

水力發電建設 工程地質勘察

第二卷

苏联 И. В. 波波夫主編

水利电力出版社

目 录

第一編 岩石成分和物理技术性質的研究

第一章 概述 255

§ 1. 試驗室研究的目的是任务(255) § 2. 岩石的工程地質分类(257) § 3. 岩石主要組成部分的表示法及其符号(261) § 4. 进行工程地質研究和估計时所采用的岩石成分和性質的指标(262)

第二章 試驗室研究岩石的种类 271

§ 1. 岩石的化学矿物成分(271) § 2. 碳酸鹽岩石的分析(272) § 3. 礫岩、角礫岩和砂岩的分析(274) § 4. 粘土和砂質粘土的分析(274) § 5. 顆粒成分及形狀(276) § 6. 岩石的物理状态(280) § 7. 岩石的物理化学性質(284) § 8. 岩石的物理性質(287) § 9. 力学性質(296) § 10. 評鑑滾压土填材料——第Ⅱ組岩石——的專門研究工作(303)

第二編 地下水的化学成分和侵蝕性

緒 言 304

第一章 地下水的物理性質及其化学成分 305

§ 1. 物理性質(305) § 2. 化学成分(306) § 3. 分析結果圖解法和水的分类(314)

第二章 不同成分地下水的混合 317

第三章 測定地下水对混凝土的侵蝕作用 319

§ 1. 概述(319) § 2. 測定碳酸鹽侵蝕性的原則(321) § 3. 飽和差的計算(322) § 4. 碳酸鹽侵蝕强度(323) § 5. 硫酸鹽侵蝕性的測定(326) § 6. 混合水的侵蝕作用(327) § 7. 水侵蝕性的測定标准(328)

第四章 水对碳酸質岩石和石膏的侵蝕作用 329

§ 1. 碳酸質岩石(329) § 2. 石膏(330)

第三編 野外条件下岩石抗剪力和抗垂直压力(荷重試驗)的測定

緒 言 338

第一章 岩石的抗剪力 338

§ 1. 野外剪力試驗設備(338) § 2. 原狀試样的大小与采取方法(341) § 3. 剪力試驗(342) § 4. 試驗資料整理(345)

第二章 岩石的抗垂直压力(荷重試驗) 348

§ 1. 有关試驗的一般理論提要(348) § 2. 露天工程中的荷重試驗(353) § 3. 进行試驗和整理結果(355) § 4. 确定承压層的特性(357) § 5. 有关鑽孔荷重試驗(深部試驗)的补充指示(359)

第三章 荷重試驗因次分析的应用 361

第四編 灌漿試驗工作

第一章 灌漿試驗工作及灌漿試驗的概略数据 370

§ 1. 灌漿的目的和任务(370) § 2. 佈置灌漿試驗工作所需資料(371)	
第二章 灌漿試驗的施工	373

§ 1. 試驗地段的各種准备工作(373) § 2. 灌漿工作(376) § 3. 檢查工作(381)	
第三章 材料整理与灌漿試驗工作結果的評定	383

第五編 工程地質勘察中的地球物理勘探方法

緒言	387
----	-----

第一章 工程地質与水文地質勘察中的电測方法	388
-----------------------	-----

§ 1. 物理基础与电測方法(388) § 2. 电測法的应用条件(396)	
--	--

第二章 电法勘探的任务和方法	400
----------------	-----

第六編 天然建築材料的普查与勘探方法

緒言	420
----	-----

第一章 天然建築材料及其技術規範	420
------------------	-----

§ 1. 石料的技術規範(421) § 2. 疏松岩石的技術規範(423)	
---------------------------------------	--

