

苏联坑探工程 掘进工艺与机械化

郭声远 等编译

地质出版社

苏联坑探工程 掘进工艺与机械化

郭声远 等编译

地质出版社

内 容 简 介

本书比较全面、系统地反映了苏联坑探技术的现状和水平。书中系统地介绍了岩石性质及其研究方法，对探槽、垂直、倾斜、水平坑道及地下硐室的机械化掘进工艺和设备都作了比较详细的介绍，并总结了若干掘进队快速掘进的经验。书中介绍了一整套坑探工程设计计算方法，还提出了坑探工程的环境保护问题。本书可供地质、冶金、煤炭、核工业等部门从事地质勘探掘进及坑探机械设计的科研、工程技术和管理人员参考。

苏联坑探工程掘进工艺与机械化

郭声远 等编译

*

责任编辑：徐一啸

地质出版社出版

（北京西四）

北京昌平北七家印刷厂

（北京昌平北七家乡）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：850×1168¹/₃₂印张：11¹/₈字数：290,000

1987年7月北京第一版·1987年7月北京第一次印刷

印数：1—995册 国内定价：3.15元

统一书号：13038·新392

前 言

坑探工程在我国和苏联同样是一种重要的地质勘探手段，因此，苏联在坑探工程方面有很多地方值得我们参考和借鉴。然而，近二十余年来，由于种种原因，这方面的译著寥若晨星。为了使我国坑探工程技术人员和其他有关人员能比较全面地、系统地了解苏联坑探技术的现状和水平，我们编译了《苏联坑探工程掘进工艺与机械化》一书。

本书以1976年，《СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРНО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ》(坑探工作现代工艺与机械化)一书为基础，将1978年，《СПРАВОЧНИК МЕХАНИКА—ПОДЗЕМНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ》(坑探工作机械师手册)和1980年，《ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЕ ДЕЛО》(地质勘探业务)的部分内容以及一些现在已掌握的最新杂志的有关内容，经过精选、删繁、综合、编译而成。本书由郭声远同志主编，参加编译的有刘宗平(第一、二、七章)、芦朝栋(第三、十章)、杨惠民(第四章)、刘昭明(第五章)、王首魁(第六、九章)和郭声远(第八章)等同志，又经陈恒岚同志对全书作了认真的审校和订正。

由于译、编水平所限，不足之处，恳请读者批评、指正。

一九八六年九月

AB430/10

目 录

第一章 苏联坑探工程概况	(1)
第二章 岩石性质及其研究方法	(8)
第一节 概述.....	(8)
第二节 岩样的选取和加工.....	(9)
第三节 岩石性质的测定.....	(10)
第四节 岩石分级.....	(24)
第三章 探槽掘进工艺及其机械化	(29)
第一节 概述.....	(29)
第二节 手工掘进探槽.....	(35)
第三节 挖掘机掘进探槽.....	(36)
第四节 犁式挖槽机和松土挖槽机掘进探槽.....	(44)
第五节 绳式耙斗机掘进探槽.....	(46)
第六节 轮式刮斗机掘进探沟.....	(51)
第七节 推土机掘进探沟.....	(53)
第八节 凿岩爆破方法掘进探槽.....	(60)
第九节 水力方法掘进探槽.....	(72)
第四章 浅井和勘探竖井掘进工艺及其机械化	(77)
第一节 总论, 坑道参数及其应用范围.....	(77)
第二节 部分机械化掘进浅井.....	(78)
第三节 浅井的主要工序机械化掘进.....	(88)
第四节 钻进法掘进浅井.....	(92)
第五节 竖井掘进及其所用设备.....	(142)
第五章 水平坑道掘进工艺及其机械化	(164)
第一节 概述.....	(164)
第二节 掘进循环工序.....	(166)

第三节	水平坑道掘进经验	(197)
第四节	水平坑道快速掘进实例	(203)
第六章	倾斜坑道掘进工艺及其机械化	(223)
第一节	概述	(223)
第二节	天井掘进	(223)
第三节	斜井及下山掘进	(241)
第七章	地下硐室掘进工艺和机械化概论	(250)
第一节	井底车场硐室掘进	(250)
第二节	钻探硐室的掘进	(253)
第八章	坑探工程设计	(256)
第一节	坑探工程设计特点	(256)
第二节	坑道断面形状和尺寸	(261)
第三节	施工作业参数的计算	(279)
第四节	施工场地和废石场地的设计	(312)
第九章	地质勘探队的动力设施	(320)
第一节	压风设备	(320)
第二节	供电	(338)
第十章	坑探工程的环境保护	(347)

