

中等专业学校教学用书

勘 探 技 术

下 册

长春冶金地质专科学校
湖南冶金学院 合編



中国工业出版社

勘探技术分为上、下两册。上册为钻探部分；下册为掘采部分。

本册为掘采部分，主要叙述凿岩爆破，槽、井、坑探的掘进，金属矿床开采。

本书可作为中等专业学校金属矿地质与勘探、矿山地质、钻探等专业（三年制或四年制）的教材，也可供从事探矿工程的工作者参考。

下 册

长春冶金地质专科学校 合編
湖 南 冶 金 学 院

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $13 \frac{5}{8}$ · 字数 323,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—2,033 · 定价（9—4）1.80元

统一书号：15165·335（冶金—168）

緒 論

一

采掘工业是加工工业的基础，是发展重工业的最基本的，也是最重要的环节之一。它担负着供给国家各工业部门以各种矿石、燃料、建筑材料、研磨材料、绝缘原料，工业技术材料等的重大责任。

为了获得这些有用矿物原料，必须探明和开采各种类型的矿床。通常这些矿床的埋藏深度，形状，大小及品位变化很大；地形，水文地质和矿物岩石的物理力学性质也各不相同。因此探明地下矿床时，在地质勘探手段中，除采用物化探、钻探外，还需要掘进坑道，因为它能使我们直接观察并仔细研究所揭露的矿床，以便正确地掌握它的产状、厚度、品位及储量。尤其是对矿体形状复杂和品位不均的矿床进行勘探，掘进坑道更成为不可缺少的一种重要手段。同时在开采矿床中，掘进坑道是生产矿山的基本建设工程。只有及时而成功地开掘各种坑道才能保证矿山的矿石开采正常进行，顺利地完产量计划。

二

地质勘探工作的基本特点，就在于它是直接为生产矿山建设服务。它的主要工作对象是现有矿山及其外围。它的基本任务是为生产矿山增多储量，使其有可能扩大生产规模或延长矿山寿命；提高工作质量，使矿山生产获得更多的经济效益，使生产开支和开采损失降低到最小限度。因此地质工作者对采掘工程应有所了解，掌握其一定的理论知识及实际操作技能，以便在今后地质勘探工作中能正确地运用这一技术，多、快、好、省地为生产矿山建设服务，以满足国民经济发展对矿物原料的需要。这就是学习本门课程的目的。

三

我们伟大的祖国是世界上采矿与利用矿石最早的国家，四千多年以前就有了采矿及冶炼的技术，周朝（公元前1122年）金属矿床开采已有相当发展，2100多年以前的西汉时代有了煤矿，唐宪宗（公元810年）时开采银、铜、铁、锡的矿坑已有一百多处，元朝（公元1200年）已有深达数百米的盐井，至明朝（公元1400年）采煤工业不仅懂得了勘察及开采的技术，而且有了通风、支护和提升的措施；当时的采掘工程已有了相当的水平。

我国不仅是采掘工业发达最早的国家之一，并且在爆破技术上，曾有杰出的贡献。例如黑色火药的发明，使得采掘工业中出现了应用钻眼爆破工具和技术的可行性。众所周知，这一技术直到目前为止，在采掘工程中仍然占有决定性的作用。

但是，由于我国长期处于封建社会，从鸦片战争后的一百余年内（1840~1949）又遭受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的剥削和压迫，严重的束缚了我国科学技术的发展和进步，其中采掘工业更是如此。当时矿山所采用的采矿法始终停留在古老的阶段，采用的设备也很简陋，很多矿山均采用手工开采，因而劳动生产率和矿石产量极低。如中南区和西南区官僚资本家经营的矿山，多半是用手锤和土钢钎子凿岩，用黑火药和土

