêm mục A1.10):



- a) Phân bố các tầng trầm tích của đá karst, tuổi, độ dày, cấu trúc, thành phần và các tính chất cơ-lý của chúng.
- b) Phân bố của các tầng trầm tích của lớp phủ, tuổi, độ dày, cấu trúc, thành phần, tính thấm nước cũng như các tính chất cơ-lý khác của chúng.
- c) Điều kiện thế nằm của đá karst và tầng phủ, cấu trúc kiến tạo và các đới yếu, địa hình karst cổ trùng sâu tuổi khác nhau.
- d) Các yếu tố địa mạo (thềm sông, sườn dốc thung lũng, bề mặt phân thủy có độ tuổi và cấu tạo khác nhau).
- e) Điều kiện địa chất thủy văn phát triển karst và các biểu hiện của nó trên mặt đất.

Phân vùng theo mức độ và đặc điểm karst tiến hành theo chỉ dẫn ở các mục A2.1÷A2.22 và A5.1÷A5.14. Đánh giá mức độ phát triển karst bề mặt và độ ổn định của lãnh thổ ở các tỷ lệ 1:10 000 và lớn hơn phải là định lượng theo mục A6.1÷A6.29.

Khi phân vùng cần xét đến quy luật phân bố và phát triển karst. Ngoài những quy luật đã chỉ ra ở mục A1.8, nên chú ý thêm một số điểm sau: karst thường phát triển ở những nơi mà độ thấm nước bề mặt tương đối dễ dàng, những nơi mà tầng cách nước bị vỡ mỏng tạo nên các cửa sổ thủy văn (nước ở tầng nằm trên xuống các tầng nằm dưới), hoặc ở sườn các thung lũng. Karst nhiều khi phát triển ở những thềm sông, sườn dốc của các thung lũng cổ cũng như phần còn lại của các đá hoà tan, theo các đới tuyến tính phá huỷ kiến tạo và nứt nẻ mạnh và đặc biệt là với các chỗ giao nhau của chúng.

A1.14. Phương pháp vi phân vùng, chính xác và chi tiết hoá (ở các tỷ lệ lớn hơn 1:2000) phương pháp đánh giá mức độ phát triển karst và mức độ ổn định các khu vực xây dựng các toà nhà và công trình riêng biệt được đề cập đến ở phần sau (các mục A7.1÷A7.21).

A1.15. Trong phân vùng địa chất công trình và dự báo độ ổn định lãnh thổ nên áp dụng phương pháp định lượng đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên đến việc phát triển karst và cường độ tạo các hố sụt karst, trong đó nên sử dụng các phương pháp phân tích tương quan nhiều chiều.

## **A2. Đánh giá trạng thái của đất đá và các biểu hiện của karst ngầm**

A2.1 Đánh giá trạng thái của đất đá và các biểu hiện karst ngầm cần thiết để xác định khả năng ổn định của lãnh thổ nghiên cứu và các khu đất xây dựng các nhà và công trình độc lập, đồng thời cũng để tính toán nền móng, để đánh giá điều kiện địa chất thủy văn xây dựng và khai thác sử dụng công trình, để dự báo khả năng và hoạt tính phát triển karst trong tương lai, thiết kế các biện pháp chống karst.

A2.2 Kết quả khảo sát phải đảm bảo đánh giá về mức độ nứt nẻ, độ rỗng và các tính chất cơ-lý khác của đất đá và mức độ phát triển karst.

A2.3 Các biểu hiện của karst ngầm bao gồm: các khe nứt mở rộng do hoà tan đá karst; các lỗ rỗng do hoà tan; các loại hang hốc karst; các đới bị phá huỷ và dỡ tải; bề mặt hoà tan của mái, nền và sườn các lớp hoặc thấu kính đá karst; các phá huỷ thể nằm đất đá do dịch chuyển và sụt đất bên trên các hang hốc karst, trên các đới bị phá huỷ và dỡ tải; các phếu và các dạng địa hình cổ karst trên mặt đất.

Các biểu hiện của karst ngầm phát triển không chỉ trong tầng đá hoà tan mà còn trong tầng phủ, ở đó cũng hình thành các phá huỷ thể nằm của đất đá do sự chuyển dịch và sụt đất, các đới bị phá huỷ và dỡ tải, các hốc, các khe nứt bị rửa xói bằng các dòng thấm, các giếng rửa lũa, lún và sụt đất.

A2.4 Đánh giá nứt nẻ của đất đá bao gồm:

- a) Xác định hệ thống khe nứt chủ đạo và các đới nứt nẻ.
- b) Xác định các hệ thống khe nứt khu vực, hệ thống khe nứt cục bộ và các đặc điểm của chúng như: hình thái, nguồn gốc, tuổi, hệ thống phân cấp khe nứt;
- c) Xác định mức độ nứt nẻ với mục đích đánh giá định lượng về mức độ phá huỷ của chúng, và phân vùng theo mức độ nứt nẻ;
- d) Đánh giá ảnh hưởng các khe nứt và hệ thống khe nứt (khe nứt và hệ thống khe nứt có vai trò như những mặt yếu và đới suy giảm) đến độ bền, độ biến dạng, độ ổn định, độ thấm nước và độ karst hoá. Để giải quyết những bài toán thực tế thì việc xác định mức độ và đặc điểm lấp nhét các khe nứt rất quan trọng.

Cần phải phân biệt các khe nứt karst và không karst. Các khe nứt karst có đặc điểm là có bề rộng không cố định và có các dấu vết tác động của nước (bề mặt bị ăn mòn hay ngược lại được làm bằng phẳng, có các máng, rãnh, hố tròn, các tạp chất khó hoà tan được nhô trong đá).

A2.5 Tại vết lộ, mỗi hệ thống khe nứt được đặc trưng bởi các yếu tố sau: a) mật độ khe nứt thể hiện bằng khoảng cách giữa các khe nứt lân cận của hệ thống ( $a$ , cm); b) bề rộng khe nứt ( $\Delta a$ , cm); c) Bề dài các khe nứt trong mặt phẳng vết lộ ( $l$ , cm); d) góc dốc bề mặt khe nứt ( $\beta^0$ ); e) phương vị hướng cắm mặt khe nứt ( $\alpha^0$ ).

A2.6 Để định lượng mức độ nứt nẻ của đất đá, nên sử dụng các chỉ tiêu sau:

- a) *Tần số* hay *mô-đun nứt nẻ* là số khe nứt trung bình trên 1m đào theo hướng vuông góc với mặt phẳng khe nứt đang xét.
- b) *Độ chia khối* là số lượng các tảng đá (mẫu) có trong 1m<sup>3</sup> đá
- c) *Độ chia khối đơn vị* là kích thước trung bình của các tảng đá, tính bằng dm<sup>3</sup>
- d) *Hệ số rỗng nứt nẻ* là quan hệ phần trăm của tổng diện tích khe nứt  $\sum S_i$  với diện tích bề mặt đá đo vẽ S:

$$k_{\tau\Pi} = \frac{\sum S_i}{S} 100\% \quad (A1)$$

e) *Độ rỗng nứt nẻ* là quan hệ thể tích lỗ hổng các khe nứt với tổng thể tích khối đá

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta a_i}{a_i + \Delta a_i} 100\% \quad (A2)$$

Trong đó:  $\Pi_t$  - là độ rỗng nứt nẻ tính bằng phần trăm;

$a_i$  - là khoảng cách giữa các khe nứt trong hệ;

$\Delta a_i$  - là độ rộng các khe nứt trong hệ ;

$n$  - là số lượng các hệ nứt.

A2.7 Sử lý các số liệu về nứt nẻ bao gồm việc sử lý các số đo ở từng điểm quan trắc và hệ thống hoá toàn bộ tài liệu. Việc sử lý các số đó ở mỗi điểm quan trắc gồm xây dựng biểu đồ và tính toán các thông số nứt nẻ.

A2.8 Nghiên cứu nứt nẻ, tính toán các thông số nứt nẻ phải thực hiện riêng rẽ đối với mỗi yếu tố cấu trúc, đối với mỗi loại đất đá, đối với mỗi vùng biến đổi ngoại sinh.

A2.9 Nên lập các bản đồ độ nứt nẻ với các mặt cắt thích hợp và trong trường hợp cần thiết với các biểu đồ khối. Để thành lập bản đồ nứt nẻ có thể lấy sơ đồ cấu trúc địa chất và bản đồ thạch học - trầm tích làm cơ sở. Trên bản đồ này chia ra các khu và các đới có đặc điểm khác nhau về mức độ nứt nẻ, đặc biệt là các đới có độ nứt nẻ cao và rất cao. Các bề mặt và các đới xung yếu do các khe nứt, các hệ và đới nứt tạo nên sẽ được biểu diễn trên bản đồ và trên các mặt cắt. Các đường phương phát triển của các hệ khe nứt chính, các kết quả sử lý trên đồ thị các số liệu về nứt nẻ ở một số điểm và một số khu cũng được mang lên bản đồ.

A2.10 *Lỗ rỗng* được coi là những khoảng rỗng kích thước dưới 0,2 cm. Có thể phân biệt lỗ rỗng nguyên sinh và lỗ rỗng thứ sinh.

*Lỗ hổng* là các khoảng rỗng kích thước từ 0,2÷20 cm. Chúng có thể hình thành không chỉ ở các đới trao đổi nước tích cực mà còn ở các đới trao đổi nước chậm do ảnh hưởng thoát nước của các đáy bào mòn từ xa.

*Hang-hốc* là các khoang rỗng có kích thước lớn hơn 20cm.

A2.11 Độ rỗng và hệ số rỗng được xác định theo kết quả thí nghiệm các mẫu đá trong phòng. Nên xác định riêng từng loại lỗ rỗng kín (nếu lỗ rỗng cách ly nhau và không liên hệ lẫn nhau và không liên hệ với môi trường bên ngoài) và lỗ rỗng mở.

Độ rỗng và hệ số rỗng đặc trưng cho sự tồn tại trong đá không chỉ lỗ rỗng mà cả lỗ hổng. Do đó khi sử dụng những chỉ tiêu này cần chỉ ra mức độ lỗ hổng.

A2.12 Dựa vào lõi khoan người ta xác định hệ số tuyến tính lỗ hổng và hệ số thể tích độ rỗng - độ hổng mở. Hệ số thể tích độ rỗng - độ hổng mở phù hợp với độ rỗng mở của đá xác định trong phòng thí nghiệm.

Tại các vết lộ, cũng nên xác định thêm hệ số diện tích độ hổng, đó là tỷ số giữa tổng diện tích lỗ hổng và diện tích bãi tính toán (tính bằng phần đơn vị hay %).

A2.13 Mức độ karst hoá đất đá được đặc trưng trước hết bởi tồn tại các hang hốc karst cũng như các khe nứt mở rộng do hoà tan, ở đây cần chú ý phân biệt các hang hốc và khe nứt không được lấp nhét, được lấp một phần, được lấp toàn bộ và được hàn gắn, trám hoàn toàn (bằng canxit, anhydrit, thạch cao và nhiều chất khoáng khác). Những loại đầu là nguy hiểm nhất (với các điều kiện khác là như nhau).

Việc phân chia các đới bị phá huỷ, dỡ tải và các đới lỗ hổng được hình thành trong các đá phủ và hoà tan do ảnh hưởng của sự phát triển karst có ý nghĩa quan trọng đối với việc đánh giá mức độ karst hoá, khả năng chịu tải của nền nhà và công trình, cũng như nguy cơ xuất hiện sụt, lún các lớp và bề mặt đất. Tuy nhiên cần chú ý rằng việc hình thành các đới này không chỉ bởi sự phát triển karst mà còn bởi các quá trình khác (các đới phong hoá liên quan với thời kỳ lục địa, gián đoạn trong quá trình tích tụ trầm tích, các biến đổi biểu sinh khác nhau). Như vậy, chỉ số phá huỷ (mục A2.17), độ rỗng, độ hổng và dung trọng thấp của đá không phải lúc nào cũng là những dấu hiệu về độ karst hoá của chúng.

A2.14 Các hang hốc karst được xác định theo các dữ liệu khoan, khai đào cũng như các công tác địa vật lý, trong đó các hang hốc được phát hiện bằng các phương pháp địa vật lý trong khoảng không gian gần và giữa các lỗ khoan phải được kiểm tra bằng việc khoan.

Để xác định các đặc tính định lượng của các đới phá huỷ và dỡ tải trong các hệ tầng đá karst và tầng phủ, song song với công tác khoan và mô tả lõi khoan, nên áp dụng phương pháp phóng xạ và các phương pháp carota khác, tiến hành lấy mẫu và xác định các chỉ tiêu phân loại tính chất đá (dung trọng, độ ẩm, độ rỗng - đối với tất cả các đất, thành phần hạt - đối với cát và đất hạt to, các giới hạn dẻo và độ sệt - đối với đất sét), sử dụng tối đa khả năng của xuyên. Xác định các chỉ tiêu tính toán của đất đá trong trường hợp cần thiết, nhưng cũng cần chú ý đến tính không đồng nhất khá cao của các đá karst và đất đá bị phá huỷ.

A2.15 Các số liệu về hang hốc karst và đới phá huỷ được phát hiện trong khi khoan nên đưa về bảng với các mục (cột) sau:

a) Số hiệu lỗ khoan;

b) Độ sâu lỗ khoan (m);

c-e) Chiều sâu khoan được trong hệ tầng đá karst : từ - đến (m), độ dày (m), chỉ số địa chất.

f-i) Các hang hốc karst đã gặp: số lượng (cái), ở độ sâu từ - đến (m), kích thước theo phương thẳng đứng (m), đặc điểm lấp nhét;

j-m) Các đới bị phá huỷ đã gặp: số lượng (đới), ở độ sâu từ - đến (m), kích thước theo phương thẳng đứng (m), trạng thái đá.

Bảng này cho phép phân chia các đới có mức độ phát triển karst khác nhau và đánh giá định lượng về chúng. Các số liệu xuyên trong các đới dỡ tải cũng nên đưa vào bảng tương tự.

A2.16 Các số liệu thực tế về vị trí và kích thước hang hốc karst lộ, các đới bị phá huỷ và dỡ tải sẽ được sử lý về mặt thống kê để nghiên cứu sự phân bố của chúng theo kích thước, theo diện, độ sâu và theo các tầng thạch học-trầm tích.

A2.17 Để đánh giá định lượng mức độ phát triển karst ngầm, phải sử dụng các dữ liệu khoan đưa ra ở mực trên để tính riêng cho từng đới hoặc tầng thạch học-trầm tích các chỉ tiêu phát triển karst như: chỉ tiêu karst hoá (Ps), chỉ tiêu phá huỷ (Pp). Chúng được tính dưới dạng tỷ số giữa độ dài tổng cộng các hang hốc karst và tổng chiều dài đới bị phá huỷ trên tổng chiều dài đã khoan vào các đá karst của tầng thạch học -trầm tích hay của đới phát triển karst đang nghiên cứu.

A2.18 Nếu quá trình hoà tan đá tập trung tại chỗ tiếp xúc với các tầng trầm tích nằm trên, giá trị hạ thấp tuyệt đối mái của tầng đá karst được tính như sau:

$$\Delta m = m_{\max} - m_{\min} \quad (A3)$$

và hệ số hạ thấp trung bình ( $K_{cp}$ ) và hệ số hạ thấp lớn nhất ( $K_{\max}$ ) của nó:

$$K_{cp} = \frac{m_{\max} - m_{cp}}{m_{\max}} \quad (A4)$$

$$K_{\max} = \frac{\Delta m}{m_{\max}} \quad (A5)$$

Trong đó:  $m_{\max}$ ,  $m_{\min}$ , và  $m_{cp}$  lần lượt là độ dày cực đại, cực tiểu và trung bình của hệ tầng đá karst.

A2.19 Độ karst hoá của đá cũng được đánh giá theo các dữ liệu gián tiếp: mức độ hao hụt dung dịch khoan, tỷ lệ lấy được lõi khoan, các đặc điểm địa chất thuỷ văn và địa vật lý, thành phần hoá học của nước ngầm.

A2.20 Ngoài ra, nên sử dụng phương pháp địa hoá dự báo các đới karst hoạt động mạnh. Phương pháp này dựa vào khả năng dịch chuyển cao của stronti (Sr) oxit kali và natri.

Thành phần stronti trong các hệ tầng đá sulphat và carbonat có các điều kiện thành tạo cao hơn phong chung đá trầm tích. Tùy thuộc vào mức độ tích cực của quá trình karst, thành phần stronti trong các đá thay đổi trên nền chung của thành phần trung bình của nó trong tầng đá karst nói trên. Càng đến gần đới karst tích cực thì thành phần trung bình stronti càng giảm, giảm đến cực tiểu ngay tại đới, trên mái và đáy của hang hốc karst.