第一章 苏联坑探工程概况

坑探工程在固体矿产矿床普查勘探过程中占有重要地位。

为了揭露、取样、观察以及研究矿体或地质体所掘进的坑道称为勘探坑道。勘探坑道的掘进工作称为坑探工程，简称坑探。

勘探坑道主要包括：探槽、浅井以及各种地下勘探坑道。

近年来，苏联一般将掘进浅部的勘探坑道（包括探槽和浅井等）称为地表坑探工程，而将掘进深部的勘探坑道称为地下勘探坑道。

地下勘探坑道按照其主轴的位置可分为：水平、垂直和倾斜坑道。此外还有硐室。

水平坑道有平硐、石门、沿脉、穿脉等；垂直坑道有竖井、暗井和天井；倾斜坑道有斜井、上山和下山。

硐室是辅助坑道，用来安装机械、存放设备与材料以及地下修配间的装备等，如井底车场和卷扬机房、水泵房以及坑内钻探用的硐室等。

在地质勘探工作的各个阶段都需要掘凿各种勘探坑道。

当进行地质测量，编制地质构造图和查明有远景的矿产层系时，需要进行坑探工程。其掘进工作量的大小取决于在所研究的范围内覆盖层的厚度和有无天然露头。

在普查过程中，为了查明岩层浅部有无成矿现象或矿床而掘进浅坑、探槽和浅井。当对于地表有露头或被厚度不大的松散岩层所覆盖的矿床进行初步勘探时，如果掘进足够数量的探槽、浅井和平硐，就能顺利地完成普查勘探任务。

当进行详细勘探时，掘进的典型勘探坑道是浅井、平硐、斜井或竖井并配合其它坑道。当详细勘探有色金属、稀有金属、放射性金属和非金属矿床以及晶体材料时，坑探就占有更重要的地

位。矿床生成条件越复杂，坑探的规模就越大。

在矿山企业中进行生产勘探时，也需要掘进各种勘探坑道。但在掘进探槽、平硐、竖井、石门、沿脉、穿脉和天井时，要考虑到这些坑道在矿床开采时将被用来作为开拓和采准坑道的可能性。

当进行工程地质勘探时，在工程的各个阶段都要掘进坑道，用以编制地质剖面图，研究岩体构造，选取典型岩样等，常用的坑道是浅井和平硐。

当进行水文地质工作时，常掘进浅井来测定岩石透水率以及对土壤性质进行各种研究工作。

必须指出，由于坑道的断面较大，掘进的方向不受限制，可以追索矿体，地质人员可以直接进入地下观察、研究以及采取工艺样品所要求的大量样品。因此，在地形、矿体产状与埋藏深度有利的条件下，利用坑探对其它勘探手段（钻探、物探、化探）所取得的成果进行验证，可以获得良好的效果。

苏联坑探工程的工艺与机械化的发展与矿山掘进工程相关，其发展过程大致可分为以下四个时期：

第一个时期：起始于史前期，延续到十八世纪中叶。基本掘进工序都是靠手工进行的。当时，矿山掘进工艺与坑探工艺之间没有什么本质的区别；

第二个时期：起始于十八世纪中叶，延续到十九世纪八十年代。矿山掘进采用手工打眼，火药崩落岩石，运输与提升岩石采用人力或畜力。由于当时火药相当昂贵，所以，只有在某些特殊场合下进行坑探时才使用火药；

第三个时期：起始于十九世纪八十年代，延续到二十世纪后半期。矿山掘进广泛采用机械凿岩，烈性炸药爆破岩石，通风采用了各种通风机，逐步采用电动和风动机械，使工作面装岩、运输、提升和排水等工序都实现了机械化。在这个时期内，坑探工艺与机械化与矿山掘进工艺与机械化之间的差距越来越大。但是，坑探与过去的工艺相比，采用烈性炸药爆破岩石的应用范围

