

水利水电工程地质手册

水利电力部水利水电规划设计院主编

水利电力出版社

水利水电工程地质手册

水利电力部水利水电规划设计院主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书由八篇组成，主要包括基础地质、工作方法以及对水利水电工程上遇到的各种主要问题的分析方法和评价等。着重论述大中型工程的坝基岩体稳定、变形、渗漏，边坡稳定、地下洞室、水库环境工程地质等问题的地质因素、参数的论证和确定原则，最终评价方法以及相应处理措施的选择等一整套基本原理、原则，是一本比较全面、系统而实用的水利水电工程地质工具书。

本书可供水利水电工程地质人员，工交系统地质人员以及院校有关专业师生参考。

水利水电工程地质手册

水利电力部水利水电规划设计院主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 46.5印张 1062千字

1985年4月第一版 1985年4月北京第一次印刷

印数0001—7570册 定价11.45元

书号 15143·5451

编写人：

第一篇	李立武	吕庆安	周天福	严安康	钱孝星
第二篇	姜敦超	程与秋	李冬田	李祖信	周天福
第三篇	程美中	翁焕学			
第四篇	高尧基	徐苔赛	蔡健民		
第五篇	王 信	鲁树参	王日起		
第六篇	陆 宏	孔令誉	李文纲		
第七篇	金亨丁	唐少甫			
第八篇	程与秋	徐苔赛			

审定人：

邵维中 潘延龄 朱建业 李仲春 范中原 高尧基

统稿人：

高尧基 徐苔赛

插图：

罗英云 郑昱华 魏 岚

前 言

为适应四化建设需要，初步总结我国水利水电工程地质技术经验，加快水利水电建设的前期工作，我院于1978年组织部分水利水电勘测设计单位，并与有关大专院校协作，编写了本手册。

本书由三部分组成：第一部分为基础地质，概述了地质基础理论及部分实际资料；第二部分为勘测方法，编录了水利水电工程地质勘测工作方法，并作为规程、规范的补充；第三部分为水利水电工程地质专题总结，详述了水利水电工程地质问题和经验，是本书的重点。

我国幅员辽阔，地质构造体系不同，各条河流上建坝的工程地质条件差别很大，勘测研究任务十分艰巨、繁重。目前工程地质评价方法尚不够完善，故本书中列举较多的工程实例、分析其边界条件、基本参数的选择及处理方法等。因受当时历史条件、勘测手段、测试技术等限制，书中所选内容难免有局限性，希望读者在参考本书时，要结合具体条件和最新方法而加以引用。

本书由我院（原电力工业部水电建设总局和原水利部规划设计管理局）主持编写，由蔡钟瑞、门光永、朱建业、余永良、张性一负责领导，组织编、审工作。参加本书编写的主要单位有：原水利电力部四川水电勘测设计处、华东水利学院农田水利工程系、安徽省水利勘测设计院、江苏省水利勘测总队、水利电力部昆明勘测设计院、天津勘测设计院等。参加各次审稿会的单位有：水利电力部东北、西北、北京、天津、华东、中南、成都、昆明勘测设计院，长办勘测总队，淮委、黄委勘测设计院，广西、贵州、福建、浙江、湖南等省（自治区）水利水电勘测设计院，南京水利科学研究所，南京地质学校，南京大学等。

本书在编写过程中，参考了许多单位的技术文献和资料，并选用了其中部分内容和数据，鉴于大部分资料过去没有正式刊印出版，故书中未能一一注明出处，请鉴谅。

本书在编写过程中，曾得到许多同志的帮助，提供资料和宝贵意见，特此一并致以谢意。

由于我们水平有限，书中不妥或错误之处，敬请读者批评指正。

水利电力部水利水电规划设计院

一九八二年四月

目 录

第一篇 工程地质基础

第一章 岩石	1
第一节 矿物	1
第二节 岩浆岩	14
第三节 沉积岩	18
第四节 变质岩	22
第二章 构造地质	27
第一节 地质构造	27
第二节 地质力学	32
第三章 地史	45
第一节 地质时代	45
第二节 我国区域地层对比	48
第三节 第四系地层	60
第四章 地貌	63
第一节 地貌类型的划分	63
第二节 流水成因地貌	67
第三节 其他类型地貌	71
第五章 新构造运动与地震	78
第一节 我国新构造运动特征和活动断裂	78
第二节 地震	81
第六章 水文地质	95
第一节 地下水的类型	95
第二节 渗流的基本原理	97
第三节 水文地质参数	99
第四节 地下水水质	107
第七章 岩石和土的物理力学性质	117
第一节 岩土力学的基本概念	117
第二节 岩石的工程性质	127
第三节 土的工程性质	136