Hàm lượng tổng các oxit kali và natri trong các đá sulphat và carbonat thay đổi theo quy luật như trên đối với stronti.

A2.21 Trên các mặt cắt địa chất công trình phải chỉ ra: các lỗ khoan, các tầng thạch học-trầm tích và đơn nguyên địa chất công trình; tính chất cơ-lý của đá, vị trí lấy mẫu nguyên trạng; các đới có độ nứt nẻ khác nhau, các khe nứt lớn độc lập; các khoảng hấp phụ dung



dịch khác nhau trong quá trình khoan; mực nước, các thông số địa chất thuỷ văn, các dữ liệu về thành phần hoá học của nước ngầm; các hang hốc karst được khám phá có chỉ rõ đặc điểm lấp nhét, các đới bị phá huỷ và dỡ tải, độ lỗ hổng của đá; ranh giới các khu vực có mức độ phát triển karst khác nhau; các dữ liệu khảo sát địa vật lý.

A2.22 Trên bản đồ karst ngầm cần phải thể hiện: ranh giới phát triển của các kiểu mặt cắt địa chất - thạch học khác nhau của tầng đá karst; các đới xung yếu kiến tạo; các lỗ khoan và các hố khai đào tìm thấy và không tìm thấy hang hốc karst, tại tầng nào bắt gặp các hốc, số lượng, kích thước và đặc điểm lấp nhét; các đới phá huỷ và dỡ tải phát hiện bằng các lỗ khoan, các hố khai đào, xuyên, carota, tại tầng nào, độ dày; ranh giới phân bố và độ dày các đới có mức độ phát triển karst khác nhau. Trong trường hợp cần thiết phải thể hiện trên bản đồ những số liệu địa vật lý, địa chất thuỷ văn, v.v.. Trong trường hợp có vài tầng thạch học- trầm tích đá karst thì lập các bản đồ karst riêng cho từng tầng.

### **A3. Đánh giá điều kiện thuỷ văn và địa chất thuỷ văn trong vùng karst**

A3.1 Đánh giá điều kiện thuỷ văn và địa chất thuỷ văn cần xét đến các tính chất đặc thù đối với vùng karst: tính thấm của đá karst hoá cực kỳ không đồng nhất, nhiều khi lại rất cao; hệ số thấm của dòng ngầm lớn; tồn tại các hố hút nước mặt cục bộ ở những nơi có địa hình trũng thấp, ở các lòng sông, lòng suối; tồn tại các hố, ao, hồ kín tích nước; có thể tồn tại trong vùng karst các tầng, hoặc các đới chứa nước cục bộ; quan hệ giữa các đới, các tầng chứa nước và các dòng ngầm rất phức tạp và đa dạng; có thể tồn tại các phễu hạ thấp mực nước ngầm cục bộ; có thể tồn tại các nguồn xuất lộ nước karst rất lớn; tốc độ dòng chảy và thành phần hoá học của nước ngầm có thể biến đổi rất mạnh trên một đoạn ngắn; chế độ thuỷ động lực và thuỷ hoá nước karst rất phức tạp; vật liệu từ hang hốc và khe nứt karst ở chỗ này có thể bị mang đi và bồi lắng tại một chỗ khác;

A3.2 .Đánh giá các điều kiện thuỷ văn bao gồm:

- a) Khoanh vùng và đánh giá đặc điểm tích nước của các trạm tích nước với quy mô khác nhau, trong đó có cả các trạm tích nước cục bộ tù đọng;
- b) Xác định các hố thu nước mặt, lưu lượng và chế độ hút nước;
- c) Xác định các khu vực sông cấp nước cho tầng đá karst và các khu vực sông được cấp từ nước ngầm;
- d) Các số liệu về chế độ mực nước, nhiệt độ, dòng chảy, tổn thất và được bổ xung của các con sông trên các khu đã chọn, các mô-đun dòng chảy hàng tháng, hàng năm và cực trị.
- e) Xây dựng đồ thị biến đổi lưu lượng nước và mô-đun dòng chảy theo chiều dài các con sông theo các kết quả quan sát đồng bộ.
- f) Xác định chế độ hồ ao. Nghiên cứu các thành phần và thực hiện các tính toán cân bằng nước.

A3.3 Đánh giá điều kiện địa chất thủy văn bao gồm:

- a) Đánh giá diện phân bố, điều kiện thế nằm, độ dày và cấu trúc phức hệ ĐCTV và các tầng chứa nước, các thông số ĐCTV của chúng (hệ số thấm v.v.), mức nước, nhiệt độ, thành phần hoá học, chế độ, quy luật chuyển động của nước ngầm, điều kiện cấp nước và thoát nước, mối quan hệ giữa các tầng chứa nước và với nước mặt.
- b) Ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến biến đổi điều kiện địa chất thủy văn. Cũng cần phải phân chia trong tầng đá karst và đất tầng phủ đối có độ thấm nước khác nhau. Điều quan trọng là phải đánh giá không chỉ các tầng chứa nước mà còn cả các tầng cách nước với mục đích làm rõ vai trò bảo vệ của chúng.
- c) Khả năng hoà tan của nước ngầm và nước mặt đối với các đá karst và vai trò của chúng trong phát triển karst, sụt, lún các lớp và mặt đất. Trong những trường hợp phức tạp, khi cần dự báo những biến đổi điều kiện địa chất thủy văn ảnh hưởng đến phát triển karst do các yếu tố nhân sinh, cần tiến hành mô hình hoá trên máy tính.

#### **A4. Phương pháp thủy địa hoá đánh giá khả năng và cường độ phát triển karst**

A4.1 Có thể thực hiện đánh giá và dự báo khả năng và cường độ phát triển karst bằng những phương pháp tính toán tương đối không phức tạp lắm dựa trên nguyên tắc nhiệt động học và thủy động lực hoá học. Để kiểm tra kết quả tính toán, đặc biệt là khi cần thiết giải những bài toán đặc biệt phức tạp và quan trọng thì cần áp dụng các nghiên cứu thực nghiệm ở trong phòng.

A4.2 Để tiến hành nghiên cứu thủy địa hoá karst phải sử dụng mạng lưới lỗ khoan quan trắc định kỳ, thậm chí phải khoan thêm các lỗ khoan chuyên dụng (trong trường hợp xây dựng những công trình đặc biệt quan trọng). Trong mỗi lỗ khoan lấy từ 2-3 mẫu trực tiếp từ tầng đá karst và từ nơi tiếp xúc với chúng, mỗi mẫu 1-1.5lit. Các mẫu được lấy đồng thời cùng thời gian trên tất cả các điểm vài lần trong một năm có tính đến các dao động theo ngày và theo mùa.

Phân tích hoá học được thực hiện một phần trong các phòng thí nghiệm ngoài thực địa, một phần trong các phòng thí nghiệm cố định. Ngoài thực địa bắt buộc phải xác định giá trị pH, các thành phần không bền vững  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  (dùng phòng thí nghiệm ngoài thực địa). Các thành phần còn lại  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , cặn khô,  $\text{K}^+$  và  $\text{SiO}_2$  được xác định tại các phòng thí nghiệm cố định.

A4.3 Các giai đoạn đánh giá thủy địa hoá quá trình phát triển karst như sau:

- a) Nghiên cứu sự cân bằng trong hệ nước ngầm – các đá karst cho phép suy luận về sự có mặt hay vắng mặt của quá trình hoà tan đá tại điểm nghiên cứu vào thời điểm lấy mẫu (A4.4÷A4.8).

b) Xác định lượng đất đá hoà tan trong nước được dòng ngầm chuyển ra từ một đơn vị diện tích hay đơn vị thể tích đá karst trong một đơn vị thời gian cho phép nhận định về quy mô phát triển quá trình karst tại khu vực đang nghiên cứu (A4.9÷A4.10).

c) Xác định mức độ xâm thực của nước ngầm đối với đá karst (có nghĩa là xác định lượng đá hoà tan được trong nước có khả năng chuyển sang thể lỏng) cho phép nhận định về quy mô phát triển quá trình karst tại mỗi điểm lấy mẫu và chọn ra những vùng phát triển karst mạnh nhất (A4.11÷A4.12).

d) Xác định cường độ hoà tan bề mặt tầng đá karst và vách các hang hốc, khe nứt (A4.13).

A4.4 Xác định có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và đá vôi thực hiện bằng cách tính tích độ hoạt hoá ion canxi và carbonat ( $a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}$ ) và so sánh nó với tích độ hoà tan carbonat canxi ( $K_{CaCO_3}$ ).

Tích các độ hoạt hoá được tính theo phương trình sau:

$$a_{Ca^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-6} \cdot y^{2\pm}_{CaCO_3} [Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] \quad (A6)$$

Trong đó:  $[Ca^{2+}]$  và  $[CO_3^{2-}]$  - là nồng độ milligram- đương lượng của ion canxi và carbonat theo các số liệu phân tích hoá học.

$y^{2\pm}_{CaCO_3}$  - là hệ số hoạt hoá carbonat canxi trung bình. Nó được xác định theo bảng A4 tùy thuộc vào độ lớn lực ion  $\mu$  hay theo phương trình:

$$\lg y^{\pm}_{CaCO_3} = - \frac{1,98\sqrt{\mu}}{1+1,62\sqrt{\mu}} \quad (A7)$$

Trong đó:  $\mu$  là lực ion của dung dịch được tính theo phương trình:

$$\mu = \frac{1}{2} \cdot 10^{-3} ([X_1]Z_1 + [X_2]Z_2 + \dots + [X_n]Z_n) \quad (A8)$$

Trong phương trình này  $[X]$  là nồng độ milligram đương lượng của tất cả các ion có trong dung dịch,  $Z$  là hoá trị tương ứng của các ion đó.

Giá trị tích độ hoà tan carbonat canxi bằng  $4,38 \cdot 10^{-9}$ . Các hệ số hoạt hoá trung bình có thể tham khảo bảng A3.

Bảng A3 - Các hệ số hoạt hoá trung bình

STT	$\mu$	Hệ số hoạt hoá trung bình		
		$y^2_{CaCO_3}$	$y^2_{CaMg(CO_3)_2}$	$y^2_{CaSO_4}$
1	2	3	4	5
1	0.001	0.783	0.613	0.783
2	0.005	0.559	0.312	0.559
3	0.01	0.446	0.200	0.443
4	0.015	0.392	0.157	0.388
5	0.02	0.338	0.115	0.333

6	0.025	0.308	0.096	0.299
7	0.03	0.278	0.078	0.265
8	0.035	0.260	0.068	0.246
9	0.04	0.242	0.059	0.228
10	0.045	0.227	0.052	0.213
11	0.050	0.212	0.046	0.199
12	0.055	0.202	0.041	0.188
13	0.06	0.192	0.037	0.177
14	0.065	0.184	0.034	0.170
15	0.07	0.177	0.031	0.159
16	0.075	0.168	0.028	0.154
17	0.08	0.160	0.026	0.145
18	0.085	0.156	0.024	0.14
19	0.09	0.152	0.023	0.135
20	0.095	0.147	0.022	0.13
21	0.1	0.143	0.021	0.126
22	0.125	0.130	0.018	0.112
23	0.15	0.118	0.015	0.099
24	0.2	0.094	0.01	0.073
25	0.25	0.084	0.008	0.062
26	0.3	0.075	0.006	0.052
27	0.4	0.066	0.005	0.041
28	0.5	0.060	0.004	0.035
29	0.6	0.054	0.003	0.029
30	0.7	0.052	0.003	0.026
31	0.8	0.050	0.003	0.023
32	0.9	0.049	0.003	0.021
33	1.0	0.048	0.003	0.020
34	2.0	0.047	0.003	0.012

A4.5 Xác định có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và dolomite thực hiện bằng cách tính tích các hoạt tính của các ion canxi, ma-giê Mg và carbonat ( $(a_{Ca^{2+}} \cdot a_{Mg^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}})$ ) và so sánh nó với tích độ hoà tan dolomite  $K_{CaMg(CO_3)_2}$

Tích các hoạt tính được tính theo phương trình:

$$(a_{Ca^{2+}} \cdot a_{Mg^{2+}} \cdot a_{CO_3^{2-}}) = \frac{1}{16} \cdot 10^{-12} \cdot y^4 \pm_{CaMg(CO_3)_2} [Ca^{2+}] \cdot [Mg^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]^2 \quad (A9)$$

Trong đó:  $[Ca^{2+}]$ ,  $[Mg^{2+}]$ ,  $[CO_3^{2-}]^2$  - là các nồng độ milligram- đương lượng các ion canxi, ma-giê và carbonat theo các số liệu phân tích hoá học.

$Y^4_{CaMg(CO_3)_2}$  - là hệ số trung bình hoạt tính dolomite được xác định từ bảng 6 tùy thuộc vào độ lớn lực ion  $\mu$ .

Tích độ hoà tan dolomite  $K_{CaMg(CO_3)_2}$  bằng  $2.10^{-15}$

A4.6 Trong những trường hợp khi xác định ion  $CO_3^{2-}$  bằng các phương pháp phân tích khó thực hiện, có thể tính nồng độ của nó trong dung dịch theo phương trình:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{3,77 \cdot 10^{-11} [HCO_3^-]}{10^{-[pH]}} \cdot f_{cp} \quad (A10)$$

Trong đó:  $[HCO_3^-]$  - là nồng độ milligram- đương lượng của ion  $HCO_3^-$  theo các số liệu phân tích hoá học,

$[pH]$  - là giá trị pH theo các số liệu phân tích hoá học,

$f_{cp}$  - là hệ số được xác định phụ thuộc vào giá trị lực ion theo bảng A4

A4.7 Trong trường hợp tích các hoạt tính bằng hoặc lớn hơn tích độ hoà tan, hệ đang nghiên cứu sẽ ở trạng thái cân bằng và nước ngầm sẽ không xâm thực đối với các đá karst (đá vôi, dolomite).

Nếu tích các hoạt tính nhỏ hơn tích độ hoà tan thì sẽ không có sự cân bằng và nước ngầm sẽ xâm thực đối với các đá karst.

A4.8 Các số liệu về có hay không có sự cân bằng giữa nước ngầm và các đá karst sẽ phục vụ cho xây dựng bản đồ và mặt cắt thể hiện phạm vi phân bố của nước ngầm có khả năng xâm thực đối với đá karst, có nghĩa là xác định những vùng có khả năng phát triển karst vào thời điểm nghiên cứu.

Bảng A4 - Giá trị lực ion  $\mu$  và hệ số  $f_{cp}$

$\mu$	$f_{cp}$	$\mu$	$f_{cp}$
0.001	0.897	0.055	0.549
0.005	0.804	0.060	0.539
0.01	0.734	0.065	0.529
0.015	0.695	0.070	0.519
0.02	0.664	0.075	0.510
0.025	0.642	0.080	0.503
0.03	0.618	0.085	0.494
0.035	0.609	0.090	0.488
0.04	0.588	0.095	0.482
0.045	0.574	0.100	0.480
0.05	0.564		



A4.9 Lượng đất đá hoà tan trong nước do nước ngầm chuyển ra từ một vùng đá karst nào đó có thể được tính theo phương trình cân bằng sau:

$$q = \frac{(C_H - C_{O^n})q_B^n + (C_H - C_{O^a})q_B^a}{S} \quad (A11)$$

Trong đó: q - là lượng đất đá hoà tan được (g) do nước ngầm chuyển ra từ một đơn vị diện tích khu vực nghiên cứu trên một đơn vị thời gian;

$q_B^n$  - là lượng nước ngầm (m<sup>3</sup>), đi vào ranh giới khu vực nghiên cứu trong cùng một đơn vị thời gian;

$q_B^a$  - là lượng nước (m<sup>3</sup>) đi từ bề mặt vào nước ngầm trong giới hạn khu vực nghiên cứu;

$C_H$  - là hàm lượng trung bình của muối (g/m<sup>3</sup>) tương ứng với đá karst (CaCO<sub>3</sub> đối với đá vôi, CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> đối với dolomit) trong nước ngầm sau khi đi qua khu vực nghiên cứu;

$C_{O^n}$  - là hàm lượng trung bình của muối (g/m<sup>3</sup>) trong nước ngầm tại thời điểm đi vào khu vực nghiên cứu;

$C_{O^a}$  - là hàm lượng trung bình của muối (g/m<sup>3</sup>) trong nước mặt xâm nhập vào tầng đá karst trong khu vực nghiên cứu.

S - là diện tích khu vực nghiên cứu địa chất thuỷ văn.

Các tính toán trên đây áp dụng cho điều kiện khi lượng nước đi vào khu vực nghiên cứu bằng lượng nước đi ra qua ranh giới của nó.