引綫爆破，使用簸箕运矿，而且沒有正規开采計劃，見矿就挖，采富舍貧，因而，不但劳动生产率低，而且矿石損失大。

解放以后劳动人民做了国家的主人，在党的领导下，很快地对旧有矿山进行了恢复、整頓和改建工作，使重点矿山轉为机械化生产，并建立了机选厂。

第一个五年計劃期間，对矿山进行了規模更加宏大的地质勘探及建設工作，向矿山輸送大批干部、熟练工人和机器設備，逐漸改革了旧的并采用了新的采矿法，設備利用率和劳动組織不断得到提高和改进，劳动生产率和矿石产量逐年得到提高，矿石損失和貧化逐年下降。特别是从1958年大跃进以来，金属采矿工业和国民經济其它部門一样，获得了更大的发展。

在党中央和毛主席提出的鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，采矿工人和工程技術人員同全国人民一起进行了忘我的劳动，进一步掌握了采矿技术，試驗并应用了大量崩矿采矿法和其它各种新的高效率采矿法，改变了采矿法的結構及回采工艺，創造并采用了不少新的采矿工具和設備，使我国金属采矿工业的面貌发生了巨大的变化。特别是开展以机械化和半机械化、自动化和半自动化为中心的技术革新和技术革命的群众运动以来，广大职工革命干劲和革命热情更加高涨，各个企业革新項目不断涌現；劳动生产率又有很大的增长。不难設想，在不久的将来，各矿山推車和装車等繁重体力劳动将被彻底消灭，遙控、遙測、遙訊、电视及其它先进技术将在矿山获得广泛应用。

目 录

緒論	5
----------	---

第一篇 坑道掘进

第一章 概論	1
§ 1 矿山坑道	1
§ 2 坑道掘进方法	2
§ 3 岩石分級	4
第二章 鑿岩工作	15
§ 1 概述	15
§ 2 人工凿岩	16
§ 3 风动冲击式凿岩机	20
§ 4 冲击式凿岩所用钎子及其修制	23
§ 5 压缩空气的供給	37
§ 6 冲击式凿岩生产率	39
§ 7 凿岩时的除尘	41
§ 8 YH 型内燃凿岩机	45
§ 9 电钻	46
第三章 爆破工作	49
§ 1 炸药的一般概念	49
§ 2 金属矿山常用的工业炸药	53
§ 3 起爆器材	57
§ 4 起爆方法	62
§ 5 在均质岩石中的爆破作用	70
§ 6 爆破方法	75
§ 7 爆破工作中的安全	77
第四章 探槽及探井掘进	79
§ 1 探槽掘进	79
§ 2 探井掘进	83
第五章 水平坑道掘进	94
§ 1 水平坑道断面形状及規格	94
§ 2 凿岩爆破綜合工作	96
§ 3 通风	105
§ 4 装岩及运输	109
§ 5 水平坑道支护	109
§ 6 水平坑道掘进的工作組織	126
第六章 勘探竖井掘进	123
§ 1 勘探竖井断面形状及規格	123
§ 2 勘探竖井井口位置选择及井口挖掘	129
§ 3 掘进作业	130

§ 4 竖井掘进工作組織.....	140
第七章 傾斜坑道掘进	142
§ 1 斜井掘进.....	142
§ 2 天井掘进.....	144
第八章 峒室掘进	145
§ 1 井門掘进.....	145
§ 2 峒室掘进.....	147

第二篇 金属矿床开采

第一章 概論	149
§ 1 矿床勘探程度.....	149
§ 2 在露天开采法与地下开采法之間进行选择的原則.....	150
§ 3 矿床开采步骤及儲量.....	151
§ 4 矿山年产量及服务年限.....	152
§ 5 对矿床开采的基本要求.....	153
第二章 金属矿床地下开采	153
§ 1 矿床开采順序.....	153
§ 2 矿床开拓.....	155
§ 3 矿床采准.....	162
§ 4 回采工作的主要生产作业.....	169
§ 5 地下采矿方法分类.....	170
§ 6 空场采矿法.....	172
§ 7 留矿采矿法.....	179
§ 8 充填采矿法.....	182
§ 9 支柱及支柱充填采矿法.....	188
§ 10 崩落采矿法.....	192
§ 11 金属矿床地下采矿方法的选择.....	197
第三章 金属矿床露天开采	202
§ 1 基本概念和术语.....	202
§ 2 露天矿的主要生产过程.....	204
§ 3 露天矿开拓方法.....	206
§ 4 露天采矿方法.....	208
参考文献	212

