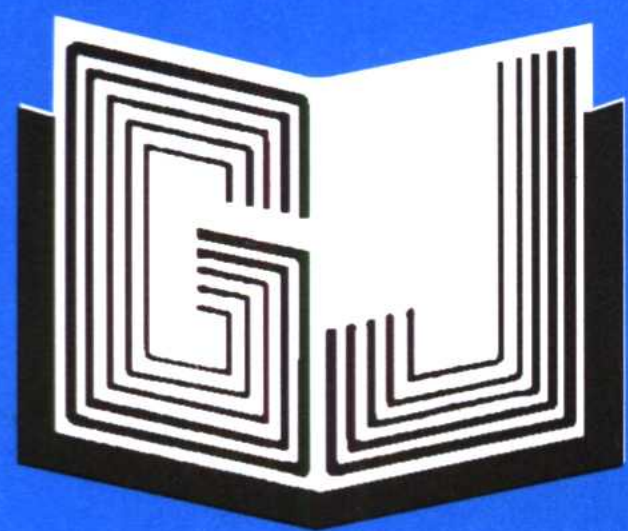




高等学校教材
专科适用

工程地质与水文地质

南昌水利水电高等专科学校 邓学成
武汉大学 孙万和 权宝增 合编



高 等 学 校 教 材

||||| 专 科 适 用 |||||

工程地质与水文地质

南昌水利水电高等专科学校 邓学成
武 汉 大 学 孙万和 权宝增 合编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本教材共分七章，其主要内容有：岩石及其工程地质性质；地质构造；水流地质作用及地貌；地下水；库区与坝区渗漏问题；岩体稳定的工程地质分析；水文工程地质勘察及坝址选择的工程地质评价。

本教材适用于水利水电工程建筑专业及农田水利工程专业，也可供水利水电类及其它有关专业的师生和工程技术人员参考。

高 等 学 校 教 材

专科适用

工程地质与水文地质

南昌水利水电高等专科学校 邓学成

武 汉 大 学 孙万和 权宝增

合 编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路6号 100044)

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京市兴怀印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16开本 12印张 276千字 2插页

1992年6月第1版 2006年2月第7次印刷

印数 19121—21120册

ISBN 7-80124-630-6/TV·346

(原 ISBN 7-120-01531-1/TV·555)

定价 16.20 元

前 言

本教材是根据高等工程专科学校水利水电类，水利水电工程建筑专业及农田水利工程专业的《工程地质与水文地质》课程编写大纲编写的。

在编写过程中，注意了基本理论的阐述和基本能力的培养。力求做到简明扼要，理论联系实际，并突出了岩体稳定、库坝渗漏及坝址选择等主要工程地质问题。为便于学生课外复习，每章或每节后都附有复习思考题。

参加本教材编写的有武汉大学孙万和（绪论、第六、七章）、权宝增（第二、三章）和南昌水利水电高等专科学校邓学成（第一、四、五章）。由邓学成统稿。

本教材由长春水利电力高等专科学校金国宝主审。

本教材在编写过程中，编者曾广泛地向兄弟院校征求过意见，不少教师对本教材提出了许多宝贵的建议。另外，编写时引用了部分教材的插图资料。在此一并致谢。

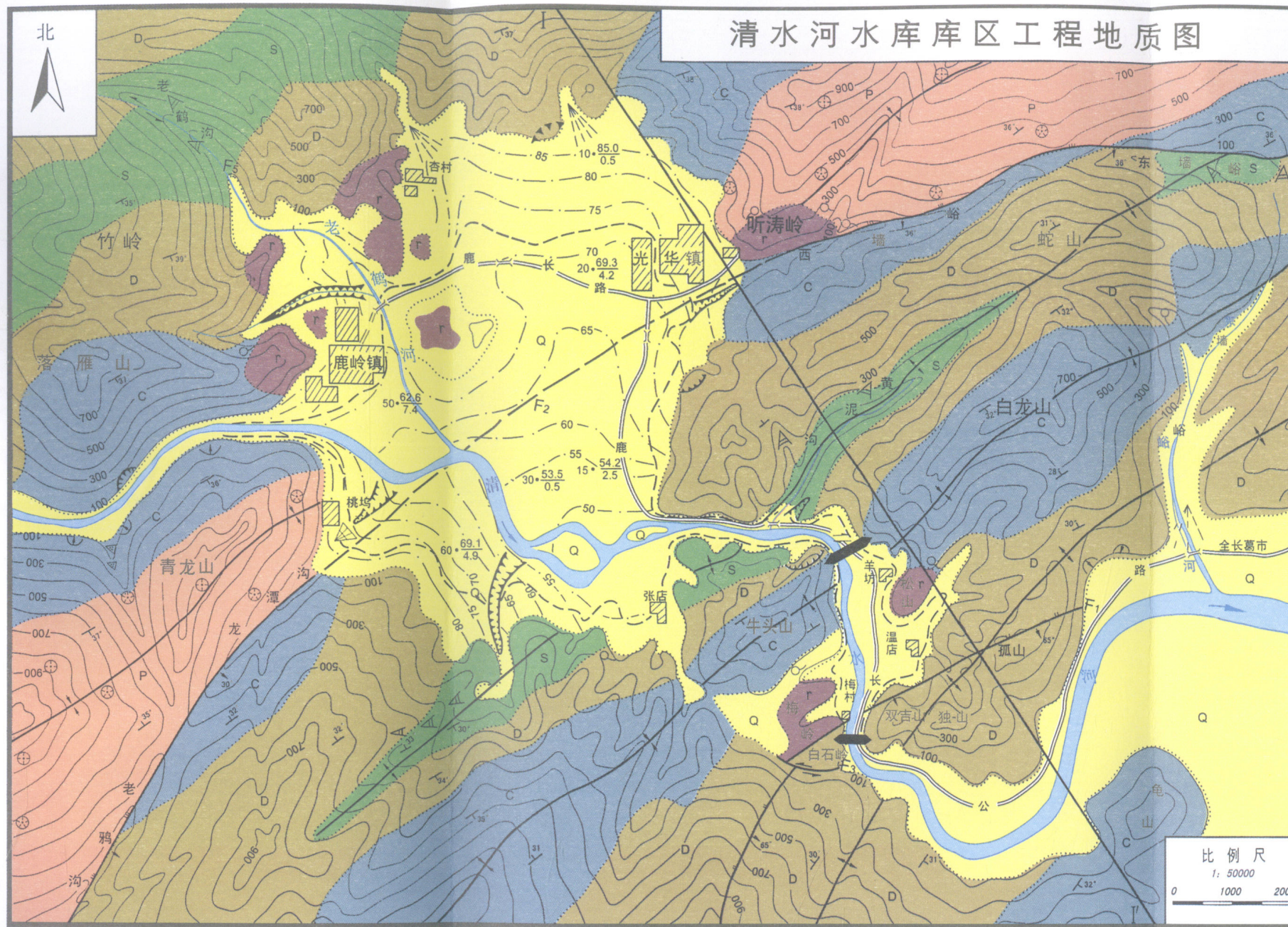
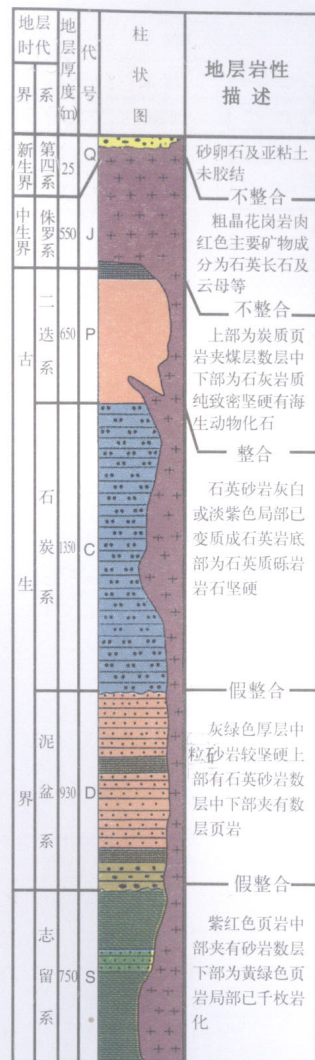
由于时间仓促，编者水平有限，不当之处，恳请批评指正。