A4.10 Trên cơ sở lượng tính toán đất đá hoà tan được nước ngầm đưa ra ngoài, có thể tính chỉ số hoạt hoá quá trình karst theo phương pháp của N.V. Rodinov. Chỉ số này dùng để so sánh vận tốc phát triển karst ở các vùng khác nhau và được xác định theo công thức:

$$A = \frac{v}{V} \cdot 100 \quad (\text{bằng phần trăm cho từng 1000 năm}) \quad (A12)$$

Trong đó: v - là thể tích đất đá karst do nước ngầm đưa ra ngoài;

V - là thể tích khối đá karst trong giới hạn khu vực nghiên cứu.

Để xác định một cách định hướng chỉ số hoạt tính có thể sử dụng các phương pháp đánh giá gần đúng lượng đất đá hoà tan được do nước ngầm đưa ra ngoài.

A4.11 Để xác định mức độ xâm thực của nước ngầm đối với các đá carbonat nên sử dụng hai phương pháp được coi là đơn giản nhất:

a) Dựa vào các toán đồ của F.F. Laptev được dẫn trong “Sổ tay nhà địa chất thuỷ văn” và các sách hướng dẫn khác có thể xác định được hàm lượng axit carbonic ăn mòn trong dung dịch có khả năng biến carbonat canxi thành dung dịch.

b) Số lượng carbonat canxi có khả năng chuyển sang dung dịch nước đang nghiên cứu được xác định theo phương trình tích độ hoà tan carbonat canxi được đưa ra dưới dạng:

$$y^{2+}_{CaCO_3} \cdot ([Ca] + [X])([CO_3] + [X]) = 0,0308 \quad (A13)$$

Trong đó:  $[X]$  - là sự thiếu hụt bão hoà nước do carbonat canxi, tính bằng mg-đương lượng/l;

$y^{2+}_{CaCO_3}$  - là hệ số hoạt tính trung bình của carbonat canxi được xác định theo bảng A4 hay theo phương trình (A7) ở mục A4.4;

$[Ca^{2+}]$  và  $[CO_3^{2-}]$  - là các nồng độ mg-đương lượng của các ion canxi và carbonat theo các số liệu phân tích.

Nồng độ ion  $CO_3^{2-}$  có thể được tính theo phương trình (A10), phương trình này có xét đến thông số thủy địa hoá học quan trọng như pH - đó là thông số đóng vai trò đáng kể trong việc xác định khối lượng carbonat canxi bị hoà tan. Sau khi thay giá trị  $CO_3^{2-}$  từ mục A4.6 vào phương trình (A13) có thể dễ dàng tính được giá trị thiếu hụt bão hoà  $[X]$ .

Bài toán đánh giá gần đúng lượng carbonat canxi có khả năng hoà tan được trong nước ngầm nhìn chung không hiệu quả lắm và như thực tiễn đã chứng minh, nó khác biệt tương đối lớn khi sử dụng các phương pháp gần đúng khác nhau. Do đó trường hợp cần chính xác như vậy, phải thực hiện bằng phương pháp lập mô hình nhiệt động học trên máy tính theo những chương trình viết sẵn cho công tác này.

A4.12 Các giá trị thiếu hụt bão hoà nước ngầm đối với đá karst dùng để đánh giá quy mô phát triển của karst ở từng điểm riêng biệt cũng như trên diện rộng thông qua việc xây dựng bản đồ và mặt cắt xâm thực.

A4.13 Việc xác định cường độ hoà tan bề mặt các tầng đá karst và các vách của hang hốc cũng như khe nứt đòi hỏi có nghiên cứu đặc biệt.

## **A5. Đánh giá karst bề mặt**

A5.1 Đánh giá karst bề mặt được thực hiện theo kết quả điều tra karst trên mặt đất (đo vẽ karst) kết hợp với những tài liệu khảo sát trước. Đánh giá karst bề mặt không chỉ định tính mà còn cả định lượng.

A5.2 Karst bề mặt được biểu hiện ở các loại hình karst phát triển và tồn tại trên mặt đất, tạo thành các dạng địa hình karst tiêu biểu như: hào-rãnh karst (karra), hố thu nước karst(panôra), phếu karst, thung lũng karst các loại,

A5.3 Các đặc điểm chính của biểu hiện karst trên bề mặt là:

- a) Hình dạng (tướng mạo), kích thước, nguồn gốc, tuổi và giai đoạn phát triển;
- b) Thành phần, cấu trúc và tính chất đất đá nền và vật liệu lấp nhét;
- c) Cấu trúc địa mạo, đặc điểm xuất lộ nước, lớp phủ thổ nhưỡng, thảm thực vật, mối quan hệ của chúng với các loại hình karst bề mặt.

A5.4 Mức độ và đặc điểm phát triển karst bề mặt thay đổi theo thời gian do hình thành các loại hình karst mới và trở hoá các loại hình đang tồn tại hoặc chúng bị biến đổi và huỷ diệt do tác động của xói mòn và các quá trình khác. Có thể phải đòi hỏi đánh giá karst bề mặt vào những thời điểm khác nhau.

A5.5 Để đánh giá định lượng karst bề mặt (mức độ hư hại bề mặt do các biểu hiện karst), có thể sử dụng các chỉ tiêu sau:

a) Mật độ các loại hình karst - số lượng trung bình cho một đơn vị diện tích (cái trên km<sup>2</sup>)

$$K_{N\phi} = \frac{N_{\phi}}{S} \quad (A14)$$

Trong đó:  $N_{\phi}$  - là số lượng loại hình karst có mặt trên khu vực tính toán (cái);

$S$  - là diện tích khu vực tính toán (km<sup>2</sup>).

b) Chỉ số diện tích phát triển karst bề mặt

$$K_{S\phi} = \frac{\sum S_{\phi}}{S \cdot 1000000} \cdot 100\% \quad (A15)$$

Trong đó:  $\sum S_{\phi}$  - là tổng diện tích các loại hình karst có mặt (m<sup>2</sup>);

$S$  - là diện tích khu vực tính toán (km<sup>2</sup>).

c) Chỉ số thể tích phát triển karst

$$K_{V\phi} = \frac{\sum V_{\phi}}{S \cdot 1000} \text{mm} \quad (A16)$$

Trong đó:  $\sum V_{\phi}$  - là tổng thể tích các loại hình karst (m<sup>3</sup>);

$S$  - là diện tích khu vực tính toán (km<sup>2</sup>).

Theo phương pháp đẳng xa, chỉ tiêu đánh giá sự phát triển của karst bề mặt là khoảng cách và phương vị giữa 2 biểu hiện karst bề mặt gần nhất.

A5.6 Các chỉ tiêu phát triển karst bề mặt cần tính toán không chỉ theo tổng tất cả các loại hình karst có mặt, mà còn phải tính riêng theo một số kiểu nguồn gốc thành tạo khác nhau (phễu karst, hào-rãnh karst ...).

A5.7 Những số liệu cơ sở dùng để đánh giá định lượng karst bề mặt là bản đồ, danh mục và phiếu biểu hiện karst trên bề mặt.

A5.8 Trong danh mục (catalo) mỗi biểu hiện karst bề mặt (loại hình) được đánh số, ngày khảo sát, đặt tên (kiểu nguồn gốc thành tạo), kích thước trên mặt bằng, độ sâu, tuổi và đặc điểm sơ bộ (địa mạo, nguồn gốc, đá gốc, vật liệu lấp nhét, nguồn nước, lớp phủ thổ nhưỡng,

thảm thực vật). Nếu đến thời điểm khảo sát mà loại hình karst không còn được bảo toàn (ví dụ bị lấp) thì phải có các ghi chú thích hợp.

Phiếu biểu hiện karst khác với catalo không được coi là tài liệu báo cáo. Nó được lập ra để bổ sung vào catalo để thuận tiện trong việc sử lý các tài liệu thực tế.

Trong catalo và phiếu biểu hiện karst nhất thiết phải đưa vào các dữ liệu như thời gian tạo thành, tất cả các trường hợp sụt, lún mặt đất do karst được ghi nhận, cả những trường hợp nguyên sinh dẫn đến xuất hiện các phế u mới hoặc các loại hình karst khác, cũng như những loại hình karst thứ sinh, trẻ hoá trở lại.

Các phế u karst trong catalo và phiếu được phân loại theo nguồn gốc (A5.2) và tuổi hoặc theo các dấu hiệu khác nữa (nếu cần thiết). Tuổi của chúng được xác định gần đúng hoặc có thể chính xác hơn nếu có dữ liệu về thời gian tạo thành hoặc trẻ hóa của chúng do hậu quả của sụt, lún mặt đất.

A5.9 Đối với mỗi phế u, hố sụt, khoảng lún mặt đất do karst phải nhập vào catalo và phiếu biểu hiện karst tỷ lệ giữa đường kính và độ sâu, diện tích mặt bằng và thể tích.

A5.10 Các diện tích có mức độ phát triển karst bề mặt khác nhau được khoanh vùng trên bản đồ karst bề mặt bằng những đường *đẳng xa* tính từ các phế u karst.

Để xây dựng đường *đẳng xa* của phế u, xung quanh mỗi phế u dựng một đường tròn có bán kính lựa chọn là  $R_i$ . Tại nơi mà khoảng cách giữa các phế u dưới  $2R_i$ , những hình tròn được kẻ nằm đè lên nhau, tạo thành một đường viền thống nhất, còn ở nơi mà khoảng cách giữa các phế u lớn hơn  $2R_i$  sẽ nhận được những hình tròn độc lập. Ranh giới của các đường viền chung có được, và các đường tròn độc lập sẽ là những đường *đẳng xa*, tức là những đường mà mỗi điểm của chúng cách xa phế u gần nhất một khoảng  $R_i$ .

Tùy thuộc vào điều kiện địa phương, tỷ lệ bản đồ, nhiệm vụ bài toán đặt ra mà bán kính xa  $R_i$  được tính hoặc từ mép hoặc từ tâm phế u. Nếu các phế u trên bản đồ được biểu diễn ở tỷ lệ của bản đồ ấy là các đường viền có kích thước đủ lớn, thì tốt nhất là tính bán kính xa từ mép phế u. Trong trường hợp này các đường *đẳng xa* tính từ rìa các phế u thật sự không tròn mà là các đường cong thể hiện đúng hình dạng của các phế u đó ở khoảng cách  $R_i$ .

Các bán kính có thể được lựa chọn theo các bội của khoảng cách mo-đun nào đó (ví dụ, với mo-đun 25 thì các bán kính sẽ là 25,50,75,...m). Tốt nhất nên lựa chọn khoảng cách mo-đun tương ứng 2+5mm với tỷ lệ bản đồ. Ví dụ bản đồ *đẳng xa* dẫn ở hình A1.

A5.11 Bản đồ *đẳng xa* của phế u karst có thể dùng làm cơ sở phân vùng lãnh thổ theo mức độ và đặc điểm phát triển karst bề mặt. Trên bản đồ có thể phân chia các khu vực có mật độ phế u tập trung khác nhau. Ngoài ra, khi bán kính *đẳng xa* tăng lên thì các phế u đơn lẻ liên kết lại thành *nhóm, cụm, cánh đồng* và vùng karst.

Tương tự như vậy có thể xây dựng bản đồ đẳng xa của các loại hình karst bề mặt khác như: hào-rãnh karst, ... (trong trường hợp cần thiết).

Bằng phương pháp chồng ghép ranh giới các khu vực có mật độ phễu tập trung khác nhau (ở dạng các đường đẳng xa) và ranh giới phân bố các loại hình karst bề mặt khác sẽ nhận được bản đồ phân vùng lãnh thổ theo mức độ và đặc điểm phát triển karst bề mặt.

Bản đồ phân vùng kể trên sẽ được chồng ghép với các bản đồ điều kiện phát triển karst và bản đồ karst ngầm. Nếu bên trong một vùng được phân chia nào đó phát hiện được những khác biệt cơ bản về điều kiện phát triển karst, về mức độ phát triển karst ngầm thì vùng đó sẽ được chia ra thành các phần tương ứng và các ranh giới của chúng được điều chỉnh.

A5.12 Đối với mỗi một diện tích được phân chia trên bản đồ phân vùng (nhóm, cụm, cánh đồng, vùng..) người ta tính các chỉ tiêu karst bề mặt (A5.5).

Giá trị của các chỉ tiêu karst bề mặt tính toán cho các diện tích được khoanh vùng (các nhóm karst, cụm karst, cánh đồng karst, vùng karst...) bởi các đường đẳng xa của các biểu hiện karst giảm xuống theo quy luật tăng lên của bán kính.

A5.13 Đối với các diện tích đã phân chia theo mức độ phát triển karst khác nhau phải tiến hành phân tích thống kê các số liệu về các biểu hiện karst, dựng đồ thị phân bố các phễu theo độ lớn đường kính và độ sâu, lựa chọn các đường cong lý thuyết phân bố tương ứng, tính toán các đặc trưng thống kê (giá trị trung bình, giá trị phân tán, tương quan giữa đường kính và độ sâu các phễu).

A5.14 Đối với mỗi diện tích được phân chia ngoài các chỉ tiêu đánh giá karst, các kết quả xử lý thống kê số liệu về đường kính và độ sâu phễu, còn phải mô tả và phân tích đặc điểm diện mạo, nguồn gốc, tuổi, giai đoạn phát triển phễu và các biểu hiện karst khác.

## **A6. Đánh giá ổn định của lãnh thổ do các hiện tượng sập, lún mặt đất**

A6.1 Khái niệm “ổn định” có nghĩa là độ nguy hiểm của hiện tượng sập và lún mặt đất lãnh thổ đang nghiên cứu ở mức nào. Việc đánh giá độ nguy hiểm do sập phải được thực hiện trong tất cả các trường hợp thăm dò trong vùng karst. Lún mặt đất cục bộ cũng có thể đánh giá như sập (mục A6.26), còn lún khu vực sẽ được xem xét ở mục sau nữa khi đánh giá độ ổn định lãnh thổ (mục A6.27).

A6.2 Đánh giá độ ổn định lãnh thổ được thực hiện trên cơ sở phân vùng địa chất công trình theo điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst (trong đó có theo điều kiện sự xuất hiện của nó trên mặt đất). Không cho phép đánh giá độ ổn định lãnh thổ mà không nghiên cứu đầy đủ các điều kiện, quy luật và biểu hiện karst.

A6.3 Các phương pháp đánh giá ổn định lãnh thổ phụ thuộc vào nhiệm vụ và giai đoạn thiết kế, điều kiện tự nhiên và mức độ nghiên cứu lãnh thổ.



A6.4 Đánh giá ổn định lãnh thổ phải cả định tính lẫn định lượng. Để đánh giá định lượng độ ổn định lãnh thổ do sập phải sử dụng những đặc trưng sau:

- Các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập;
- Sự phân bố các hố sập karst theo giá trị đường kính và độ sâu của chúng;
- Độ tin cậy của lãnh thổ karst;
- Độ tin cậy của nhà và công trình trong vùng karst.

A6.5 Từ những yêu cầu ở mục trên các kết quả khảo sát phải có:

- Số lượng các hố sập karst trung bình năm tính trên một đơn vị diện tích (A6.6);
- Sự phân bố các hố sập karst dự kiến theo giá trị đường kính của chúng (dưới dạng đồ thị hay bảng biểu) hoặc đường kính trung bình dự báo, đường kính 3-sigma cực đại và độ sâu trung bình. (A6.22).

Các đặc trưng còn lại hoặc là dẫn xuất (tức là được tính toán từ những đặc trưng nêu trên), hoặc là bổ sung.

A6.6 Chỉ tiêu cơ bản về cường độ xuất hiện sập-mật độ các hố sập trung bình năm được tính theo công thức:

$$U = \frac{N_{\text{нп}}}{St} \text{ trường hợp/km}^2 \text{ một năm.} \quad (\text{A17})$$

Trong đó:  $N_{\text{нп}}$  - là số lượng các hố sập ghi nhận được trên diện tích  $S$  ( $\text{km}^2$ ) trong khoảng thời gian  $t$  năm.

$$\text{Chu kỳ sập trung bình: } T = \frac{1}{U} \quad (\text{A18})$$

chỉ ra rằng với khoảng thời gian bao lâu (trung bình) trên diện tích  $1\text{km}^2$  lại có một hố sập.

A6.7 Ngoài chỉ số cơ bản cường độ xuất hiện sập karst, cũng nên xác định:

Chỉ tiêu diện tích cường độ xuất hiện sập karst:

$$U_s = \frac{\sum S_{\text{нп}}}{St} \cdot 100\% \text{ một năm.} \quad (\text{A19})$$

Trong đó:  $\sum S_{\text{нп}}$  - là tổng diện tích các hố sập ( $\text{m}^2$ ) được tạo thành trên lãnh thổ ( $\text{m}^2$ ) trong một khoảng thời gian  $t$  năm.

Chỉ số thể tích cường độ xuất hiện sập karst:

$$U = \frac{\sum V_{\text{нп}}}{St \cdot 1000} \text{ mm/năm;} \quad (\text{A20})$$

Trong đó:  $\sum V_{\text{нп}}$  - là tổng thể tích các hố sập ( $\text{m}^3$ ) được tạo thành trên lãnh thổ ( $\text{km}^2$ ) trong khoảng thời gian  $t$  năm.