第一篇 坑道掘进

第一章 概 論

§1 矿 山 坑 道

为了勘探、开拓及开采矿床，或为达成其他种种采矿技术目的，在有用矿物矿床或岩石中进行开凿工作时所形成的孔洞，叫做矿山坑道。

矿山坑道是由几个岩石面所围成的空间：其两侧的面叫做邦或坑道壁，上面的面叫做顶板，下面的面叫做底板。而随着掘进工作向前推进的面叫做工作面（掌子面）。

每条坑道均有中心线，沿着它可以测量坑道的长度或距离，并利用它控制坑道掘进方向。垂直坑道中心线的切面叫做横断面。坑道通到地面的一端叫做坑口。

开采有用矿床时，必然要开掘很多坑道。这些坑道可根据以下原则进行分类。

按坑道用途可分为：勘探坑道、开拓坑道（或称基本坑道）、采准坑道及回采坑道。

按坑道对地面的关系可分为：地表坑道及地下坑道。

属于地表坑道的有：探槽及堑沟等。

属于地下坑道的又可根据坑道中心线与水平面所成的角度区分为：水平坑道、倾斜坑道和垂直坑道。

一、水 平 坑 道

凡是中心线与水平面平行的坑道，都称为水平坑道。但实际上，这些坑道都不是绝对水平的，为了便于运输和排水，它们均稍微带有某种程度的坡度。属于这一类的坑道有：平窿、石门、平巷和横巷等（图1）。