编者

1991年8月

附图一

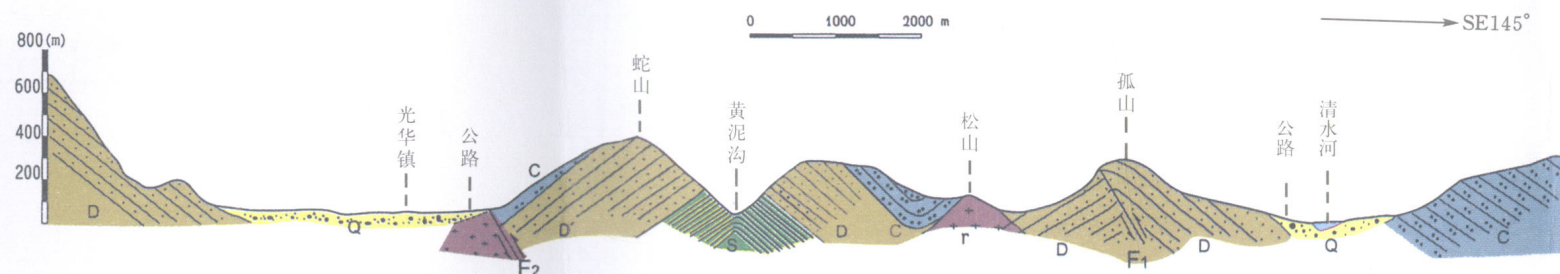
地层柱状图



图例

- | | |
|-----------------|--------------------|
| Q 第四系冲洪积层 (浅黄色) | 岩层界线 |
| r 燕山期花岗岩 (大红色) | 水库回水线 |
| P 二迭系石灰岩 (红棕色) | 地下水等水位线 |
| C 石炭系石英砂岩 (浅灰色) | 下降泉 |
| D 泥盆系绿色砂岩 (暗棕色) | 钻孔编号 地下水位标高 地下水位埋深 |
| S 志留系页岩 (浅绿色) | 拦河坝 |
| 砂砾石 | 村镇 |
| 石灰岩 | I—I' 剖面线 |
| 石英砂岩 | 干溶洞 |
| 砂岩 | 有水溶洞 |
| 页岩 | 正在发展的滑坡 |
| 花岗岩 | 停止发展的滑坡 |
| 岩层产状 | 崩塌 |
| 背斜 | 岩堆 |
| 向斜 | 冲沟 |
| 冲断层 | 泥石流 |
| 逆掩断层 | 洪积锥 |
| 平移断层 | 洪积扇 |

