

■ 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试应试用书 ■

# 注册

## 土木工程师（水利水电工程） 执业资格专业考试培训教材

下 册  
专 业 知 识

第二分册

### 水利水电工程地质、水土保持、 征地移民

《注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试培训教材》编委会 编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

总策划 王国仪

责任编辑 王春学、司毅兵、张秀娟

## 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试应试用书

- 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试  
培训教材  
上册 水利水电工程专业知识总论
- 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试  
培训教材  
下册 专业知识  
第一分册 水利水电工程规划、水工结构
- 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试  
培训教材  
下册 专业知识  
第二分册 水利水电工程地质、水土保持、征地移民
- 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试  
复习题集
- 注册土木工程师（水利水电工程）执业资格专业考试  
必备法律法规及通用技术标准

封面设计 | 北京瑞兴文化艺术中心 / 何玉晓  
Tel: (010) 68311017 63202266-2701  
E-mail: art@waterpub.com.cn  
www.waterpub.com.cn / art

ISBN 978-7-5084-4280-8



9 787508 442808 >

定价：59.00 元

# 第 1 部分

# 水利水电工程地质

---

- 第 1 章 工程地质勘察
- 第 2 章 工程地质勘察技术方法
- 第 3 章 区域构造稳定性
- 第 4 章 水库工程地质
- 第 5 章 水工建筑物工程地质
- 第 6 章 边坡工程地质
- 第 7 章 地下洞室工程地质
- 第 8 章 天然建筑材料勘察
- 第 9 章 特殊岩土体工程地质



# 第1章 工程地质勘察

## 本章复习要点：

掌握各勘察设计阶段工程地质勘察的任务和要求；

熟练掌握各勘察设计阶段各类建筑物（枢纽建筑物、引水线路、堤防等）地质勘察工作的布置原则、勘察内容、方法及试验取样要求；

熟练掌握各勘察设计阶段对水库区主要工程地质问题（包括滑坡、崩塌、坍岸、浸没、渗漏等）的勘察内容、方法；

熟练掌握各勘察设计阶段工程地质勘察报告和主要附图的编制。

## 1.1 工程地质勘察阶段的划分及其任务和要求

水利水电工程往往都是一项复杂的枢纽工程，其建设过程需要经过反复研究、多次论证，才能由总体规划逐步形成完整的设计和施工详图编制。水利水电工程地质勘察阶段的划分与设计阶段相对应，其工作步骤是由浅入深、由粗到细、由小比例尺到大比例尺、由定性到定量逐步深入进行的。一般分为规划阶段、可行性研究阶段、初步设计阶段和技施设计阶段。由于各阶段任务的不同，要求提供的地质资料、对工程地质条件和工程地质问题的研究程度和深度也是不同的。各设计阶段涉及的研究地区范围、使用的勘察方法和工作量以及提供资料的详细程度也是有所不同的。各设计阶段工程地质勘察的任务与要求分述如下。

### 1.1.1 规划阶段

主要任务是为河流（或河段）规划、进行开发方案的比选提供所需的地质资料；对近期开发梯级的库区和坝段的关键性工程地质问题进行初步的踏勘与论证。勘察工作是通过踏勘、工程地质测绘和少量的勘探和物探，查明河流或河段的区域地质构造特征、地层岩性、河床地质结构以及可能出现的主要工程地质问题，并普查天然建筑材料的分布及储量。每个规划方案均需编制一个完整的河谷横剖面，剖面的位置通常在工程地质测绘的基础上配合物探成果进行选择。为编制河谷横剖面，可布置少量钻孔。通常在剖面位置的河谷两岸（规划的正常高水位附近）各布置1个勘探孔，孔深一般需穿过河床覆盖层、基岩风化层、库坝区的主要构造线和大断裂带、库坝区的大坍滑体、大松散堆积体和泥石流分布厚度、库坝区可能的渗漏带和地下水位、坝基的主要软弱夹层等。各勘探孔应进行综合测井，有时可进行地震勘探。

### 1.1.2 可行性研究阶段

主要任务是为选定坝址、论证坝型和坝高以及主要建筑物的布置方案提供地质资料；

配合设计论证正常蓄水位的高度；配合地震部门，搜集历史地震资料、确定基本烈度，并对工程场地的构造稳定性和地震危险性作出评价；对库坝区存在的主要工程地质问题作出定性评价，以保证在初步设计阶段不致因工程地质条件的变化而使选定的坝址和可行性方案有重大的反复。勘察工作是通过工程地质测绘、勘探和物探手段，详细查清坝址覆盖层的厚度、结构、分层及物理力学性质；风化带的厚度、分带及岸边卸荷带的范围；坝址软弱夹层、断层的分布及其力学性质；库区大塌滑体、大松散堆积体的滑动面及抗剪强度指标；库坝区渗漏地段的范围、渗漏通道、可能渗漏量、地下水埋深、补排关系和地下水流速流向。喀斯特地区还需查明喀斯特发育规律，包括喀斯特的分布、发育深度和充填情况等；渠道和电站厂房区的主要断裂构造和软弱夹层的分布、产状、规模、延伸情况、性质、充填物和结构面的力学强度等；统计节理裂隙的密度、张开度、间距、延续性等。松散地基则需查明土层厚度、成因、结构、颗粒成分等；通过现场简易试验和少量的原位现场试验，对坝基和地下洞室围岩进行初步分级，划分工程地质单元，对坝基稳定、库区渗漏、浸没、库岸稳定以及大跨度地下工程围岩稳定等作出定性评价；查明各种天然建筑材料的产地分布、质量和储量。在勘探点布置时，各比较坝址应布置1~3条勘探剖面。主要建筑物的轴线应有钻孔控制；各剖面交汇处一般需布置钻孔，以便进行纵横对比；对于大的顺河构造带，须有钻孔控制其位置及规模。勘探孔的深度需结合建筑物要求以及所调查地质结构的需要而定。对于河谷两岸，通常需在不同高程的岸坡布置平硐，以查明岸坡构造特征、地下水渗流情况和风化卸荷带的分布。勘察工作还需综合应用电法、地震、测井等多种物探手段，并在钻孔和平硐内进行弹性波试验。