第二篇 工程地质勘察方法

第一章 工程地质测绘	161
第一节 一般要求	161
第二节 野外工程地质测绘工作	162

第三节	野外地质观察内容	166
第四节	主要图件的编制	190
第五节	遥感技术	211
第二章	工程地质钻探	221
第一节	主要设备	221
第二节	测试技术	230
第三节	钻探技术要求	241
第三章	工程地质物探	252
第一节	物探种类及用途	252
第二节	电法勘探	255
第三节	地震勘探	268
第四节	声波探测法	274
第五节	钻孔地球物理勘探(测井)	279

第三篇 土基工程地质评价

第一章	地基稳定	281
第一节	地基稳定的条件及破坏类型	281
第二节	地基上的承载力	285
第三节	地基稳定验算	299
第二章	基础沉降的计算	313
第一节	变形验算条件和容许变形值	313
第二节	地基土内的应力分布	314
第三节	地基压缩层厚度的确定	317
第四节	基础最终沉降量的计算	318
第五节	沉降量随时间变化的计算	322
第三章	地基渗流	325
第一节	概述	325
第二节	地基渗流计算	327
第三节	地基渗流稳定性评价	337
第四节	承压水对地基稳定的影响	340
第四章	地基处理	345
第一节	机械振动增密基土	346
第二节	排水密实	349
第三节	改善地基应力分布	355
第四节	桩基	358
第五节	人工硬化土壤	361

第四篇 坝基岩体稳定

第一章	岩基建坝的工程地质条件	363
------------	--------------------	------------

第一节	各种坝型对地基的要求	363
第二节	坝基岩体工程地质特征	368
第三节	软弱夹层的工程地质特性	373
第二章	坝基抗滑稳定	397
第一节	坝基滑移特性	397
第二节	坝基滑移类型	398
第三节	坝基岩体抗剪强度	406
第四节	稳定计算	419
第三章	坝基岩体变形	427
第一节	影响坝基岩体变形的因素	427
第二节	坝基岩体变形参数的选择	432
第四章	坝基渗漏与渗透稳定	443
第一节	坝基渗漏	443
第二节	渗透稳定	447
第三节	扬压力	451
第五章	基坑冲刷	455
第一节	基坑冲刷的主要地质问题	455
第二节	影响冲刷的地质因素	455
第三节	冲刷坑的工程地质评价	457
第六章	岩基处理	461
第一节	开挖	461
第二节	固结灌浆	462
第三节	帷幕灌浆	465
第四节	排水	472
第五节	断层破碎带及软弱夹层的专门处理	473
第六节	岸坡坝基的专门处理	479

第五篇 地下结构工程地质

第一章	围岩工程地质分类	481
第一节	围岩岩体结构	481
第二节	围岩强度分类	484
第三节	围岩力学属性分类	486
第四节	岩体综合分类	488
第二章	围岩地应力与岩体荷载	495
第一节	围岩地应力	495
第二节	围岩强度与围岩压力	502
第三节	围岩弹性反力与其抗力系数的确定	509
第四节	外水压力	520
第三章	洞室选择及围岩稳定性评价	525

第一节	洞室位置选择的一般要求	525
第二节	地下结构对围岩的要求	528
第三节	围岩稳定性评价	535
第四章	锚喷结构	547
第一节	锚喷结构的适用性	547
第二节	锚杆的种类和特性	548
第三节	喷混凝土支护	555