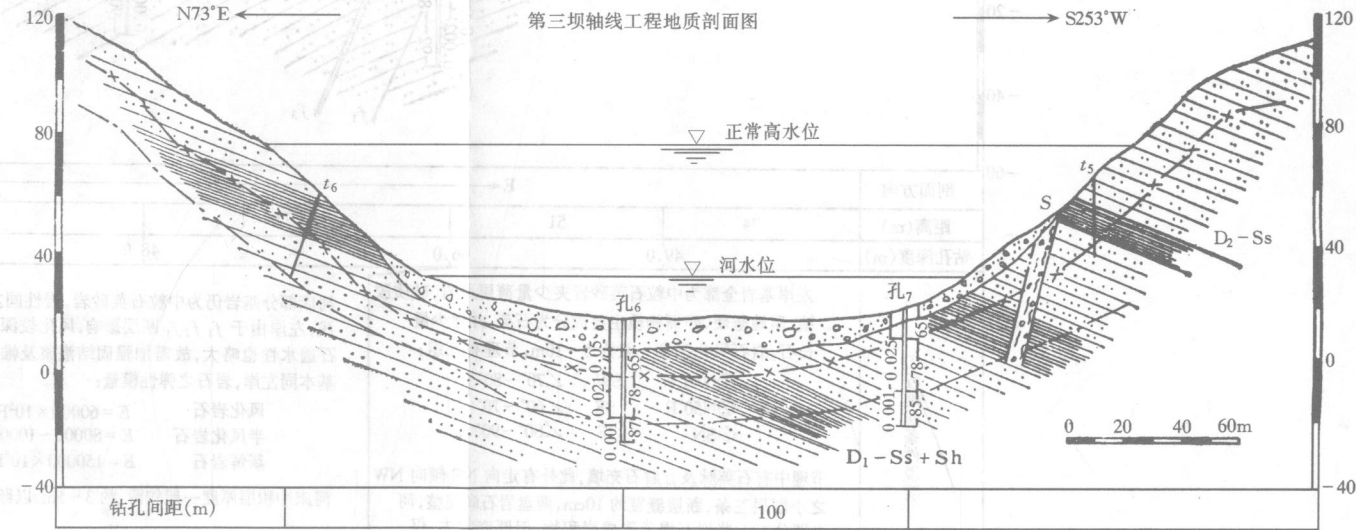
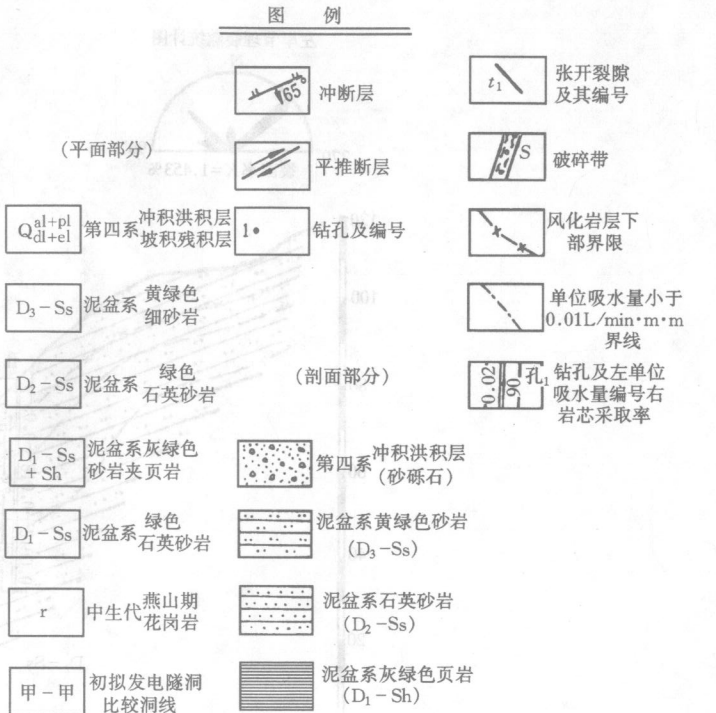
I—I' 地质剖面图