扩大了，而掘进循环中其它各工序大部分仍然用手工操作，

第四个时期：起始于二十世纪后半期。矿山掘进的特点是，主要和辅助工序的高度机械化、坑道掘进采用综合机械化以及生产过程自动化。由于采用了综合机械化装备而使矿山掘进工艺大为改观。在许多情况下，不但在软的和中硬岩层，而且在坚硬岩层中掘进坑道时，越来越多地采用了机械破碎岩石来代替传统的凿岩爆破法破碎岩石，从而给矿山掘进工艺流水作业的连续性创造了条件。

矿山掘进工艺与机械化迅速发展的有利条件是：矿山工作生产稳定，规模大，有可能提供经济的动力以及运输，安装与维护相当复杂有时又很笨重的装备等。

坑探工程的流动性、分散性、规模小（与矿山相比）、远离工业中心以及交通不便等因素，成为影响坑探工艺与机械化发展的主要障碍。

苏联为了适应地质工作的发展，确定了勘探坑道掘进要实现综合机械化和建立固定的综合掘进队的方针，在这种方针指引下，坑探工程在七十年代得到很大发展。到第九个五年计划末（1975年），坑探掘进基本上实现了综合机械化（机械化程度达95%），掘进队发展到了253个。

近年来，地质部门坑探工作费用在地质勘探总费用中占6%。苏联坑探工作的主要任务是由苏联地质和矿藏保护部（简称地质部）系统完成的，例如，苏联地质部在1980年完成全苏坑探任务的比例是：地下坑道占43.3%，浅井占92.3%，探槽占70%。苏联地质部坑探工程费用在固体矿产野外工作总费用中占14~16%。从事坑探工程的总人数已超过两万人。根据远景预测（到2000年）地质部系统坑探的任务和作用还要增大。

近年来，苏联地质部系统坑探工程结构有日益复杂的趋势。例如勘探竖井的工作量和深度都增加了；水平坑道的长度和断面也增大了，到1982年1月为止，地质部系统有62个勘探竖井，其断面达到 30m^2 ，深度达1000m，有256个水平坑道，其断面达到

5.8~7.5m²，平均运输距离达到840m。

苏联地质部系统在第十个五年计划期间和1981年完成的坑探工作情况如表1-1所示。

表 1-1 苏联地质部系统历年完成坑探工程情况

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1980/ 1975	1981
坑道工作量 (10000m)	26.25	27.88	28.88	28.11	26.93	28.35	108.0	27.88
其中水平坑道、 天井工作量 (10000m)	25.74	27.50	28.49	27.78	26.75	28.22	107.7	27.71
机械化完成工作量 (10000m)	24.24	26.33	27.53	26.94	26.08	27.78	112.9	27.36
机械化程度 (%)	94.2	95.7	96.6	97.0	97.5	98.0		98.2
劳动生产率 (m/人月)	7.6	7.7	8.1	8.3	8.0	7.8	105.3	8.0
掘进速度 (m/队月)	111.6	116.2	121.0	125.5	132.4	137.5	123.2	135.7
快速掘进工 作量* (10000m)	7.87	9.35	10.98	11.94	12.17	13.36	169.8	12.57
快速掘进所占 的比例 (%)	30.6	34.0	38.5	43.0	45.5	47.3		49.4
队年完成工 作量 (m/队年)	1038	1124	1213	1222	1181	1260	117.6	1221
完成计划的队数 (%)	70.8	74.2	77.3	73.5	76.7	79.6		80.2
掘进队数 (个)	253	248	238	230	228	224	88.5	227
掘进队平均人数 (人)	14.7	15.0	14.5	15.5	16.6	17.7	120.4	16.9
每m计划成本 (卢布/m)	272.5	303.7	313.3	336.4	325.4	322.4	118.3	336.3
浅井工作量 (10000m)	56.4	52.61	50.49	49.55	50.03	50.71	81.7	52.12
其中机械化完成的 工作量(10000m)	14.48	13.86	44.18	13.13	10.81	12.37	87.0	11.70
机械化程度 (%)	25.7	26.3	28.1	26.5	21.6	23.9		22.5
劳动生产率 (m/人月)	27.1	26.5	28.2	26.2	21.2	28.9	106.6	28.0
每m计划成本 (卢布/m)	23.0	25.6	27.6	27.0	27.5	28.8	125.2	26.2
探槽、长槽和采场工作量 (10000m ³)	1336	1381	1411	1456	1558	1530	114.5	1504
其中探槽工作量 (10000m ³)	1136	1180	1212	1331	1396	1428	125.7	1482
机械化完成的工作量 (10000m ³)	400	458	533	626	660	871	217.8	946
机械化程度 (%)	35.2	38.8	44.0	47.0	47.2	56.9		60.5
每m ³ 计划成 (卢布/m ³)	3.05	3.09	3.02	3.24	3.16	3.46	113.4	3.25