A6.8 Tùy thuộc vào cường độ xuất hiện sập karst và đường kính trung bình dự báo của các hố sập dự kiến người ta đưa ra các bậc ổn định lãnh thổ (xem bảng A1, A2 ).

Bậc ổn định lãnh thổ xác định theo các bảng A1, A2 có chỉ số kép gồm chữ số và chữ cái (I-B, IV-G ...)

A6.9 Bậc ổn định số 6 chỉ gồm các vùng lãnh thổ mà trên đó sự xuất hiện các hố sập karst là không thể - hoặc không có đất đá hoà tan, hoặc do có hệ tầng các đá phủ bảo vệ tin cậy là đá cứng hoặc đá không thấm nước, không hoà tan.

A6.10 Các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập karst được xác định:

- a) Theo các số liệu quan trắc định kỳ, nghĩa là theo các kết quả ghi nhận một cách hệ thống các trường hợp hình thành các hố sập trên một diện tích nhất định;
- b) Theo các số liệu điều tra -thị sát trên mặt đất (đo vẽ karst) cùng với các số liệu về các hố sập tạo thành trước đây, giải đoán ảnh hàng không và ứng dụng những phương pháp khác nhau trong việc xác định tuổi của các phế karst hiện có;
- c) Theo phép tương tự với các khu vực karst khác trong các điều kiện địa chất, địa chất thuỷ văn tương tự và đặc trưng bởi mức độ phát triển karst như nhau;
- d) Các quan trắc định kỳ cho cung cấp những thông tin đáng tin cậy hơn cả, còn theo phép tương tự với các khu vực karst khác chỉ có thể nhận được những đánh giá mang tính định hướng về độ ổn định lãnh thổ.

A6.11 Để xác định một cách tin cậy các chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập karst cần phải có quan trắc định kỳ với thời gian t đủ dài và diện tích khu vực tính toán S đủ lớn. Theo kinh nghiệm của người Nga, nếu khoảng thời gian tính toán không nhỏ hơn 20 năm và diện tích S đủ mang tính đại diện (không nhỏ hơn 5 km<sup>2</sup>) thì việc đánh giá độ ổn định có thể được xem là đáng tin cậy không phụ thuộc vào số lượng các hố sập đã ghi nhận trong thời gian đó. Nếu t hoặc S của khu vực tính toán nhỏ hơn những giá trị đã chỉ ra, nhưng số lượng các hố sập đã ghi nhận được n không nhỏ hơn khoảng 20 thì việc đánh giá có thể coi là đáng tin cậy, tuy nhiên không loại trừ sai số có liên quan đến các dao động cường độ xuất hiện sập karst theo thời gian. Trong các trường hợp còn lại, việc đánh giá các chỉ tiêu cường độ xuất hiện karst là gần đúng hoặc mang tính định hướng.

A6.12 Điều tra karst trên mặt đất tỷ lệ 1:2000÷1:5000, còn trên vùng lãnh thổ phát triển yếu karst với tỷ lệ 1:10000÷1:25000, kết hợp với thu thập thông tin về các hố sập trước đây, giải đoán ảnh hàng không những năm khác nhau và ứng dụng các phương pháp khác nhau trong việc xác định tuổi các phế karst đang tồn tại sẽ cho phép xác định được các khoảnh, mà trên đó không ghi nhận được hiện tượng sập trong vòng 10÷20 năm qua, và đối với các khu vực còn lại thuộc lãnh thổ khảo sát cho phép thu nhận đủ các thông tin về các hố sập mới xảy ra trong vòng 5 năm gần đây, và cũng cho phép dựa vào các số liệu nhận được tiến hành tính toán về ổn định. Ở đây khả năng xảy ra sai số liên quan đến việc khoảng thời gian tính không dài, có thể hiệu chỉnh bằng cách đưa vào hệ số dự trữ. Đôi khi có thể thu thập

đủ thông tin về các hố sập đã xảy ra vào những năm sớm hơn, và điều này cho phép tính đến các thay đổi về cường độ xuất hiện sập karst theo thời gian.

A6.13 Đánh giá độ ổn định lãnh thổ phải chi tiết nhất, chùng nào các số liệu về điều kiện, mức độ và các quy luật phát triển karst cho phép.

A6.14 Các khu vực để tính toán chỉ tiêu cường độ xuất hiện sập karst được lựa chọn và khoanh vùng trên bản đồ phân vùng theo các điều kiện, tính chất và mức độ phát triển karst. Mỗi vùng trong số đó cần được đặc trưng bởi đặc điểm có chung điều kiện phát triển karst, tính chất và mức độ phát triển karst gần giống nhau. Nên khoanh vùng các khu vực tính toán bằng những đường đẳng xa đối với các phế karst (A5.10) và chỉnh sửa các đường ranh giới đó theo các số liệu về điều kiện và các biểu hiện karst ngầm.

A6.15 Nếu số lượng các hố sập karst đã biết trên khu vực tính toán không đủ (A6.11) thì liên kết một vài khu vực tương tự nhau về điều kiện, đặc điểm và mức độ phát triển karst để tính toán.

A6.16 Đánh giá ổn định lãnh thổ nên sử dụng phương pháp "đẳng xa" tính từ biểu hiện karst lân cận gần nhất của Xavarensky I.A. Trình tự áp dụng phương pháp tóm tắt như sau:

a) Lập bảng, đồ thị phân bố phế và các hố sập theo độ cách xa biểu hiện karst gần nhất trên khu vực tính toán. Để làm việc này, trên bản đồ (tốt hơn cả là trên thực địa) tiến hành đo các khoảng cách ( $x$ ) từ mỗi phế có sẵn và từ mỗi hố sập đã ghi nhận tới biểu hiện karst gần nó nhất. Các số liệu đo đạc được tập hợp thành từng nhóm theo các khoảng độ xa. Đối với mỗi khoảng, tiến hành tính toán và ghi vào bảng: độ dài của nó, giá trị trung bình độ xa ( $x$ ), số lượng phế và hố sập tại khoảng đó (tần số), tần suất của chúng (tần số chia cho tổng số phế và hố sập trên toàn khu vực tính toán) và mật độ tần suất  $w(x)$  trên một  $m$  dài của khoảng. Lập đồ thị phân bố thực nghiệm  $w(x)$  theo giá trị độ xa ( $x$ ). Tốt nhất là lập và so sánh các phương án khác nhau về bảng biểu phân bố theo giá trị độ xa: chỉ riêng đối với các trường hợp sập, chỉ riêng đối với các phế cũ, và đối với tất cả các hố sập và phế.

b) Bằng các phương pháp thống kê toán học tiến hành làm trơn đường cong thực nghiệm phân bố  $w(x)=f(x)$ , xác định quy luật phân bố, xác định các đặc trưng thống kê. Ở đây có thể áp dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất (hình A3).

c) Trên bản đồ (A5.10, hình A1) tiến hành đo diện tích nằm giữa các đường đẳng xa. Đối với mỗi khoảng nằm giữa các đường đẳng xa đó tiến hành tính giá trị trung bình của diện tích ứng với 1  $m$  độ xa -  $S(R)$ , trong đó  $R$  là bán kính độ xa trung bình của khoảng (hình A3). Lựa chọn, làm trơn và dựng đường cong  $S(R)=f(R)$  trên đồ thị.

d) Trên cơ sở các đường cong  $w(x)=f(x)$  và  $S(R)=f(R)$ , cho  $x=R$  và  $w(x)=w(R)$  rồi dựng đường cong dự báo phân bố mật độ trung bình năm của các hố sập theo độ xa tính từ biểu hiện karst  $u(R) =f(R)$ . Ở đây mật độ hố sập dự báo hàng năm cho độ xa  $R$  được cho bằng

mật độ ước tính trên diện tích có hình dải băng rộng 1 m, mà trục của nó là đường đẳng xa R. Nó được tính theo công thức:

$$u(R) = \frac{N_{np}}{t} \cdot \frac{w(R)}{s(R)} \quad (A21)$$

Trong đó:  $u(R)$  - là mật độ hố sập dự báo trung bình năm cho bán kính đẳng xa R, tính bằng số hố sập / $km^2 \cdot năm$ ;

$N_{np}$  - là số lượng hố sập ghi nhận được trên toàn khu vực tính toán;

t - là khoảng thời gian mà trong thời gian đó đã hình thành các hố sập ghi nhận được, tính bằng số năm;

w(R) - là mật độ tấn suất các hố sập hoặc phếu trên 1 m đẳng xa, (bằng  $m^{-1}$ )

s(R) - là kích thước của một dải lãnh thổ có chiều rộng 1 m tương ứng với đường đẳng xa R (độ dài quy ước của đường đẳng xa),  $km^2/m$ ;

R - bán kính độ xa (đẳng xa), m;

Dựa vào kết quả tính toán, xác định phương trình và dựng đồ thị đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$  (hình A4).

e) Theo phương trình và đồ thị đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$ , xác định được giá trị các bán kính đẳng xa tương ứng với các chỉ số cường độ xuất hiện các hố sập (mật độ các hố sập trung bình năm), các chỉ tiêu này xác định ranh giới các cấp ổn định lãnh thổ theo bảng A1 (xem hình A4). Với các bán kính này hoàn toàn có thể xây dựng được trên bản đồ các đường đẳng xa cho khu vực nghiên cứu.

Các đường đẳng xa này là ranh giới các cấp ổn định, còn bản đồ là bản đồ ổn định lãnh thổ khu vực nghiên cứu (tính toán). Bên trong đường đẳng xa mật độ các hố sập dự báo trung bình năm sẽ lớn hơn, còn ở ngoài sẽ nhỏ hơn giá trị  $u(R)$  được gán cho đường đẳng xa.

A6.17 Trong trường hợp trên khu vực tính toán hay trên vài khu vực liên hợp lại để tính toán (mục A6.15) có không dưới 50 phếu karst, ngay cả trong trường hợp không có đủ thông tin về các hố sập (chu kỳ quan sát dưới 20 năm, số lượng các hố sập đã ghi được dưới 20) có thể thực hiện các tính toán theo A6.16 và nhận được đánh giá gần đúng về độ ổn định lãnh thổ. Nếu trong kết quả tính toán bán kính đẳng xa của ranh giới giữa các cấp ổn định II và III nhỏ hơn 20 m, bán kính này cần tăng lên và cần tiến hành tính lại đường cong dự báo  $u(R) = f(R)$ , suy ra từ giá trị đã thay đổi của bán kính này.

A6.18 Đối với các hố sập, phếu, nhóm nhỏ các phếu và các thung lũng karst nằm riêng độc lập nên khoanh vùng bằng những đường đẳng xa, tương ứng với các ranh giới cấp ổn định lãnh thổ theo phép tương tự địa chất (A6.15, A6.17). Trong trường hợp thiếu điều kiện (lãnh thổ) tương tự, có thể vạch ranh giới giữa các cấp ổn định lãnh thổ II và III chừng 20-50 m tính từ mép các biểu hiện karst đã có, và ranh giới giữa các cấp IV và V khoảng 100-200 m tính từ mép chúng (tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể).



A6.19 Các khu vực phát triển mạnh và trung bình karst ngầm (theo kết quả khoan và đo địa vật lý) với nhiều hay không nhiều hang hốc, những hang hốc có thể biểu hiện dưới dạng sập bề mặt, có thể được xếp vào cấp ổn định IV hoặc thấp hơn, tùy thuộc vào mức độ nguy hiểm của hang hốc. Nếu hang hốc được phát hiện bởi một lỗ khoan nào đó và việc khoan vùng nó ở giai đoạn khảo sát hiện tại chưa tiến hành, thì có thể xếp diện tích trong vòng bán kính 20-50 m tính từ lỗ khoan vào khoảng cấp IV ổn định, và nếu hang hốc là lớn hoặc có thể nằm không sâu so với mặt đất thì có thể xếp ở cấp thấp hơn..

A6.20 Những vùng lãnh thổ, mà trên đó các trường hợp sập, lún, phểu,...hang hốc karst chưa tìm thấy và chưa có các nghiên cứu như ở mục A6.16÷A6.19, A6.21, song không loại trừ khả năng không những chỉ có mặt hang hốc karst mà còn có thể hình thành các hố sập (A6.9), có thể xếp vào nhóm ổn định V. Do cấp V rất rộng (mật độ sập trung bình năm từ khoảng gần 0,01 trường hợp /km<sup>2</sup>.năm đến rất không đáng kể) nên, tùy theo khả năng, có thể lại tiếp tục chia các lãnh thổ thuộc cấp này thành các tiểu cấp ổn định (ví dụ V1, V2, V3,...) dựa trên sự phân tích các điều kiện và lịch sử phát triển karst, các hiện tượng xói ngầm, sụt lở có liên quan.

A6.21 Trên những vùng lãnh thổ đã xây dựng và đã quy hoạch, trên các bãi bồi, đầm lầy, các khu vực cát có hiện tượng xói mòn tăng cường ..., trên các diện tích có những điều kiện bất lợi cho sự bảo tồn các loại hình karst cần đặc biệt chú ý đến việc thu thập số liệu tại các cơ quan địa phương và trong dân cư về những trường hợp sập do karst và thu thập, sử dụng các tài liệu địa hình, tài liệu ảnh hàng không từ những năm khác nhau nhằm xác định các loại hình karst vốn tồn tại từ trước. Trên những lãnh thổ đã xây dựng và quy hoạch từ lâu mà tại đó việc thu thập và nghiên cứu các tài liệu địa hình và ảnh hàng không không giúp làm rõ được những biểu hiện karst tồn tại từ trước trên mặt đất, thì cần mở rộng toàn bộ các phương pháp đang áp dụng và tăng khối lượng công tác nghiên cứu các điều kiện và quy luật phát triển karst, xác định và đánh giá các biểu hiện karst ngầm và cơ chế hình thành quá trình sập mặt đất, còn việc đánh giá độ ổn định chỉ là định hướng theo kết quả đã nghiên cứu với việc sử dụng các quy luật đã được làm rõ và phương pháp tương tự.

A6.22 Để dự báo kích thước của các hố sập karst người ta lập các bảng và đồ thị phân tích, tổng hợp sự phân bố của chúng theo đường kính và độ sâu (riêng rẽ) cho các trường hợp sau:

- a) Các trường hợp sập mặt đất do karst đã ghi nhận được;
- b) Các phểu karst (hình A5).

Cần chú ý, ở đây ngoài bảng, đồ thị phân bố tất cả các phểu nên lập bảng, đồ thị phân bố đối với các kiểu hình thái-nguồn gốc khác nhau của chúng, và nhất thiết là đối với tất cả các phểu trừ các phểu dạng đĩa có sườn thoải và đáy lõm .



Dựa theo từng bảng, đồ thị đã lập, xác định các đặc trưng phân bố (giá trị trung bình, độ phân tán, độ lệch bình phương trung bình, trị số 3-sigma cực đại, v.v.). Để tăng độ chính xác cho các phép tính nói trên tốt nhất nên chọn các đường cong phân bố lý thuyết.

Tiến hành phân tích và đối chiếu các đường cong và các đặc trưng phân bố theo kích thước các hố sập, phế u và các kiểu hình thái-nguồn gốc của chúng. Trong nhiều trường hợp, sự phân bố các hố sập và phế u gần với quy luật phân bố chuẩn logarit. Tuy vậy, cũng không ít trường hợp sự phân bố ấy có đặc điểm phức tạp hơn, trong đó phải kể đến các đường cong phân bố với một vài cực đại. Nếu trên đường cong có một vài cực đại, thì phải giải thích nguyên nhân xuất hiện chúng. Những nguyên nhân ấy có thể liên quan đến sự khác nhau về điều kiện và cơ chế hình thành các hố sập và các phế u, và do đó, liên quan đến sự có mặt của một số kiểu hình thái-nguồn gốc sập và phế u.

Việc đối chiếu và phân tích các đường cong phân bố sập, phế u và các kiểu hình thái-nguồn gốc của chúng cần thực hiện đối với toàn bộ lãnh thổ khảo sát nói chung cũng như đối với khu vực tính toán hoặc nhóm các khu vực tương tự.

Nhờ kết quả phân tích và đối chiếu các đường cong đã dựng, có thể chọn lựa và xây dựng các đường cong phân bố thống kê (dự báo) đường kính và độ sâu các hố sập dự kiến.

Tùy thuộc vào mức độ đầy đủ và đại diện của tài liệu về kích thước các hố sập mà lựa chọn đường cong dự báo, có thể là: đường cong phân bố các hố sập; đường cong phân bố tất cả các phế u trừ phế u hình bát có sườn thoải, đáy lõm (các phế u đáy phẳng rộng được đưa vào tính toán); đường cong chiếm vị trí trung gian.