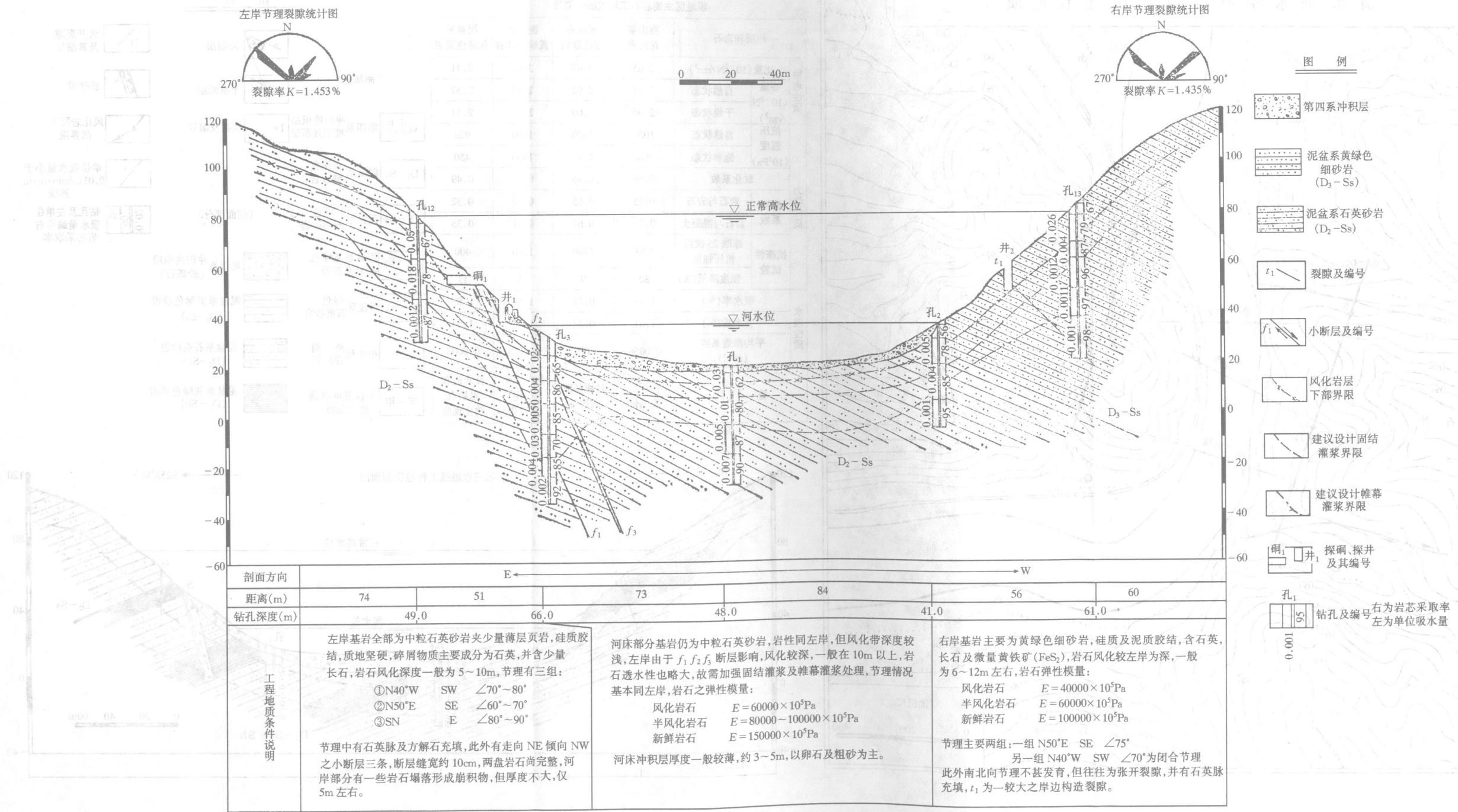
坝址区主要岩石工程性质一览表

地层和岩石	燕山期花岗岩	泥盆系绿色砂岩	泥盆系黄绿色砂岩	泥盆系灰绿色页岩
物理性质				
比重 ($10^{-2}N/cm^3$)	2.65	2.67	2.68	2.41
容重 ($10^{-2}N/cm^3$)				
自然状态	2.64	2.62	2.65	2.37
干燥状态	2.60	2.60	2.61	2.31
抗压强度 (10^5Pa)				
自然状态	1050	1620	1500	920
饱和状态	930	1540	1400	450
力学性质				
软化系数	0.90	0.95	0.93	0.49
摩擦系数				
岩石与岩石	0.75	0.65	0.60	0.32
岩石与混凝土	0.70	0.67	0.61	0.35
抗冻性试验				
冻融 25 次后抗压强度	650	1400	1100	400
强度降低 (%)	30	9	21	11
水理性质				
吸水率 (%)	1.65	0.41	1.52	1.83
含水量 (%)	1.61	0.22	1.45	1.54
平均渗透系数 (m/d)	0.0056	0.0016	0.0315	0.0003
备 注	岩石呈微风化	硅质基底式胶结	含黄铁矿 (FeS_2) 易风化	页岩饱和水后有软化现象



梅村坝址
第一坝轴线专门性工程地质剖面图

附图三



目 录

前言	
绪论	1
第一章 岩石及其工程地质性质	4
第一节 造岩矿物	5
第二节 岩浆岩	9
第三节 沉积岩	14
第四节 变质岩	19
第五节 岩石风化	24
第六节 岩石强度及其工程地质特性	28
第二章 地质构造	33
第一节 地层年代和岩层产状	34
第二节 褶皱构造	38
第三节 断裂构造	41
第四节 地质图	53
第五节 地震	62
第三章 水流地质作用及地貌	69
第一节 地表水流的地质作用	69
第二节 松散沉积物的工程地质特征	76
第三节 地貌单元的划分	80
第四章 地下水	82
第一节 地下水的赋存	82
第二节 地下水的物理性质及化学成分	85
第三节 地下水的基本类型及其特征	88
第四节 地下水运动的基本规律	97
第五节 地下水资源及评价	103
第六节 水文地质试验	108
第五章 库区与坝区渗漏问题	112
第一节 库区渗漏	112
第二节 坝区渗漏	117
第三节 岩层渗透性指标及防渗措施概述	126
第六章 岩体稳定的工程地质分析	130
第一节 岩体的结构特征	130

第二节	坝基稳定的工程地质分析	138
第三节	岩质边坡稳定的工程地质分析	149
第四节	地下洞室围岩稳定的工程地质评价	163
第七章	水文工程地质勘察及坝址选择的工程地质评价	174
第一节	水文工程地质勘察	174
第二节	不同坝型对地质条件的要求	177
第三节	坝址选择的工程地质评价	179
参考文献		186

绪 论

一、工程地质与水文地质在水利工程建设中的作用和任务

工程地质学是研究与工程规划、设计、施工和运行有关的地质问题的科学。水文地质学是研究地下水的科学。

与土工建筑有关的工程地质问题较多，一般可概括为岩体稳定和库坝渗漏两个主要问题。

任何工程建设都是在各种地质环境中进行的，工程建筑物与地质环境之间必然产生相互影响和制约。为保证建筑物的安全和正常运用，建筑物地基及其附近岩土体的稳定是先决条件。

在各种建筑物中，土工建筑物，特别是拦河大坝对地质条件的要求最严格。到 1980 年底，全世界坝高超过 100m 的大坝共 428 座，我国有 25 座。高坝、大库及大跨度水电站地下厂房的兴建，对地基或围岩的地质条件提出了更高的要求。由于土工建筑物的规模大、荷载重，在地基内将产生很高的应力。例如，一座 100m 高的混凝土重力坝，最大的坝基应力可以超过 2500kPa，每米长的坝体上将承受 5000t 的静水压力。如果坝长 300m，总压力将达百万吨的量级。因此，重力坝要求坝基岩体应有足够的承载力，并应在库水的强大推力下不致滑动失稳。

在水利工程建设中，如果对地质问题重视不够，将会产生严重后果。七十年代有一份国外统计资料，把大坝失事的原因分为十类，其中四类与地质问题有关：因坝基失事的大坝占统计总数的 40%；不均匀沉陷失事的占 10%；滑坡失事的占 2%；地震失事的占 1%。以上与地质条件有关的合计占 53%。例如，1959 年法国马尔帕赛（Malpasset）拱坝的崩溃，1963 年意大利瓦依昂（Vaiont）水库近坝库岸的大滑坡，就是由于地质条件不良造成失事的典型例子。前者坝高 66.5m，1954 年建成，1959 年 12 月 2 日失事。其原因是左坝肩岩石裂隙发育，库水入渗引起很高的扬压力，导致左坝肩岩体发生破裂滑动，造成坝体全部崩溃。瓦依昂水库位于阿尔卑斯山皮阿维（Piave）河上游，库容 1.7 亿 m^3 ，坝高 265.5m，为当时世界上最高的双曲拱坝。水库于 1960 年 11 月开始蓄水，1963 年 10 月 9 日夜水库左岸的托克山发生了 2.5 亿~3 亿 m^3 的巨大滑坡，下滑速度达 25~30m/s，历时仅 20s。滑体落入水库时溅起滔天巨浪，最大涌浪高度超过 250m。过坝水层厚一百余米，库水以三百余米的水头向下游倾泻，奔腾怒吼，犹如出膛的炮弹，声似数千辆火车奔驰。6 分钟后，位于下游 3 公里的朗格伦镇被夷为平地，电站的工作人员及住宿人员 60 余人全部遇难。中小型水库，由于地质条件不良或施工方法不当出现事故的例子也是很多的。如印度的纳纳克萨加（Nanakhsagar）土坝，高仅 15.9m，由于坝基产生管涌破坏，使坝体决口冲毁，造成下游 32 个村镇的居民流离失所。我国四川的陈食水库，为一浆砌条石连拱坝，由于清基不彻底，导致 3 号拱基产生管涌，使坝基向下冲蚀 7m 多深，继而危