第二章 各設計阶段的地質和可采儲量的分类与估計	427
-------------------------	-----

§ 1. 儲量分类(427) § 2. 儲量的估計(428)	
--------------------------------	--

第三章 普查与普查勘探工作	432
---------------	-----

§ 1. 普查与普查勘探石料的方法(433) § 2. 松散岩石的普查与普查勘探方法(435)	
---	--

第四章 勘探工作	438
----------	-----

§ 1. 塊石产地的勘探方法(438) § 2. 松碎岩石产地的勘探方法(440)	
---	--

第五章 試驗方法	443
----------	-----

§ 1. 塊石取样試驗(443) § 2. 松散岩石的試驗工作(449)	
--------------------------------------	--

第六章 儲量計算	454
----------	-----

§ 1. 計算儲量的主要条件(454) § 2. 儲量計算方法(457) § 3. 儲量計算精確度(458)	
--	--

第七章 地質記錄	459
----------	-----

§ 1. 露头与試坑記錄(459) § 2. 鑽孔記錄(461)	
----------------------------------	--

第八章 地質勘探報告的內容和整理	461
------------------	-----

§ 1. 報告書的內容(461) § 2. 報告附件(461) § 3. 報告的整理(462)	
---	--

第七編 設計書中的工程地質報告及記錄

緒言	463
----	-----

第一章 初步設計阶段工程地質勘察報告的組成和內容	465
--------------------------	-----

§ 1. 一般部分(465) § 2. 專門部分(469) § 3. 結論(479)	
--	--

第二章 初步設計阶段設計書中工程地質說明書的組成及內容	479
-----------------------------	-----

§ 1. 总論(480) § 2. 專論部分(480)	
-----------------------------	--

第三章 技術設計阶段工程地質調查結果的報告內容	482
-------------------------	-----

第四章 技術設計工程地質說明書的內容	483
--------------------	-----

第八編 工程地質勘察中的鑽探與山地掘進工作

第一章 工程地質勘察中的鑽探與山地掘進工作的總論	484
緒言	484
§ 1. 依據鑽探和山地工程的用途提出各項技術要求(484) § 2. 關於在河谷內進行勘探 工作方法的一般規定(496)	
第二章 地質勘探鑽進機器	499
§ 1. 概論(499) § 2. 鑽機(500) § 3. 選取結構完整的岩樣(504) § 4. 抽水試驗水 泵(505) § 5. 壓水試驗設備(507)	
第三章 鑽探和山地掘進工作	509
§ 1. 鑽探工作(509) § 2. 山地工作(522)	
附錄	544
緒言	544
§ 1. 決定天然岩層中穩定邊坡之形狀和斜度的主要因素(544) § 2. 確定“穩定邊坡”的 概念和邊坡分類的基本原則(546) § 3. 估計非填方坡穩定性的計算方法(548) § 4. 確 定穩定挖方坡形狀及陡度的工程地質方法(553)	

第一編 岩石成分和物理技術性質的研究*

第一章 概 述

§ 1 試驗室研究的目的是任務

水工建築物(填和水库)對於自然環境影響的特點是將要劇烈改變地下水的產狀、運動性質、變化規律及化學成分等水文地質條件。這樣就或多或少地引起岩石成分、狀態和性質上的巨大變化，同時也出現了一系列的工程地質現象，這些現象對於所興建建築物的穩定性和工作情況都是極不利的。

上述工程地質現象中包括，例如：填基或填旁建築物地基內岩層的沉陷，或相反地，發生膨脹，填基或繞填滲漏現象的增強或減弱，岩石膨脹，致使裂隙閉合或相反地，因溶濾作用而使裂隙擴大；水库兩岸岩石的崩解、破壞和滑動；填基內的管湧現象等等。因此為了預測上述現象有無發展的可能及其強度如何，不僅應在建築物興建前，並且須在建築物施工和使用時期這些現象可能產生的情況下，進行研究岩石的成分、狀態和性質。

研究岩石時應說明的主要問題為：

(1)填和填旁建築物地基，在壓縮力和剪力的作用下，岩石的力學強度和變形型式。

(2)岩石在垂直和水平方向的透水性；

(3)水文地質條件改變時，岩石成分和性質的變化情況；同時，當岩石的浸濕程度、水流速度或其化學成分有所改變時，則假定地可分為兩種變化：岩石的化學變化，即化學安定性——溶解、分解、氧化等等——和岩石的物理變化，即物理安定性——膨脹、崩解、沖刷、管湧等等。

由於岩石的性質與水文地質條件有關，所以在研究這些岩石的同時，要詳細研究地下水的蘊藏條件、運動和變化規律，及其化學成分。研究結果應預測填和水库區內水文地質條件的變化情況，根據這個預測即可預知岩石性質的變化和工程地質現象的性質等等。

岩石的研究工作，應在完成各種工程地質勘察工作——測量、勘探工作、野外試驗工作和試驗室研究工作——的過程中進行。試驗室研究只是岩石的專門研究工作之一，依照研究結果可以根據客觀的特徵，進行岩石的工程地質分類，求出地質技術計算所必需的，各種岩石性質的數字指標，並可估計出，在水工建築物影響下造成的新自然環境內，這些指標的變化情況。

* B. A. 普里克郎斯基著。

只有当試驗室研究工作与野外勘察紧密结合时,岩石的室内研究結果,才能具有现实意义,彼此結合,方能綜合各种試驗研究資料,作出正确的解釋,并可利用这些資料广泛地說明所研究地段內的岩石。