### 1.1.3 初步设计阶段

主要任务是为选定大坝和其他主要建筑物的轴线、型式和规模，确定坝基开挖度和地基处理方案提供地质资料。查明选定坝址及推荐枢纽布置方案的工程地质条件，并对库坝区的主要工程地质问题作出定量评价；详查天然建筑材料；进行地下水动态观测和岩土体位移监测。对勘察工作的要求是：在坝址和其他主要建筑物（包括上下游围堰和导流工程）地段以及对施工和运行安全有重大意义的地段进行大比例尺工程地质测绘；在原有勘探剖面的基础上，在坝轴线和上下游辅助剖面、溢流坝段、厂房、围堰、地下洞室的中心线以及有专门性工程地质问题的地段布置钻孔；为查明风化带、软弱夹层、喀斯特洞穴、断裂带、卸荷裂隙等，应在坝基和坝肩或有关地段布置平硐、竖井或大直径钻孔；水库区大面积浸没和坍岸预测剖面的间距，一般控制在1~3km，城镇为200~500m。河床部位的勘探孔深度一般为1/3~1倍坝高，坝基或闸基的孔深，一般为坝高或闸宽的1倍左右（软土为1~2倍）。当利用斜孔仍不能查明较大的顺河断层或控制性滑动结构面时，可布置河床平硐。勘察工作还应充分利用钻孔、平硐、竖井和探槽等进行弹性波法、室内及野外现场试验测定岩石的物理力学性质指标；对重要建筑物的地基岩体，应在不同的工程地质单元布置各种岩体大型原位试验（测试）；对地基、边坡稳定性差的地段要开展专门性研究和原位长期监测；地质条件复杂的大型工程，可开展地质力学模型试验；在分布有活断层的地区和新构造运动强烈地区，如存在水库地震的可能，则需设立地震台网进行监测；高坝与大型地下厂房地区尚需开展地应力测试研究。

1.1.4 按设计阶段

主要任务是在初步设计阶段选定的水库和枢纽建筑物场地上，检验前期勘察的地质资料和结论，补充论证专门性工程地质问题，并提供优化设计所需的工程地质资料；对初步设计阶段审查提出的论证不够充分的问题或新发现的问题进行专门性的工程地质补充论证与勘探；核定大坝建基面的深度；根据地基处理、岸坡和人工开挖边坡加固的需要进行施工地质调查；进行交通运输线路的勘察和天然建筑材料的储量、质量及开采条件的复查；配合工程施工进行专门性的灌浆、基坑涌水试验等。物探工作可配合施工进行专门性测定，如地下洞室的松弛圈、建基面和地基处理的声波检测等。

施工地质工作的主要任务有：采用观察、素描、实测、数码摄影和数码录像等手段编录和测绘施工揭露的地质现象，验证前期勘察资料的结论与数据，根据变化情况补充必要的勘察；进行建基面和地下洞室编录和校核；提出施工地质预报；配合设计，参加地质验收；布置水文地质和各类岩土体的长期观测工作；对影响变形和抗滑稳定的软弱岩层、破碎带及软弱结构面的岩土物理力学性质试验指标进行复核。此外，在电站、水库运行后，应定期回访，分析各项监测资料，以便总结经验，为修订规范和国家技术标准提供重要依据。

表 1-1 简要归纳了水利水电工程地质勘察各阶段的主要任务、调查内容、勘察方法以及提交的主要成果。

表 1-1 水利水电工程地质勘察各阶段的任务和调查内容汇总表

阶段	主要任务	调查内容	勘察方法与勘察成果
规划阶段	搜集河流或河段区域地质资料和地震地质情况；了解各梯级的基本地质条件和主要工程地质问题；为河流开发规模、开发方案和近期开发工程的比较、选择提供依据；天然建筑材料普查	区域地质构造和地层岩性，区域与河谷地貌；历史地震和地震烈度；河床地质构造，覆盖层厚度、成因及分布，风化岩厚度及分布；库坝区大坍滑体、大松散堆积体、喀斯特、泥石流等的分布；库坝区渗漏、地下水埋深和隔水层（相对隔水层）的分布；坝区土层的分布、级配和性状等	搜集、分析已有资料，对航片、卫片进行判译；工程地质测绘（比例尺：库区 1/50000 ~ 1/100000，可溶岩地区 1/25000 ~ 1/50000，峡谷型坝区 1/5000 ~ 1/10000，丘陵和平原型坝区 1/10000 ~ 1/25000，长引水线路 1/100000 ~ 1/500000）；编制工程地质平面图、剖面图，综合地层柱状图，1/100000 ~ 1/500000 区域地质图，构造纲要图，地震及电阻率法勘探成果图，钻孔柱状图，工程地质报告
可行性研究阶段	区域构造稳定性和地震危险性评价；库区主要工程地质问题及初步评价；为选定坝址和引水线路，论证基本坝型和枢纽布置方案、正常蓄水位高度，选定基本烈度提供工程地质依据；坝址区主要工程地质问题初步评价；初查天然建筑材料	活断层、地震危险性分析以及水库地震可能性的调查；库区渗漏通道及水文地质条件，可溶岩区喀斯特发育程度和分布规律，分析地下水补排关系，估计渗漏量；库区浸没和库岸稳定；坝址区河床及两岸第四纪地层的成因、成分及分层；风化岩分带；坝址区断裂带和破碎带性状；库坝区大型坍滑体、松散堆积体和岸坡稳定条件以及滑面抗剪强度；坝址区岩土体及软弱结构面的物理力学性质	工程地质测绘（比例尺：库区 1/10000 ~ 1/50000，坝址区 1/2000 ~ 1/10000，引水隧洞和渠道 1/5000 ~ 1/25000，厂址 1/1000 ~ 1/5000，溢洪道 1/2000 ~ 1/5000）；编制工程地质平面图、剖面图，库区综合地质图，枢纽区构造纲要图。工程钻探（钻孔柱状图），平硐勘探（1/100 ~ 1/200 展示图），电法、地震、测井等物探及成果图，岩、土、水试验（试验成果汇总表），工程地质报告