及坝体，形成了一个贯通坝体和坝基的高 15m 宽 8m 的大洞，近百万方库水在 10 几分钟内渲泄一空。

我国水利水电资源非常丰富，据 1989 年的资料统计，已建成各类水库共 82848 座，其中大型水库有 358 座。上述工程分布在各种不同的地质条件地区，遇到了许多复杂的工程地质问题。如复杂地基的稳定问题，高坝岩基的应力应变与坝基稳定问题，高边坡及大跨度地下洞室围岩的变形与稳定问题，河床的深厚覆盖层及石灰岩地区的渗漏问题等。

实践证明，工程地质资料是水工建筑物设计依据的重要基础资料之一，为保证建筑物的安全经济，必须在设计之前首先进行工程地质勘察。我国由于重视选址的工程地质勘察及施工中的基础处理工作，在地质条件较为复杂的地区，成功地修建了许多水利水电工程。例如，规模宏大的葛洲坝水利枢纽，就是建在含多层软弱夹层的地基上。由于地质工作做的深入细致，查清了软弱夹层的空间分布规律及其物理力学性质，从而做出了合理的设计。坝高 165m 的乌江渡水电站，坝址为岩溶发育的石灰岩，由于查清了坝址区的地质条件，为防渗设计提供了正确的地质资料，保证了工程的正常运转。

反之，如果不重视工程地质勘察，则会给工程带来很大的风险。严重时会造成灾难性事故，或受地质条件的限制延长工期增加投资，或漏水量过大影响工程效益的发挥。如我国五十年代修建的黄坛口水库，前期地质工作不太深入，在基坑浇筑时才发现左岸为一规模较大的滑坡体，这时改线已不可能，不得不进行昂贵的工程处理。国内外还有许多修建在石灰岩地区的水库，库水严重漏失或根本不能蓄水的例子。

为解决上述问题，水利工程地质工作的主要任务是：

1) 查明建筑地区的地质条件，选择地质条件优越的建筑物场址。在水利工程建设中，坝址选择是一项重大的决策。一个坝址的总评价，决定了能不能建坝，建什么类型的坝。

2) 配合建筑物的设计与施工，确切地阐明场地的工程地质问题，提供岩土体的物理力学性质及透水性指标。根据场地的工程地质条件，对水工建筑物的布局、类型、结构及施工方法提出合理的建议。

3) 提出改善和防治不良地质条件的措施与建议。

4) 预测工程建成后对地质环境的影响，制定保护地质环境的措施。

水文地质学的任务是研究地下水的形成、埋藏、分布和运动规律，研究地下水的物理性质与化学成分，进而解决合理地开发利用地下水资源以及与地下水害作斗争等各种实际问题。

地下水是农田灌溉、畜牧业供水的重要水资源。幅员辽阔的华北、东北、西北地区是我国重要的农牧业基地，耕地面积占全国之半。可是，上述地区气候干燥，地表径流极为贫乏，农田水利建设，不仅需要开发利用地表水，而且需要开采利用地下水。我国南方地区，虽然降雨和地表水量比较丰沛，但分布也不均匀，在某些红层及石灰岩地区，地表水也较贫乏。如云、桂、黔等省，由于石灰岩广泛分布，岩溶发育漏水严重，大部分地表水都通过岩溶通道渗入地下，人民群众用“一场大雨千畝涝，天晴三日万山焦”，“米如珍珠水如油”等谚语来形容，水的问题往往成为改变当地面貌的关键。

在农田水利建设中，不仅要研究地下水的类型、埋藏、储量、运动等开采利用条件，

还要研究地下水的动态变化及其化学成分。如果地下水位过高或水中含盐分过多，则会造成土壤沼泽化或盐碱化。不合理地灌溉，也会造成同样的恶果。过量的开采地下水，会造成地下水枯竭或引起地面沉降。

二、本课程的主要内容与学习要求

根据水利工程建筑及农田水利工程专业教学大纲的要求，本课程主要包括下列一些内容：岩石的类型及其工程地质性质；岩层生成的顺序及其在空间组合展布的规律；地表水流的地质作用及河谷地貌；水文地质学的基本知识及地下水质水量的评价；工程岩体的稳定与渗漏；工程地质及水文地质勘察的一般工作方法及其坝址选择。

本课程是一门实践性很强的应用性学科，除保证必要的课堂理论教学外，室内外的地质实习及电影、录像等直观教学，是学习本课程的重要教学环节。

通过本课程的学习，应达到下列基本要求：

- 1) 掌握一定的工程地质及水文地质的基础理论知识。
- 2) 初步具有观察分析评价与水工建筑及农田水利有关的主要地质问题的能力。
- 3) 初步具有分析和使用地质资料和图件的能力。

生产实践证明，不懂地质的水利工程师，不可能成为一位优秀的工程师。祖国的社会主义四个现代化建设，需要造就一批既懂地质又精通水利的专门人材。

第一章 岩石及其工程地质性质

地球是太阳系行星家族中的一个壮年成员，是一个具有圈层结构的旋转椭球体。地球由表及里可分为外圈和内圈。外圈又分为大气圈、水圈和生物圈；内圈平均半径 6371km，根据地震波传播速度的突变，将其分为地壳、地幔及地核（图 1-1）。