研究岩石时,应严格地分辨出岩石的未来状态:保持其天然产状(填基及水庫兩岸等等);还需要人工开采(作为建筑材料)。在这两种情况下,岩石的研究和估計方法都是不同的。

試驗室研究工作的范围、內容和方法,取决于地質情况(岩石的产状、岩相的变化等等)、水文地質条件、岩石的成因和岩石的类型、設計建筑物的設計阶段及其型式(建筑物对岩石影响的性質)。

在設計的最初阶段內,工程地質勘察的主要任务是:

(一)岩石分类;

(二)确定研究地区內各种岩石的分佈情况;

(三)簡單說明当水文地質条件变化时,岩石成分和性質的可能变化。

因此,利用最簡單、經濟、迅速的方法,在試驗室內进行大量的測定,在最初的设计阶段內起着主要的作用。虽然这些方法不够精确,但可大量地研究試样来加以弥补。

同时,为了較詳細地鑑別本阶段分类的各种岩石、某些岩样,必須进行較精确的研究。因此可以采用間接的測定方法,即根据計算指标与較簡單指标的固定的关系,求出計算指标。最后,为了概略初步地說明岩石情况,可利用一些最基本計算指标的平均数值,其中几种岩石的平均数值,已在1941年出版的“水工建筑物設計

表 1

土 壤 的 名 称 和 性 質	平 均 数 值				
	摩 擦 角(度)	凝 聚 力 (公斤 平方公分)	变形模数 (公斤 平方公分)	泊 桑 比	渗 透 系 数 公尺/晝夜
軟粘土	10	0.05	15	0.40	0.005以下
中等密度的粘土	14	0.2	40		
致密的粘土	16	0.4	100		
松散沙質粘土	14	0.02	40		
中等密度的砂質粘土	18	0.1	100	0.30	0.005—0.05
密实的砂質粘土	20	0.2	150		
松散的砂質壤土	18	—	100		
密实的砂質壤土	25	—	200		
細砂	27	—	500以上	0.30	1—5
粗砂	35	—			10—50

附註:粘土和砂質粘土按其天然密实性和稠度进行分类,密实性和稠度以指标 K_d 和 K_n 表示。砂和砂質壤土的分类則按顆粒成分的数据資料进行,并間接地根据坑孔的觀察資料确定。

规范”中加以规定了(表1)。

但是应当注意,在许多情况下,实际指标与平均数值相差很大,因此,在采用平均数值时,不仅应考虑到岩石的类型,并应估计到其年代和成因(海成沉积、坡积、冲积、冰积等等),并须根据现有档案或文献资料修正表1内的平均数据。

在较晚的设计阶段中,研究岩石的主要任务是:

- (一)核定分类中各种岩石的性质;
- (二)根据设计要求正确地求出计算指标;
- (三)根据计算指标将已划分的各种岩石再划分为地质技术类型和亚类;
- (四)从数量上估计这些指标在水文地质条件变化时可能发生的变化。

这个时期在固定试验室内应广泛地采用精确方法确定计算指标,并根据专门程序专门地研究岩石成分和性质的变化情况。

2 岩石的工程地质分类

对于水工建筑物来说,研究岩石的首要任务是进行岩石的工程地质分类。

下面是根据岩石的最主要成因来分类,在此范围内并可按岩相和地质技术条件作进一步的划分。

岩石的成因类型

一、沉积岩:

I. 海成沉积:

1. 浅海的(深度在180—200公尺以下);

(一)滨海的;

(二)外海的;

2. 次深海的(深度由180—200到2000—3000公尺);

3. 深海的(深度3000公尺以上);

II. 过渡式沉积(混合岩):

1. 三角洲的;

2. 潟湖的(含盐量不等);

3. 河口的;

III. 大陆沉积:

1. 残积的;

2. 坡积的;

3. 洪积的;

4. 冰川的(冰碛的);

5. 冰水的, 冰湖的;

6. 风成的;

7. 黄土的;

8. 山崩和山麓堆积的;

9. 滑坡的;

10. 洞穴(喀斯特)堆积的;

11. 冲积的;

12. 湖成的;

13. 沼泽沉积的;

二、火成岩:

1. 深成的;

2. 喷出的;

3. 岩脉的;

三、变质岩:

1. 接触变质的;

2. 动力变质的;

3. 热力变质的;

4. 区域变质的;

四、表土:

1. 含大量腐植质的(如黑土、栗钙土);

2. 含大量氧化铁的(酸性灰化土);

3. 含大量可溶盐类的(盐土);

4. 含吸收钠的溶盐盐土(盐碱土);

5. 含大量三氧化物的(紅土和黃土);