Đường cong phân bố (dự báo) cho phép khi cần thiết xác định xác suất gặp các hố sập karst với kích thước bất kỳ cho trước, và ngược lại, xác định các đường kính tương ứng với các xác suất đã cho.

Nếu khảo sát trên những khu vực không rộng lắm hay trên những diện tích có ít hố sập và phế u, để dự báo kích thước các hố sập dự kiến cần sử dụng các tài liệu của lãnh thổ xung quanh, và chỉ trong trường hợp thiếu số liệu cần thiết về lãnh thổ xung quanh mới cho phép, như một ngoại lệ, giới hạn ở việc đánh giá áng chừng đường kính trung bình dự báo, đường kính 3 sigma lớn nhất và độ sâu trung bình các hố sập dự kiến theo phép tương tự như các vùng và khu vực khác có các điều kiện và cơ chế hình thành sập giống nhau.

Nên sử dụng hợp lý các phương pháp thực nghiệm trong phòng và tính toán lý thuyết để dự báo kích thước các hố sập do karst. Còn trong điều kiện có số liệu quan trắc thực tế thì hoàn toàn có thể áp dụng phương pháp xác suất thống kê như đã trình bày ở phần trên để tính toán kích thước dự báo của các hố sập và khống chế các đặc trưng xác suất của chúng.

A6.23 Thuật ngữ "độ tin cậy" của lãnh thổ karst được hiểu là *xác suất* của việc lãnh thổ ấy trong suốt thời kỳ đã cho  $t_n$  không bị phá huỷ bởi các hố sập với đường kính lớn hơn  $d$ .

Sự phân bố khả năng xuất hiện của các hố sập do karst theo thời gian tuân theo định luật các biến cố ngẫu nhiên của Poa-xông. Vì vậy độ tin cậy xác định theo công thức:

$$P_{0d} = e^{-L} \quad (A22)$$

Trong đó:  $e$  - là cơ số logarit tự nhiên,

$$L = \sum_{i=1}^M [\lambda_i S_i t_n (1 - P_{d_i})] \quad (A23)$$

$M$  - số khu vực phát triển karst với cường độ hình thành các hố sập khác nhau;

$\lambda_i$  - chỉ tiêu cường độ hình thành các hố sập trên khu vực thứ  $i$  với diện tích  $S_i$ , chỉ tiêu này không xét đến các hố sập lặp lại;

$P_{d_i}$  - xác suất của sự kiện là trong quá trình thành tạo hố sập trên khu vực thứ  $i$ , đường kính của nó không vượt quá  $d$ ;

Giá trị  $P_{d_i}$  được xác định theo các đường cong tích phân phân bố đường kính của các hố sập.

A6.24 Thuật ngữ "*độ tin cậy*" của nhà và công trình nằm trên lãnh thổ karst được hiểu là *xác suất* của sự kiện: trong suốt thời hạn sử dụng (tính toán) của nhà và công trình sẽ không có các hư hỏng không cho phép nào. Độ tin cậy của nhà hay công trình độc lập và tổ hợp của chúng được xác định theo phương pháp đặc biệt được trình bày trong sách "Khuyến nghị về việc sử dụng thông tin địa chất công trình trong việc lựa chọn biện pháp bảo vệ chống karst".

A6.25 Đánh giá độ nguy hiểm do karst với sự sử dụng các thông số độ tin cậy, nên áp dụng khi phải luận chứng kinh tế-kỹ thuật sử dụng lãnh thổ karst (ví dụ, so sánh các phương án xây dựng, đánh giá hiệu quả các biện pháp chống karst). Độ tin cậy là thông số tiện lợi để đánh giá độ nguy hiểm karst, nếu có dự báo định lượng về sự biến đổi cường độ thành tạo các hố sập và các kích thước của chúng theo thời gian.

A6.26 Theo các số liệu điều tra karst, kể cả trong trường hợp điều tra định kỳ trong khuôn khổ quan trắc định kỳ đối với các biểu hiện karst, thường không xác định được liệu phễu mới được phát hiện có phải do kết quả của quá trình sập hoặc lún cục bộ hay không?. Những trường hợp hình thành các phễu mới như vậy trong việc đánh giá độ ổn định lãnh thổ được xếp vào số các hố sập.

Lún cục bộ được xét đến trong đánh giá ổn định lãnh thổ độc lập với các hố sập do karst, vì chúng ít nguy hiểm hơn, và từ đó, có thể không được xếp vào các trường hợp sập để tính toán chỉ tiêu cường độ thành tạo các hố sập  $U$ . Tuy vậy cũng cần chú ý rằng, chúng có thể là tiền thân của các hố sập, và trong việc xây dựng đường đẳng xa đối với (A6.6, A6.16, A6.17, A7.5) biểu hiện karst gần nhất thì cần khoanh vùng những chỗ lún cục bộ ngang bằng với các phễu karst.

A6.27 Lún mặt đất khu vực chỉ được tính đến khi khảo sát ĐCCT ở những vùng karst phục vụ xây dựng các công trình đặc biệt nhạy cảm với lún nền móng. Để nghiên cứu và dự báo

lún khu vực đòi hỏi phải có các nghiên cứu đặc biệt về thủy địa hoá, thủy động lực, quan trắc địa, ...

A6.28 Trong luận chứng địa chất công trình quy hoạch vùng cũng như trong khảo sát để chọn vị trí và lập luận chứng kinh tế kỹ thuật những công trình không quan trọng lắm ở những vùng lãnh thổ (bao gồm cả vùng lân cận) mà ở đó karst trước kia chưa được nghiên cứu và theo các tài liệu những năm trước và tài liệu thị sát ĐCCT không đủ khả năng để đánh giá định lượng về mặt ổn định thì cho phép giới hạn ở việc đánh giá định tính độ ổn định lãnh thổ.

A6.29 Đối với mỗi đơn vị được phân chia trong phân vùng lãnh thổ như: vùng karst, cánh đồng karst,... ngoài cường độ thành tạo các hố sập do karst và kích thước dự kiến của các hố sập, cần phải đưa thêm đặc điểm điều kiện địa chất-địa chất thủy văn phát triển karst, điều kiện, cơ chế và đặc điểm biểu hiện karst trên mặt đất, mức độ phát triển karst ngầm, karst bề mặt hiện tại và tính chất cơ-lý của đất đá.

Cũng nên xây dựng danh mục các dấu hiệu đặc trưng cho các vùng có mức độ phát triển karst và độ ổn định khác nhau với mục đích sử dụng chúng để chi tiết hoá việc đánh giá địa chất công trình karst ở những giai đoạn khảo sát sau.

## **A7. Đánh giá khả năng ổn định các khu đất xây dựng các công trình độc lập**

A7.1 Về nguyên tắc, đánh giá ổn định lãnh thổ được thực hiện dựa vào kết quả đo vẽ ĐCCT ở các giai đoạn khảo sát. Đánh giá ổn định mang tính xác suất và bao gồm: chính xác và chi tiết hoá phân chia lãnh thổ thành các khoảnh, khu, vùng, đới có độ ổn định khác nhau.

A7.2 Khu đất được coi là ổn định (cấp VI) nếu theo kết quả khảo sát ĐCCT đã xác định chắc chắn trong mặt cắt địa chất của nó không có đất đá hoà tan, hoặc chúng được phủ bởi hệ tầng bảo vệ không hoà tan, đủ dày, đặc biệt là không thấm nước, nó loại trừ khả năng phát triển karst hay ít nhất là loại trừ khả năng biểu hiện nó dưới dạng các biến dạng bề mặt và các lớp đất trong đới tương tác với công trình.

Nếu số liệu khảo sát trước không đủ, thì phải bổ xung nhiệm vụ kiểm tra và làm chính xác ranh giới các khu vực ổn định vào nhiệm vụ khảo sát ĐCCT.

Độ dày tầng bảo vệ đảm bảo không cho phép xuất hiện các hố sập trên mặt đất phụ thuộc vào thành phần, cấu trúc và mức độ không thấm nước của nó, phụ thuộc vào những đặc điểm của tầng đá hoà tan và thể nằm của nó, mức độ kề cận và độ sâu của các rãnh bào mòn có tác dụng tiêu thoát nước ngầm.v.v...đồng thời nó cũng phụ thuộc vào các tác động nhân sinh lên môi trường địa chất. Do đó, tùy thuộc vào các điều kiện địa phương và khu vực, độ dày cần thiết tối thiểu của tầng che phủ bảo vệ không hoà tan, không thấm nước là khác nhau, khoảng từ 10÷20 đến 60÷100m.

A7.3 Trong điều kiện tầng đá cứng nằm không sâu thì công tác khoan và địa vật lý dưới các móng cụ thể cho phép xác định có hay không có các hang hốc nguy hiểm đối với công trình. Mức độ nguy hiểm của hang hốc được xác định bằng phép tính toán ổn định mái(trần) các hang hốc đó, có tính đến tải trọng do móng tác động.

Trong trường hợp sử dụng móng sâu dựa vào đá cứng, độ tin cậy nền móng được đảm bảo bằng khoan các lỗ khoan, kết hợp sử dụng các phương pháp địa vật lý lỗ khoan, tùy theo mức độ cần thiết.

A7.4 Để chi tiết và chính xác hoá đánh giá ổn định một khu đất, có thể phải sử dụng tập hợp các dấu hiệu đặc trưng cho các vùng lãnh thổ có mức độ phát triển karst và ổn định khác nhau. Tập hợp dấu hiệu này cần được soạn thảo (theo kết quả đo vẽ ĐCCT) dựa trên các quy luật phân bố và phát triển karst và các hiện tượng liên quan: xói ngầm, sụt lún, ...

Các biểu hiện karst bề mặt và karst ngầm là các dấu hiệu trực tiếp quan trọng nhất đặc trưng cho mức độ phát triển karst.

A7.5 Sự có mặt các phế u karst, các vùng trũng karst- xói mòn (thung lũng karst, cánh đồng karst, hào-rãnh xói karst, ..) được bảo tồn hoặc có sẵn từ trước đây chứng tỏ rằng tại khu vực này có hang hốc và tồn tại điều kiện để thành tạo các hố sập, lún bề mặt và các lớp đất. Khi đo vẽ-khảo sát xung quanh chúng, có thể phân chia các diện tích từ cấp ổn định I, II đến IV (A6.16, A6.18). Việc đánh giá ổn định sẽ được chính xác hoá trong giai đoạn TKKT. Ngoài ra, phế u hay vùng trũng karst -xói mòn càng gần thì càng phải tiến hành khảo sát chi tiết hơn.

Tại các vùng lãnh thổ karst bị phủ, diện tích mỗi phế u karst và trong vùng bán kính 20÷50m tính từ phế u đó (tùy thuộc vào điều kiện) rõ ràng là nguy hiểm, nó thuộc cấp ổn định I-II và không nên bố trí nhà, công trình nếu không thật sự cần thiết bởi vì công tác bảo vệ chúng rất phức tạp.

A7.6 Hang hốc karst được phát hiện (lấp hoặc không lấp) là điều kiện bất lợi không chỉ vì sự nguy hiểm của nó đối với công trình thiết kế mà còn do nó là dấu hiệu có thể tồn tại trên khu đất đó những hang hốc khác, trong đó có thể có những hang hốc nguy hiểm hơn hang hốc đã được phát hiện.

A7.7 Trong trường hợp phát hiện thấy hang hốc cần đánh giá sơ bộ hiểm họa của chúng, tùy theo mức độ cần thiết mà tiến hành khoanh vùng chúng lại và kiểm tra khu vực xung quanh, đưa ra đánh giá cuối cùng về mối nguy hiểm của các hang hốc và khuyến cáo các biện pháp bảo vệ từ góc độ ĐCCT.

A7.8 Nên xếp các vùng có tồn tại hang hốc karst theo mức độ nguy hiểm của chúng vào các cấp nguy hiểm IV-I (xem A6.19, A7.9÷A7.13).



A7.9 Đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc đã phát hiện được cần chú ý rằng, phần hang hốc được phát hiện bằng lỗ khoan có thể không phải là phần cao nhất của hang hốc đó. Nếu hang hốc tại nơi khoan được bị lấp thì điều đó không có nghĩa là hang hốc đó được lấp nhét ở những chỗ khác. Ngoài ra cần tính đến khả năng vật liệu lấp bị đưa ra ngoài hoặc bị nén chặt, đặc biệt là dưới ảnh hưởng của các biến đổi nhân sinh về điều kiện ĐCTV.

Xác định hình dạng, kích thước, mức độ và đặc điểm lấp nhét các hang hốc nằm sâu (trong hoàn cảnh hiện có về kỹ thuật và phương pháp thăm dò) là khá phức tạp và đòi hỏi nhiều công sức. Các hang hốc nằm không sâu có thể phát hiện bằng khai đào với việc tuân thủ kỹ thuật an toàn, có thể được nghiên cứu và đầm chặt.

A7.10 Tất cả các hang hốc karst bị lấp hay không bị lấp (ngoài các hang hốc đã khắc phục) được phát hiện tại đối tượng tác của nền móng, cần được đánh giá là nguy hiểm đối với sập.

A7.11 Tiêu chuẩn đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc karst được phát hiện ngoài phạm vi đối tượng tác của nền là quan hệ:

$$K = \frac{t}{T} \quad (A24)$$

Trong đó: T- là thời hạn sử dụng tính toán của công trình

t - là quãng thời gian để hang hốc xuất hiện trong đối tượng tác dưới nền công trình (tính từ thời điểm xây dựng).

Giá trị t được đánh giá bằng các phương pháp phân tích và thực nghiệm. Thành công của việc xác định t phụ thuộc vào tính đúng đắn của các thông số hang hốc áp dụng trong mô hình, tính chất của đất đá, đặc điểm ĐCTV và cơ chế hình thành các biến dạng karst. Ở đây, việc đánh giá tính không đồng nhất của điều kiện tự nhiên, sự phát triển của xói ngầm và các quá trình khác, cũng như tác động của các yếu tố nhân sinh là rất quan trọng.

Nếu  $K < 1$ , hang hốc được coi là nguy hiểm. Nếu  $K > 1$ , hang hốc được coi một cách quy ước là không nguy hiểm, nghĩa là không xảy ra các hiện tượng phức tạp nguy hiểm mà chưa được dự kiến ở mô hình dùng để xác định t. Khả năng xuất hiện những phức tạp đó, cũng như khả năng tồn tại gần đó của các hang hốc nguy hiểm hơn (A7.6) cần được xét đến trong đánh giá ổn định khu đất và thiết kế các biện pháp chống karst.

A7.12 Sự tồn tại của vật liệu lấp nhét trong hang hốc karst và khe nứt trong đá làm cho việc phát triển karst và thành tạo các hố sập khó khăn hơn. Mặt khác, sự có mặt trong đó vật liệu được đưa đến từ các trầm tích đệ tứ, chứng tỏ về sự phát triển của quá trình xói ngầm. Ngoài ra, sự có mặt của vật liệu lấp nhét có thể gây khó khăn cho việc gia cố các đá karst và loại trừ hang hốc bằng biện pháp bơm phụt chất lỏng đóng rắn và gắn kết nhanh.



Hang hốc được lấp đầy toàn bộ mà nằm ngoài phạm vi của đối tượng tác sẽ được coi là không nguy hiểm nếu xác định được một cách tin cậy rằng, không có khả năng tiềm ẩn của hoạt động mang vật liệu lấp ra khỏi chúng hay nén chặt vật liệu lấp nhét trong suốt thời hạn sử dụng công trình (A7.6, A7.8, A7.9). Trong các trường hợp còn lại, mỗi nguy hiểm của hang hốc được xác định theo tiêu chuẩn K.

A7.13 Nhiều khi hang hốc karst xuất hiện qua suốt tầng phủ dưới dạng các ống thẳng đứng “các họng núi lửa” đường kính vào khoảng 2-5m (đôi khi lớn hơn), trong đó diễn ra các quá trình xói ngầm, lún đất lâu dài và không đều, dẫn tới hình thành các hố sập và lún mặt đất (kể cả lún và sập lặp lại). Thêm vào đó, đường kính sập và lún có thể lớn hơn nhiều so với đường kính của ống. Khảo sát địa chất công trình rất khó phát hiện các họng đó.

A7.14 Các đới nứt nẻ, các đới phá huỷ và các đới đỡ tải trong đá hoà tan, trong tầng phủ thúc đẩy karst và xói ngầm phát triển. Nhiều khi chúng chính là các biểu hiện karst (A2.4, A2.13) hoặc đóng vai trò là các dấu hiệu phát triển karst. Quá trình xói ngầm (cả nén chặt vật liệu rời) trong các đới bị phá huỷ và đỡ tải, cũng như quá trình mang tải vật liệu từ các đá nằm trên xuống đới nứt nẻ mạnh có thể tạo ra lún và sập, đặc biệt là trong điều kiện đã có hang hốc lấp một phần hoặc chưa bị lấp trong các đới này.