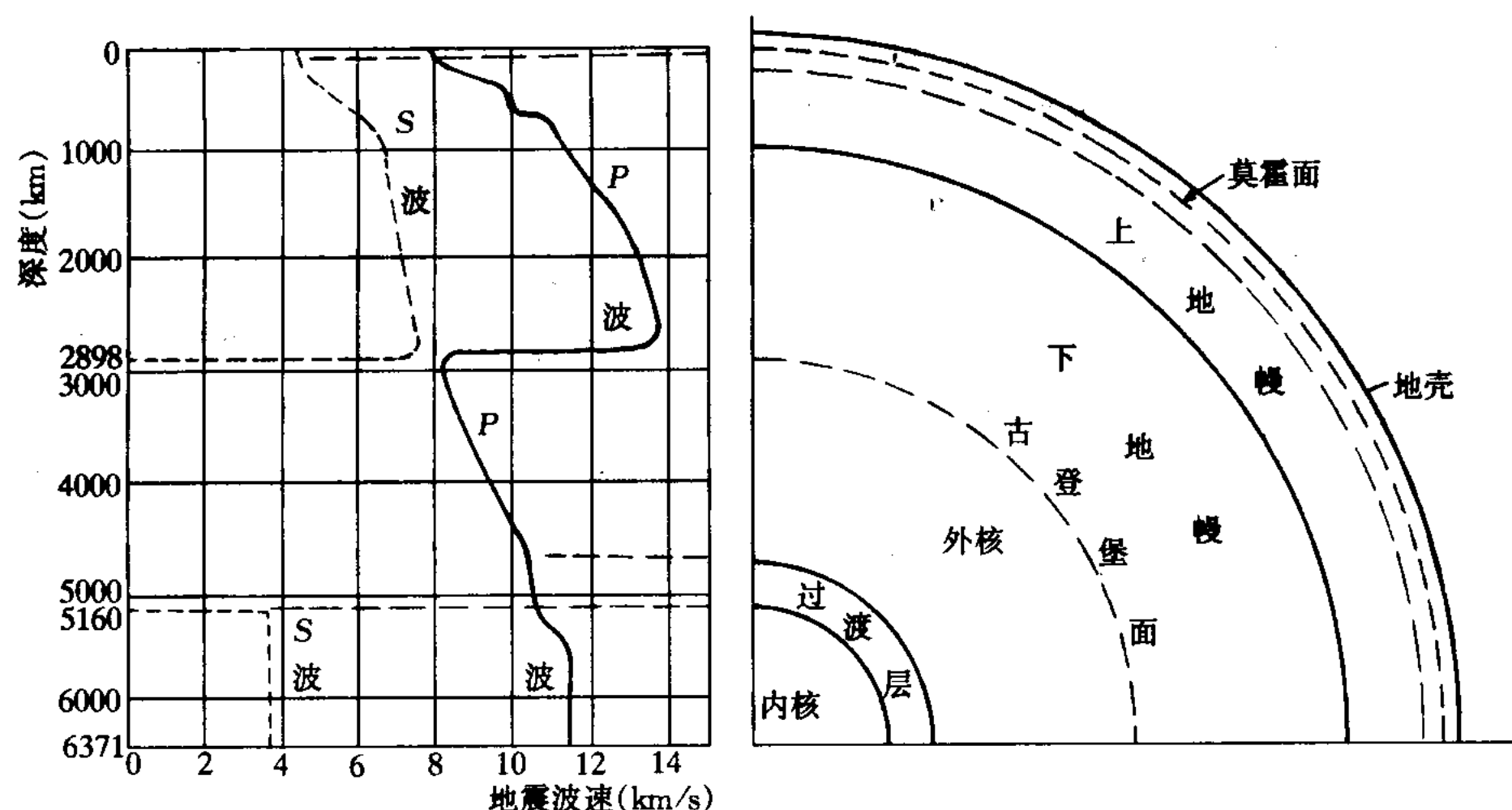


图 1-1 地球内部结构图

地核包括内核、过渡层和外核三部分，位于古登堡（Gutenberg, B）面以下直到地心，厚约 3471km，其体积约占地球总体积的 17%。据推测，地核密度为 $9.7 \sim 17.9\text{g/cm}^3$ ，温度在 $2000 \sim 3000^\circ\text{C}$ ，最高不超过 5000°C ，压力可达 $300 \sim 360\text{GPa}$ （即 $300 \sim 360$ 万个大气压）。一般认为地核主要是由含铁、镍量很高，成分很复杂的物质组成。

地幔分上下两层，处在莫霍（Mohorovicic, A）面和古登堡面之间，厚约 2800km。其体积约占地球总体积的 82%，密度约从 3.32g/cm^3 递增到 5.66g/cm^3 ，温度约为 $1200 \sim 2000^\circ\text{C}$ ，压力随深度而增加，界面上压力约为 140GPa 。通常认为地幔主要是由铬、铁、镍、二氧化硅等物质组成。

位于莫霍面以上的岩石和土层称为地壳。其体积约占地球总体积的 1%。地壳表面岩石处于常温、常压下，平均密度为 2.65g/cm^3 ，往下逐渐增加，到地壳底部增为 2.9g/cm^3 ，温度增高到 1000°C 左右，压力增至 1GPa 。地壳厚度各地不一，海洋区较薄，平均 7.3km；大陆区较厚平均 33km。

地壳是由各种化学元素组成的，其中主要化学元素有：氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢、钛等十种，见表 1-1。所有元素，除了少数如金刚石（C）、金（Au）、硫黄（S）等以自然元素产出外，绝大多数均以各种化合物出现，如石英（ SiO_2 ）、方解石（ CaCO_3 ）、石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）等。这些天然元素和化合物，是组成地壳岩石的物质基

基础。岩石是由一种或多种矿物组合而成的自然集合体。地壳中的岩石，按其成因可以分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。由于岩石是由矿物组成的，因此要识别岩石，分析岩石在各种自然条件下的变化，进而对岩石的工程地质性质进行评价，就必须先了解造岩矿物。

表 1-1

地壳主要元素的平均含量 (%)

元 素	氧 (O)	硅 (Si)	铝 (Al)	铁 (Fe)	钙 (Ca)	钠 (Na)	钾 (K)	镁 (Mg)	氢 (H)	钛 (Ti)	其它
克拉克值	49.52	25.75	7.51	4.70	3.29	2.64	2.40	1.94	0.88	0.58	0.79

第一节 造 岩 矿 物

具有一定的化学成分和物理性质的自然元素和化合物称为矿物。其中构成岩石主要成分的矿物叫做造岩矿物。自然界的矿物很多，已发现的约有 3300 种。但造岩矿物只不过二、三十种。如石英、正长石、方解石等。

造岩矿物绝大部分是结晶质。结晶质的基本特点是，组成矿物的元素质点（原子、离子或分子），在矿物内部按一定的规律排列，形成稳定的结晶格子构造（图 1-2）。如果条件适宜，还能长出具有一定几何外形的晶体，如石英晶体等（图 1-3）。