平窿是具有直接通至地面出口的水平坑道。它作为地下探矿及开采时的运输、通风和排水之用。平窿可以沿矿床走向开掘，也可以与走向成一定角度开掘。

石门是没有直通地面出口，而与矿床走向相交的水平坑道。它作为运输、通风和排水之用。

平巷是没有直通地面出口，沿着矿床走向开掘的水平坑道。其用途和石门一样，有时也称为沿脉坑道。

横巷同样是没有直通地面出口，但它只开在厚矿体或矿层的内部，并与矿床走向成一定角度，有时也称为穿脉坑道。

二、垂 直 坑 道

凡是坑道的中心线与水平面成垂直的坑道，都称为垂直坑道。属于这一类坑道的有：探井、竖井和盲井等（图1）。

探井一般是断面小，深度浅，具有直接通至地面的出口，用于地质勘探的垂直坑道。

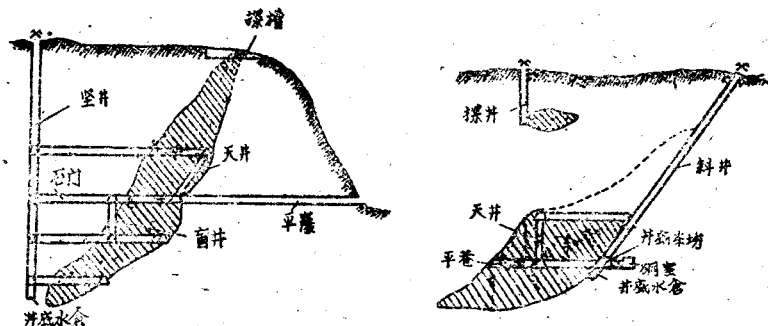


图 1 矿山坑道示意图

竖井是有直接通到地面出口，作为勘探深部矿床，提升有用矿物、人员、材料和各种设备，以及通风等用途的垂直坑道。竖井按其主要用途又可以分为勘探井、提升井和通风井等。

盲井的作用与竖井一样，但没有直接通到地表的出口，它只将下部水平的有用矿物、人员等提升到上部水平。

三、倾斜坑道

凡是坑道中心线与水平面成各种倾斜角度的坑道，都称为倾斜坑道。属于这类坑道的主要有：斜井、天井、轮子坡、溜道和下山等。

斜井是直接由地面沿矿体或岩层倾斜方向开掘的坑道，用以探矿或作提升有用矿物、废石、人员、设备、材料以及通风、排水等用。

天井就是没有直接通到地面出口，用于连接上下两水平坑道的倾斜坑道，作为了解矿床变化，或者用于上下人员、设备、材料以及通风和排水等。

轮子坡是没有直通地面出口而利用机械设备下放有用矿物的地下倾斜坑道。

溜道是没有直通地面出口，而利用自重从上部水平将各种物料下放到下部水平的地下倾斜坑道。

下山也是没有出口直通地面，用以提升下部水平的种种物料到上部水平，沿着矿层或岩层倾斜开凿的地下坑道。

四、硐室

硐室是横断面特别大，而长度比较小，没有直通地面出口的水平坑道。用来安装各种设备、机器、存放材料和工具以及其它用途而开掘的。

硐室的名称一般是根据它的用途或所装置的机器类型来命名的：如井底车场、钻深窝、水泵房、变电所和机修房、地下炸药库、电机车库、候车室、医务室、调度室以及消防室等等。

§ 2 坑道掘进方法

无论开掘那一类坑道，均需依据它所穿过的岩石性质、掘进方向、横断面的大小、

服务年限长短和用途的不同，可以采用各种不同的掘进方法。

根据坑道所穿过岩石的物理力学性质，可以把现有坑道的掘进方法，划分成两大类：普通掘进法和特殊掘进法。

普通掘进法是在稳定及涌水量不大的岩层中（指致密的坚硬的或塑性的岩层）掘进坑道的方法。换言之在这种岩层中掘进坑道时，可以允许短时或长时地暴露坑道的四壁和它的工作面；而且涌水对掘进工作的影响很小。特殊掘进法是在不稳定的岩层中（流砂层和松散岩层）或岩层虽然稳定但涌水量很大的情况下掘进坑道的方法。此时，不允许暴露坑道四周的岩石面，而且涌水对掘进工作起着决定性的影响。

普通掘进法根据掘进工作面同时所穿的岩层数目和性质，又可分为在单质岩层内的坑道掘进法和在非单质岩层中的坑道掘进法两类。前者随着工作面的向前推进，坑道的位置始终只穿过某一种岩层；而后者则当工作面向前推进时，要同时穿过两种和两种以上的岩层，这些岩层就其物理力学性质、质量和价值来说，彼此都是不相同的（例如开在薄层煤层内的坑道）。但是在金属矿山中都把它当作单质岩石来看待，因此在本书中对这种方法不提出专门讨论。

在单质岩层中的掘进方法：若再根据岩石的物理力学性质，又可区分为在单质硬岩中和在单质软岩中的掘进方法。前者开掘坑道的特点是利用凿岩爆破法；而后者除采用上述方法外，还有用人力或机械直接掘进法。

根据掘进方向的不同，掘进方法可分为：水平坑道的、垂直坑道的和倾斜坑道的掘进法。

根据坑道横断面尺寸的大小可采用全断面掘进法和阶梯工作面掘进法。通常在横断面面积不大于5~15平方米时，采用全断面掘进法，大于此数值时则用阶梯工作面掘进法。由于勘探坑道横断面面积较小，故本书中只讲述全断面掘进法。