第六篇 岩 溶 渗 漏

第一章	概述	563
第一节	岩溶基本概念	563
第二节	岩溶发育的主要影响因素	567
第三节	岩溶水文地质	571
第二章	岩溶地区的渗漏	575
第一节	水库渗漏	575
第二节	坝址渗漏	579
第三章	防渗处理	589
第一节	防渗处理的基本方法	589
第二节	防渗处理方案选择	591
第四章	岩溶渗漏勘察	592
第一节	综合性工程地质测绘	592
第二节	岩溶水文地质钻探	593
第三节	地下水动态长期观测	594
第四节	岩溶渗漏勘察的方法	595
第五章	区域岩溶水文地质及岩溶渗漏概况	604
第一节	华南岩溶区	604
第二节	华北岩溶区	608
第三节	西部岩溶区	611

第七篇 边 坡 稳 定

第一章	边坡稳定的因素及分类	612
第一节	影响边坡稳定的因素	612
第二节	边坡的工程地质分类	616
第二章	边坡稳定的工程地质勘测	623
第一节	工程地质测绘	623
第二节	勘探	625
第三节	观测工作	626
第三章	边坡稳定性的分析	629
第一节	工程地质条件与参数选择	629

第二节 边坡稳定性的分析方法	634
第四章 不稳定边坡的防治	665
第一节 防治原则	665
第二节 治理方法	665
附录	667

第八篇 水库工程地质及深覆盖层建坝处理

第一章 水库工程地质	673
第一节 水库地震	673
第二节 浸没	679
第三节 库岸稳定	684
第四节 渗漏	698
第二章 深覆盖层建坝处理	701
第一节 深覆盖层的特性	702
第二节 深覆盖层的防渗处理	714
附录	725

第一篇 工程地质基础

第一章 岩 石

第一节 矿 物

一、矿物分类

矿物是指地壳中及地球内层的化学元素,通过各种地质作用而产生的具有一定的形态、化学成分和物理性质的单质或化合物。自然界中已发现的矿物虽有3300多种,但主要的和常见的造岩矿物仅有几十种,根据它们的化学成分可以分为五大类,见表1-1-1。

表 1-1-1 矿 物 分 类 表

序 号	分 类	摩 氏 硬 度								
		1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
I	自然元素	石墨、硫	金、铜银		铂					金刚石
II	硫化物	辉钼矿、雄黄、雌黄	方铅矿、辉铜矿、辰砂	闪锌矿、斑铜矿	磁黄铁矿、黄铜矿	毒砂、白铁矿	黄铁矿			
	含硫酸盐		硫砷银、黝铜矿、硫砷铅矿	镍黄铁矿	磁黄铁矿					
III	氟化物		冰晶石	萤石						
	氯化物		钾盐	岩盐、光卤石						
IV	氧化物		软锰矿、沥青铀矿			钛铁矿、蛋白石、晶质硅	磁铁矿、赤铁矿、锡石	石英、石榴石、刚玉、尖晶石		
	氢氧化物	铝土矿	氢氧化镁石 三水铝石		水锰矿	针铁矿				
		褐铁矿			硬锰矿					
V	含 氧 盐	碳酸盐	方解石	白云石、文石、孔雀石、菱锰矿、兰铜矿	菱铁矿、菱铁矿					
		硫酸盐	石膏、芒硝	无水芒硝	硬石膏、重晶石、明矾石					
	硅酸盐	滑石、叶蜡石、蒙脱石、蛭石、高岭石、石棉	绿泥石、海绿石、黑云母、白云母、金云母、蛇纹石	钠闪石	硅灰石、沸石、兰晶石	斜方辉石、普通辉石、透辉石、角闪石、阳起石、白榴石	钾长石、微斜石、斜长石、透长石、符石、石榴石、橄长石、正长石、斜长石、绿帘石、石英、柱石、电气石、石榴石、十字石、红柱石、绿帘石、榍石、榍石、榍石、榍石	黄玉		
	铬酸盐		铬铅矿							
	硼酸盐		硼砂							
	磷酸盐		铀云母		磷灰石	独居石				
	硝酸盐	钠硝石 钾硝石								
	钨酸盐				白钨矿 黑钨矿					