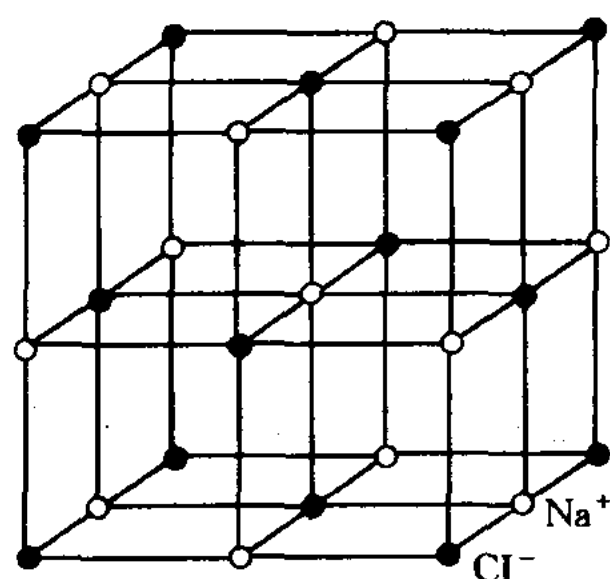


图 1-2 岩盐的内部构造

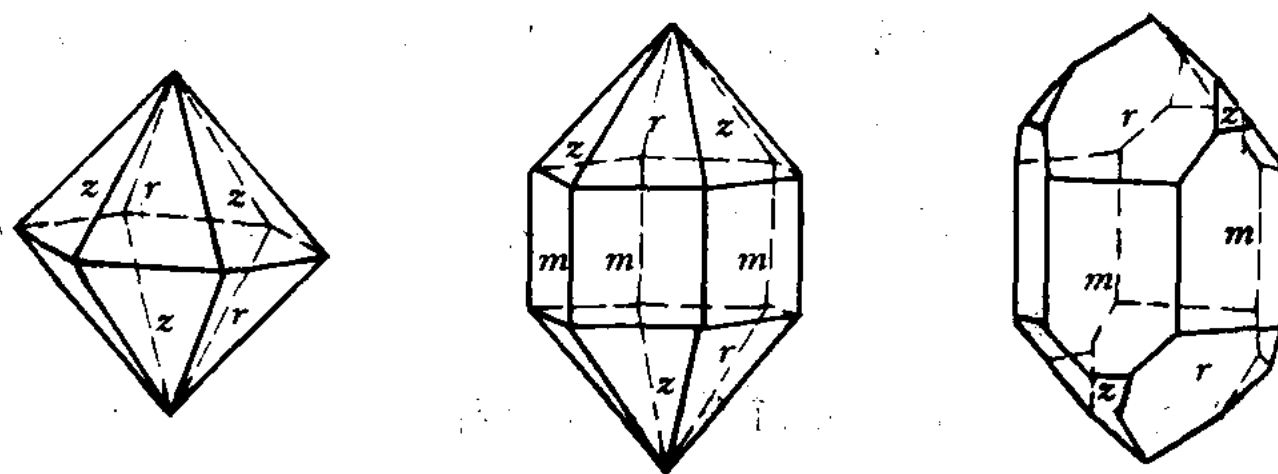


图 1-3 石英晶体

m —六方柱； r 、 z —菱面体

非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，故外形就不具有固定的几何形态。如蛋白石、褐铁矿等。

一、矿物的物理性质

矿物的物理性质是固定的，它取决于矿物的化学组成和晶体构造。其主要物理性质有形态、颜色、光泽、解理、断口及硬度等。

（一）形态

矿物除少数为液态（如石油、自然汞）和气态（如天然气）之外，绝大部分为固态。常见的矿物形态有：

柱状——如角闪石、辉石等；

板状——如长石、板状石膏等；

片状——如云母、绿泥石等；
粒状——如橄榄石等；
土状——如高岭土等；
块状——如石英等；
纤维状——如石棉、纤维石膏等；
钟乳状——如褐铁矿等；
立方体——如黄铁矿、岩盐等；
菱面体——如方解石等；
肾状、鲕状——如赤铁矿等；
菱形十二面体——如石榴子石。

(二) 颜色

矿物的颜色有白色、他色、假色之分。

白色是矿物固有的颜色，如黄铁矿呈黄铜色等。

他色是矿物中混入了某些杂质所引起的。他色不固定，随杂质的不同而异。如纯石英是无色透明的，混入杂质后就呈紫色、烟灰色等。

假色是由于矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散射所引起的。如方解石解理面上常出现的虹彩就是假色。

(三) 光泽

矿物表面反射光线的能力称为光泽。可分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。

1. 金属光泽

矿物表面反光能力极强，如同光亮金属表面所呈现的光泽。如黄铁矿等。

2. 半金属光泽

反光能力比金属光泽稍弱的一种光泽。如磁铁矿等。一般情况下，金属光泽和半金属光泽是不透明的。

3. 非金属光泽

是一种不具金属感的光泽，主要为透明或半透明矿物所具有。造岩矿物大多属于此类。通常它又可分为以下几种。

- 1) 玻璃光泽：像普通玻璃表面那样的光泽。如方解石等。
- 2) 金刚光泽：呈现金刚石表现的光泽。
- 3) 油脂光泽：呈现薄油脂的光泽。如石英断口等。
- 4) 丝绢光泽：呈现丝绢般的光泽。如纤维状石膏和绢云母等。
- 5) 珍珠光泽：呈现珍珠般的光泽。如云母等。
- 6) 蜡状光泽：如同石蜡表面的光泽。如蛇纹石、滑石等。

