

408275

高等学校试用教材

# 工程地质勘察

(工程地质专业用)

成都地质学院 张倬元 主编

地质出版社

高等学校试用教材

# 工程地质勘察

(工程地质专业用)

成都地质学院 张倬元主编

地质出版社

## 内 容 提 要

本书是在总结工程地质勘察工作的基础上，论述如何运用各种类型的勘察工作，以尽可能少的工作量和最快的速度，进行调查勘探取得规划、设计、施工、使用各类工程建筑物所需的全部地质资料并作出正确评价。第一部分论述各类勘察工作特点，以及如何根据具体条件正确选择、合理布置、有效运用它们。第二部分论述各类建筑物与地质环境相互制约的特点，在它们的规划、设计、施工、使用中与地质有关的主要问题，并讨论解决这些问题的途径和程序。

本书可供高等地质院校工程地质专业师生教学使用，也可供有关科技人员参考。

## 工 程 地 质 勘 察

(工程地质专业用)

成都地质学院 张倬元主编

责任编辑：郑达辉

\*

地质部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：787×1092 1/16 印张：17 7/8 字数：426,000

1981年9月北京第一版·1981年9月北京第一次印刷

印数1—5,700册·定价2.70元

统一书号：15038·教117

## 序

本书是为高等地质院校工程地质专业学生学习《工程地质学》而编写的教材。它所论述的主要内容是如何运用各种类型的勘察工作，以尽可能少的工作量和最快的速度，取得规划、设计、施工、使用各类工程建筑物所需的全部地质资料并作出正确评价。首先论述各类勘察工作的特点，和如何根据具体条件正确选择、合理布置、有效运用它们。其次，根据各不同类型建筑物与地质环境相互制约的特点，提出在它们的规划、设计、施工、使用中与地质有关的主要问题，并讨论解决这些问题的途径和程序。

显然，这样一门课程是工程地质学中一门方法性课程，应在学习《工程岩土学》、《土力学及岩石力学》、《工程地质分析原理》等专业理论性课程之后再学习本课程。

编者们在成都地质学院长期讲授本课程，深切体会到讲授这类方法性课程之不易。材料选择不当，往往被初学者视为食之无味弃之可惜的枯燥条文，而且容易将学生引入死记硬背、生搬硬套的歧途。

有鉴于此，在教学中我们一直试图探索出一条道路，以便在这样一种方法性课程中也能培养学生善于提出问题和解决问题的能力。这样，就必须以培养学生善于结合建筑物的特点和具体工程地质条件提出工程地质问题，并善于运用综合性工程地质勘察工作进行调查研究解决这些问题，作为本课程的主要目标。为达到这一目标，我们对教学讲义进行了多次修订。

一九七八年初我们计划对本课程的教学讲义进行一次重大修改和补充，希望尽可能反映国内外的新成就。为此，向国内有关单位寄出了编写大纲以征求各方面的意见。当年七月分，地质部教育司教材室在北京召开了地质院校工程地质统编教材会议。会上讨论了这份大纲，做了修改和补充，并分工由我们按修改的大纲编写通用教材。

本教材的绪言、一、二、四、五、六、十一章由张倬元编写，七、八、九、十、十二章由李曰国编写，第三章由王士天、王兰生编写。最后由张倬元修改定稿。

一九八〇年三月在成都召开了审稿会，郑达辉、张咸恭、肖执中、沈孝宇、李景阳、曹阳、曹万有、凌家枯、胡继孔等同志对原稿进行了逐章审查，并提出了宝贵意见。会后编者又进行了修改。最后由郑达辉同志对全稿进行编辑加工。

编者谨向主审及参加审查的同志致以谢意，他们为提高本教材质量付出了大量劳动。

教材插图由我院绘图室描绘，季恒玉同志也参与了部分图件的描绘工作，谨此致谢。

在使用本教材时，各论部分应以七、十、十一章、作为典型予以讲授，达到举一反三触类旁通的目的。其它各章可以在《工程地质专门问题》这门选修课中讲授，或者以备学生参加工作后有需要时参考。

由于编写时间仓促，又限于编者水平，缺点错误在所难免，欢迎读者提出批评指正。

编 者

1980.7

# 目 录

绪 论	1
第一章 工程地质测绘	8
1.1 工程地质测绘的作用和适用条件	8
1.2 工程地质测绘中各种工程地质条件及动力地质作用的研究	8
1.3 工程地质测绘的范围、比例尺和精度	17
1.4 工程地质测绘的方法和程序	20
1.5 卫片、航片、陆地摄影在工程地质测绘中的应用	20
第二章 工程地质勘察中的勘探工作	28
2.1 概述	28
2.2 工程地质勘察中的地球物理勘探工作	30
2.3 工程地质勘察中的钻探及坑探工程	36
第三章 工程地质勘察中的野外试验工作	47
3.1 概述	47
3.2 土石力学性质的野外测定	47
3.3 岩体的应力测定	66
3.4 钻孔压水试验	72
3.5 灌浆试验	75
第四章 工程地质勘察中的长期观测工作	78
4.1 概述	78
4.2 孔隙水压力的观测	79
4.3 斜坡岩土体变形及滑坡动态观测	81
4.4 地下洞室围岩变形及山压观测	84
4.5 建筑物沉降和变形观测	85
第五章 天然建筑材料的普查勘探工作	87
5.1 概述	87
5.2 各种天然建筑材料的质量要求	88
5.3 天然建筑材料的普查	92
5.4 天然建筑材料的勘探及取样	93
5.5 天然建筑材料的储量计算	94
第六章 工程地质勘察中的室内工作	95
6.1 概述	95
6.2 工程地质勘察大纲的编写	95
6.3 工程地质图的编制	96
6.4 工程地质报告的编写	102