A7.15 Các dạng địa hình karst cổ, trũng thấp, hình răng lược là dấu hiệu phát triển mạnh karst và cũng là dấu hiệu tồn tại hang hốc karst bên dưới chúng. Các dạng địa hình này có thể được lấp bằng vật liệu xói ngầm, yếu và không bền vững.

A7.16 Tham gia vào tập hợp các dấu hiệu phát triển karst trên một khu đất (tùy thuộc vào điều kiện cụ thể) còn có cả các biểu hiện karst khác nữa, đó là: độ thấm nước của đất đá cao cho đến rất cao một cách bất thường, độ bền giảm xuống, các dấu hiệu khoáng vật-thạch học, địa hoá học (A2.20), thuỷ địa hoá và địa vật lý. Các quy luật phân bố karst chung, hoặc mang tính khu vực và địa phương được phát hiện trong khu vực xây dựng cũng được sử dụng (A7.4). Chỉ tiêu mức độ phát triển karst có thể sử dụng độ dày của đới karst hoá.

A7.17 Phân chia ra các khu vực chưa bị karst, karst yếu thuộc cấp ổn định V cũng cần phải sử dụng một tập hợp các dấu hiệu. Dấu hiệu thuyết phục quan trọng nhất - đó là không có hang hốc karst. Ở đây cần chú ý rằng, không có hang hốc trong lỗ khoan hay nhóm lỗ khoan là dấu hiệu thuyết phục và là minh chứng chí ít cũng là hình trụ hố khoan nguyên vẹn, tuy nhiên không loại trừ khả năng có các hang hốc ở xung quanh. Như vậy việc tiến hành khoan cùng với một loạt các công tác địa vật lý lỗ khoan, địa vật lý mặt đất, v.v... và sử dụng các dấu hiệu khoáng vật-thạch học, địa hoá học, thuỷ động lực, thuỷ địa hoá và các dấu hiệu khác sẽ nâng cao chất lượng khảo sát.

A7.18 Trong trường hợp có mặt các lớp sét chặt, các đá nửa cứng và đặc biệt là đá cứng trong tầng phủ, thì việc khảo sát-tìm kiếm trong chúng hang hốc, các đới phá huỷ, các đới

dỡ tải liên quan với karst cũng phải chú ý không ít hơn so với khảo sát-tìm kiếm hang hốc, đối phá huỷ, đối dỡ tải trong đá hoà tan.

Trong trường hợp mái các đá nửa cứng và đất sét chặt nằm không sâu, thì có thể áp dụng phương pháp thăm dò địa chất công trình tăng cường như đề cập đến ở mục A7.3 áp dụng cho đá cứng nằm không sâu. Trong trường hợp này cần lưu ý rằng, các vòm hang hốc trong đá nửa cứng và đất sét tiến nhanh hơn tới trạng thái tới hạn, đồng thời cũng phải tính đến khả năng rửa lữa đất đá, đưa vật liệu rời ra ngoài theo kiểu xói ngầm, khả năng có mặt các “họng” khó bị phát hiện (A7.13, A7.19).

A7.19 Trong trường hợp trên mặt cát tầng phủ hoặc tầng đá karst có mặt cát và cát pha, thì cần tính đến khả năng xói ngầm tăng cường, có thể dẫn tới lún và sập đổ các đá nằm trên và mặt đất. Xói ngầm có thể phát triển cả trong sét pha, sét, bột cacbonat, trong trường hợp hoà tan, tan rã hoặc phong hoá xi măng trong cát kết, bột kết và sét kết.v.v...

A7.20 Ở những vùng có tầng phủ cát dày, việc đánh giá ổn định đặc biệt phức tạp. Trong những điều kiện như vậy, khảo sát địa chất công trình được tiến hành nhằm chính xác hoá ranh giới của các đới phát triển karst, mức độ nứt nẻ, mức độ phát triển karst, mức độ bám - lắng các vật liệu mịn trong tầng đá hoà tan, chính xác hoá ranh giới phân bố và kiểm tra độ tin cậy của các lớp chắn nước nằm dưới tầng cát. Cũng nên xác định các đới có cấu trúc tối xấp trong tầng cát, một số đới trong số này có thể liên quan tới karst. Trong trường hợp có lớp cách nước đủ dày và đủ tin cậy nằm dưới tầng cát thì có thể áp dụng A7.2.

A7.21 Trong khảo sát địa chất công trình các khu đất xây dựng nằm trên đầm lầy đã hoặc đang tồn tại và các khu vực bị lầy hoá cần phải thực hiện các công tác địa vật lý, khoan chi tiết và xuyên nhằm xác định hoặc kiểm tra khả năng có các phếu karst được lấp bằng than bùn và bùn và do đó đã không được phát hiện khi giải đoán ảnh hàng không và quan sát trên thực địa. Các công tác tương tự với mức độ chi tiết cao được tiến hành cũng nhằm xác định các phếu và các vùng trũng karst-xói mòn đã được lấp đầy bằng vật liệu san lấp hoặc đất bồi rửa trên các vùng lãnh thổ đã xây dựng hoặc đã quy hoạch, cũng như tại các khu vực mà tại đó chúng có thể được lấp bằng bồi tích sông, sừn tích và các loại trầm tích tương tự.

## **A8. Dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến độ ổn định lãnh thổ**

A8.1 Trong báo cáo và kết luận khảo sát địa chất công trình, cần đưa ra dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển karst và ổn định lãnh thổ. Ở đây phải đánh giá ảnh hưởng của công trình thiết kế đến sự phát triển karst trên khu đất xây dựng và lãnh thổ xung quanh, cũng như ảnh hưởng của các công trình xung quanh (đặc biệt là các công trình thủy công) đến sự phát triển karst trên khu đất xây dựng.

A8.2 Các yếu tố nhân sinh làm biến đổi địa hình, hình thành các thành tạo nhân sinh ở phía trên của mặt cát, làm biến đổi điều kiện thủy văn, địa chất thủy văn, tính chất cơ- lý và đôi

A8.3 Công tác dự báo gồm các giai đoạn sau:

- a) Thu thập và phân tích các số liệu về những tác động đã có trên lãnh thổ và các thay đổi xảy ra do ảnh hưởng của chúng về điều kiện, tính chất, cường độ phát triển karst và độ ổn định lãnh thổ;
- b) Dự báo tác động nhân sinh đến điều kiện địa chất công trình trong tương lai;
- c) Dự báo các thay đổi trong tương lai về điều kiện phát triển karst dưới tác động của các yếu tố nhân sinh.;
- d) Dự báo ảnh hưởng của các biến đổi (nhân sinh trong tương lai) điều kiện phát triển karst đến cường độ của chúng và độ ổn định lãnh thổ.

A8.4 Dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển karst và độ ổn định lãnh thổ, về cơ bản là định tính ( vì rằng sự phân bố và phát triển karst rất không đồng đều, nên phải lưu ý đến ảnh hưởng của nhiều yếu tố khó dự báo, có quan hệ đan xen lẫn nhau cực kỳ phức tạp, và do việc nghiên cứu các mối quan hệ này còn sơ sài, chủ yếu là định tính).

Trong dự báo cần phân loại các yếu tố nhân sinh nguy hiểm và xác định mức độ cho phép ảnh hưởng của chúng tới điều kiện phát triển karst, nghĩa là phải có “ dự báo tiêu chuẩn”. Từ dự báo này có thể rút ra các khuyến nghị từ góc độ ĐCCT về thực hiện các biện pháp cần thiết để không cho phép xảy ra những hậu quả nguy hiểm do các yếu tố nhân sinh gây nên.

Trong những trường hợp phức tạp mà chủ yếu là đối với các công trình rất lớn và rất quan trọng, phải thực hiện các nghiên cứu đặc biệt về dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển karst và ổn định lãnh thổ. Để làm việc này có thể cần sự tham gia của các đơn vị khảo sát đặc biệt, thiết kế và nghiên cứu khoa học.

A8.5 Trong nhiệm vụ kỹ thuật khảo sát phải nêu rõ các tải trọng nhân sinh đã có cũng như đang thiết kế và tác động của nó lên môi trường địa chất, đó là: các thông số về công trình thuỷ công, công trình bơm hút nước, các đường ống dẫn nước, các hồ chứa, các hệ thống tưới tiêu. Trong đó phải chỉ ra lượng nước thấm vào đất, nồng độ thành phần xâm thực và nhiệt độ của nước, những nơi có thể thoát axit và các chất lỏng xâm thực khác, quy hoạch lãnh thổ, độ sâu phân bố, kiểu và kích thước móng công trình, tải trọng động và tĩnh.v... Chất lượng dự báo phát triển karst và ổn định lãnh thổ phụ thuộc vào chất lượng và mức độ đầy đủ số liệu này. Sự thay đổi các tải trọng nhân sinh thiết kế và các tác động lên môi trường địa chất công trình có thể dẫn tới việc cần thiết xem xét lại dự báo.

A8.6 Trong khi khảo sát, cần thu thập và phân tích tài liệu về những tác động nhân sinh đã và đang có, những biến đổi tương ứng về điều kiện, đặc điểm, cường độ phát triển karst, xói ngầm, thành tạo các hố sập. Tiến hành đánh giá các tác động và biến đổi đó nếu cần thể hiện trong việc phân vùng lãnh thổ, xác định xu hướng phát triển các tác động nhân sinh và những thay đổi tương ứng về điều kiện, đặc điểm và cường độ phát triển karst, xói ngầm và thành tạo các hố sập với những đặc điểm định lượng tương ứng.

A8.7 Trước khi dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến sự phát triển karst và sự ổn định lãnh thổ cần phải thực hiện dự báo các biến đổi nhân sinh về điều kiện phát triển karst. Ví dụ: ảnh hưởng của thấm và nước dâng từ các hồ chứa đến điều kiện địa chất thuỷ văn, quá trình phát triển các phễu hạ thấp mực nước do bơm khai thác nước dưới đất, quá trình ngập úng nước v.v....

A8.8 Trong mọi trường hợp cần có dự báo định tính, và đôi khi định lượng về các biến đổi nhân sinh điều kiện địa chất thuỷ văn và ảnh hưởng của chúng đến phát triển karst và ổn định lãnh thổ, dự báo điều kiện thuỷ văn và ảnh hưởng của nó đến điều kiện địa chất thuỷ văn. Ngoài ra có thể còn xét đến một số yếu tố nhân sinh khác như: san lấp, khai đào, ..

Các tải trọng động và tĩnh từ nhà và công trình được tính đến trong các phép tính lún nền và trong đánh giá mức độ nguy hiểm của hang hốc karst.

A8.9 Các phá huỷ nhân sinh điều kiện địa chất thuỷ văn được thể hiện ở những thay đổi về mức nước (áp lực), lưu lượng, vận tốc, hướng chuyển động, thành phần hoá học, nhiệt độ và chế độ nước ngầm. Chúng dẫn đến thay đổi các tính chất của đất đá như: độ ẩm, độ sệt, các tính chất cơ học và trạng thái ứng suất của chúng và có thể dẫn đến lún sập, tan rã, trương nở co ngót, nứt nẻ, phong hoá hoá học, rửa trôi, hoà tan, xói ngầm và mang vật liệu rời ra ngoài bằng dòng ngầm, lún và sụt lở đất đá. Cũng có thể xảy ra bồi-bám bằng vật liệu mịn, xi măng hoá và các quá trình khác.

Mối hiểm hoạ thường xuyên nhất chính là khả năng kích hoạt xói ngầm- vận chuyển cơ học vật liệu ra khỏi hang hốc karst, các khe, các đới bị phá huỷ và dỡ tải... ( A7.19) dẫn tới làm xuất hiện sập, lún bề mặt và các lớp đất. Nhiều khi sập, lún xảy ra với số lượng lớn. Việc thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn có thể thúc đẩy lún trọng lực không có liên quan với xói ngầm, thúc đẩy sụt lở đá như là hậu quả của các biến đổi tính chất, trạng thái nứt nẻ và ứng suất của chúng. Để dự báo các thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn, phải cần đến các quan trắc định kỳ, các quan trắc này cần được thực hiện liên tục từ giai đoạn khảo sát đến giai đoạn xây dựng và sử dụng công trình.

A8.10 Cần lưu ý rằng việc hạ thấp cũng như nâng cao mực nước của các tầng chứa nước có thể kích hoạt karst và các hiện tượng xói ngầm dẫn đến sập mặt đất. Một việc rất hay dẫn tới kích hoạt karst và giảm mạnh ổn định lãnh thổ, đó là sự hình thành các phễu hạ thấp sâu trong quá trình khai thác khoáng sản và các tầng chứa nước. Việc xây dựng các hồ chứa



A8.11 Cơ sở để dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến phát triển karst và ổn định lãnh thổ chính là phân vùng lãnh thổ theo mức độ nhạy cảm với các tác động nhân sinh và những biến đổi điều kiện tự nhiên tương ứng ảnh hưởng đến phát triển karst và ổn định lãnh thổ, mà trước hết là nhạy cảm với tác động do điều kiện ĐCTV thay đổi.

A8.12 Khi phân vùng theo độ nhạy cảm với các tác động nhân sinh và những biến đổi điều kiện tự nhiên tương ứng ảnh hưởng đến phát triển karst và ổn định lãnh thổ nên khoanh vùng:

- a) Diện tích phân bố các kiểu thạch học karst khác nhau;
- b) Diện tích và khu vực có mức độ biểu hiện phát triển karst trên bề mặt và dưới ngầm khác nhau;
- c) Diện tích phát triển karst trần và karst kín. Diện tích karst kín lại được phân chia theo độ thấm nước của tầng phủ.

Tuỳ thuộc vào điều kiện địa phương mà chia lãnh thổ ra các diện tích có độ nhạy cảm khác nhau theo các dấu hiệu khác.

A8.13 Không được để các chất lỏng xâm thực mạnh tiếp cận các đá karst (ví dụ nước có hàm lượng axit đủ cao), lý do là vì tốc độ hoà tan các đá tăng lên đột ngột rất nguy hiểm. Khi không xảy ra việc các chất lỏng xâm thực tiếp cận được thì sự hoà tan đá carbonat diễn ra chậm và trong suốt giai đoạn sử dụng công trình cũng không dẫn tới sự tăng trưởng đáng kể nào, không tạo thành hang hốc mới nào.

A8.14 Đối với karst kín, thì các khu vực có khe và các biểu hiện khác của karst trên bề mặt đất là những khu vực nhạy cảm hơn cả đối với biến động nhân sinh về điều kiện địa chất thuỷ văn. Trong trường hợp thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn ngay tại những khu vực này thì sự kích hoạt nhân sinh thành tạo sập xảy ra trước tiên, đạt tới cường độ lớn. Ngay cả những thay đổi không đáng kể về điều kiện địa chất thuỷ văn có thể dẫn tới kích hoạt tạo sập.

A8.15 Tại những nơi đầm lầy ở thềm sông, những trũng lầy trên vùng phân thuỷ có thể bắt gặp các khe karst, nhóm khe, cánh đồng karst chưa được phát hiện khi giải đoán ảnh hàng không và quan sát hiện trường. Những khe, nhóm khe và cánh đồng karst này khi giảm mực nước ngầm có thể biểu hiện dưới dạng sập và lún mặt đất do co ngót than bùn, bùn phân bố trong các khe hiện có.



A8.16 Do những biến đổi nhân sinh về điều kiện địa chất thủy văn, mà quá trình hình thành các hố sập có thể bắt đầu tại những khu vực phát triển karst ngầm và nứt nẻ mạnh mà không được bảo vệ tốt bằng tầng phủ chắn nước, đó là những khu vực không có biểu lộ karst trên mặt đất trong điều kiện tự nhiên.

Trong điều kiện kể trên, sẽ có khả năng xuất hiện các hố sập tại những khu vực phát triển karst ngầm ở cấp trung bình và cao, được khoan vùng (đối với điều kiện tự nhiên) ở cấp ổn định IV và thấp hơn, có nghĩa là các lãnh thổ mà trên đó dù chưa ghi nhận được các hố sập, nhưng trong tương lai thì việc tạo thành chúng là có thể. Dưới tác động của các yếu tố nhân sinh, độ ổn định của chúng có thể còn thấp hơn nữa nếu không áp dụng các biện pháp ngăn ngừa tình trạng xấu đi về điều kiện địa chất thủy văn.

Trên những vùng lãnh thổ không có karst hoặc karst yếu, thuộc cấp ổn định V (A6.20) thì việc kích hoạt nhân sinh thành tạo sập ít có khả năng. Tuy nhiên, nó có thể được tìm thấy ở những nơi có karst ngầm, các đới nứt nẻ mạnh chưa được phát hiện trong quá trình khảo sát.