* 快速掘进定额指标为150m/队月以上。

在第十个五年计划期间，坑探工作总预算投资超过了7.3亿卢布。

探槽的年工作量约为1500万 m^3 ；浅井（包括浅井下开岔）的年工作量约为50万 m ；地下坑道掘进的年工作量，从1975年的26.25万 m 增加到1980年的28.35万 m ，增长了8%；地下坑道掘进速度，从1975年的111.6 m /队月增加到1980年的137.5 m /队月，增长了23.2%；其中水平坑道快速掘进（掘进速度超过150 m /队月）所占比例，自1975年的30.6%至1980年增长到47.3%，而1981年增长到49.4%。

坑探工程机械化程度具有稳定增长的趋势，例如，在1975~1980年期间，地下坑道工作机械化程度由94.2%增长到98.0%，探槽掘进工作机械化程度由35.2%增长到56.9%。总的说来坑探工程的劳动生产率也有所增长。

在上述时期内，苏联在地表坑探工程中扩大了高效的浅井钻井机和挖掘—推土技术装备的应用范围。在地下勘探坑道中广泛地采用了高效的、带有消声器和减振装置的ПР-30和ПР-24ЛУ型风动凿岩机，并且有成效地推广应用了УПБ和ЛКР型轻便凿岩装置。采用了高效的ППН-1С型装岩机完全取代了ПМЛ-5МО型装岩机。为了取代容积为0.35~0.5 m^3 的矿车和外形尺寸较小的АК-2У型蓄电池机车，日益广泛地采用容积为0.81~1.4 m^3 的矿车和功率更大的4.5АПН-2М型电机车。在许多生产单位中还采用了一些成批生产的高效设备，诸如：凿岩台车、皮带转载机、掘进圆形断面天井和竖井用的联合机等。

在坑探工程中还推广了地质部门科研机构研制的二十多项新产品，其中有：吊车、通风机、探槽挖掘机、内燃凿岩机和摩托钻、取样器、坑探支架以及各种小型机械化设备，如快速拆卸的管道接头，滑轮滚动式调车盘等。

苏联地质部系统在坑探工程中所采用的本国设备与外国同类设备的技术水平对比分析如下：

地下坑道采用的大部分本国的轻型矿山掘进设备，其主要技

术经济指标与国外同类产品相当，如手持式和支架式风动凿岩机，现代化新型的和改进的风动凿岩台车、装载机和装运机以及电机车等。另外，许多技术装备，如液压凿岩机、液压凿岩台车、柴油机车、天井联合掘进机、移动式压风机站以及通风机等。其生产率、动力装备、金属材料单耗，零部件标准化、通用性、可靠性以及能量消耗等指标与国外最佳产品相比尚有差距。虽然，用于地表勘探坑道的本国的挖掘—推土技术装备的技术水平大体上与国外产品相当，但是，由于地质部门缺乏在坑探工程条件下使用的专用挖土技术装备，所以当前的浅井与探槽掘进机械化水平还是相当低的。此外，地质部门还缺乏自带动力的高效坑探技术装备。

在第十个五年计划期间，苏联地质部门生产单位继续推广了以下先进的坑探工艺：

爆破工作主要采用深眼直线掏槽和新型爆炸材料；

坑道支护采用3C-3型等金属杆；

浅井掘进采用大口径钻机；

探槽掘进采用高效的挖掘机、挖槽机和移动式耙斗机以及采用松动爆破和挖掘机相结合的综合掘进工艺。

在第十个五年计划期间，苏联地质部门完成了70多项科研和试验设计项目，获得大约2000万卢布的经济效益，并为本部门完成了如下工作：完成了到1990年坑探工程技术和设备发展的论证；制订了到2000年坑探工程科学技术发展规划；论证了合理的坑道断面，编制了竖井和水平坑道的标准设计以及浅井标准断面手册；制订了坑道掘进和验收方法指南，长坑道通风的标准设计和计算复杂通风系统的方法；同时还重新研究了坑探工程技术的基本方向，特别加强了提高浅井和探槽的机械化程度以及研究小型机械化设备和辅助设备的工作。