续表

阶段	主要任务	调查内容	勘察方法与勘察成果
初步设计阶段	查明库坝区和导流工程区的工程地质条件, 评价其水文地质和工程地质问题, 并预测蓄水后变化; 为选定坝型和主要建筑物的轴线以及枢纽布置、确定坝基开挖深度、软弱构造带的处理方案、坝基防渗措施提供地质资料和建议; 查明施工、生活用水水源; 预测水库浸没及坍岸范围; 详查天然建筑材料	库区渗漏地段的位置、形态、规模及渗漏量和防渗处理范围, 库区浸没的可能性, 不稳定库岸的范围、地质结构、边界条件及失稳预测, 水库地震的类型、潜在震源及震级上限; 坝址区覆盖层的分布及性状、河床深槽的范围及深度, 断裂带的具体位置及其强度和变形性质、缓倾断层和软弱面的性状、构造岩的性状, 大坝基坑涌水量, 坝基地质构造、岩体结构、地应力、岩体强度、风化特征, 进行坝基及地下洞室围岩分类, 提出各类岩体的物理力学参数; 地下洞室、渠道、厂房、溢洪道、通航建筑和导流工程的水文工程地质条件、岩土物理力学性质参数; 各种开挖边坡的稳定坡度	工程地质测绘 (比例尺: 混凝土坝坝址区 1/1000~1/2000, 高拱坝坝址区 1/500; 土石坝坝址区 1/1000~1/5000, 隧洞、厂房、溢洪道和渠道 1/1000~1/2000, 编制工程地质图、坝址基岩地质图、库区综合地质图、枢纽区构造纲要图); 钻探工程 (钻孔柱状图); 平硐勘探 (编录及测定岩体弹性波速, 必要时布置竖井、大口径钻孔和河底平硐); 综合测井及井下电视及成果图; 渗透试验、标准贯入试验及十字板剪切试验 (软土及粉细砂层)、管涌试验、抗剪试验, 弹模试验、压水及抽水试验, 地应力测试; 水文地质观测及岩土变形监测和反分析; 工程地质报告
技施设计阶段	验证前期勘察资料的结论和数据; 建基面及地下洞室开挖地质编录; 补充勘察初步设计审查时提出的、新发现的工程地质问题; 施工期的工程地质监测; 天然建筑材料的复查	水库诱发地震和岸坡稳定的监测; 地基和边坡的加固效果; 洞室围岩稳定的预测和施工中修正围岩分类及超前勘探; 专门性试验的效果 (灌浆、管涌试验等); 调查施工揭露的地质资料, 核定岩土物理力学参数和坝基岩体工程地质分类	专门性试验; 坝基变形、边坡稳定性、扬压力和水文地质长期监测; 地震监测; 施工地质报告; 竣工地质报告

## 1.2 坝址区工程地质勘察的勘察要求

### 1.2.1 规划阶段的勘察要求

#### 1. 目的和任务

规划选点阶段的核心任务是选定坝段, 了解各规划开发河段的工程地质概况以及近期开发工程和控制性工程的主要工程地质问题, 为流域规划和近期开发工程提供所需的地质资料。

#### 2. 勘察方法

以工程地质测绘和地面物探为主, 重要地段布置少量勘探工程。接受任务后, 先收集工作区地质资料以及航片和卫片资料, 而后以工程地质测绘为主, 与设计人员共同踏勘研究规划方案。

工程地质测绘的比例尺: 峡谷区 1/5000~1/10000; 丘陵平原区 1/10000~1/25000。地面物探的纵、横剖面不少于 3~5 条, 主要探测覆盖层、风化层、滑塌体的厚度, 地下



水分布和基岩的地质构造。勘探工程：在河床位置布置1~3个钻孔，两岸各布置1个钻孔和平硐，孔深为1倍坝高。钻孔内开展压水试验，覆盖层开展标贯试验，重要地质体做岩矿鉴定和物理试验，适当开展水化学简易分析。

### 3. 要求查明的问题

着重了解河谷地貌、类型，侧重研究区域构造特点和区域稳定性。对近期开发的工程和控制性工程，需进一步查明大断层和活断层；注意了解对坝基（肩）稳定性有影响的各种地质条件，如软弱夹层、风化层、河床深槽、古河道、缓倾结构面和大滑塌体等；对坝基渗漏有影响的强透水层、隔水层、岩溶的发育和分布情况等。