A8.17 Tính nhạy cảm của lãnh thổ với tác động nhân sinh lên điều kiện địa chất thủy văn, quá trình phát triển karst và thành tạo các hố sập phần nhiều phụ thuộc vào vai trò bảo vệ của tầng phủ chắn nước. Có thể phân chia tầng phủ bảo vệ thành: các diện tích không có lớp chắn nước trong tầng phủ; các diện tích có mức độ thấm nước của tầng phủ khác nhau; các diện tích có tầng phủ chắn nước tin cậy. Đồng thời cũng có thể chia ra các diện tích với một, hai lớp chắn nước trong tầng phủ v.v... Sự có mặt của các lớp cách nước, các thấu kính, các lớp xen kẹp chắn nước trong tầng đá hoà tan cũng có ý nghĩa quan trọng.

Đặc điểm định lượng cần thiết nhất của lớp chắn nước là độ dày của nó. Phải đánh giá cả mức độ không đồng nhất của lớp cách nước, ví dụ: giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của độ dày, tỷ lệ diện tích không có lớp chắn nước trong tầng phủ trên tổng diện tích khu vực, giá trị trung bình, độ lệch và các đặc trưng thống kê khác về phân bố độ dày của lớp chắn nước cho khu vực.

Các diện tích có độ dày lớp chắn nước nhỏ, hoặc từ 5÷10m tùy thuộc điều kiện cụ thể, thường không có ưu thế so với các diện tích không có nó. Bởi vì, tại các diện tích này có thể hình thành các phá huỷ cục bộ của lớp cách nước, kéo theo là tập trung dồn nước từ tầng này sang tầng khác.

Để đánh giá định lượng vai trò bảo vệ của lớp chắn nước, người ta sử dụng hệ số kháng trở, hệ số chảy xuyên qua, giá trị chảy xuyên qua, gradient thấm thẳng đứng và các đặc trưng khác. Hệ số kháng trở của lớp cách nước được xác định theo công thức:

$$K_c = \sum \frac{m_i}{k_i} \quad (A25)$$

Trong đó:  $m_i$  - là độ dày của lớp cách nước thứ  $i$ ;

$k_i$  - là hệ số thấm thẳng đứng của lớp chắn nước thứ  $i$ .

Gradient thấm thẳng đứng là chỉ số quan trọng, chỉ số đó tăng lên thì mối nguy hiểm kích hoạt xói ngầm và tạo sập sẽ tăng.

A8.18 Trong những trường hợp phức tạp, chủ yếu là đối với các công trình lớn và quan trọng, lãnh thổ các thành phố, các khu công nghiệp v.v..., theo nhiệm vụ chuyên môn, bằng phương pháp mô hình thủy động lực, có thể dự báo định lượng các biến đổi nhân sinh đối với mức nước, gradient thấm, giá trị thấm và lưu lượng nước chảy xuyên qua. Mô hình hoá thủy động lực cho phép (với tải trọng nhân sinh cho trước) dự báo biến đổi điều kiện thủy động lực do chúng gây ra và ngược lại trong điều kiện biến đổi điều kiện thủy động lực cho phép đã đặt ra có thể xác định các tải trọng giới hạn.

A8.19 Trong một số trường hợp đã được khẳng định trong nhiệm vụ kỹ thuật khảo sát ĐCCT, để dự báo ảnh hưởng của các yếu tố nhân sinh đến ổn định lãnh thổ, phải tiến hành các thử nghiệm và các tính toán thủy động lực, thủy địa hoá theo những chương trình đặc biệt. Để làm được việc này đòi hỏi sự tham gia của nhiều tổ chức chuyên môn. Việc áp dụng chúng cần phải có luận chứng cụ thể và xác định xem mô hình lựa chọn phù hợp với hoàn cảnh thực tế đến mức nào.

A8.20 Nếu có số liệu về các biến đổi nhân sinh đã diễn ra trước đó về điều kiện phát triển karst và ảnh hưởng của chúng đến cường độ thành tạo sập (A7.6), thì hoàn toàn có khả năng dự báo ngoại suy, nghĩa là các xu hướng, các quy luật sẽ tương tự cho tương lai với một vài điều chỉnh.

A8.21 Trên các vùng lãnh thổ phân bố đá hoà tan và phát triển các hiện tượng karst cần áp dụng các biện pháp bảo vệ tránh karst phát triển tự nhiên và kích hoạt nhân sinh (A7.2). Có thể áp dụng hợp lý các biện pháp chống karst sau:

- a) Quy hoạch kiến trúc;
- b) Điều chỉnh nước và chống thấm;
- c) Địa-kỹ thuật (gia cố nền móng nhà và công trình);
- d) Kết cấu;
- e) Công nghệ;
- f) Khai thác.

Việc kết hợp các giải pháp kể trên, thành phần và khối lượng của chúng phụ thuộc vào điều kiện cụ thể khu đất và đặc điểm công trình thiết kế.

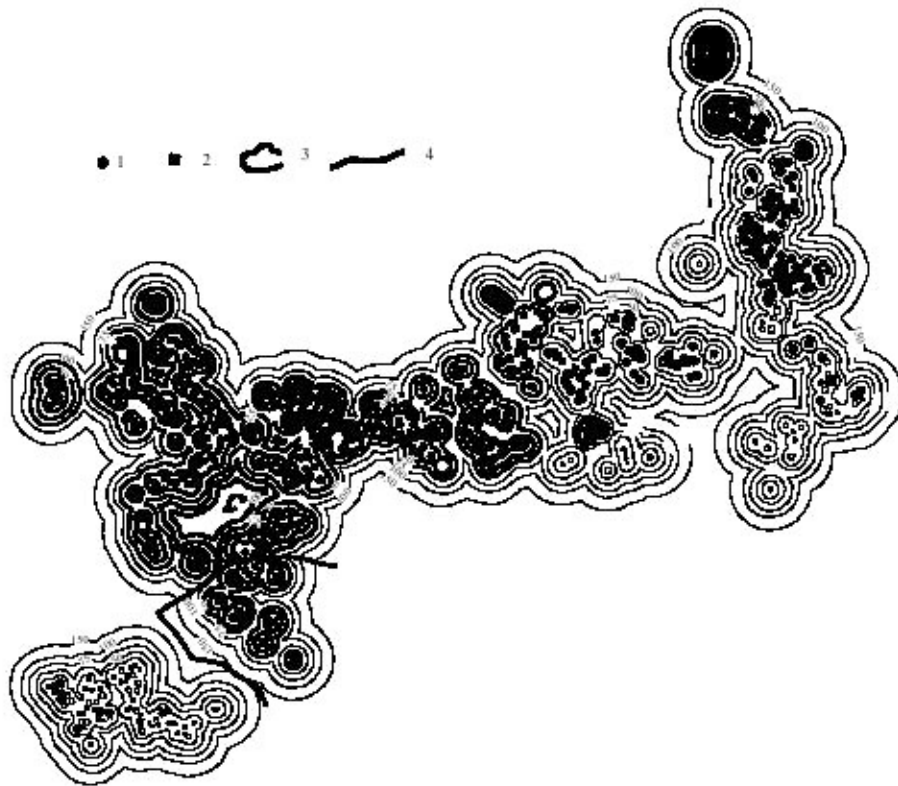
Trong mọi trường hợp, bắt buộc áp dụng các biện pháp điều chỉnh nước để phòng thấm nước bề mặt, nước công nghiệp và sinh hoạt vào trong đất. Cần phải đảm bảo sao cho lưu lượng thấm và trạng thái mức nước ngầm không vượt quá mức nước tự nhiên. Việc quy hoạch bề mặt đất, tiện nghi và hệ thống tiêu thoát nước mưa cần đảm bảo một cách tin cậy cho thoát nước bề mặt từ nhà cửa, công trình ra ngoài giới hạn khu vực xây dựng. Cần áp dụng các biện pháp làm giảm thất thoát nước từ các hệ thống dẫn nước. Không cho phép rò

ri nước, đặc biệt là axit và các chất lỏng xâm thực khác dưới các toà nhà, công trình và vùng lân cận. Cần có những biện pháp nghiêm ngặt chống rò rỉ nước vào lòng đất ở những công trình quan trọng, những công trình có áp dụng quá trình công nghệ ẩm ướt. Trong giai đoạn xây dựng không để tích tụ nước bề mặt tại các hố đào và khu đất xây dựng, cần kiểm tra chặt chẽ chất lượng công việc cách nước, lắp đặt hệ thống dẫn nước, lấp các hố đào do công tác xây dựng để lại.

Không để xảy ra hoặc hạn chế ảnh hưởng của các hồ chứa nước, các nguồn nước tự chảy và hạ thấp mực nước do khai thác nước ngầm, các giếng thu nước... đến chế độ của tầng chứa nước nứt nẻ-karst và các tầng chứa nước nằm phía trên trong phạm vi lãnh thổ đã và đang xây dựng. Nếu các xí nghiệp, nhà cửa và công trình đang thiết kế hoặc đang tồn tại rơi vào vùng ảnh hưởng đã nêu (như hạ thấp, nâng cao, dao động mức nước) thì cần phải dự báo hậu quả của nó, nếu cần thiết phải thực hiện các nghiên cứu đặc biệt (A8.4, A8.18, A8.19) và có các biện pháp bảo vệ cần thiết.

Căn cứ vào mức độ cần thiết, phù hợp với các tài liệu tiêu chuẩn hiện hành, có tính đến điều kiện cụ thể khu đất và đặc điểm của công trình thiết kế, để bảo vệ lãnh thổ, phòng chống karst phát triển tự nhiên và kích hoạt nhân sinh của nó, cần phải áp dụng các biện pháp điều chỉnh nước đặc biệt, địa kỹ thuật, kết cấu và các biện pháp chống karst khác.

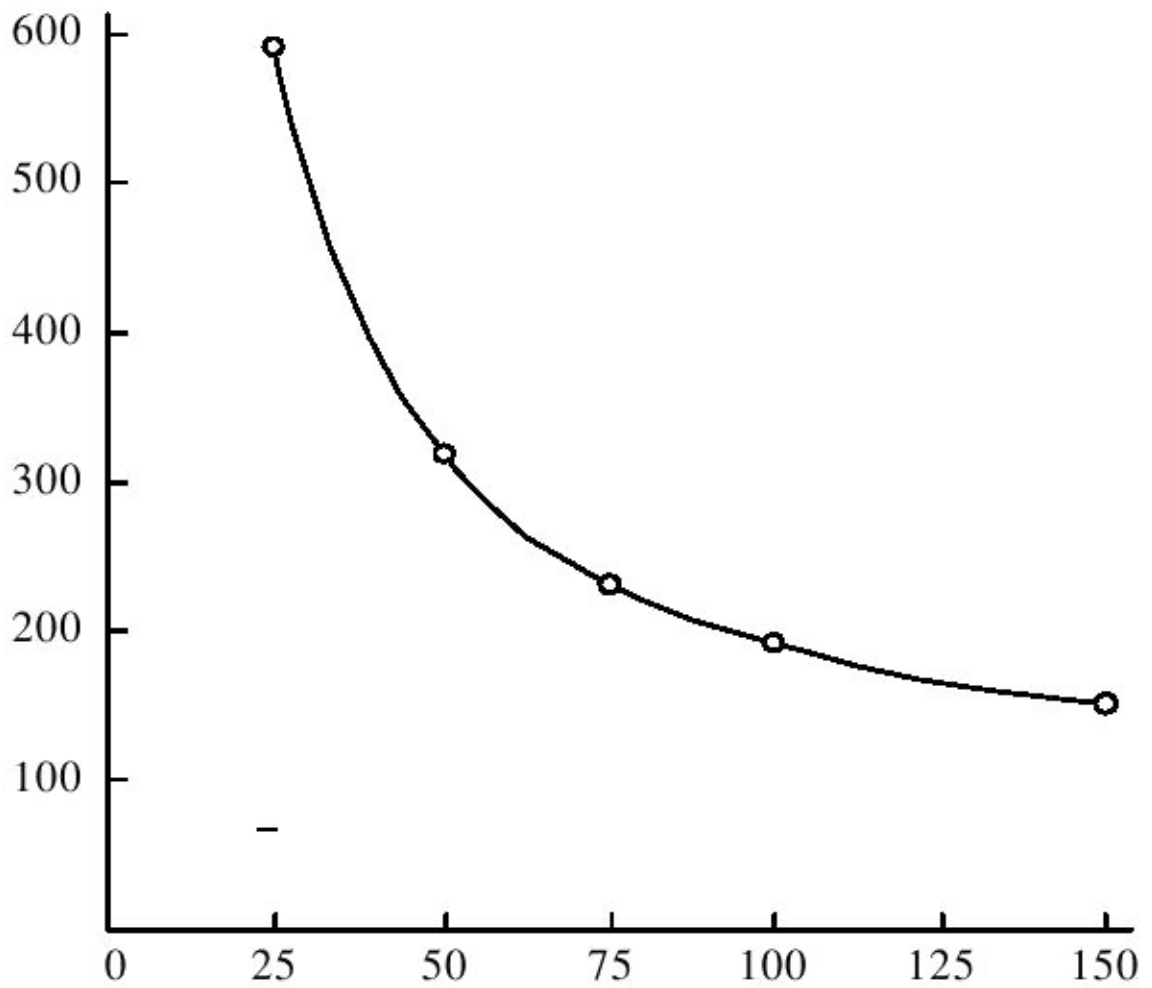
Để kiểm soát các thay đổi điều kiện địa chất thuỷ văn, kiểm soát sự phát triển karst và hoạt động của các biện pháp chống karst trong thời kỳ xây dựng và khai thác-sử dụng xí nghiệp, nhà cửa, công trình, cần phải tiến hành các quan trắc định kỳ đối với chế độ nước mặt và nước ngầm, đối với quá trình phát triển karst, sập, lún và biến dạng nhà cửa, công trình v.v.... Nếu cần, thiết lập hệ thống tín hiệu phòng chống sự cố karst.



Hình A1. Sơ đồ phân bố các loại hình phát triển karst và các đường đẳng xa từ các phễu karst (lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

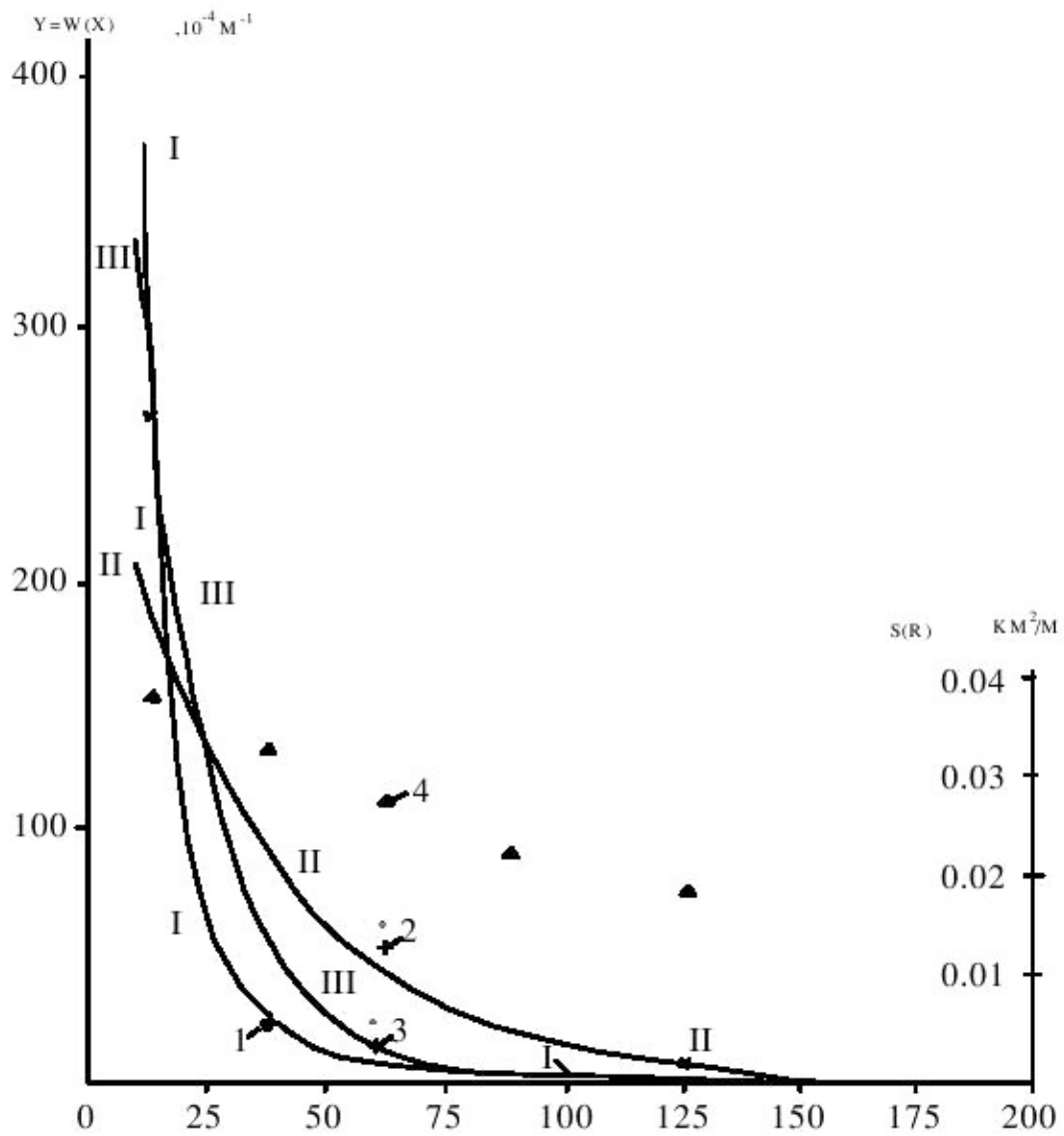
1. phễu karst; 2. hố sập karst;
3. đường đẳng xa từ các phễu karst;
4. ranh giới cánh đồng karst mới đang phát triển

$$K_{NB}(R) = \frac{N_R}{S(R)} \text{ MT/KM}^2$$



Hình A2. Đồ thị quan hệ mật độ các phếu karst và bán kính khoanh vùng theo các đường đẳng xa từ các phếu karst (lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)