二、常见造岩矿物的特征

各种矿物都具有其固定的外表形态和特有的物理性质，如结晶、颜色、条痕、光泽、

表 1-1-2 常 见 造 岩 矿

序号	矿物名称	化 学 式	硬 度	比 重	晶 体 及 集 合 体 形 状	颜 色
1	滑 石	$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	1	2.7~2.8	单斜晶系、常呈片状、块状集合体	白、灰、淡绿、淡黄等
2	叶 蜡 石	$Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$	1	2.66~2.90	单斜晶系，一般为片状、放射状、致密块状集合体	淡绿、浅黄
3	蒙 脱 石	$(Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2 \cdot nH_2O$	1	2	单斜晶系，肉眼不见，通常为土状隐晶质块状	白玫瑰色或其他浅色
4	蛭 石	$Mg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	1~1.5	2.4~2.7	单斜晶系，晶体呈假六方板状、片状，集合体常呈黑云母或金云母的假象	褐、黄褐、金黄等
5	高 岭 石	$Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$	1~1.5	2.5~2.6	三斜晶系或单斜晶系，肉眼不易看清，一般为块状、土状、鳞片状	白、黄、浅褐、浅兰等
6	水 云 母 (伊利石)	$K < 1, Al_2[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	1~1.5	2.6~2.9	单斜晶系，晶体呈细小鳞片状，肉眼不易分辨，集合体呈土块状	白
7	石 墨	C	1~2	1.9~2.3	六方晶系，有时呈叶片状，六方薄板状、鳞片状或土状集合体	铁灰~黑
8	硫	S	1~2	2.05~2.1	斜方晶系，较少见，偶见双锥状、厚板状，集合体常为粉末状、块状	各种黄色
9	钾 盐	KCl	1.5~2	2	等轴晶系，晶形呈立方体，或立方体与八面体的聚形，集合体呈粒状或块状	白、红、淡红
10	褐 铁 矿	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	1~4	3.4~4.0	土状、块状、结核状、钟乳状、肾状	黄褐、黑褐
11	石 膏	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	2.2~2.4	单斜晶系、晶体常呈板状、条状或纤维状、粒状、块状，常见燕尾双晶	白、黄褐、红
12	绿 泥 石	$(Mg, Fe)_2Al \cdot (Al, Si_4O_{10})(OH)_2$	2~2.5	2.6~2.9	单斜晶系，晶体呈假六方板状、片状，常见为鳞片状集合体	浅绿~深绿

硬度、解理、断口，以及磁性、臭味、弹性、挠性等。在野外，根据矿物的这些外表形态和物理性质可对矿物进行初步鉴定。常见矿物特征见表1-1-2。

物 特 征 表

条 痕	光 泽	解 理	断 口	其 他 特 征	分 布 岩 类 及 伴 生 矿 物
白 色	油脂或珍珠	沿(001)一组完全		极软，具滑腻感，有柔性	蛇纹岩等超基性岩、白云岩和富镁结晶片岩
	玻 璃	沿(001)一组完全		具滑腻感，性柔，薄片具挠性	酸性火山岩、凝灰岩和某些富铝的结晶片岩
无	土状或蜡状			手摸有滑腻感，浸水后显著膨胀	也称微晶高岭石或胶岭石，由基性火山岩及凝灰岩等在碱性介质条件下风化而成的粘土矿物
	油 脂 状	一组完全		薄片具挠性，被灼热时，体积可剧烈膨胀	黑云母、金云母风化或蚀变产物，常与绿泥石、绢云母和碳酸盐等共生
白	土状、片状者珍珠光泽	平行(001)一组完全	土 状	有滑感，干时易吸水，湿时可塑性、粘性	为长石等铝硅酸盐矿物在低温、低压及酸性介质中的风化产物
	油 脂	平行(001)一组完全		有油脂感，弹性较白云母弱	白云母风化或蚀变产物的中间过渡产物，是组成粘土和粘土岩的主要矿物成分
灰 黑	金 属	平行(001)一 组		重量轻，有滑感，可在纸上书写，薄片具挠性，良导电性	煤层或含沥青质、碳质的沉积岩，经区域变质或接触变质作用而成的变质岩以及岩浆岩与灰岩接触带
白至微黄	金刚、油脂	不 完 全	贝 壳 状	性脆，易熔，易燃，燃烧时发兰色火焰，并发生SO ₂ 臭味	1.火山喷发型：多分布于火山口附近，由火山喷发气体直接升华而成 2.沉积型：常与石膏方解石、天青石等伴生 3.风化型：由金属硫化物或硫酸盐分解而成
白	玻 璃	三组完全		味咸、苦涩，火焰呈紫色	干涸盐湖中，常与岩盐、石膏共生，且位于盐层的上部
黄褐色	半 金 属	无		是以RO(OH)型的针铁矿、纤铁矿、水针铁矿、水纤铁矿为主并有含水氧化硅、粘土等杂质的混合物	沉积岩、含铁化合物的风化带
白	玻璃或丝绸	平行(010)一组极完全(100)和(011)中等，互相斜交		有时透明，可溶于盐酸和略溶于水，遇盐酸不起泡	粘土岩、石灰岩或泥灰岩与粘土相伴生的沉积矿床中，也见于金属硫化物矿床的氧化带中
白、绿	珍珠玻璃	平行(001)一组极完全		有滑腻感，薄片具挠性	产于结晶片岩(如绿泥石片岩)及各种中低温热液蚀变岩中与滑石、蛇纹石等共生