## 1.2.2 可行性研究阶段的勘察要求

### 1. 目的和任务

核心任务是选定坝址，在规划梯级中提出的几个比较坝址上进行勘察工作，查明各比较坝址的工程地质条件，最后选定坝址。

### 2. 基岩峡谷区需要查明的问题

1) 工程地质岩组划分，并对坝基岩体质量做出初步分类。并需特别注意调查软弱岩层、软弱（泥化）夹层、易溶岩、膨胀岩的性质、厚度、分布、埋藏条件、颗粒组成和黏土矿物成分、物理力学性质、连续性和成因以及与地质构造的关系及其对岩体稳定性的影响。

2) 断裂构造研究，包含断层和裂隙的性质和自然特性十要素。并需特别注意调查缓倾角结构面和软弱结构面的发育情况、结构面的组合关系及其对岩体稳定性和透水性的影响。

3) 覆盖层的厚度、成因类型和成层组合关系，风化卸荷分带、厚度和强度特性，并确定建基面。并需特别注意调查河床深槽、古河道、风化囊、滑塌体的分布。

4) 水文地质条件初步评价，内容包括透水性分带，相对隔水层的埋深、厚度和连续性，地下水的补排条件和动态特性，水化学性质。并对坝区渗漏和水的侵蚀性作出初步评价。岩溶分布区应查明其发育深度，主要溶洞和渗漏通道的分布、连通和充填情况。

5) 坝址区不稳定体的初步评价，内容包括初步查明对坝址选择和枢纽建筑物布置有影响的滑坡体、蠕变体、潜在不稳定体和泥石流的分布和规模，初步评价其稳定性和影响。

6) 初步查明天然建材，初查储量不少于设计需量的3倍，误差小于40%。调查内容包括产地、岩性、结构、无用层厚度、有用层的储量和质量、地下水位。

### 3. 平原区应查明的内容

平原区应查明的内容主要有河谷的地质结构、水文地质条件、河谷地貌特征、基岩埋藏条件。

### 4. 基岩峡谷区勘察的工作方法

本阶段的勘察研究工作范围仍然比较大，测绘范围应包括各比较坝址，当比较坝址相距较远时（大于3~5km），各比较坝址可单独进行。本阶段将大量采用勘探和原位试验手段。

#### (1) 工程地质测绘。

工程地质测绘的比例尺为 1/2000~1/10000, 对重要区域可开展专门测绘 (如地震地质条件复杂时, 开展构造地质专门测绘, 对距坝址 5km 范围内的活断层, 还需布置专门性勘探和最近活动年代测定)。

表 1-2 峡谷坝址河床钻孔的孔深要求

覆盖层厚度 (m)	钻孔深度 (m)	
	坝高 $H \geq 70$	坝高 $H < 70$
$< 40$	$(1/2 \sim 1) H$	$1H$
$\geq 40$ , 且 $< H$	$> 50$	30~50
$\geq 40$ , 且 $> H$	10~20	

注 表列钻孔深要求自基岩面算起。可溶岩区孔深可根据具体情况加深。

孔内需广泛开展水文地质试验 (压水试验、连通试验和抽水试验)。

### (3) 物理力学试验。

岩土物理力学试验以室内试验和简易现场试验为主。

## 1.2.3 初步设计阶段的勘察要求

### 1. 目的和任务

核心任务是选定坝轴线, 全面查明选定坝址建筑区的工程地质条件, 为选定坝轴线、坝型、枢纽总体布置提供工程地质资料。

### 2. 基岩峡谷区应查明的问题

1) 坝基风化带和卸荷带的研究, 包括分布范围、物理力学性质和抗水性。确定建基面和风化岩处理措施。

2) 坝基和主要建筑物分布区断层破碎带的研究, 包括位置、产状、性质、宽度及其变化, 断层三带情况, 构造岩的物理、力学和水理性质, 提出处理措施。

3) 软弱夹层研究, 包括成分、结构、分带、厚度、分布、连续性、起伏情况、物理力学指标、稳定性、与其他结构面的组合关系, 应进行稳定验算, 提出处理意见。

4) 坝基岩体工程地质分类, 分类提出岩体物理力学参数。

5) 坝基和绕坝渗漏条件研究, 集中渗漏带和隔水层的埋藏情况、厚度、延伸、完整性, 水的侵蚀性。

6) 两岸稳定性研究, 提出开挖边坡的设计参数。

7) 下游消能地段岩体的抗冲性能研究。

8) 可溶岩地区溶洞和大溶蚀裂隙的稳定条件、承载能力、充填物情况和渗透稳定性。

9) 深厚覆盖层地区应详细研究覆盖层的工程地质性质。

### 3. 平原区坝 (闸) 基应重点查明的问题

1) 地基土的工程地质性质, 应分层、分段确定各土层的物理力学性质指标, 对坝 (闸) 基的沉降、湿陷、抗滑稳定性、抗渗稳定性、液化等问题作出评价, 并提出处理的建议。

2) 地基岩土体的水文地质结构, 河水和地下水对混凝土的侵蚀性。特别要查明强烈渗水和渗透变形的具体位置, 并提出防渗处理范围的建议。

### (2) 勘探工程。

每坝址布置 1~3 条剖面, 并广泛采用综合物探和各种勘探方法。勘探点间距不大于 100m, 可布置 1~3 个竖井或平硐, 对重要地质体应有钻孔或平硐控制。峡谷区坝址的两岸应布置 1~3 层平硐。勘探点深度见表 1-2, 控制性钻孔和专门钻孔按实际需要确定, 两岸钻孔应打到河水位以下, 在钻