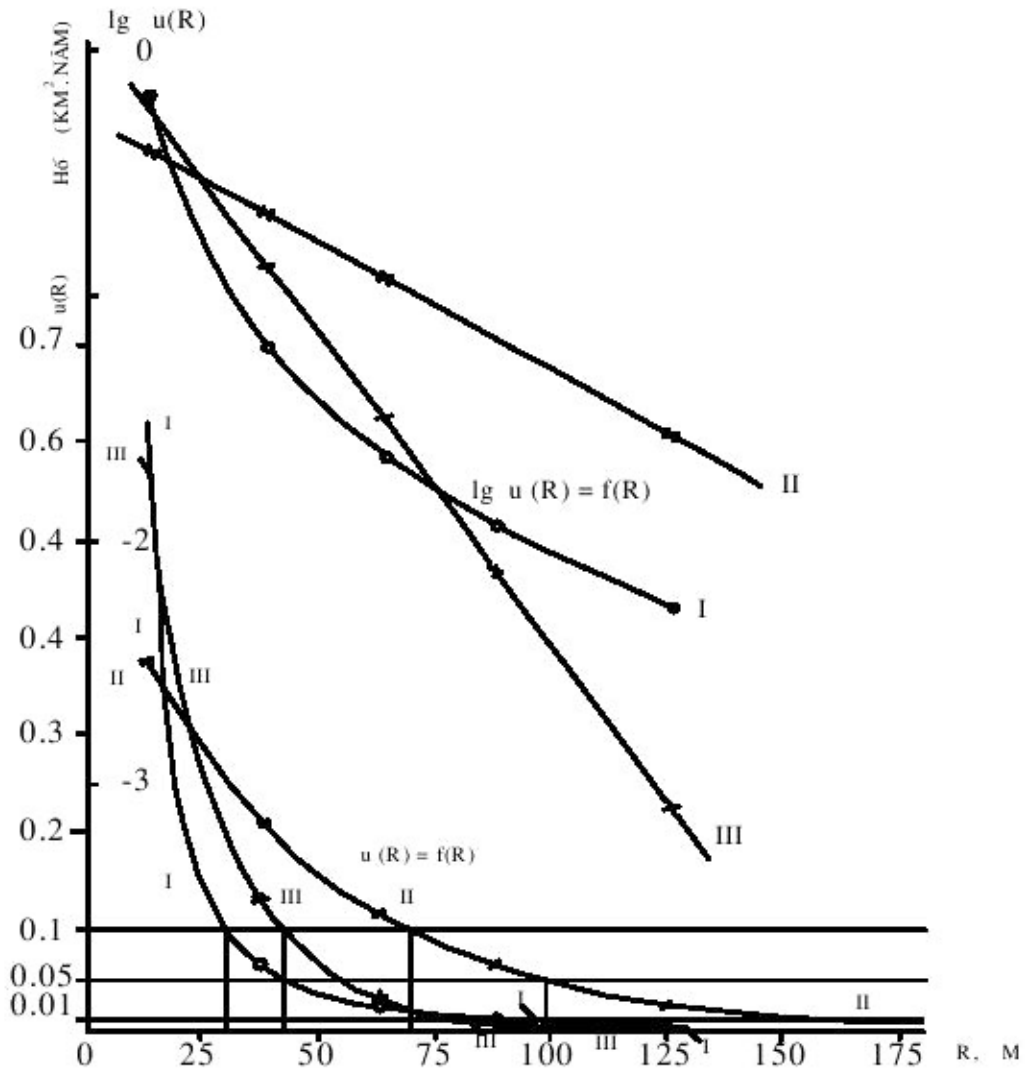
Hình A3. Đồ thị phân bố phễu và hố sập  
theo giá trị đẳng xa từ biểu hiện karst gần nhất  
(lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

Các giá trị gốc về mật độ của tần xuất phân bố theo giá trị đẳng xa:  
1 - phễu karst; 2 - 30 hố sập; 3 - 23 hố sập; 4 – giá trị diện tích S(R)

gia tăng trên 1m đằng xa.

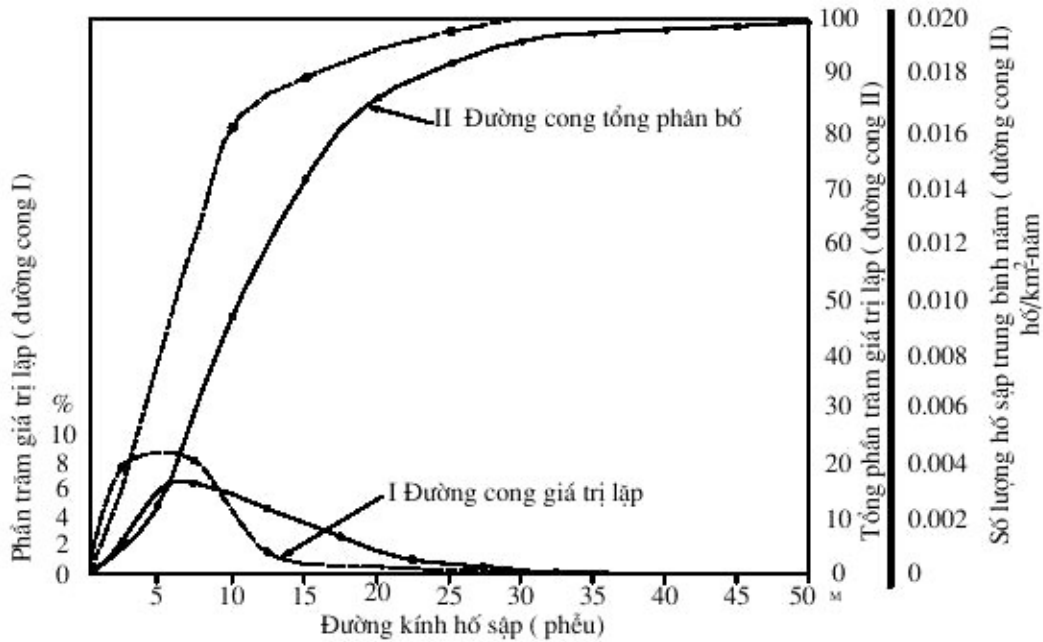
Các đường cong phân bố theo giá trị đằng xa:

I – phễu karst; II – 30 hố sập karst; III - 23 hố sập karst.



Hình A4. Đồ thị phân bố mật độ hố sập trung bình năm (dự kiến) theo giá trị đằng xa từ biểu hiện karst gần nhất. (lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga)

Đường cong dự báo mật độ hố sập trung bình năm (dự kiến) kết quả sử dụng đồ thị phân bố theo giá trị đẳng xa từ biểu hiện karst gần nhất: I – 566 phễu, II – 30 hố sập, III – 23 hố sập.



Hình A5. Đồ thị phân bố các hố sập và phễu karst theo giá trị đường kính của chúng. (lấy ví dụ ở phía đông thành phố Dzerzinsk – Liên bang Nga). Đường cong phân bố phễu ký hiệu bằng đường liền, đường cong phân bố hố sập bằng đường rời

**Phụ lục B**  
**Phân loại khối đá theo mức độ nứt nẻ (TCVN 4253-86)**  
**(tham khảo)**

Mức độ nứt nẻ	Modun nứt nẻ (M)	Chỉ tiêu RQD %
Nứt nẻ rất yếu	Nhỏ hơn 1.5	90 ÷ 100 (rất tốt)
Nứt nẻ yếu	Từ 1.5 ÷ 5	75 ÷ 90 (tốt)
Nứt nẻ trung bình	Từ 5 ÷ 10	50 ÷ 75 (trung bình)
Nứt nẻ mạnh	Từ 10 ÷ 30	25 ÷ 50 (kém)
Nứt nẻ rất mạnh	Lớn hơn 30	0 ÷ 25 (rất kém)

**Ghi chú:**

1. Modun nứt nẻ M – số lượng khe nứt trên 1m đường đo.
2. RQD (Rock quality designation) do Deere đề xuất 1963

$$RQD = 100/L \times \sum li \text{ (li những nồn khoan có chiều dài lớn hơn 10cm)}$$

L – Tổng chiều dài đoạn khoan nghiên cứu

**Phụ lục C  
(tham khảo)**

**Phân loại đá theo mức độ phong hoá (14TCN 115 – 2000)**

Cấp độ phong hoá	Ký hiệu	Đặc tính
Phong hoá hoàn toàn	P.H	Đá đã bị biến màu hoàn toàn, không ánh. Hầu hết đá đã biến thành đất hoặc dăm vụn, tỷ lệ dăm cục thường nhỏ hơn 50%.
Phong hoá mạnh	P.M	Đại bộ phận đá đã biến màu, hầu hết fenspat chuyển thành màu đục, các khoáng vật Fe, Mg bị mờ và chuyển đất sét có màu nâu. đất chiếm <50%. Đá phần lớn mềm bở, búa đập nhẹ
Phong hoá vừa	P.V	Bề mặt của đá và mặt các khe nứt hầu hết bị biến màu, bị ô xy hoá, nứt nở phát triển khá mạnh, cấu trúc nguyên thủy của đá hoàn chỉnh, búa đập bình thường các khe nứt dễ bị tách vỡ, lõi đá cứng không bẻ được bằng tay
Phong hoá nhẹ	P.N	Bề mặt của đá và khe nứt có sự thay đổi màu nhẹ. Các khe nứt thường kín hoặc mở rộng không quá 1mm. Đá liền khối, cứng chắc. tiếng vang khi đập búa trong, cường độ giảm so với đá tươi không đáng kể
Không phong hoá (đá tươi)	P.K	Màu đá sáng tươi, các thành phần khoáng vật tạo đá không biến đổi, khe nứt đặc biệt kín hoặc mở rộng không quá 0.5mm. búa đập khó vỡ, tiếng vang trong

**Phân loại đá theo mức độ phong hoá**

Mức độ phong hoá	Hệ số phong hoá Kph	Hệ số khe rỗng Kkr
Phong hoá mạnh	<0.8	>5
Phong hoá	0.8 ÷ 0.9	2 ÷ 5
Phong hoá nhẹ	0.9 ÷ 1.0	1 ÷ 2
Không phong hoá	1.0	<1

**Ghi chú:** Kph =  $\gamma_{kph}/\gamma_{kt}$ ; trong đó  $\gamma_{kph}$ ,  $\gamma_{kt}$  là khối lượng thể tích khô của đá



phong hoá đang xét và đá không phong hoá.  
 $K_{kr} = V_{kr}/V$ ; trong đó  $V_{kr}$  là tổng thể tích của các khe rỗng trong thể tích khối đá  $V$

### **Phụ lục D (tham khảo)**

#### **Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển karst lạnh thổ Việt Nam**

**1. Khu vực 1.** Quần đảo núi sót karst nổi lên trên mặt các vũng vịnh khu vực Hải Phòng-Quảng Ninh và một phần ở Hà Tiên. Đá cacbonat có thành phần chủ yếu là đá vôi khối lớn hoặc phân lớp dày tương đối thuần khiết, đôi chỗ đá vôi nằm xen kẽ với các đá trầm tích khác: cuội kết, cát kết, bột kết, sét kết. Đá vôi có tuổi Đêvôn, cacbon và Permi. Quá trình karst vẫn đang phát triển mạnh, các núi sót không có lớp phủ tàn tích, các hang động có kích cỡ lớn, có giá trị du lịch.

**2. Khu vực 2.** Vùng đồng bằng ven biển Hải Phòng-Quảng Ninh, Ninh Bình-Thanh Hoá, Hà Tiên và một diện tích nhỏ ở Tây Ninh, có cao độ tuyệt đối biến đổi trung bình từ 0.5÷1.0m đến 8÷10m. Đá cacbonat bị phủ bởi các trầm tích đệ tứ có chiều dày từ 1÷2m đến 10-15m hoặc sâu hơn, đôi chỗ nổi lên trên mặt đất tạo thành các núi sót karst đơn độc. Đá cacbonat có thành phần chủ yếu là đá vôi Cacbon-Permi. Karst phát triển trong đá vôi ở khu vực Hải Phòng-Quảng Ninh, Ninh Bình-Thanh Hoá đến độ sâu 70÷80m, hình thành các tầng hang động phát triển theo chiều ngang và chiều sâu rất phức tạp. Khảo sát địa chất công trình trong khu vực này gặp nhiều khó khăn, đặc biệt cho các công trình quan trọng với tải trọng lớn như nhà máy xi măng,...

**3. Khu vực 3.** Vùng đồi núi mềm mại cấu thành chủ yếu bởi các đá phi cacbonat, xen kẽ các đồi núi sót karst có kích cỡ khác nhau, phân bố rộng khắp ở các tỉnh Nghệ An, Sơn La, Lai Châu, Tuyên Quang, Hà Giang. Đá cacbonat trong khu vực này chủ yếu là đá hoa và đá vôi hoa hoá tuổi Proterozoi và paleozoi. Do sự phân bố hạn chế của đá cacbonat trong khu vực này mà karst không ảnh hưởng nhiều đến quy hoạch phát triển kinh tế và xây dựng.

**4. Khu vực 4.** Bề mặt bóc mòn của các khối đá vôi lớn thuần khiết tuổi Cacbon-Permi có cao độ tuyệt đối từ 100÷200m đến 800÷900m, phát triển tương đối tập trung tại Quảng Bình, Nghệ An, Thái Nguyên, Cao Bằng. Karst trong khu vực này phát triển mạnh cả dưới ngầm và trên bề mặt, tạo thành các hang động lớn ở phía dưới và địa hình hiểm trở, phân cắt mạnh ở phía trên. Xây dựng các công trình lớn như hồ chứa nước sẽ gặp rất nhiều khó khăn. Khảo sát địa chất công trình trong khu vực này ít gặp khó khăn, bởi vì trong khu vực hầu như không có lớp phủ.

**5. Khu vực 5.** Bề mặt bóc mòn-xâm thực của các khối đá vôi lớn nằm trong đới cà nát và nâng mạnh tân kiến tạo, phân bố ở khu vực Hà Giang và Lai Châu. Cao độ bề mặt khối đá có thể đạt tới 1000÷1900m, địa hình hiểm trở, không có lớp phủ sườn- tàn tích. Đá vôi ở Hà

Giang có tuổi Keri-Ordovich, ở Lai châu có tuổi Dêvôn, chúng bị phân cách rất mạnh bởi các thung lũng và các khe trũng sâu. Karst bề mặt trong khu vực này phát triển mạnh hơn karst ngầm. Quá trình xâm thực đóng vai trò quan trọng trong thành tạo địa hình. Khai thác sử dụng lãnh thổ khu vực này gặp nhiều khó khăn.

**6. Khu vực 6.** Bề mặt san bằng và phân thủy, tạo thành đới hẹp chạy suốt từ Lai Châu về Ninh Bình, cao độ tuyệt đối địa hình biến đổi từ 200÷250m đến 1800÷2000m. Đá cacbonat trong khu vực này là đá vôi trias dạng khối và phân lớp dày. Đây là khu vực đặc trưng cho karst trưởng thành, ở đây có thể bắt gặp tất cả các loại hình karst như: thung lũng khô khép kín, cánh đồng xâm thực-hoà tan, các dòng chảy ẩn hiện, hang động karst, hố sập và phễu karst, ...Chiều dày của lớp phủ sườn- tàn tích từ 1÷2m đến 10÷15m. Phát triển kinh tế trong

### **Sơ đồ phân bố đá cacbonat và phát triển karst lãnh thổ Việt Nam**