序号	矿物名称	化学式	硬度	比重	晶体及集合体形状	颜色
13	岩 盐	NaCl	2~2.5	2.1~2.2	等轴晶系，常呈立方体。晶面上常见有漏斗状的阶梯凹陷，集合体呈致密块状、散粒状	无，因含杂质而带浅兰、黄褐、红、黑等
14	海 绿 石	(Fe, Al, Mg), [Si ₂ (Si,Al)O ₇] (OH),·nH ₂ O	2~3	2.2~2.8	单斜晶系，少见，常呈粒状或土状	黄绿、暗绿
15	黑 云 母	K(Mg,Fe) ₃ (OHF) ₆ (AlSi ₃ O ₁₀) ₂	2~3	2.7~3.2	单斜晶系，晶体常呈六方板状、柱状，集合体为片状或鳞片状	黑、绿、深褐色
16	白 云 母	KAl ₃ (AlSi ₃ O ₁₀) ₂ (OHF) ₆	2~3	2.7~3.1	单斜晶系，晶体呈假六方形的板状和柱状，集合体呈片状或鳞片状	无、银白、淡黄
17	金 云 母	KMg ₃ [AlSi ₃ O ₁₀] (OHF) ₆	2~3	2.75~2.9	单斜晶系，晶体呈六方板状或柱状，集合体呈片状、板状、鳞片状	无色透明或黄褐、红棕、绿、深褐色
18	方 铅 矿	PbS	2~3	7.6	等轴晶体，晶体多呈立方体或立方体与八面体的聚形，集合体常呈粒状或致密块状	铅 灰
19	自 然 铜	Cu	2.5~3	8.5~8.9	等轴晶系，但少见，常呈不规则树枝状、致密块状	铜 红 色
20	软 锰 矿	MnO ₂	5~6.5; 脆晶质及 粉末状者 硬度低 1~2	4.7~5	四方晶系，晶体呈细柱状或针状，但少见，通常呈块状粉末状和烟灰状集合体	黑
21	铝 土 矿	Al ₂ O ₃ ·nH ₂ O	3左右视 成分而定	2.5~3.5	鲕状、豆状、致密块状等胶体状态	灰白、灰褐、黑灰 砖 红
22	蛇 纹 石	Mg ₃ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂	2.5~3	2.5~2.7	单斜晶系，通常呈块状、纤维状或页片状	绿-绿黑
23	自 然 金	Au	2.5~3	15.6~19.3	等轴晶系，晶形呈八面体，但少见，常呈分散的粒状、树枝状集合体	金 黄
24	方 解 石	CaCO ₃	3	2.6~2.8	三方晶系，晶形常为菱面体及复三方偏三角面体等，具双晶，集合体常呈晶簇、粒状、钟乳状、结核状、鲕状等	白、无色，因含杂质可具多种颜色
25	硬 石 膏	CaSO ₄	3~3.5	2.9~3.0	斜方晶系，完好者少见，集合体常呈柱状，块状、厚板状、纤维状	白、灰、兰灰
26	重 晶 石	BaSO ₄	3~3.5	4.3~4.7	斜方晶系，晶体呈板状或板柱状，集合体呈晶簇、粒状、结核状和钟乳状	无色、白、红、褐、天兰等