6. 过潮湿的(沼澤土)。

划分地質技术組、种及亞种时, 根据一定指标表示的特征和性質, 并参照試驗室測定的数据資料进行。岩石的工程地質研究一般方式列于表 2。

表 2

研究阶段	第一 阶 段		第 二 阶 段			第三阶段
研究目的	一般地說明岩石特性, 这是評定岩石工程地質性質的先决条件		从数量上說明各种岩石的堅固性, 以及不同時間內的可能变化, 并考慮到設計建築物对岩層的影响			預測与設計建築物有关的工程地質現象
研究任务	按成因和岩石分类, 并确定每类岩石的年代、产状和破坏程度		將各种地質岩石类归納为某一地質技术組	將岩石分成地質技术种, 并初步地說明堅固性及其随时的变化情况	核定地質技术种內岩石的堅固性; 必要时, 可再分为地質技术亞种	將施工場地內的岩石再划分为工程地質类, 以作为工程地質分区的根据
岩石的分类名称	成因类型	岩石类	地質技术类(級)	地質技术种	地質技术亞种	工程地質类(复合体)
主要特征	年代、成因、岩相、構造、厚度、产状	化学矿物成分、結構、構造	变形特性(彈性体、脆性体、松散体或液体)	变形程度, 不透水性, 与水的关系及岩石性質的随时变化	根据設計需要, 从数量上精确地說明岩石性質	建築物施工和使用期間, 在建築物作用于岩層的地帶內, 工程地質現象的性質和强度
研究和分类方法	地質岩石測量和勘探工作	野外的岩石研究和个别岩样(鑿片等等)的研究工作	在測量和勘探时进行最簡單的試驗	进行分类指标的試驗室大量測定; 以个别試样測定直接計算指标	在設計建築物地段內, 利用野外和試驗室方法精确地求出直接計算指标	綜合施工場地內所有地質、水文地質和地質技术資料
研究結果的实际应用	初步估計地段的地質情况; 編制勘探工作的概略計劃(坑孔的布置、数目、型式和深度)	精确地估計地段的地質岩石情况; 初步选择地質技术研究的方法(試驗室和野外研究)	获得对岩石的堅固性和变形性質的一般概念; 核定地質技术研究的范围	概略地說明全段建築物基礎內各类岩石的堅固性	精确地說明各种岩石的堅固性和在建築物作用下岩石的变形性質	作出各建築物場地和地段的地質綜合評价, 其詳細程度应符合各設計阶段的要求

由表內看出, 研究岩石系分为三个阶段, 其中第一阶段又分为兩次进行, 第二阶段則分为三次。根据受外力作用而引起的力学强度和变形性質, 通常將岩石分为主要三組:

- I. 坚硬的和半坚硬的岩石;
- II. 粘性的和半粘性的岩石;
- III. 無粘性的岩石。

由冰膠結起来的, 或其中含有冰穴層和冰結晶的岩層, 为特殊的第四組岩石。

根据这种划分方式以及地層的成因和岩石成分。即能确定試驗室的研究內容、項目和方法。

坚硬和半坚硬岩石的特性是：顆粒間具有堅固的硬性連結（一般其連結破壞後就不能再行復原），實際上是不壓縮的，剪切時，發生剪切裂隙或斷裂變形。

粘性岩石的特征是：在干燥状态下，顆粒間具有堅固的硬性連結，而浸湿时，其顆粒間則产生塑性連結（在水中連結常常消失，而当干燥时，又能重新恢复原状），浸湿状态下可壓縮，剪切时有塑性变形；干燥状态下剪切时則發生剪切裂隙。

对于半粘性岩石來說其特征为：在干燥状态下，顆粒間的硬性連結不够堅固，浸湿时，微有塑性連結（置于水中則連結消失，干燥后已破壞的連結仍可復原），在浸湿状态下可壓縮，剪切时有塑性变形；在干燥状态下，剪切时則出現剪切裂隙。

無粘性岩石的特征是：顆粒間無連結，實際上是不壓縮的，但在动力負荷的作用下，可能产生迅速但不大的沉陷；剪切下变形与松散体的变形相同。

当坚硬和半坚硬岩石中沒有裂縫时，是为不透水的岩石，正如粘性岩石在普通压力下的情况一样。半粘性和無粘性岩石都因有孔隙而透水。

如有裂縫存在时，則無論是堅硬的、半堅硬的、半粘性的和粘性的岩石都將成为透水岩石。

当水作用于岩石时，根据岩石化学安定性之不同，一般可分为：

- (1) 可溶性岩石；
- (2) 部分可溶性岩石；
- (3) 非溶性岩石。

此外，某些岩石在水和碳酸的作用下，能够較快地分解（化学風化）。

可溶性岩石中，包括由全部溶于水的矿物所組成的岩石。所謂可溶矿物就是在風化过程中形成的次生矿物，即氯化物、硫酸和碳酸的普通鹽类：岩鹽（ NaCO_3 ）、石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）、硬石膏（ CaSO_4 ）、方解石（ CaCO_3 ）、白云石 [$\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2$] 等等。