<b>第七章 城市及工业民用建筑的工程地质勘察</b> .....	103
7.1 概述 .....	103
7.2 场地选择及分区的工程地质论证 .....	104
7.3 地基基础设计的工程地质论证 .....	107
7.4 各设计阶段工程地质勘察要点 .....	116
<b>第八章 道路建筑工程地质勘察</b> .....	119
8.1 概述 .....	119
8.2 地质条件不良地段的定线和防护措施 .....	120
8.3 道路冻胀及防护措施 .....	130
8.4 多年冻结区的定线和防护措施 .....	134
8.5 各勘测阶段工程地质勘察要点 .....	140
<b>第九章 桥梁建筑工程地质勘察</b> .....	143
9.1 概述 .....	143
9.2 桥址和桥型选择的工程地质论证 .....	144
9.3 墩台基础选择和施工方法的工程地质论证 .....	147
9.4 桥梁建筑各设计阶段工程地质勘察要点 .....	150
<b>第十章 隧道及其它地下建筑工程地质勘察</b> .....	152
10.1 概述 .....	152
10.2 洞室围岩稳定性及支衬结构设计的工程地质论证 .....	154
10.3 洞室施工方法和施工条件的工程地质论证 .....	173
10.4 隧道及地下洞室围岩分类 .....	185
10.5 隧道线路或地下洞室位置和方向选择的工程地质论证 .....	196
10.6 隧道及地下洞室各勘察阶段的工作要点 .....	200
<b>第十一章 水工建筑物的工程地质勘察</b> .....	201
11.1 概述 .....	201
11.2 水利枢纽主要工程地质问题的论证 .....	202
11.3 水库主要工程地质问题的工程地质勘察 .....	242
11.4 地下水库的工程地质勘察 .....	255
11.5 渠道主要工程地质问题的论证 .....	258
11.6 水工建筑物各设计阶段工程地质勘察要点 .....	261
<b>第十二章 海港及岸外工程的工程地质勘察</b> .....	265
12.1 概述 .....	265
12.2 岸外及大陆斜坡沉积物的特性 .....	265
12.3 海底滑坡 .....	267
12.4 海港主要工程地质问题的论证 .....	269
12.5 岸外及海底勘察所采用的特殊方法 .....	272
<b>主要参考文献</b> .....	276

# 绪 论

## 1. 工程地质学的任务及分科

人类的工程建设活动都在地壳表层进行，所有的工程建筑物都兴建于一一定的地质环境之内，建筑物的出现和使用（营运），就给该地质环境增添了一个新因素，它不可避免地与这一环境内其它地质条件产生不同性质、不同规模、不同程度的相互作用和相互制约。例如：兴建房屋就会由于地基中某些岩层被压缩而促使建筑物沉降；修建道路就会由于改变了地表岩石的水、热动态而产生道路冻胀；建造拦河坝就不仅有坝基中岩层的强烈压缩及伴随的坝体沉降，还有因广大区域内水文及水文地质条件的强烈变化而产生的水库淤积、库岸崩滑、渗漏及浸没等作用。工程地质学就是研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用及制约，以便正确利用、保护并改造地质环境的科学。

上述作用如果仅限于一定程度之内，则是正常现象，不致危害建筑物，而如果超出一定程度，就往往会严重威胁建筑物。所以工程地质学研究这些作用的首要目的是保证建筑物的安全与耐久，换句话说就是根据地质条件确定兴建设计建筑物的技术可能性。为了保证设计建筑物在一定地质环境内安全与耐久，往往需要改变建筑物的结构或对地质条件采取一定的改善措施，设计建筑物的造价也因之而有一定的提高。实际上在技术方面几乎不存在不能兴建建筑物的地质条件，只是用来克服这些困难的地质条件所采取的工程措施，往往成本极高，以致使得在该地质环境内兴建该建筑物在经济方面不够合理。深入研究建筑区的地质条件，就完全有可能选择有利于该工程兴建的地质条件，避开使工程造价大大提高的不利地质条件，也就是保证了兴建建筑物的经济合理性。由此可见，建筑区的地质条件是决定设计建筑物技术可能性和经济合理性的重要条件之一。而研究工程地质学的目的就是要从地质方面保证建设事业多、快、好、省。

为了达到上述目的，就必须研究作为建筑物的地基和环境的土石的工程地质性质（或物理力学性质），探讨这些性质的形成和在自然及人为因素影响下的变化，这是工程地质学的专门分支之一——工程岩土学的任务；也必须善于分析人类工程活动与地质环境之间的各种主要的相互作用与相互制约，这是工程地质学的另一专门分支——工程地质分析原理的任务。根据以上两分支学科所论述的理论原则，并根据工程地质条件的区域性变化规律（区域工程地质），探讨如何对建筑区的工程地质条件进行调查研究的任务。由此可见，工程地质勘察是一门实用性学科，是如何运用地质、工程地质理论与实践经验解决工程建设中地质问题的学科，是一门探讨工程地质调查勘探方法的学科。