续表

条痕	光泽	解理	断口	其他特征	分布岩类及伴生矿物
白	玻璃	三组完全		味咸, 易溶于水, 烧之火焰呈黄色	盐湖沉积
绿	玻璃或无光泽	无		一般为直径一至数毫米的粒状浸染体	硅质或粘土质碳酸盐岩石中, 也可成为砂岩的胶结物
白、淡绿	珍珠玻璃	平行[001]一组极完全		薄片半透明, 有弹性、不良导体	酸、中性岩浆岩及片麻岩、结晶片岩中
白	珍珠、玻璃	平行[001]一组极完全		绝缘、薄片半透明具弹性	多产于中酸性侵入岩及变质岩中, 其碎片也常出现在碎屑岩中
	玻璃	平行[001]一组极完全		浅色金云母与白云母区别须利用光性资料	超基性岩及其接触变质带
黑色	金属	三组完全		性脆具弱导电性和良好的检波性	金属矿脉与闪锌矿共生或见于碳酸岩类与岩浆岩接触带
铜红色	金属	无	锯齿状	为电和热的良导体, 表面常带有一层黑色氧化膜	热液矿床, 还原条件下的沉积岩
黑	半金属	平行[110]完全		易染手, 性脆	浅海沉积及风化铁帽
	土状		半贝壳状到不平整状	手摸之有粗糙感, 加HCl, 无反应或稍有反应, 在野外较难鉴定	岩浆岩风化带及部分沉积岩
白	油脂、丝绸	一组完全	参差状、贝壳状	有滑感, 常具条纹	超基性火成岩和变质岩
金黄	金属	无		良导体、熔点1062°C, 化学性稳定, 不氧化	热液矿床, 石英脉内
白	玻璃	三组菱面解理完全		遇冷稀盐酸剧烈起泡, 性脆	为石灰岩和大理岩的主要造岩矿物, 或为中、低温热液矿床的脉石, 裂隙充填物及岩溶区洞穴堆积(石灰华、钟乳石)
白	玻璃、珍珠	互相垂直		与水作用可变成石膏, 遇酸不起泡	泻湖或盐湖沉积, 常与石膏、岩盐伴生
白	玻璃、珍珠	平行[001]一组完全, 平行[210]一组中等, 平行[010]一组不完全, 交角近90°			存在浅海沉积岩及低、中温热液矿脉(方铅矿闪锌矿、辰砂、黄铜矿等)中

序号	矿物名称	化学式	硬度	比重	晶体及集合体形状	颜色
27	白云石	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	3.5~4	2.8~3.0	三方晶系, 晶形常作菱面体, 有时发育成柱状或板状, 晶面常弯曲呈马鞍形, 具双晶、集合体常呈粒状或块状	灰白、淡黄、淡红
28	黄铜矿	CuFeS_2	3~4	4.1~4.3	四方晶系, 晶形呈四方四面体, 但少见, 一般为块状, 粒状	黄铜
29	闪锌矿	ZnS	3~4	4	等轴晶系, 晶形为四面体, 菱形十二面体, 晶面上常见三角形蕊纹, 通常呈粒状和块状的集合体	无色、淡绿、淡黄 黄褐
30	文石	CaCO_3	3.5~4	2.9~3.0	斜方晶系, 晶体呈柱状或尖锥状, 具双晶, 并往往成轮式双晶而呈假六方柱状。集合体多呈柱状或纤维状的晶簇、或呈珊瑚状、钟乳状、鲕状等	无色透明或白色
31	孔雀石	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	3.5~4	4.5	肾状, 葡萄, 放射纤维状	翠绿~暗绿
32	菱镁矿	MgCO_3	3.5~4.5	3~3.1	三方晶系, 晶体呈菱面体, 集合体通常呈粒状、块状、土状	白色, 白灰
33	菱铁矿	FeCO_3	3.5~4.5	3~3.9	三方晶系, 晶体常呈[1011]的菱面体, 晶面常弯曲成马鞍形, 集合体呈致密块状、粒状、结核状及鲕状、土状	灰、褐、豆黄
34	萤石	CaF_2	4	3~3.2	等轴晶系, 晶体呈立方体, 八面体、常见有穿插双晶, 集合体呈致密粒状、块状	无色透明, 少见绿、紫、黄、玫瑰红
35	硅灰石	$\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$	4.5~5	2.8~2.9	三斜晶系, 晶体呈针状、粒状、板状, 一般为纤维状, 片状或放射状集合体	灰白、淡黄、淡红
36	磷灰石	$\text{Ca}_5(\text{Cl}, \text{F})(\text{PO}_4)_3$	5	3.2	六方晶系, 晶体呈六方柱状, 集合体为粒状、块状、结核状	白、浅兰、绿、紫、肉红、淡黄
37	兰晶石	Al_2SiO_5	4~6	3.5~3.7	三斜晶系, 扁平柱状, 双晶常见, 集合体有时呈放射状	白、兰、灰黑、暗黄
38	普通角闪石	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_5[\text{Si}, \text{Al}]_7\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	5~6	3.1~3.6	单斜晶系, 晶体呈六边形(近似菱形)的长柱状常依[100]而成简单双晶或聚片双晶, 集合体呈柱状、纤维状、粒状等	黑绿~黑
39	普通辉石	$\text{Ca}, \text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}, \text{Al}]_6\text{O}_{11}$	5~6	3.2~3.6	单斜晶系, 晶体呈八边形短柱状常依[100]成接触双晶或聚片双晶, 集合体一般为粒状	黑绿、褐黑