此外，还可以根据坑道的服务年限和用途，把掘进方法分为基本坑道的和辅助坑道的掘进法，它们之间的差别仅在于支架形式和质量要求程度上的不同。

无论在何种掘进法中，当掘进坑道时，按其掘进作业可分为主要作业和辅助作业。

直接在坑道工作面上进行的，如凿岩、爆破、通风、排水、岩石清理以及架设支架等工序，都叫做掘进的主要作业。

随着工作面的向前推进，还必须进行轨道铺设、接压风管、水管和风筒、敷设动力线和照明线等工序。这些都叫做掘进的辅助作业。

主要作业完成的好坏，对于坑道的掘进速度、成本和质量起着重要的作用，特别是其中的凿岩爆破作业更有着决定性的意义。因为在采掘工程中，除了在个别情况下可以采用特殊方式以外，在比较硬的有用矿物的采掘和在岩石中的坑道掘进，绝大部分都需要采用凿岩爆破的方法来完成。所以凿岩爆破不仅是从地下获取有用矿物的重要手段，而且在掘进过程中它所占的时间最多，成本最高；例如在掘进水平坑道时约有50~60%的时间花在凿岩爆破工程上，费用约占总成本的一半。因此本书中有专门章节讲述。

辅助作业是给主要作业创造正常条件的。辅助作业完成得及时、正确，可以消除主要作业过程中在时间上的不必要的拖延，从而可以加速掘进工作的进行。

§3 岩石分級

掘进坑道工作中，首先遇到的是岩石，而各种岩石均具有不同的岩石物理力学性质，它们直接影响着掘进工作。因此在不同的岩石中掘进，其掘进速度、生产定额、设备选择、材料消耗均有差异。为了更好地制定经济技术指标，提高劳动生产率，合理选用设备和预算材料供应，以达到有计划有节奏地组织生产，所以必须将岩石进行分级。

目前我国在坑道掘进工程中一般采用的岩石分级法有以下几种：

一、普氏岩石分级法

在20世纪初，人们对岩石坚固性只具有性质上的认识，如区别岩石为坚硬的、软弱的、脆的类型，并以这些性质作为岩石在采矿工程上分级的基础。这仅是把个别方面（象钻眼方面，地表陷沉方面）的现象和岩石的坚固性联系起来。以后，资料的累积渐渐增多，因此就有了可能进行各种破碎岩石方法和岩石坚固性之间相互联系的研究。

普氏研究了岩石坚固性在各种方面表现（即被各种方法破碎时）的实际资料以后，得出了一个最基本的观点，他认为：岩石坚固性在各种方面的表现是趋于一致的。难破碎的岩石用各种方法都难破碎；容易的都容易。如果一种岩石当冲击式凿岩时比另外一种岩石坚固若干倍，那么它在爆破，回转式钻眼和支护时，也将坚固同样的倍数。岩石坚固性在所有这些方面都具有一个相同的比例系数。

由此，普氏就利用了一个岩石坚固性的指标——坚固性系数，来表示岩石在采掘作业中各个方面的坚固性。他写道：“坚固性系数就是岩石之间相对坚固性在数量上的表现。它最重要的性质在于不问是何种抵抗力和它是怎样产生的，给予岩石以相互间比较的可能性，甚至用它来作计算的准确程度，也未必比一般建筑上的计算中采用很大的安全强度来得差一些。”

这样，普氏岩石坚固性系数不仅在质上，而且在量上也表示岩石对于各种破碎方法的坚固性。平常用符号“ f ”来专门代表普氏岩石坚固性系数。一种岩石较另一种岩石的 f 值大若干倍，就意味着用任何方法破碎它时将困难这么多倍。利用岩石坚固性系数 f ，普氏把采掘作业中所有常遇到岩石的 f 值规定为由0.3到20，每一具体岩石从而得到一个相应的 f 值。按岩石坚固性系数不同，将岩石划分成十级（表1）。

普氏分级的优点是使用简便。普氏岩石坚固性系数在许多矿山运算经验公式中可以代入使用。因此，普氏分级法不仅在苏联，而且在其它国家也得到广泛的采用。

普氏分级的缺点首先在于它假定岩石的坚固性不论以何种形式和不论何种应用状况下被破坏，都保持同一数值，而在实际上是不尽如此的。难爆破的岩石就不一定难凿岩。普氏分级法采用实验室测定来代替现场测定，这样就不可避免的带来岩石因应力改变而造成的坚固程度上的误差。