要明确工程地质勘察的研究内容及方法，首先必须明确工程地质勘察的实际任务及研究对象。

## 2. 工程地质勘察的实际任务及研究对象

通过工程地质勘察必须取得正确规划、设计、施工、使用工程建筑物所需的全部地质资料。或者说应正确解决与某项工程建筑的规划、设计、施工、使用、维护有关的所有地

质问题。也就是说勘察成果必须保证解决以下问题：

(1) 选出在地质条件方面最优的场地，并根据场地的地质条件合理地配置各个建筑物；

(2) 根据详细查明的场地工程地质条件，以保证建筑物的稳定和正常使用为目的对建筑物的类型、结构及施工方法提出原则性的要求；

(3) 提供能够改善场地工程地质条件的措施。

为了能完成上述任务，工程地质勘察中所要研究的对象必然要包括地形地貌、地质结构、水文地质条件、岩石的物理力学性质、自然地质现象，并通过对建筑区内已有建筑物的工作情况、变形以及损坏的调查，来研究工程地质现象。

根据人类工程建设活动与地质环境相互作用的原则，显而易见，要想正确解决与工程建设有关的地质问题，就不能把工程地质勘察工作仅局限于鉴定工程地质条件，查明开工前的工程地质条件并不是工作的最终目的，而重要的是要预见到由于这些工程地质条件和该项工程活动的特点，在施工与使用过程中地质条件与工程活动之间会发生那些相互作用。或者说，通过工程地质勘察所得到的不应仅仅是工程地质条件方面的资料，而更重要的是作出工程地质预测（或评价），指出可能产生的工程地质作用的性质、规模、对建筑物的危害性并提出防治措施。当然不查明必要的工程地质条件就不可能作出正确的预测，反过来说，不善于及时作出预测也就不可能取得充分的工程地质条件诸方面的资料。

上述各项具体任务的完成都必须通过预测，只是预测的性质不同。

为了选定建筑场地，通常要查明某些可能建筑区的地形地貌、地质结构、水文地质条件及自然地质现象，根据查明的条件预测在这些地形地貌、地质结构、水文地质条件和工程地质条件各不相同的地区内，兴建该项建筑所可能产生的工程地质作用的性质，并概略地估计其规模，最后对比这些区内所可能产生的工程地质作用的性质和规模，就可以选出按地质条件来讲在技术可能性和经济合理性方面都最有利的建筑场地，同时也就能够在场地内合理配置各个建筑物。例如，根据不同阶地的地表地形、地质结构、地下水的埋深等等，就可以预见到在各阶地上修建厂房的土方工程量、持力层的位置和沉降的规模，以及施工的涌水情况和是否可能产生流砂等，对比之下选出一个地质上有利的建筑场地就是易于做到的事。这种预测主要是定性的，所需完成的勘察工作量较小，但要在较大区域内进行才便于对比和选择，所以这种预测也称作区域性预测，或者是对比评价。由于地质条件有明显的区域性分布规律，善于完成这项工作就可以使建设工作避开不必要的“麻烦”，而节约大量的建设资金和缩短工期。

建筑场地选定之后，进一步就应当根据场地内的工程地质条件决定建筑物的类型、结构、施工方法及保证稳定性的措施。为此，应在场地内研究建筑物主要作用力方向上的详细地质结构，测定各组成岩层对建筑物施加给它们的力学的、物理的及其它作用的抵抗能力和渗透性能等特性，详细研究自然地质作用以及场区内已有建筑物的变形，以便通过类比和计算等方法进行各种工程地质作用的局部性定量预测或定量评价。预测内容随建筑物特性不同而异，例如房屋沉降，道路边坡变形或路基冻胀，坝的抗滑动稳定性，水库或渠道中水的渗漏，水库岸边崩滑等等。只有对可能产生的作用的特性和规模有正确地预计，才能事先提出正确的工程建筑措施（即使建筑物的类型结构与地质条件相适应）或工程地质措施（即改善工程地质条件使不致危害建筑物）。只有取得大量的定量的实际资料



之后，才能进行这种预测，但由于事先已经通过对比选定了建筑场地，所以就能够在选定的小地区内进行勘察工作。

概括上述可以得出，工程地质勘察是为了从地质方面保证某类建设事业的技术可能性和经济合理性而研究建筑物可能影响范围内的地质结构（广义的涵义包括组成岩层及其相互关系、地表形态、地下水的有无及其所处部位等），组成物质的性能（岩石、土的和地下水的），已经产生的自然地质及工程地质作用，最终还要预测出进行该类建设活动可能产生的工程地质作用的性质和规模，据此提供必要的能保证建筑物稳定和正常使用的防护措施。

天然建筑材料的产地位置、质量、开采加工及运输条件，对建筑物的经济合理性影响很大，所以在勘察中也要研究它。

### 3. 工程地质勘察中所采用的工作类型

研究上述多种对象就需要采用多种工作类型。研究建筑区的地质结构、地貌等的最好办法是工程地质测绘工作。通过这种工作不仅可以有效地查明各种岩层的成因、层序和空间分布规律；各种地貌单元的成因、形态、时代及空间分布规律；同时还可以得出自然地质作用的分布规律及其产生条件的概念，通过建筑物的调查得出工程地质作用的分布、特性和规律等方面的知识。研究建筑场地的详细地质结构，除进行测绘外还必须采用物探、钻探、坑探相互配合的勘探工作。研究岩石的物理力学性质，就必须在上述工作的基础上进一步进行野外试验和实验室研究工作。研究自然地质作用和工程地质作用的发展情况就需要进行长期观测工作。查明水文地质条件也需综合运用测绘、勘探、试验及实验室研究以及长期观测工作。以上各类工作都属于查明研究对象的手段。除此之外，在工程地质勘察中，还进行天然建筑材料的普查勘探工作。在这项工作中所采用的手段仍然是测绘、勘探、试验及实验室研究等，但它的工作方法不同于上述各项工程地质工作而与研究有用矿产的方法相同，因此把天然建筑材料的普查勘探工作列为一种特殊类型的工作。为了充分发挥已有的地质、工程地质资料的作用和综合分析野外取得的成果以作出正确的预测，开始的室内准备和最终的室内整理工作也是不可缺少的环节。