3) 预测基坑涌水量、坝(闸)基与绕坝渗漏量,并提出防渗排水和加固处理措施。

### 4. 基岩峡谷区勘察的工作方法

本阶段的勘察研究工作范围侧重于选定的坝址,将大量采用综合勘察手段,尤其是勘探和原位试验手段。

#### (1) 工程地质测绘。

工程地质测绘的范围需覆盖枢纽建筑场地及对工程有影响的地段,比例尺为1/1000~1/2000。

#### (2) 工程物探。

工程物探以综合测井、浅层地震、井下电视、声波等为主。

#### (3) 勘探工程。

所有建筑物的轴线上均应布置勘探剖面,坝轴线上还需布置上、下游辅助勘探剖面。勘探点间距为20~50m,钻孔应深入建基面以下1/3~1/2倍坝高,帷幕线上的孔深为1倍坝高或深入隔水层不少于10m;平硐、竖井和大口径钻孔需因地制宜选用;拱坝坝肩每隔30~50m高程应有平硐控制。

#### (4) 现场原位试验。

现场原位试验的工作量很大,且以力学试验和水文地质试验为主,如变形试验、原位抗剪试验、载荷试验、地应力测试、标贯试验、十字板剪切试验、压水试验、抽水试验、连通试验、渗透变形试验等。

### 1.2.4 技术施工图设计阶段的勘察要求

#### 1. 工作范围

在选定的坝轴线、建筑物轴线地段和各类建筑物地基范围内进行。

#### 2. 主要任务

1) 对初步设计审查时遗留的问题进行补充勘察。

2) 基坑(槽)验收。内容包括:鉴定建基面工程地质条件、检查开挖和地基处理是否达到设计要求、确定是否需要加深开挖和改变建基面高程。

3) 配合实际施工进行地质监测。

4) 施工地质编录和预报。清基后,为检验和校正前期勘察成果,需对所有开挖面进行地质编录(比例尺大于1/500);施工基坑的地质观测。

5) 配合施工解决新出现的工程地质问题(原有的工程地质结论与实际出入很大时)。

## 1.3 地下洞室工程地质勘察

### 1. 勘察研究任务

核心任务是洞线选择和围岩稳定性评价以及施工地质工作,通过各种勘察手段和测试方法,查明影响施工和运营安全以及洞室围岩稳定性的各种地质条件,为工程的设计和施工提供可靠的地质依据。

### 2. 地下洞室洞线选择时应考虑的地质因素

1) 地层岩性,要求坚硬完整,单层厚度大,风化程度轻微,围岩质量好,避开不良

和不利地层（如遇水软化、泥化、膨胀的岩体）。

2) 地质构造，要求构造简单、断裂规模小，裂隙不发育，岩体结构简单，洞线尽量避开活断层和大断裂，否则应尽可能大角度相交，高地应力地区应平行最大主应力。平行时应选在影响轻微的一侧（如压性断层的下盘）。

3) 尽可能高于地下水位，否则尽量避开强透水带、强含水层、大溶洞和松散土层（低凹冲沟）。

4) 尽可能避开切割深度大的负地形。

规划选点阶段一般不单独进行地下洞室勘察，只要求对各梯级方案，依据地质图对地质条件作一般性阐述。可研阶段的任务是对洞轴线方案进行选择。初设阶段的任务是为选择洞室位置提供地质依据，配合选定的地下洞室位置，对洞室进行分段和围岩分类，提出各洞段的山岩压力、围岩弹性抗力和外水压力等的建议值。技施阶段的任务是对各选定洞室进行详细的工程地质分段和围岩分类，评价围岩的稳定性，并提出开挖和支护方案。

### 1.3.1 可行性研究阶段的勘察要点

#### 1. 可研阶段需要重点查明的问题

1) 各比较洞线的地形地貌、地层岩性（侧重围岩厚度和地层结构），特别注意不良岩层的分布情况。

2) 各比较洞线的地质构造条件，包括性质、规模、产状、延伸情况和发育规律，特别注意与洞线小角度相交的断裂和挤压破碎带。

3) 隧洞进出口、过沟洞段和傍山浅埋地段的滑坡、覆盖层、泥石流、风化卸荷带等的分布情况，分析山体的稳定性。

4) 洞室沿线的水文地质条件，侧重含水层、汇水构造、喀斯特地层、地下水溢出点的分布和发育情况。

5) 围岩工程地质分段和初步分类以及可能产生的工程地质问题和不利地质因素（如活断层、易溶岩、膨胀岩、地热、有害气体）。

#### 2. 本阶段采取的勘察方法

工程地质测绘的比例尺为 1/5000~1/25000，重点洞段为 1/1000~1/5000；布置少量探坑、探槽和钻孔，但孔深应达洞底高程以下 10~20m；现场原位试验以压水试验为主。

### 1.3.2 初步设计阶段的勘察要点

#### 1. 初设阶段需要查明的重点问题

1) 对洞室围岩进行概略分段和围岩分类。

2) 各洞段的山岩压力、围岩弹性抗力、外水压力。

3) 断层破碎带和可能产生大量涌水、坍塌洞段的安全和稳定问题。

4) 进出口边坡的稳定性。

#### 2. 本阶段采用的勘察方法

重点放在隧洞进出口段、傍山浅埋段以及地质条件复杂的洞段。工程地质测绘的比例尺为 1/5000~1/1000，勘探工程以平硐为主，结合施工导洞布置，在硐内开展岩体弹性模量、弹性抗力系数、抗剪强度试验，并进行外水压力、山岩压力、松动圈范围观测。钻