所謂部分可溶性岩石，就是其中含有不溶解的矿物，但同时又有可溶于水的矿物。估計这些岩石时必须考虑到，岩石的溶解度不仅仅与岩石中可溶矿物的含量和溶解程度有关，并与岩石类别、岩石内部可溶矿物的分佈性質（分散的包裹体、透鏡体、夾層、裂縫充填物）、水的化学成分及岩石內水的运动情况（流速、孔隙或裂縫等通路的性質等等）也有关。

非溶岩石中包括，由不溶于水的原生和次生矿物（硅酸鹽、硅酸鋁、氧化鉄和氧化硅等等）組成的岩石。但是这种岩石也可能含有遇水分解的矿物。

在水和碳酸的作用下，火成岩具有最大的分解性能，特別是含有長石、黑云母和橄欖石的火成岩。海綠石和黃鉄矿同样也分解得很快；黃鉄矿氧化后，就形成含水氧化鉄和硫酸鹽。

凡溶于水的形成次生矿物的 Na、K、Ca 和 Mg 的碳酸鹽、硫酸鹽和氯化物及不溶于水的 Fe、Al 和 Si 的氧化物都是分解的最后产物。

粘土中含有的各种次生矿物，在大多数情况下为硅酸鋁（微晶高嶺石、高嶺石等

表 3

組別	岩石的工程地質類名稱	岩石的成因類型	力學性質	透水性	化學安定性	物理安定性
I	堅硬的(IIa)和半堅硬的(IIb)岩石	火成岩、變質岩、堅硬的沉積岩	顆粒間有堅固的膠性連繫(新合性和膠結性)堅硬岩石的極限抗压强度为500公斤/平方公分以上,半堅硬岩石——500公斤/平方公分以下。不可壓縮。剪切時产生剪裂隙。力學性質與風化程度和裂隙性有关	仅沿裂隙透水	堅硬岩石不溶解,半堅硬變質和沉積岩中,有可溶物質。在水和碳酸等的作用下,火成岩較易風化	堅硬岩石实际上不易与水作用 粗粒和層狀岩石的耐蝕性較弱。在半堅硬岩石中具有易軟化和不耐腐的岩石
II	粘性的(IIa)和半粘性的(IIb)岩石	細粒沉積岩、泥炭、粘土	在干燥情况下与半堅硬岩石相似,浸潤時有可塑性和壓縮性;剪切時造成塑性变形。由于濕潤程度不同,因此力學性質的變化甚大	粘性岩石实际上是不透水的,半粘性岩石微透水(渗透系数小于1公尺/昼夜);如有裂隙時則透水性增大。薄岩層(鰻狀粘土)或定向孔眼度(黃土)的透水性因不同方向而異	不溶解,可能含有溶解物質;因透水性弱這些物質也很難溶解。黃土中鹽類的溶解會加速劇烈沉陷	在水中膨脹、軟化和流散;凍結時,体积可能劇烈增大,形成冰透鏡体和冰夾層(凍脹岩石) 黃土和黃土类岩石浸濕時可能發生急劇沉陷
III	無粘性的岩石	松散沉積岩	顆粒間無連繫;在靜負荷的作用下一般不壓縮。震動時微压实的顆粒可能很快地發生沉陷	透水的;渗透系数在1公尺/昼夜以上	不溶解,很少含有溶解的昆 含物	在水中不膨脹,也不軟化

等), 这是分解的中间产物。

在物理安定性方面岩石可分为:

- (1) 在水的作用下软化和不软化的;
- (2) 在水中膨胀和不膨胀的;
- (3) 浸湿时剧烈变形和非剧烈变形的;
- (4) 耐寒和不耐寒的。

在水中软化和膨胀的岩石, 主要是含有大量粘土或有机混合物(腐植质和泥炭)的岩石。大孔隙土——黄土和黄土类岩石, 在浸湿时剧烈变形。

在严寒的侵袭下, 大多数岩石都遭到破坏, 失去完整性和颗粒间的连接, 或是由于体积不同程度的增大而使之变形。在冻结的作用下, 无论是坚硬、半坚硬、薄层的、粗粒的、孔隙多的和裂缝的, 或是含有大量粘土(如泥灰岩)的岩石都会遭到破坏。融解时, 特别是在水自由流入的情况下, 粘性和半粘性岩石都将变形(冻胀岩石)。

关于岩石的工程地质分类和分类的基本特征, 在表3内载有说明。

§ 3 岩石主要组成部分的表示法及其符号

所有岩石都是一个复杂的体系, 其组成部分如下:

- (1) 固体矿物和有机物的颗粒(实体);
- (2) 不同形状、大小和成因的颗粒间的空隙(孔隙和空洞);
- (3) 与固体颗粒有着相互作用的孔隙和孔洞中的水溶液, 可能为各种物理状态(吸着水、毛细管水和重力水), 并在不同程度上与固体颗粒发生着联系;
- (4) 无水空隙部分中的气体和蒸汽。

试验室内研究岩石时, 上述的岩石各组成部分在质量和数量方面都应加以说明。为了统一起见, 最好采用下列符号:

矿物颗粒(实体)体积 V_s

孔隙容积 V_n

水的体积 V_w

空气体积 V_a

在某种湿度下的整个岩石试样体积 V

绝对干燥时的整个岩样体积 V_d

矿物颗粒(实体)重量 G_s (或是绝对干燥岩石的重量)

水分重量 G_w

湿岩样的重量 G

岩石组成部分在数量上的关系, 可用重量表示, 即与固体颗粒(实体)的重量之比; 或用体积表示, 即与整个岩石(岩样)的体积、固体颗粒或孔隙体积之比。相应地以 n 、 ϵ 、 w 和 K 等指标来表示。

在表4中列有岩石组成部分的基本指标及其假定符号。

表4內的指标，其数量可以分数或百分数表示之。 w 和 n 的指标一般以百分数計，而 ε 和 K 則以分数計。

由一个指标换算为另一个指标时，可利用下列簡單公式：

$$n = W_0 \delta; W_0 = \frac{n}{\delta}; \varepsilon = \frac{n}{1-n};$$

$$n = \frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}; W_0 = \frac{\varepsilon}{\gamma}; \varepsilon = W_0 \cdot \gamma;$$

$$K_w = \frac{w}{W_0} = \frac{w\delta}{n} = \frac{w\gamma}{\varepsilon}.$$

式中 γ ——岩石比重；

δ ——岩石的干容重。

所有数值都以分数表示。

§4 进行工程地质研究和估計时所采用的岩石成分和性質的指标

岩石的工程地质研究結果应以岩石成分和性質的特殊指标(特性)表示出来。質量指标，即岩石任一特征或性質的簡述；数量指标則以适当的数据(数字指标或数字說明)表示。第一种指标，仅在岩石初步分类时作为分类的补充特征之用；第二种則無論对于分类或是施工計算都是适用的。

表 4

岩石的 組成部分	重量表示法		体 积 表 示 法									
			与整个岩石体积之比			与实体体积之比			与空隙容积之比			
	重 量 之 比	指 标 名 称	指 标 符 号	体 积 之 比	指 标 名 称	指 标 符 号	体 积 之 比	指 标 名 称	指 标 符 号	体 积 之 比	指 标 名 称	指 标 符 号
孔 隙	孔隙体积 中的水重 实体重	重量孔隙率 (或固 定孔隙率 下的飽含 水量)	W_0	孔隙体积 岩石的 总体积	孔隙率	n	孔隙体积 实体体积	引用孔隙率	ε	—	—	—
水	水 重 实体重	含水量 (湿度)	w	水的体积 岩石 总体积	体 积 含 水 量	n_w	水分体积 实体体积	引用体积 含水比	ε_w	水分体积 孔隙体积	相对湿度	K_w
空 气	空气体积 中的水重 实体重	飽和差	w_a	空气体积 岩石 总体积	包 气 度	n_a	空气体积 实体体积	引用包气度	ε_a	空气体积 孔隙容积	相 对 包 气 度	K_a

表 5

野外大量測定用的簡單分類標誌

岩石性質	標 誌	測 定 方 法	岩石的工程地質類		
			I	II	III

成分与構造					
顏色	岩石在具天然含水量时的顏色和色調	目測最好利用比色計	+	+	+
矿物成分, 特别是当有不稳定化学成分(黄铁矿、可溶矿物)时	一般地說明岩石成分, 并指出岩石中主要矿物和次要矿物的近似含量(%)	目測; 肉眼鑑定或利用放大鏡	+	+	+
含碳酸鹽性	含鈣質結核; 对于 HCl 的反应强度	目測 HCl 反应試驗	+	+	+
有机化合物杂质(腐植質等等)	呈深色或黑色, 有植物殘骸	目測	+	+	-
鹽漬度(主要是石膏和氯化鈉)	有易溶鹽类的結晶, 白色和灰色薄層及鹽霜	目測; 在野外試驗室內进行簡單的水提出物試驗, 以測定有無 Cl 和 SO ₄	+	+	-
低价鉄鹽性含量(有氧化亞鉄)	灰綠色	目測	-	+	+
氧化鉄含量(有高价氧化鉄)	褐色、紅褐色、黃褐色	目測	+	+	+
構 造	均一程度 層理性質 包裹体	目測	+	+	+
裂隙和节理	裂隙的密度、方向和大小 裂隙縫壁表面的性質(平滑、粗糙的等等) 裂隙的充填情况	目測	+	+	-
結 構	顆粒的大小及其均匀程度 顆粒的形狀、飽圓度和等軸度 顆粒的相互排列 膠結物的种类	目測	+	+	+