由于技术水平的发展，当年反映手工凿岩时期所得出的测定 f 值的方法已经大部分不能应用，保存下来的仅仅只有极限抗压强度一种方法：

$$f = \frac{R}{100}$$

式中 R ——岩石极限抗压强度（公斤/平方厘米）。

表1 普氏岩石分級表

等 級	堅固性程度	岩 石 名 稱	f
I	最堅固的岩石	最堅固、細致和有韌性的石英岩和玄武岩其他各種特別堅固的岩石	20
II	很堅固的岩石	很堅固的花崗質岩石，石英斑岩，很堅固的花崗岩，砂質片岩，較上一級較不堅固的石英岩，最堅固的砂岩和石灰岩	15
III	堅固的岩石	花崗岩（致密的）和花崗質岩石，很堅固的砂岩和石灰岩，石英質脈，堅固的礫岩，極堅固的鐵礦	10
IIIa	堅固的岩石	石灰岩（堅固的），不堅固的花崗岩，堅固的砂岩堅固的大理石和白云岩，黃鐵礦	8
IV	頗堅固的岩石	一般的砂岩，鐵礦	6
IVa	頗堅固的岩石	砂質頁岩，頁岩質砂岩	5
V	中等的岩石	堅固的粘土質岩石，不堅固的砂岩和石灰岩	4
Va	中等的岩石	各種頁岩（不堅固的）致密的泥灰岩	3
VI	頗軟弱的岩石	軟弱的頁岩，很軟弱的石灰岩、白堊、岩鹽、石膏、凍結的土壤、无烟煤、普通泥灰岩、破碎的砂岩、胶結礫石、石質土壤	2
VIa	頗軟弱的岩石	碎石質土壤，破碎的頁岩，凝結成塊的礫石和碎石，堅固的煤，硬化的粘土	1.5
VII	軟弱的岩石	粘土（致密的），軟弱的烟煤，堅固的沖積層——粘土質土壤	1.0
VIIa	軟弱的岩石	輕砂質粘土、黃土、礫石	0.8
VIII	土質岩石	腐植土，泥煤，輕砂質土壤，濕沙	0.6
IX	松散性岩石	砂，山麓堆積，細礫石，松土，採用的煤	0.5
X	流沙性岩石	流砂，沼澤土壤，含水黃土及其他含水土壤	0.3

注1：將每一種岩石劃分到這種或那種等級時，不僅單獨地按照其名稱，而且必須按照岩石的物理狀態，並根據它的堅固性與分級表中列出的諸岩石進行比較。風化的、破碎的、打碎成個體的，經斷層擠壓過的、接近於地表的等狀態的岩石，一般說來，應當把它劃分到處於完整狀態的同種岩石稍低的等級中。

注2：上述的岩石堅固性系數，可以認為是岩石在所有各種不同方面相對堅固性的表征，它在採礦中的意義在於：a) 手工開采時的採掘性；b) 炮眼及深孔的凿岩性；c) 應用炸藥時的爆破性；d) 在冒落時的穩定性；e) 作用於支架上的壓力等等。

但同時必須注意到：在分級表中指出的數字是對某一類岩石中所有岩石而言（例如：頁岩類、石英岩類、石灰岩類等等），而不是對此個別岩石而言的；因而，在特定情況下確定f值必須十分慎重，並且這一f數值在不同的情況下是不一樣的。

研究工作指出，按岩石極限抗压强度方法求f值有下列缺點：

- 1) 試塊尺寸大小對R值有影響，試塊加工精度也對R值有影響；
- 2) 試塊只受單向壓縮，這與岩石在凿岩爆破時受力情況不符；
- 3) 壓力試驗設備龐大，非一般礦山所具備。