上述各类工作与其它类地质工作（如区域地质测绘，矿产勘探等）不同的主要之点是，必须满足正确进行工程地质预测所提出来的各种要求。因此，凡属能主动或被动地对设计建筑物有所影响的范围内的岩石、地下水、细微的地质结构、各种地质作用等都必须给以鉴别。既要选出可靠的建筑区和持力岩层，也必须指出能够给建设事业造成“麻烦”的地区、岩层、地质结构或动力地质现象，即使是细微的夹层或是裂隙也不容忽视。

要正确预测仅了解地质条件这一方还是不够的，还必须了解工程建筑物这一方，了解它们与地质条件相互作用的基本特点。

### 4. 各类建筑与地质条件相互作用的特点

各类建筑由于在地壳表层所处部位不同（表面的、深的、深部的），工作条件不同（承受动荷载、静荷载、挡水、引水等等），规模不一，因之和地质条件相互作用的特性和规模也就各不相同。例如，表层的道路建筑由于它处于地表，且承受静荷载小，它的影响范围浅，一般不破坏岩体内部平衡，主要是引起表层岩、土的水、热动态变化，以致引起冻胀等类作用；而深部隧道建筑则以影响深，强烈破坏岩体内部平衡和改变地区水文地质动态为特点，山压、涌水等作用就居于主要地位。非挡水引水结构就不会产生渗漏、边

岸再造、浸没等作用；相反，挡水或引水结构则以产生这些作用为主要特征。由于建筑物的规模极不相同，所以它作用于建筑物的力可以由 $0.1\sim 5\text{MN}/\text{m}^2$ ，甚至达 $10\text{MN}/\text{m}^2$ ，显然作用规模（影响范围）和作用强度的变化范围是很大的。由此可见，工程地质勘察必须结合具体建筑对象来进行，其所取得的工程地质资料一般只用以回答该项建筑的设计、施工、使用中的地质问题。不服务于既定建筑对象的工程地质勘察是不存在的。<sup>①</sup>

本教材中根据建筑物在地壳表层的部位、结构特征、工作条件，按下述分类来分别研究各类建筑的工程地质勘察特点。

（1）工业及民用建筑：此类建筑所包括的建筑物基础埋置深度一般不大，为单个及整体基础的框架结构，工作条件简单，以作用于地基的不太大的静荷载为特点，某些类型的工业建筑也对地基施加动荷载。

（2）道路建筑：主要包括“表面的”线状建筑物，除高填路堤外一般不承受静荷载，而是承受临时性动荷载，不具复杂的上部结构，以改变地表地形及水、热动态为特点。

（3）桥梁建筑：具单个深基础的线状建筑物，有复杂的上部结构，往往是跨河的，因之工作条件较第一类建筑复杂得多；但不挡水，所以又比水工建筑的工作条件简单。以影响局部河段水文条件及作用于地基的较大动、静荷载为特点。

（4）隧道及地下洞室：为修建在地层内部的中空通道及地下站场、厂房，以强烈破坏岩体内部的平衡和改变区域水文地质条件等为特点。

（5）水工建筑：包括许多类建筑物，规模最大的是深基础整体结构的拦河坝，所有水工建筑都受到水的作用。其所处的自然环境及工作条件都很复杂。

#### 5. 工程地质勘察的深度和广度取决于设计阶段

工程地质要为工程建设的正确设计、施工提供可靠的地质资料，而一项工程的设计一般都不能一次完成，而是分阶段的逐步解决不同性质的问题。因而，不同设计阶段就要求工程地质勘察提供不同深度和广度的地质资料，简要地阐述一下设计、勘察阶段的划分以及各阶段的任务是必要的。

一项建设事业在国民经济中意义愈重大，其结构愈复杂，所处的地质环境愈不利，则此项建设所牵涉的经济和技术问题就愈多。所有这些问题都必须在设计中予以解答。解答的程序必然是先解决原则性问题，再解决具体的技术性问题。首先解决该项建设是否必要和可能兴建，在何处兴建，然后才解决采用何种结构和如何兴建。为此，将设计工作分为几个阶段，每一阶段解决一定的问题。意义和规模大、结构复杂、所处自然条件不利的建设工程，如大型水工建筑，阶段就要多些，其它如铁路干线、大型工业联合工厂，也需较多的设计阶段。“资源、线路都要用两、三年时间认真调查。有根据才能比选。不可草率从事”。也就是说正常的勘测设计程序是我们认识客观事物发展规律所必须坚持的。经验证明，不按勘察设计程序，“边勘察、边设计、边施工”，往往造成极大的浪费。

各项建设的不同设计阶段包括的内容，各有经各主管部门批准的规程，其中规定了在不同设计阶段中处理个别问题的详细程度。但不同建设的相同设计阶段需要解决的主要问题，则是大致相同的。通常划分为以下设计阶段。

<sup>①</sup> 大区域小比例尺工程地质图可以用于各种工程建设事业的规划，但这种图是利用区内其它目的的地质勘察资料和个别地区的专门目的的工程地质勘察资料在室内编制而成，并不是经过一般性的工程地质勘察而取得的成果。