天 然 狀 态					
風化程度	岩石典型特征和性質的变化, 其中如: 顏色的变化、堅固性的变化(第 1 組的岩石)、次生矿物(石膏高价氧化鉄)的产生、裂隙情况	目測	+	+	-
天然含水量	用手揉捻时岩石状态的变化; 紙上的物理性質; 揉捻时破裂碎塊的形狀等等	根据表 8 內簡單的試驗方法	-	+	-
天然稠度	振盪和搓成条狀时的岩石性質, 錐体、压荷器压入时的压入量和荷載量	参照表 8 利用專門仪器(彈性錐体等)	-	+	+

岩石性質	標 誌	測 定 方 法	岩 石 地 質 組		
			I	II	III
成 分 与 構 造					
顏色	天然含水量岩石的顏色及色彩	目測; 最好利用比色計	+	+	+
矿物成分, 特別是当有不稳定的成分(黃鉄矿、可溶矿物)时	一般地說明岩石成分, 并指出岩石中主要和次要矿物的大概含量(%)	目測; 可利用普通的或双目放大鏡或显微镜	+	+	+
含碳酸鹽性	含有石灰質(結核体) HCl 反应强度 CO ₂ 的总含量	目測 HCl 反应試驗 利用測鈣仪	+	+	-
有机化合物的混合物(腐植質等等)	深色或黑色 有植物殘骸	目測 在鹼(碳酸鈉溶液)中溶解	+	+	-
含鹽性	有易溶矿物結晶和白色鹽霜現象 水提出物中有 SO ₄ 和 Cl 存在	目測 測定水提出物中 SO ₄ 和 Cl 測定鹽酸提出物中的 SO ₄	+	+	-
含低价鉄鹽性(有氧化亞鉄)	灰綠色	目測	-	+	+
含氧化鉄性(有高价氧化鉄)	褐色、紅褐色、和黃褐色	目測	+	+	+
結構	顆粒成分(三类主要粒的含量%) 顆粒形狀 顆粒的相互排列 膠結物类别	篩析法 魯特柯夫斯基法 比重計法(在个别情況下) 目測法	+	-	+
主要的物理性質					
天然容重	1 立方公分的重量, 以克計(Δ)	称量已知体积的岩样	+	+	+
天然孔隙率	孔隙容积与样品的总体积之比(%)	按比重、容重和含水量計算	+	+	+

續表 6

岩石性質	標 誌	測 定 方 法	岩石地質組		
			I	II	III
崩 解	崩解的性質和速度	直接觀察	-	+	-
膨 脹	膨脹含水量 體積的增加(%)	拉普捷夫法	-	+	-
		費拉托夫法 瓦西里也夫法	-	+	-
塑 性	塑性界限和塑性指數(W_p, W_f M_p)	標準法、手搓法或瓦西里耶夫法 體積法(用于計算塑性指數)	-	+	-
压实性	压实性指標(F)	按最大和最小孔隙率計算	-	-	+
透水性	滲透系數(K_ϕ)	卡明斯基管或 СПЕЦИЕО 管	-	-	+

天 然 狀 態

風 化	岩石典型特征和性質的變化, 其中如: 顏色、堅固性的變化(第 一組岩石)、次生礦物(石膏、氧 化鐵)的產生裂縫情況	目 測	+	+	-
天然含水量	含水量(w), 按重量百分比計	石臘法、比重計法、烘干及稱 量法	+	+	+
孔隙充水度	飽和度或相對含水量(K_w)	按容重、含水量和孔隙率計 算	-	+	+
天然稠度	抗压入力 稠度指標(K_K, K_B)	圓錐體法	-	+	-
		維卡針式儀(密度計) 按含水量和塑性界限計算	-	+	-
相對密度	砂的相對密度指標(D)	按最大、最小和天然孔隙率計 算	-	-	+
压实度	按普利克朗斯基法求粘土岩層 压实度的指標(K_d)	按塑性界限和天然孔隙率計算	-	+	-