孔内需进行压水试验。

### 1.3.3 技施设计阶段的勘察要点

#### 1. 技施阶段需要查明的问题

- 1) 进行详细的工程地质分段和围岩分类。
- 2) 提出各洞段山岩压力、围岩弹性抗力和外水压力的具体指标。
- 3) 对大规模塌方、涌水段进行详细专门性研究。
- 4) 对高边墙上的不利结构面组合情况和产生滑塌破坏的边界条件进行定量研究。

#### 2. 本阶段采用的勘察方法

充分利用前期工作的平硐、施工导洞和剖面所获取的资料，为了某项专题的研究，可增加钻孔、平硐和超前导洞，对大型洞室，可开展专门的成洞试验和变形观测。

### 1.3.4 施工地质工作

#### 1. 具体任务

1) 通过开挖面对所揭露的各种地质现象和问题进行工程地质编录。当地质条件有较大出入时，为了复核前期地质结论的正确性和可靠性，可补充钻探和试验工作。

2) 对影响施工和运营期安全的各种水文地质和工程地质问题开展预测和预报工作。

3) 检查洞室开挖和对不良地质因素的处理质量是否符合设计要求。

#### 2. 地质编录与测绘的具体内容和要求

边开挖、边编录。主要内容包括观察记录地层岩性、软弱夹层、断层破碎带、节理裂隙、水文地质特征、岩溶、超欠挖、松动滑塌、滑动破坏等的分布规律。

#### 3. 取样与试验工作的具体内容和要求

对各洞段均需取代表性岩石样本，试验项目包括弹性抗力系数和弹性模量的确定、岩体的抗剪试验和抗压试验、山岩压力的测试和松动范围的确定、重要地质体的专项物理力学试验、地下水水质分析、喷锚试验。

#### 4. 观测和预报工作的具体内容和要求

观测的内容包括岩体的变形以及特殊洞段的山岩压力、地应力、地温、有害气体等。开挖预报中应特别注意的现象：在洞顶及拱座上存在有对围岩稳定产生不利影响的断层、岩脉、软弱夹层或夹泥裂隙的洞段，洞顶及洞壁透水、滴水或涌水的洞段，有地下水活动的断层破碎带，围岩特别破碎的洞段，侧壁存在有与洞轴线平行的倾向洞内的缓倾角、中陡倾角断层、裂隙或软弱夹层的洞段，洞顶岩体厚度特别薄的洞段。

## 1.4 堤防工程地质勘察

我国江、河、湖、海堤防工程长达数万公里，部分为历史遗留堤防扩建、改建而成，部分则为新中国成立后陆续新建工程。绝大部分工程未经正规地质勘察，仅在工程遇险或存在隐患必须进行加固处理时，才进行少量地质勘察工作，大部分新建堤防工程，也有进行勘察工作的。

堤防工程地质勘察的总任务和最终要达到的目的是通过勘察查明堤基（包括已建堤

身)的工程地质水文地质条件,为规划、设计(包括施工和加固、改建、扩建设计)提供所需的地质资料。

勘察范围之所以包括堤身,这是由堤防工程的特点所决定的。我国堤防工程多已完建,新建堤防工程不多,堤防的加固工程相对较多,且我国堤防绝大多数都是就地取材,用附近土层堆筑而成(一些城市堤防或特殊堤防除外),堤基亦为第四系土层,堤防加固工程除堤基隐患的排除整治,也包括堤身的加固处理。有时堤身和堤基联为整体,在挡水期间,处于同一个渗流场。因此,为加固堤防,除堤基外,堤身的隐患也应查明。事实上,在已建堤防进行勘察时,勘探工作(钻探、物探等)也都是从堤身表面开始。

在堤防工程地质勘察中,还应注意堤防工程的特点:工作区狭长、地形平坦,多为厚层第四纪土层分布,常有古河道、沟谷、淤塘隐伏,对已建堤防有时还有决口口门,且堤身的堤基都需进行勘察,此外堤身一般不高,汛期挡水,水位常有升降,且易受冲刷等。因此除利用已有资料外,勘探工作是必不可少的,但如工程不高,轻型勘探已可满足要求。

堤防工程地质勘察阶段的划分,原则上应和堤防设计阶段的划分相适应。但也可以将勘察阶段简化,甚至不划分勘察阶段。为了和设计工作相互协调,防止任意简化勘察阶段,勘察阶段的简化应经过勘察设计主管单位或勘察设计的审批单位批准同意。

堤防工程地质条件的复杂程度分为三个等级,即简单、中等和复杂,特征如下:

1) 简单:地形较平坦,地貌单一,堤外滩地宽阔,地层结构简单,岩土性质均一,无不良地质现象,地下水对堤防无不良影响,已建堤防无明显渗漏现象。

2) 中等:地形稍有起伏,地貌单元较多,地层结构不单一,岩土性质有变化,均一性差,存在一定的不良地质现象,地下水埋藏较浅,或有承压水分布,已建堤防有渗漏、渗透变形现象。

3) 复杂:地形起伏大,地貌单元多,地层结构复杂,岩土性质变化大,有渗流、振动敏感的土层分布,不良地质现象发育,地下水埋藏很浅或有承压水分布,已建堤防有下沉、开裂、滑动变形,堤身堤基渗漏、渗透变形严重。

堤防工程地质勘察工作大纲一般应包括下列内容:

1) 工程名称、地点、任务来源。

2) 勘察阶段、目的与要求。

3) 工程概况、规划设计意图、规模等级、对勘察工作的主要要求以及勘察重点。

4) 勘察区地形地貌和地质概况,拟查明的主要工程地质问题,其中包括不良工程地质现象与已建堤防堤身、堤基隐患情况。

5) 勘察工作内容,主要包括工程地质测绘、勘探、原位测试、岩土试验、长期观测等的计划工作量和主要技术要求以及应重点分析、评价的工程地质问题。

6) 勘察工期、勘察程序、日程安排、人员配备、技术装备、经费预算及注意要点。

7) 成果的项目、名称、数量、技术要求和提交时间。

8) 附件的项目、名称、数量等。

#### 1.4.1 新建堤防工程的勘察任务

##### 1. 堤防工程规划阶段

堤防工程规划的目的就是选择确定堤防总体方案和堤防通过的大体线路。规划工作初

期堤防方案还没有确定。因此,在本阶段,勘察工作是在各个不同方案所涉及的地区进行,搜集各堤线方案地区的区域地质资料,调查了解这些地区的基本地质条件、主要工程地质问题和附近天然建筑材料的分布概况。要了解附近天然建材概况,是因为筑坝材料常直接影响堤身结构甚至影响堤防方案。本阶段勘察只作调查了解,不做勘探工作,一般多通过搜集分析资料、现场调查和访问、室内综合研究等手段进行。

### 2. 可行性研究阶段

这是堤防勘察的重要阶段,在选定的堤防方案基础上进行。本阶段要选定堤线位置,并初步确定堤身结构形式。堤防勘察区是一个狭长的工作区,而且多为第四系土层覆盖,除局部地段外,地质条件相对较为单一。长期以来,我国堤防勘察的习惯作法是将狭长的堤区按其综合工程地质条件,分成若干个工程地质单元或工程地质段,每一个单元(段),都具备类似的或接近的综合工程地质条件。影响综合工程地质条件的因素主要有:相似的地形地貌、相似的地层岩(土)性或相似的工程地质问题(例如将堵口段、险工段专门划为一个独立的工程地质段)等。在每一个工程地质单元(段),只布置代表性的勘探剖面,堤防设计也按单元(段)设计典型的堤身结构断面或典型堤基处理方案。勘察过程中应初步提供有关的岩土参数,主要包括岩、土的物理性质和力学性质参数,有时也应当提供岩土水理性质、渗透性质以及水质成分等。并对有关的主要工程地质问题进行初步评价,这些问题主要包括抗滑稳定、渗透稳定和抗冲条件等问题。评价抗冲条件是因为由于堤防的修建改变了河势和水流状态,特别是一些狭窄洪道型河堤或经常受浪击的湖堤或海堤,因水流的淘刷,可能导致堤脚堤基的破坏而危及大堤的安全,因此应在本阶段对堤基的抗冲条件作出初步地质评价。同时还应对挡水后可能导致的环境地质问题作出预测。至于区域构造稳定性评价,主要是指确定区域的地震基本烈度和抗震稳定性的评价。

### 3. 初步设计阶段勘察

这是可行性研究阶段勘察的补充,要求对区内工程地质、水文地质、环境地质条件和工程地质问题都予查明,特别是对涉及堤防工程安全的抗滑稳定、渗透稳定、抗震稳定、抗冲条件等堤基常遇工程地质问题作出论证评价,提出结论意见,提出岩土参数,预测运用期的变化等。

#### 1.4.2 已建堤防加固工程的勘察任务

已建堤防加固工程系指广泛的堤防加固,包括因堤身、堤基存在隐患必须进行的加固和堤身的加高以及堤身培厚扩建,或改建工程等,即在已经有堤防的情况下,又附加于堤防的改建、扩建、加高、加固等工程。已建堤防加固工程勘察的中心内容就是堤身或堤基隐患的详细情况。查明这些隐患的性质、规模、分布和特性,为加固设计提供地质资料依据。如果是加高或扩建、改建堤防,同样应当查明老堤堤身和堤基情况,以便于新老堤的衔接。

#### 1.4.3 新建堤防加固工程的勘察内容

##### 1. 规划阶段

主要是根据已有资料,必要时结合现场踏勘了解一些与堤防方案关系比较大的地形、地貌、工程与水文地质、区域稳定和天然建筑材料概况。在地形地貌方面,重点是堤线可

能通过地区的岸坡型态、洪水期是否当冲或受淤，特别注意已被近代河湖沉积物掩埋的古河道、古冲沟、渊、潭、塘等。在这些隐伏地带，常有不利于堤防稳定的软土层、粉细砂层、甚至人工堆填物质存在。对于沿线地层，也要注意那些性质软弱、易液化、强透水的土层，基岩一般都可满足堤基的要求，但要注意堤线是否有喀斯特化岩层分布，在南方喀斯特区的第四系土层中，有时还有土洞分布，作为堤基十分不利。至于不良地质现象，主要指可能影响堤线方案成立的较大范围的滑坡或泥石流等。关于天然建筑材料，只作一般性了解，即在堤线附近有哪些天然建筑材料，分布的大概情况。区域构造稳定性和地震情况，主要是了解本区历史上地震发生情况。