续表

条痕	光泽	解理	断口	其他特征	分布岩类及伴生矿物
白	玻璃	三组菱面解理完全		遇热盐酸有反应, 具条纹	为白云岩的主要造岩矿物, 为盐度较高的原生海湖沉积, 但大量的系由石灰岩被含镁溶液置换形成, 也有作为金属矿脉的脉石矿物出现
绿黑	金属	不完全	参差状	风化面常盖有鲜艳的兰色、紫褐、性脆	金属矿脉及基性岩浆岩和矽卡岩
灰白黄褐	金刚、半金属	六向完全(平行菱形十二面体)		性脆, 晶面上常有三角形的花纹, 不导电	产于热液, 交代矿床及岩浆岩与沉积岩的接触带, 常与方铅矿共生
	玻璃油脂	不完全	贝壳状	加HCl起泡剧烈, 不稳定, 可转变为方解石	见于近海底沉积的石膏和粘土层内, 金属、矿床氧化带富钙质的基性岩浆岩空隙中, 溶洞中, 及含碳酸钙的矿泉中沉淀而成
	玻璃丝绢			遇HCl起泡	含铜氧化带
白	玻璃	三组菱面[1011]解理完全		粉末与热盐酸反应	滑石、绿泥石片岩、白云岩、灰岩、系白云岩、白云质页岩经镁质交代而成
白、淡黄	玻璃	三向[1011]菱面体解理完全		与冷盐酸有缓慢作用, 并由于生成FeCl ₂ , 而呈黄绿色, 遇热浓盐酸则起泡	在还原条件下沉积而成或为热液成因, 前者产于页岩、粘土或煤层中; 后者常作为铁、铜、铅、锌金属矿床的脉石矿物产出
白	玻璃	四向完全		粉末加硫酸能溶解, 显荧光, 熔点1360°C	中低温热液矿脉、石灰岩、白云岩
白	玻璃丝绢	二组完全		易溶于盐酸中析出SiO ₂	变质矿物, 见于中酸性岩浆岩与石灰岩接触带及大理岩及钙质结晶片岩中, 常与透闪石、钙铁石榴子石、符山石透辉石及其他矽卡岩矿物共生
白	油脂	一组不完全	参差状	性脆, 柱面上有平行条纹	常见于高温热液矿脉和岩浆岩中, 也有沉积形成的
白	玻璃	平行[100]一组, 完全平行[010]一组、中等			系富铝岩石(如粘土矿物)在高压中温条件下变质而成, 常见于结晶片岩、片麻岩、石英脉中, 与云母、十字石、刚玉、电气石、金红石等矿物共生
灰白淡绿	玻璃	二组中等, 解理成124°或56°角斜交			酸性岩浆岩及深变质岩中
白褐	玻璃	二组中等, 解理近于正交87°			基性岩浆岩, 少数见于中性岩浆岩中, 与斜长石, 橄榄石, 角闪石等共生