### (1) 规划或草图设计阶段

为了阐明新开发区进行某些工程建设的一般前景，或者是在有重大国民经济意义的巨型建筑物设计之前，需要进行规划或草图设计。不同的建设事业部门对这一设计阶段虽有不同的名称，但其任务是大体一致的，即论证第一期工程的技术可能性和经济合理性，并初步确定用于设计建筑物的技术指标。

### (2) 初步设计阶段

一般分两期进行，第一期是在规划中已确定的第一期工程修建区内选定拟建建筑物的场地（选场或选定坝址），并选定建筑物型式和大致规模。第二期则是为场地和类型都已经选定的建筑物编制设计，确定其结构、各部分尺寸、施工方法、造价和工期。

### (3) 施工设计阶段：

此时设计过程中的一切原则性问题已经解决，本阶段主要任务是编制施工详图。

由于各设计阶段的任务不同，所以编制各不同阶段的设计就要求有不同范围内的、不同性质、不同详细程度的工程地质资料。为各设计阶段所进行的工程地质勘察必须为该设计阶段提供必要的和充分的工程地质资料，这样就决定了各勘察阶段的任务及其研究的广度和深度。如果所提供的地质资料不充分，例如初步设计第一期主要是选定建筑场地，但勘察所取得的地质资料却不能比较出各可能建筑场地在地质条件方面的优劣，这当然是不能允许的。但如果提供了大量的超出该设计阶段所必要的地质资料，则在大多数情况下，都会造成浪费。例如，初步设计第一阶段不要求进行详细的设计计算，但勘察结果却提供了某一个（或某几个）建筑场地的进行详细设计计算所需的地质资料，经过比较之后却选定了另外一个（或其中某一个）建筑场地，显然，为取得这些资料所耗费的大量勘探、试验等工作大部分都是浪费。由此可见，先进行区域性预测或定性的对比评价，选定建筑区后再进行局部性预测或定量评价，严格按照这样一个程序来完成工程地质勘察是极其必要的。各设计阶段工程地质勘察的任务及其采用的工作类型通常按如下划分。

(1) 为规划或编制草图设计所进行的工程地质勘察一般称为工程地质踏勘或草测。任务在于从地质条件方面论证某项建设的技术可能和经济合理性，提供在地质条件方面有利的建筑区域，通常是通过文献档案资料的研究、路线踏勘及中小比例尺的区域性工程地质测绘来完成。

(2) 为编制初步设计所进行的工程地质勘察也分两期进行，第一期称初步勘察（初勘），其任务是在草图设计中所指定的建筑区域内，选定工程地质条件最有利的建筑场地（确定建筑物的位置），主要采用工程地质测绘并配合以勘探工作、少量试验及实验室研究工作，调查几个可能的建筑场地，最后通过对比评价来选定一个场地。第二期称详细勘察（详勘），其任务是提供建筑物影响范围内的精确地质结构、水文地质条件及岩石物理力学性质的定量指标，以便通过详细设计计算最终确定建筑物的结构、施工方法及造价。要通过大量的勘探、试验、实验室研究及长期观测来完成。

(3) 为了编制施工设计有时要进行工程地质补充勘察。其任务是解决编制各个建筑物以及它们的各个部分的施工详图时的地质问题。在施工过程中进行挖方及基坑的地质编录，验收建筑物地基和进行地下水和自然地质作用的长期观测等，也是这一勘察阶段的任务。

总之，随着勘察阶段的推移，勘察范围愈来愈小，而对问题的研究程度则愈益深入和

详细。不同勘察阶段必然着重研究不同的对象，各主要工程地质条件在各勘察阶段中的相对比重，如图绪-1所示。由于研究的重点对象的变化，各类勘察工作的工作量也就有所变化。各勘察阶段中各种工作类型的相对工作量如图绪-2所示。

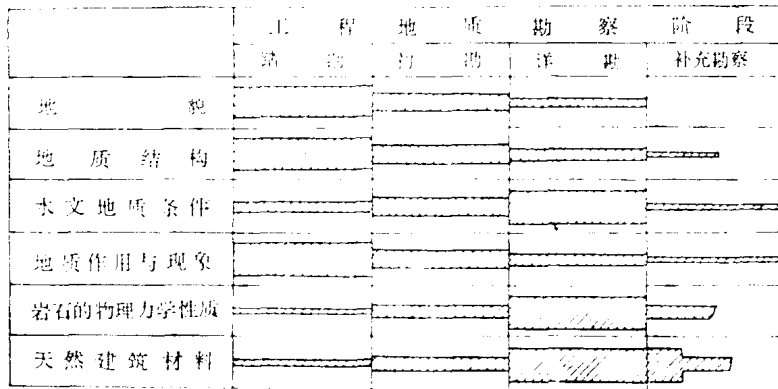


图 绪-1 各种工程地质条件在不同勘察阶段中的相对重要性示意图

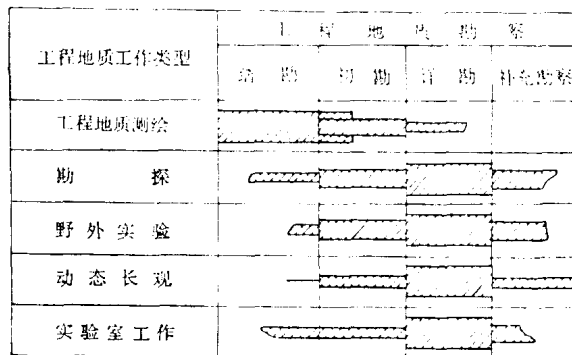


图 绪-2 各种勘察手段在各勘察阶段中的相对工作量示意图

总结上述可以认为，工程地质勘察的基本特点在于：它总是服务于一定建设对象；为了预测该类建设活动与地质环境间可能产生的工程地质作用的性质和规模，并提供防护措施，就要在主动或被动地影响到建设事业的区域内，详细研究地质、地貌及水文地质条件，组成岩石和地下水与建筑物相互作用的特性，以及现有的自然地质作用和工程地质作用；其各阶段的任务取决于各设计阶段的要求，而进行工作时又必须与设计工作密切配合。