表 7

岩石名称	固 态 (干 燥 的)			
	岩石的抗断力	断 口 (目测或放大鏡观察)	岩石的抗冲击力	干燥和研成粉末后的 外部特征
粘 土	抗断力大, 断口边缘尖锐、稳固。个别泥块很难以手指捻碎	表面相当平滑, 看不到单独砂粒。刀切时则形成比普通断口颜色较深的光滑面	大岩块 (15×15×10公分以上) 很难击碎; 击打处呈现特有的凹痕, 并可清楚地看到磨光面。击打时形成的裂缝具有辐射状的方向 (由击点向外辐射)	手研时, 感到粉末微细, 并發凉感, 粘有土粉的手指, 虽經强烈抖动仍見粉末痕跡。紙面上的粉末搖动后, 顆粒均匀散佈。抖动后, 紙上殘留很多粘粒
粘 壤 土 (砂質粘土)	较粘土抗断力小; 断口不太锐利坚硬。岩样的突出部分, 特别是含粉土砂質粘土的突出部分 極易磨掉	表面粗糙, 可以清楚地看到单独砂粒。刀切时表面不太光滑, 可以看到移动砂粒的痕迹	与上述不大相同的岩塊極易击碎, 特有的凹痕表現的不明显。击打形成的裂缝很少有规律性, 击打后岩样仍保持原状	手研时薄土中感到有单独的砂粒存在。抖动后手指上少有土粒痕跡。紙上研磨过的土粒, 經搖动后, 在紙面中心遗留有粗砂粒
砂 壤 土 (砂質 壤土)	抗断力甚弱; 拆断时, 岩样部分破坏。挤压时, 則散碎	無論折断或刀切, 表面都很粗糙。砂粒甚多	易散碎, 并完全失掉原状	摸时感到坚硬, 抖动后手上几乎找不到任何土粒痕跡。紙上的土粒經搖动后, 在其表面呈砂状

試驗室研究时求得的指标, 根据实际应用的性質不同可基本分为下列三組:

(1) 分类指标; (2) 間接的計算指标; (3) 直接的計算指标。

有时將分类指标和間接計算指标合併为一組称为Ⅱ級指标, 而直接計算指标則列入另一組內称为Ⅰ級指标 (見表 8 和表 9)。

一般將最簡單的 (大多数是質量上的) 岩石成分和性質的測定結果, 作为最初研究阶段的分类指标。按照上述三个基本类别: 坚硬的 (第Ⅰ組)、粘性的 (第Ⅱ組)、無

岩石的性質		塑性态岩石的性質		液性状态
搓条时的岩石状态	干岩塊在水中崩解的情况	搓条时	搖动时	岩石的性質
不可能搓成条状，易裂；很难作成土球，稍加挤压即可裂开	开始崩解时，速度不快，同时产生特有的裂隙；極力保持原状。浸在水中的岩塊在短時間（1—5分鐘）內仍能保持抗斷力，并且其內部亦呈干燥状态	容易搓成細長的泥条（直徑0.5公厘）。感到有粘性。使手污穢	在手中用力搖动仍保持原状；割成兩半的泥餅，搖动时不合攪	置于手上多次用力搖动时，即將变形，呈圓狀，并有水浮于表面。切成兩半的泥餅，搖动时合攪，有时分割线亦消失。粘性甚強，易污手；粘在鉄紙上的泥土难于取掉，鉄面上殘留粘土
很难搓成条状，易断成单独小节挤压时立即破碎	較粘土崩解得强烈迅速；崩解时，土样分裂随之散落，原状改变。尤其是含粉土的壤土，散落得尤其厉害，以致样品完全变形	能搓成条状，直徑約2公厘，粘着性和粘滯性弱	用力搖动时一般可保持原状，虽有个别的凸出部分破裂或散落，但并不合攪	多次用力搖动时，呈圓狀，比粘土出水强烈（特别是粉状壤土）。搖动切开的泥餅时，合攪。粘性与污穢情况較粘土弱，鉄上的粘土易掉，鉄面保持光滑状态
不能搓成条状	全部迅速崩解，变动明显，崩解时呈現輕微的混濁状态	能搓成条状直徑2—3公厘，無粘着性和粘滯性	搖动时生裂痕，但并不合攪	在手中多次用力搖动时易变形，并稀釋成泥漿状，合攪性弱，污穢和粘性也弱，往常搖动时，則会完全从鉄上落下

粘性的(第Ⅲ組)在表5和表6內提供出最主要的分类指标。符号“+”和符号“-”表示某一指标对于該类岩石是否适用。

为了初步近似地鑑別松散(不粘結的)岩石(第Ⅲ組)，在野外应肉眼和用放大鏡詳細地观察所研究的岩石，并用手模試研究。根据这些外部特征，無粘性岩石可用下列方法区别：