在改进坑探工程组织方面，除了建立固定的综合掘进队以外，从1978年开始还实行了掘进队承包制。到1981年实行承包制的掘进队数目达到63个，占掘进队总数28%，承包完成的坑道掘

进工作量为5.7万m，约占总工作量20%，坑道掘进速度提高了12%，经济效益约为32万卢布。

苏共26次代表大会提出，在第十一个五年计划期间（1981～1985年），坑道掘进工作量比第十个五年计划增长10%，探槽增长8.5%，浅井保持原有水平。因此，提高坑探工程的方向和任务是：

- 1.保证最充分的供应生产单位所需的高效、成批生产的设备，如：凿岩台车、支架式和向上式凿岩机、轻便式凿岩支架、中型蓄电池机车、大容积的矿车、风动装药器、坑道支架机械化装备以及挖掘—推土技术装备等；

- 2.研制新型设备，辅助工序机械化装备以及坑内取样机械化装备，例如，适用于北部地区的探槽挖掘设备，自行式浅井联合掘进机或电铲，自行式耙斗装置，安全的浅井支架，在坚硬岩层中钻进通风孔的技术装备以及小断面坑道电动联合掘进机等；

- 3.提高地质系统工厂成批生产的坑探技术装备的产量，降低造价。新的研究成果尽快地投产；

- 4.提高地质系统生产单位坑探设备的利用率，制订坑探设备所需的有科学依据的生产定额；

- 5.积极地推广先进的科学技术和先进经验，改善劳动组织，提高劳动生产率；

- 6.准确地编制坑探工程计划 and 设计，在生产中实行新的技术经济指标体系；

- 7.加强干部的培训工作的，建立坑探工程的调度和技术服务系统。

第二章 岩石性质及其研究方法

第一节 概述

破碎岩石是矿山工作（包括坑探）的基本的施工作业，在坑道掘进过程中采掘工作面上的岩石就要进行该项作业。

保持掘进坑道的轮廓和保证坑内施工的安全主要依靠支护。掘进和支护工序的工艺繁重程度和生产效率首先取决于坑道所穿过的岩石性质。而岩石性质在相当大的程度上也影响着掘进循环中其它各个工序。

许多岩石物理力学性质对于矿山工作的特点、方法和方式有影响，这些性质称为矿山工艺性质。了解岩石的矿山工艺性质对于从事勘探坑道掘进的人员来说是必要的。测定岩石矿山工艺性质可与掘进工作同时进行或者在掘进工作以前进行，后者，主要利用钻探所获得的岩心，以供选择掘进工艺之用，而前者则利用从坑道中取得的岩样，或直接在坑道周围的岩体中进行试验。其目的是为了更加准确地说明原先选定的一些掘进工艺参数，或者为了适应坑道工作面地质情况的变化而改变掘进工作的方法和方式。

进行矿床勘探时研究岩石的矿山工艺性质有很大意义，可以获得设计矿山企业所需要的有用矿物和围岩的资料。这是国家储量委员会在批准储量报告时（如煤田矿产储量）要求列入许多有关煤和围岩的矿山工艺性质方面的资料的原因。

研究不同年代的岩石性质也有很大意义。由地质勘探机构、矿山企业、科研机构和院校等所完成的岩石性质研究工作，目前正在创立着地球科学的新学科—岩石物理学和岩石力学。这个学科

领域已经建立了联合的国际组织。

第二节 岩样的选取和加工

研究岩体中的岩石性质能保证获得将来进行矿山工作时所需的最准确的资料。然而，在许多情况下，特别是在进行矿山勘探工作时，研究岩体中的岩石性质，作起来困难很大，目前还不能实现；将来采用的地球物理方法来研究岩体中的岩石性质将具有很大意义。目前，在实验室条件下研究岩石性质的方法已获得广泛应用。选取岩样并把它加工成适合于试验用的试样，对于研究结果的精确性和可靠性有着很大影响。