因此，勘察工作类型的采用和程序的安排，就要求一方面能逐步深入地认识地质、工程地质的客观规律，另一方面又要最大限度的符合社会经济要求，亦即符合社会主义经济建设的规划和设计的要求。

显然决定勘察工作量的因素也是两个方面的，即区域工程地质条件的复杂程度及其研究程度，和工程建设的类型、规模和勘察设计阶段。

## 6. 本课程的内容、顺序及学习方法

如前所述，工程地质勘察是研究如何运用地质、工程地质理论解决各项工程建设中地质问题的学科，它探讨如何经济、迅速而又保证质量地进行工程地质勘察工作，亦即探讨工程地质勘察的任务，为完成这些任务所必须解决的工程地质问题和需要研究的对象，需

采用的勘察手段和方法，应遵循的工作程序以及提供的成果资料等。

为了有效的完成勘察工作，首先必须讨论如何正确运用各类勘察手段，如何确定其工作量，工作进行的方法及程序等。

其次就分别讨论各类建筑的工程地质勘察，研究该类建筑工程地质勘察特点，勘察中应解决的主要工程地质问题及其解放方法，勘察的程序，各勘察阶段的工作项目及工作量等。

学习这类方法性课程重要的是要领会各种基本概念的意义，掌握各类勘察工作的适用条件，特别是应着重于分析不同建筑物在不同工程地质条件下会产生那些工程地质问题，提高解决这些工程地质问题的能力。以便在生产实践中善于结合具体条件提出需要解决的主要工程地质问题，并灵活运用勘察规范布置勘察工作以解决这些问题，为设计和施工提供必要而充分的工程地质资料。一些具体条文的记忆是不必要的。

# 第一章

## 工程地质测绘

### 1.1 工程地质测绘的作用和适用条件

在设计之前,工程地质工作者要详细查明拟定建筑区的工程地质条件的空间分布规律,并按一定比例尺如实地将它们反映在地形底图上,作为工程地质预测的基础提供设计部门使用,为此,必须进行工程地质测绘,并编制工程地质图。

如果地区的自然条件有利,例如切割强烈、岩层出露条件良好,很好地进行工程地质测绘,就有可能较全面地阐明该区的表层地质结构、地貌特征和水文地质条件,得到岩石物理力学性质的形成和空间变化的初步概念,并把自然地质现象和工程地质现象的分布与岩性、地质构造、地貌及水文地质条件联系起来,进而对产生这些现象的动力地质作用的形成条件、发育规律作出适当的推断。岩层出露条件愈差,则必须配合较多的勘探工作才能达到上述目的,而在平原区,要取得这些成果有时就不得不以勘探为主要手段。但是,即使在这种情况下,测绘工作仍有其重要意义,这是因为地貌条件相同的地区多具有相同的表层地质结构,所以,通过测绘工作查明地貌条件并划分出地貌单元之后,就可以有目的地布置勘探工作,以最小的工作量有效地查明表层地质结构和水文地质条件。

正是由于测绘工作可以在较短的时间内查明广大地区的主要工程地质条件而所费资金不多,所以在区域性预测或对比评价中,它能发挥重大的作用。通过测绘工作,往往就能顺利解决建筑区的选择和在区内根据工程地质条件合理配置各个建筑物等问题。因此,在设计开始阶段,它往往是勘察的主要手段。在初步设计阶段,测绘的工作量仍有所增长,但必须同时进行其它各项工作。在高级设计阶段,测绘所占的比重就很小了(参见图绪-2)。

通过测绘后,缩小了需要进一步勘察的面积,初步掌握了某些规律和发现了需要研究的问题,对地下地质结构、含水层及其位置、自然地质现象的形成条件等都有了一定的判断,这样就为进行其它类型工作奠定了良好基础,使进行这些工作的范围更集中,目的更明确,结果必然是大大节约工作量和提高工作效率。经验证明,不经测绘就进行其它各项工程地质工作,往往造成很大浪费。

### 1.2 工程地质测绘中各种工程地质条件及动力地质作用的研究

在工程地质测绘中,应综合研究各种地质条件,调查自然地质现象和工程地质现象,并自始至终结合拟进行的工程活动的特点,预测它与地质环境之间的相互作用。

### 1.2.1 工程地质测绘中对岩石的研究

工程地质测绘时的主要研究对象当然是岩石。对岩石的工程地质研究的特点在于既要查明各种岩石层在地表的分布、岩性变化和它们的成因，也要测定它们的物理力学性质并预测它们在建筑物作用下的可能变化。