## 2. 可行性研究阶段

这是主要勘察阶段，需确定堤线的位置和堤身的初步结构。因此，凡是影响堤线选定和堤身结构的主要地质条件都应基本查明，对地形地貌，要有较确切的资料，调查微地貌类型及其分界线，如滩地、阶地、湖塘、冲沟、泛盐洼地、沼泽等的分界线，埋藏的古河道等的分布和特性等。对地层岩性，特别是物理力学性质较差，不利于堤防兴建的岩土层，不仅要基本查明其分布位置、范围，还应进行岩土试验，初步查明其物理力学性质。在堤防通过地段，对堤防影响较大的有强度低的软土、易产生震动液化的砂层、干湿效应明显易胀缩的膨胀土、易崩解的土层、强透水的砂卵石层等。此外，还有局部分布的黄土、冻土、人工堆填土、喀斯特或土洞发育的岩土层等，都要进行重点勘察。关于区域构造稳定性，主要是指要确定区域地震基本烈度。本阶段对天然建筑材料要进行勘察，布置必要的勘探工作。

## 3. 初步设计阶段

这是在可行性研究阶段勘察的基础上作进一步较为详细的“查明”，勘察的项目内容无大的变化，但勘察的深度和精度较前阶段为高。本阶段除查明有关地质情况外，对一些工程地质和水文地质专门问题，还应进行论证评价，并作出结论。例如对砂土的震动液化问题、软土的稳定性问题、喀斯特发育的影响问题等，要作出论证、评价。关于喀斯特发育及其影响问题，主要是考虑当堤基有喀斯特岩层分布或土洞分布，则有可能潜伏堤基渗漏和塌陷的隐患。

## 4. 施工图设计阶段

施工图设计阶段勘察一般很少单独进行，除非一些重大的专门性的工程地质问题在初步设计阶段因特殊原因未能查明，才在本阶段进行补充性质的勘察。

### 1.4.4 已建堤防加固工程的勘察内容

堤防加固工程勘察内容是根据拟加固堤段的病害隐患和堤身堤基的具体情况决定的。除了堤身、堤基的一般情况外，首先要勘察病害的详细情况，从发生险情的过程，到抢险的具体情况。例如使用什么抢险材料、抢险的方法及效果，病害的类型、分布位置、特征等，都应当调查清楚。如果是堤脚被淘刷的病害，还要查清水下坡脚地形特征；如发生险情段经抢险填筑，对新老填筑料的特性和结合情况、渗透特性等都应查明。有时因为堤防溃决，也可能引起原有地质条件的变化。例如，部分地段被冲刷或被淤积，或因土层渗透变形而形成明显渗漏通道等，都应在加固处理前予以查明。总之，本阶段勘察内容应根据拟加固堤段的实际情况而定。



堤防加固工程大多采取一次性进场勘察的作法，因此可行性阶段和初步设计阶段的勘察内容不细划分。在加固设计时如果分为可行性研究和初步设计两个勘察阶段，则可根据任务书要求，在某一阶段作重点勘察，一般多在可行性研究阶段作重点勘察，在初步设计阶段再作一些补充勘察工作。

在进行施工地质工作的堤防，施工期间的首要工作内容是收集、编录施工开挖揭露的一些地质现象，不良地质现象的清理处理情况等一切有关的地质现象、问题、事件等。应尽可能详尽地收集编录，用文字、图形或摄影等适合的方式进行。

### 1.4.5 堤防工程的勘察方法

40年来，在兴建堤防的主要江、河、湖、海地区都已积累了大量地形地质资料，已建堤防的管理部门也积累了丰富的堤防运行档案资料，包括曾做的抢险加固档案资料等。充分利用这些资料，可以节约开支，更好地完成勘察任务。为此，在勘察准备工作中应做好搜集资料准备工作，包括：

1) 区域地形地质资料，即地形图、地质图、第四纪地质图、工程地质图、水文地质图、航片卫片等遥感图像资料（可以帮助解释、发现一些被埋藏的古河道、古冲沟、渊、塘、潭等），河、湖发育史（可以帮助在堤线选择时，尽可能避开不利的地形地貌条件）、古河道、古冲沟、渊、潭、塘分布图，历史地震和地震基本烈度资料。

2) 工程区资料，即堤防工程的前期勘察成果和该区与堤防有关的已建其他工程（如工业与民用建筑、桥梁或其他水利建筑工程）的勘察资料。

3) 工程运行档案资料，对拟加固堤防，尚应搜集工程现状，特别是各类险情、隐患资料，原施工地质资料，临时抢险加固资料，堤身结构资料，以及堤身和附近水文地质观测资料。

在开展勘察工作时，应首先进行现场踏勘和调查，其目的是使编制的勘察工作大纲更切合实际。现场踏勘中应重点调查了解下列情况：

1) 工程区的地形地貌与基本地层分布情况，工程区及外围可能发生与存在的不良地质现象（如泥石流、因冲淘引起的塌岸、滑坡等），拟新建堤防各方案的位置。

2) 已建堤防拟加固段现状，隐患险情的具体位置、外观特征、规模大小、发生发展过程及危害等涉及勘察工作布置的有关情况。

3) 工程区及外围的交通条件、工作生活条件，植被情况及主要勘察点的场地条件等。

#### 1. 工程地质测绘

(1) 工程地质测绘的内容、手段和目的。

工程地质测绘是堤防勘察的重要方法，内容包括野外踏勘、地面地质调查、平面地质测绘、剖面地质测绘等。测绘手段可以用仪器，也可以用目估。工程地质测绘的目的是把一切有关的工程地质和水文地质现象用图幅或文字形式加以反映，以便于集中研究工程地质、水文地质问题，再根据综合工程地质和水文地质条件划分工程地质单元，在工程地质测绘的基础上布置勘探工作。

(2) 不同工程阶段应做的工程地质工作。

1) 规划阶段只作地质调查。可以利用搜集到的地形图，参考区域性地质资料，进行线路地质调查，一般不使用仪器而采用目估方法确定位置，应注意在调查时作好记录工