所选的岩样应该具有该岩石最典型的状态、构造和结构。

岩样可以用岩心。同样岩石的岩心，最好从不同的钻孔和不同的埋藏深度来选取，后者对于沉积岩来说更为重要。

为了可靠地、充分地综合研究岩石性质，选取的岩心长度应大约为1m，直径应大于40mm（用较小直径的岩心不能制成所需尺寸的岩样），岩心不能有明显的破坏。

当掘进坑道时，岩样可以岩块的形式来选取，最好不选取用爆破法从岩体上分离的岩块，但在不可避免地要用爆破法来采取的情况下，应从远离炸药包的岩体部分砸下来的岩块中取样。岩样选取形状接近于立方体或平行六面体的岩块，岩块的尺寸（直径）约30cm。沉积岩的岩样要涂蜡，以便在试验以前保持其天然的湿度。

为了用岩样进行实验室试验，需要把岩样加工成为正确的几何形状，如圆柱体、立方体、平行六面体、片状、盘状等。加工试样的设备采用石料加工机，钻床（用环状钻头从岩块中钻取岩心）和抛光机。岩样的加工精确度、正确的几何形状和表面加工的光洁度，对于研究结果都有很大的影响。

鉴于制作规则几何形状岩样的工作，既复杂又繁重，这便成

为目前提出一系列以不规则形状岩样（不作表面加工岩块）来测定某些岩石特性的出发点。

第三节 岩石性质的测定

可把各种各样决定矿山工艺的岩石性质，归纳为以下三类：即岩石物理—技术性质，岩石变形性质和强度以及岩石矿山—技术性质。

一、岩石物理—技术性质

我们认为诸如：密度、孔隙度、堆积质量、自然安息角、摩擦系数和摩擦角等这些岩石性质属于物理技术性质。

（一）岩石密度●

岩石密度特性包括岩石的密度、比重和容重。

岩石密度(ρ)是岩石单位体积（包括在岩石中的固相、液相和气相）的质量。

岩石比重(γ)是岩石固相部分单位体积的重量（这个定义便于计算岩石孔隙度）●。

岩石容重(γ_0)是岩石单位体积（包括在岩石中的固相、液相和气相）的重量。

因此，岩石密度 $\rho = \gamma_0 / g$ ，（ g —重力加速度）。

测定岩石比重最广泛应用的方法是比重瓶法，该方法的实质是测量装满了液体的比重瓶（带有准确容积标记的玻璃烧瓶）和装有液体和岩样的比重瓶质量。试验方法概述如下：称量干净的空比重瓶，把岩石试样（10~20g）破碎成粒度为0.5mm以下的岩粉，装入比重瓶再次称量，然后装入一半水并煮沸10~15min，以便从试样中排除空气。在比重瓶冷却以后注满水，直到水位标记

● N.A.屠尔昌诺夫，M.A.约菲斯，Э.В.卡斯帕克，1977，矿山岩石力学基础，煤炭工业出版社。

● 我国标准中，把岩石比重定义为：试样干重与同体积4°C时蒸馏水重量的比值。

为止并且称量，然后把比重瓶倒空，冲洗，装满水直到水位标记为止并且再次称量。

按照下列公式计算岩石比重●

$$\gamma = \frac{q}{q_n - (q_n' - q)} \quad (2-1)$$

式中 γ ——岩石比重， N/m^3 ，

q ——岩样质量， g ，

q_n ——装满水的比重瓶质量， g ，

q_n' ——装有水和岩石试样的比重瓶质量， g 。

岩样的质量，可由带试样的比重瓶和空比重瓶质量相减来算出。

了解岩石容重对于计算装运工序、矿山压力、支架结构和矿山企业的生产率都是必须的。

测定岩石干燥容重最简单的方法是腊封法。先把岩石小块（6~10g）烘干至恒重，然后称量并涂腊（把岩块捆在细线上放入加热温度为80~90℃的盛腊容器中停留1~2s）。涂腊后的试样进行两次称量——先在空气中称量，然后在水中称量（把试样挂在天平钩上，浸入盛水容器中），岩石容重按照下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{q}{q - q_1' - 1.08(q' - q)} \quad (2-2)$$

式中 γ_0 ——岩石容重， N/m^3 ，

q' ——涂腊的岩样质量， g ，

q_1' ——涂腊的岩样在水中的质量， g 。

致密的岩样不涂腊，在空气中和水中称量以后按照下式计算其容重：

$$\gamma_0 = \frac{q}{q - q_1} \quad (2-3)$$

式中 q_1 ——岩样在水中的质量， g 。

① 式(2-1)右侧应乘以与试验温度同温的蒸馏水的比重（近似为1）。