要查明各种性质不同的岩石在地壳表层的分布规律、岩相及厚度的变化规律等，就必须把岩石研究建立在地质历史-成因的基础上。把各种岩石的形成、变化与当地的地壳发展及水圈、大气圈的发展联系起来。为此，就必须了解研究区的大地构造特征及地质发展历史、古地理、古气候等情况，划分岩石建造和研究岩相变化。在一般情况下，都是通过测绘前研究已有的地质资料，掌握这些方面的基本规律，但在特定情况下岩相研究会成为工程地质测绘的重要研究内容。例如四川盆地中部白垩纪陆相红色岩层分布区，地质构造十分简单，岩层接近水平，断裂不发育，但岩层的相变却十分强烈，不同沉积结构的岩层在水平方向上在数米至数十米的范围内厚度有很大变化，有很多岩层明显呈透镜状（如其中的砾岩层）。所以往往是取得了多个钻孔柱状图却连不出可靠的地质剖面，不同钻孔中不同高程上发现的多个软弱夹层往往也不知应如何相互连接，这些夹层的空间展布情况就难以判定，结果也就难于正确选择持力层和评价这些夹层对设计建筑物的影响。经过三台鲁班水库和中江继光水库的工程地质勘察证明，这些红色岩层主要是河流沉积相。例如，继光水库的红色岩层由多个向上变细的正向半韵律旋回所组成，每个上复旋回与其下伏旋回的顶面之间有明显的底冲刷面，自此而上往往先有不厚的砾岩透镜体，然后是占整个旋回层厚度大半的砂岩层，多以板状斜层理为主间夹有平行层理；上部为呈波状层理的粉细砂岩；再上为泥质粉砂岩夹粉砂质泥岩；顶部为泥岩。其典型结构如图1-1。将此典型剖面与艾伦所提出高弯度河流沉积相模式（图1-2）相比，显然二者是十分相近的。底冲刷



图 1-1 四川中江继光水库高弯度河流形成的正向半韵律旋回典型剖面图

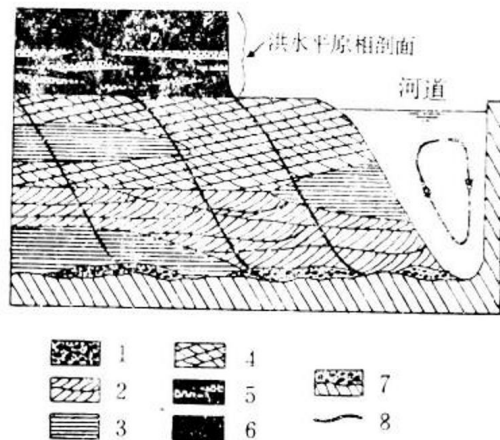


图 1-2 高弯度河流相模式（根据艾伦1970）

1—滞留砾岩；2—板状斜层理；3—平行层理；4—波状层理；5—粉砂岩透镜体；6—泥岩；7—底冲刷面；8—同时线

面上的砾岩为滞留砾岩，砂岩粉砂岩为边滩相侧向加积沉积物，泥质粉砂岩粉砂质泥岩互层及顶部泥岩分别为天然堤和洪泛平原垂向加积沉积物。根据旋回层及各亚相之间的对比，就可以比较容易地掌握这些岩层的侧向相变化规律，所连出来的剖面经施工开挖检验是可靠的。在每一沉积旋回之中各种软弱夹层也各占据一定的部位，常见的有：滞留砾岩中泥岩

砾块连续成带所构成的软弱夹层；天然堤亚相中的粉砂质泥岩夹层和洪泛平原亚相的泥岩层；偶尔也有废弃河床中的泥岩透镜体和侧蚀坍岸局部堰塞而在滞留砾岩之上形成的“静水”垂向加积的泥质夹层。通过这样分析之后，各种软弱夹层的空间展布规律就比较清楚了。沉积岩相分析的基本原理在岩石学中专门论述，原生结构面和岩体原生结构的岩相分析已在工程地质分析原理中论述过，这里不再重复。

在查明分布、成因的基础上，还应根据野外观察初步判断岩石与建筑物相互作用时的性能。成因土质学的研究已经确定了各种成因类型岩石的物理力学性质指标的大致范围，在野外又可以直接观察到各种岩石形成何种地形，其完整性、裂隙发育情况及其风化情况，还可以进行一些简易现场试验，作出这种初步判断是可能的。通过判断，不仅应分出那些性能良好、可以当作建筑物良好的地基或环境的岩层；而且还要分出在工程活动时，或在建筑物作用下，可能产生严重变形以致危害建筑物安全及正常使用的岩层，即使这类岩层仅是很薄的夹层、透镜体甚至是裂隙中的充填物也不能忽视。这种研究既有助于选择建筑区，又可以初步确定需要详加鉴定的岩层，确定其取样和试验的地点和数量。可见作出这种判断也是十分必要的。在测绘时，还必须研究岩石的天然状态，特别是其风化状况，风化后岩石的性质，风化程度随深度的变化，风化的分带性以及各带厚度及风化层的总厚度。

能在测绘中用来测定岩石强度的简易测试有回弹仪测试和点荷载试验。

回弹仪是一种可随身携带的简便仪器，国外通称为施米特回弹锤 (Schmidt rebound hammer)。它用一个弹簧推动冲击锤打击一个前端与测试岩石相接触的金属探头的末端，并求出冲击锤的回弹值  $R$ 。 $R$  值愈大则表明岩石愈富有弹性，也就是愈坚硬；愈小则岩石愈软弱，或强度愈低。其工作原理如图 1-3 所示。我国比较广泛地用此仪器进行混凝土强度的现场检测，国外则已用于现场初步测定岩石强度，在同一岩石的不同风化程度的表面上