(四) 解理、断口

矿物受力后能沿一定方向裂开的性质称为解理。裂开的面称为解理面。不具方向性的不规则破裂面称为断口。

解理面有一个方向、二个方向、三个方向的分别称为一组解理、二组解理和三组解

理。按解理面发育程度，解理可分为：

极完全解理——矿物受外力作用时，极易沿解理面裂开，解理面平整光滑，如云母具有一组极完全解理；

完全解理——矿物受外力作用时，易于沿解理面裂开，如方解石具有三组完全解理（图 1-4）；

中等解理——矿物受外力作用时，常沿解理面裂开，解理面清楚，但不平整，如长石有二组中等解理；

不完全解理——矿物受外力作用时，很难沿解理面裂开，解理面不明显，如橄榄石等。

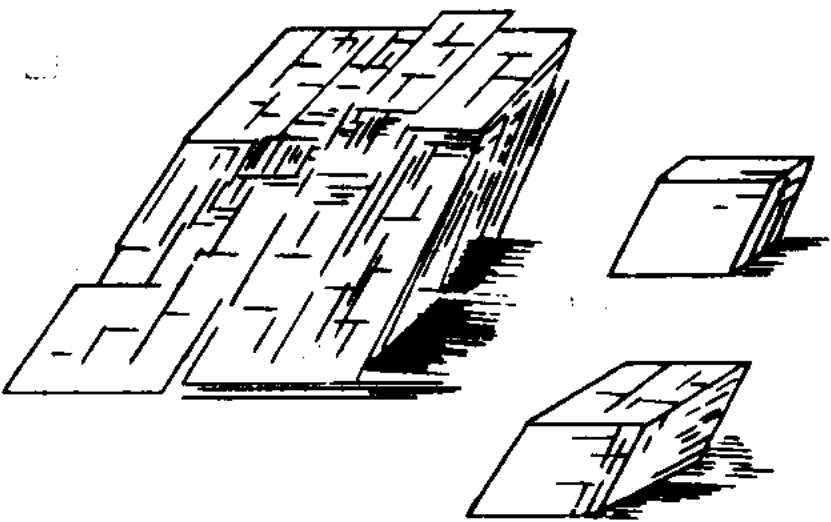


图 1-4 方解石的菱面体解理

矿物解理的完全程度和断口是互相消长的，解理完全时则不显断口；反之，解理不完全或无解理时，则断口显著。断口按其形状常可分为：

- 贝壳状——断口似贝壳，如石英断口；
- 参差状——断口参差不齐，断裂面粗糙，如黄铁矿断口；
- 锯齿状——断口形似锯齿，如石膏断口；
- 平坦状——断口比较平整，如蛇纹石断口。

(五) 硬度

矿物抵抗外力刻划、压入、研磨的能力称为硬度。硬度是矿物比较固定的性质。德国矿物学家摩氏（F.Mohs）将矿物硬度分为十个等级，见表 1-2。

表 1-2 摩氏硬度表

相对硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

摩氏硬度表示的只是矿物之间的相对硬度。确定矿物硬度时，常用已知硬度的矿物与未知硬度的矿物相互刻划，比较其相对硬度。例如某矿物可刻划方解石，但不能刻划萤石，说明该矿物比方解石硬，比萤石软，硬度应为 3.5 度。

在野外工作时，常用以下办法来确定矿物的相对硬度，如用软铅笔（1 度）、指甲（2~2.5 度）、铁钉（3~4 度）、玻璃棱（5~5.5 度）、钢刀刃（6~7 度）等。

(六) 其它特性

矿物除有上述主要物理性质外，有的还具备某种独特性质。如磁铁矿具有磁性；云母片具有弹性；绿泥石片具有挠性；黄铁矿与无釉白瓷板摩擦，其条痕显绿黑色；方解石遇盐酸呈泡沸现象等。

二、主要造岩矿物的野外鉴定

鉴定矿物的方法很多，在室内有吹管分析、差热分析、光谱分析、偏光显微镜分析，以及电子显微镜扫描等。在野外由于条件所限，主要是凭借人的眼睛和一些简单工具（小刀、放大镜等），来识别矿物的物理性质，并对照矿物鉴定表，见表 1-3，定出矿物名称。

表 1-3

主要造岩矿物鉴定表

序号	矿物名称	形 状	颜 色	光 泽	解理与断口	硬 度	其 它
1	石 英 SiO_2	块状、粒状、六方棱、柱状	无色, 含杂质则显颜色	玻璃光泽、油脂光泽	贝壳状断口	7	抗风化能力强, 坚硬, 性脆, 透明度好的晶体称为水晶
2	正长石 $\text{K} [\text{Al} \cdot \text{Si}_3\text{O}_8]$	短柱状、板状、粒状、块状集合体	多为肉红色, 也有灰白、淡黄色	玻璃光泽	两组完全解理成 90° 相交	6	有时呈双晶, 易风化成高岭土
3	斜长石 $\text{Na} [\text{Al} \cdot \text{Si}_3\text{O}_8]$ $\text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	柱状、板状、粒状	灰白色、深灰色	玻璃光泽	两组完全解理斜交	6	性脆, 解理面上可见红、兰、绿等各色条纹
4	白云母 $\text{K} [\text{Al}_2 (\text{OH})_2 [\text{Al} \cdot \text{Si}_3\text{O}_{10}]]$	片状、鳞片状集合体	无色、银白色、淡黄色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.5~3	薄片透明, 有弹性
5	方解石 CaCO_3	一般为菱形体, 集合体有粒状、钟乳状、块状	白色、无色, 含杂质则显多种颜色	玻璃光泽	三组完全解理	3	遇冷稀盐酸剧烈起泡
6	白云石 $\text{Ca} \cdot \text{Mg} [\text{CO}_3]_2$	菱面体、集合体为粒状	灰白、淡黄、淡红色	玻璃光泽	三组完全解理	3.5~4	只与热盐酸反应, 解理面多弯曲, 呈鞍状, 并具条纹
7	石 膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	板状、条状或纤维状、粒状	白色, 含杂质为黄褐色、红色	玻璃或丝绸光泽	一组完全解理	2	有的透明, 可溶于盐酸和水
8	高岭石 $\text{Al}_4 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_8$	块状、土状	白色, 含杂质具黄褐色、浅兰色	无光泽	土状断口	1~1.5	有滑感, 干时易吸水, 湿时具可塑性、粘着性
9	黑云母 $\text{K} [(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_3 (\text{OH})_2 [\text{Al} \cdot \text{Si}_3\text{O}_{10}]]$	片状、鳞片状集合体	黑色、深褐色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.5~3	薄片透明, 有弹性
10	角闪石 $\text{Ca}_2 \cdot \text{Na} [\text{Mg} \cdot \text{Fe}]_4 (\text{Al} \cdot \text{Fe}) [(\text{Si} \cdot \text{Al})_2 \text{O}_{11}]_2 (\text{OH})_2$	长柱状、针状或纤维状集合体	褐、绿色至黑色	玻璃光泽	两组中等解理成 124° 或 56° 斜交	5~6	晶体横截面为六角菱形
11	辉 石 $\text{Ca} (\text{Mg} \cdot \text{Fe} \cdot \text{Al}) [(\text{Si} \cdot \text{Al})_2 \text{O}_6]$	短柱状、粒状集合体	绿、褐、黑色	玻璃光泽	两组中等解理近于正交	5~6	晶体横截面为正八边形
12	橄榄石 $(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$	粒状集合体	橄榄绿色、淡黄绿色	玻璃光泽	贝壳状断口	6.5~7	性脆, 在绿色矿物中硬度较大