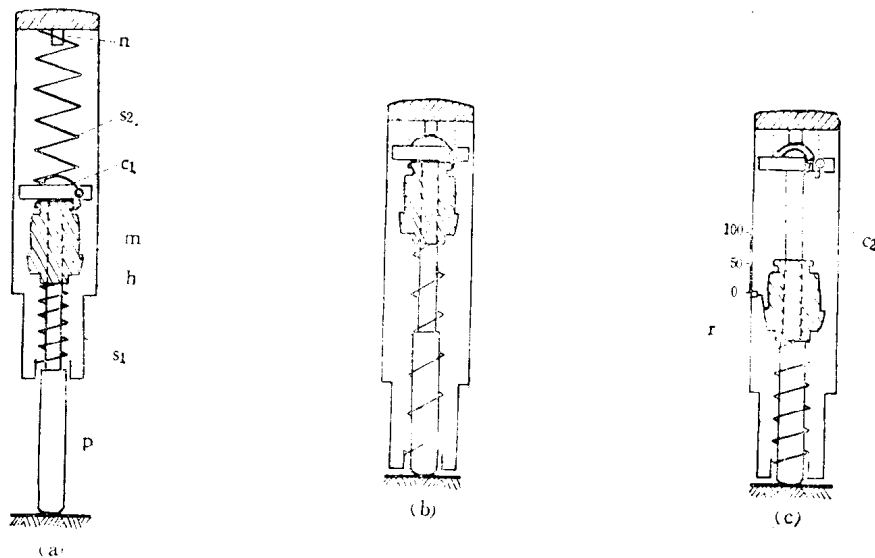


图 1-3 回弹仪的工作原理 (根据查鲁巴, 1976)

- a—测试前状态，探头前端与测定岩石接触，弹簧  $S_1$  收缩， $S_2$  拉伸，制动卡  $C_1$  卡住冲击锤；
- b—向仪器末端加压， $S_1$  拉伸， $S_2$  收缩；
- c—制动卡  $C_1$  与销门  $n$  相接触时制动卡与冲击锤脱离，锤在  $S_2$  的回弹力牵引下冲向探头  $P$  的末端，冲击后产生一定回弹，记录回弹值



测试，还可用以判定风化程度。根据米勒的研究，回弹值 $R$ 与岩石容重 $\gamma$ 的乘积与岩石单轴抗压强度呈线性关系（图1-4），只要测得 $R$ 值并采取少量试样测定容重，即可获得岩石抗压强度的大致数值。

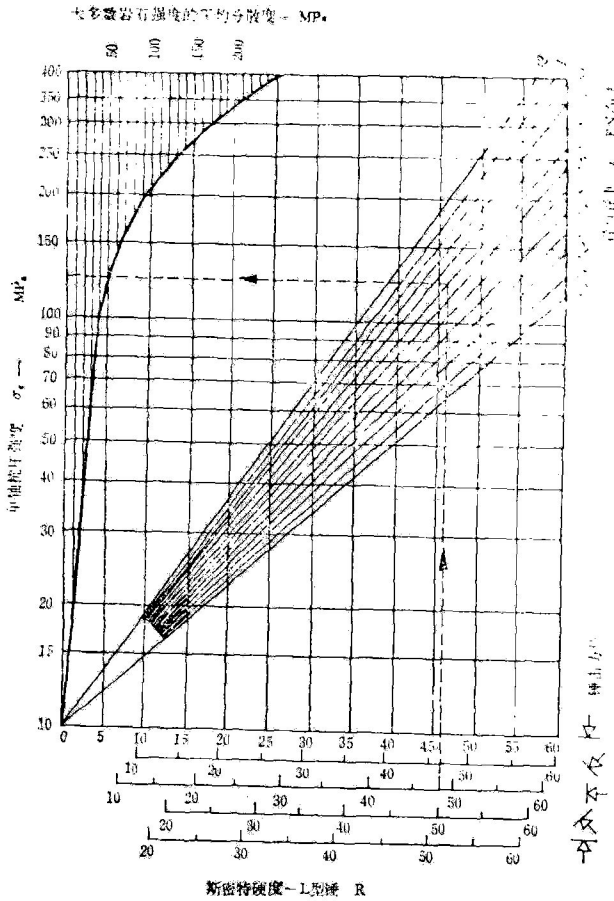


图 1-4 以回弹值 $R$ 和干容重 $\gamma$ 确定单轴抗压强度 $\sigma_c$ 的图表

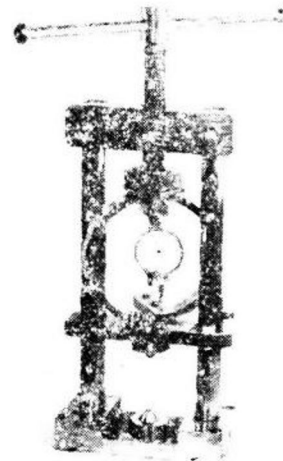


图 1-5 岩石点荷载试验仪

点荷载仪（图1-5）也是可在野外测绘中用来测定岩石强度的比较轻便的仪器。不经修理的岩心或不规则试样，都可在两个同轴球端圆台所施加的点荷载作用下，因拉应力而劈裂。点荷载抗拉强度 $S_t$ 可按下式求出：

$$S_t = K \frac{P}{D^2} \quad (1-1)$$

式中： $P$ 为所施加的荷载； $D$ 为加荷点之间的距离； $K$ 为系数，不规则试样 $K = 0.9 \sim 0.96$ 。根据大量对比试验得出， $S_t$ 与单轴抗压强度 $\sigma_c$ 之间有线性对应关系：

$$\sigma_c = K S_t \quad (1-2)$$

式中 $K$ 为强度比，其值与加荷点之间的距离有关，根据宾尼亚夫斯基以不同直径岩心所作的大量点荷载试验结果， $K$ 与试验用岩心直径之间有如图1-6的关系。

值得强调指出的是，根据国外木宫一邦等一些人的研究，点荷载试验抗拉强度 $S_t$ 及由它