二、苏氏分級法

苏氏分級法（亦稱岩石統一分類法）是在普氏分級法之後提出的。該分級法的基本出發點是認為岩石堅固性在某一個具體破碎過程中存在着特殊規律性。苏氏認為“必須按照個別的方法來決定岩石的堅固性，也就是應建立個別的等級，如凿岩性等級，爆破性等級等等。”在測定岩石的凿岩性和爆破性時，最好是應用實際的凿岩爆破工作指標。苏氏論證此點時寫道：“生產過程本身即可作為決定岩石或礦物堅固性的方法，生產過程所採用的機械是用來作為鑑定過程本身的理想儀器。”

基于上述，苏氏提出的表示潜岩性的指标是：

- 1) 每凿岩一米浅眼所磨钝的钢钎或硬质合金钎头数目，(个)；
- 2) 用钢钎或硬质合金凿岩时的纯凿岩速度，(毫米/分)。

表示爆破性的指标是：

- 1) 爆下一立方米原岩消耗的炸药量，(公斤)。
- 2) 爆下一立方米原岩消耗的炮眼总长度，(米)。

根据上述四个凿岩爆破指标，以苏氏为领导的科学小组在许多矿山协助下，于1928年~1940年间进行了大量测定工作，得出的岩石分級結果列入表2中。普氏岩石分級与苏氏岩石分級的換算見表3。

表2 苏氏岩石分級表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
岩 石 等 級	潜 岩 性 程 度	爆 破 性 程 度	岩石潜岩性和爆破性 属于同一級的岩石	只 表 示 潜 岩 性	只 表 示 爆 破 性	凿一米 炮眼，钎 子消耗的 根数		純凿岩 速 度 (毫米/ 分)		磨钝1根钎 子所凿进炮 眼的总长度 (米)		打一米深 的眼，所需 純凿岩 時間 (分)		爆下一立 方米原岩 所需 炸药量 (公斤)		爆下一立 方米原岩 所需 炮眼总长 度 (米)		一公斤标准 炸药爆下 的原岩体 (立方米)	一 米 炮 眼 爆 下 的 原 岩 体 (立 方 米)
I	最 难	最 难	无硫化物最致密石英 致密碧玉，微晶石英 岩，橄辉玄武岩，最 高度致密的角岩			50	1.00	11	23	0.02	1.0	90	35	8.3	8.0	0.12	0.125		
II	同 上	同 上	最高度致密石英岩含 铁角岩，玄武岩，輝綠 岩，玢岩，角斑岩无硫 化物非常致密的石英			37	0.75	15	40	0.027	1.5	67	25	6.7	7.3	0.149	0.137		
III	同 土	同 上	最高致密石英岩，玢 岩，含铁角岩，磁鉄 矿，安山岩，玄武岩， 輝綠岩，正长岩， 最高致密无矿的斯卡 隆，原生微晶花岗岩		非常致 密和韌 性石英 岩，含 铁角岩 玄武岩	25	0.5	20	50	0.04	2.0	50	20	5.3	6.7	1.189	0.149		
IV	很 难	很 难	非常致密的石英岩， 含铁角岩，安山岩， 玄武岩和輝綠岩微晶 花岗岩，非常致密的 微粒閃长岩、花岗岩 正长岩，和非常致密 的柘榴輝石，矿石化 (錳鉛等)的斯卡隆	非常 致密 和韌 性石 英， 含 铁 角 岩， 玄 武 岩		17	0.35	25	60	0.06	3.0	40	17	4.7	5.7	0.238	0.178		

6

續表 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X	中 上 等			砂岩，石灰岩，假象赤铁矿，风化花岗岩，片麻岩、正长岩、辉长岩、闪长岩、石英电气石岩石，受强烈风化的輝綠岩、安山岩、角閃輝綠岩、石英閃岩、粗面岩、石英斑岩、蛇紋石中的鉻鉄矿，含硫石英脉石英硫磺盐类，菱鉄矿、菱苦土矿、滑石化蛇紋石、致密合金重晶石	稍微风化裂隙的矿化石英石		2.00	0.05	85	160	0.500	20.0	12	6	1.5	3.2	0.665	0.310
X	同 上	同 上		稍微风化的半花崗岩，霏细磷灰石矿，致密鉄鉛氧石，不含石英的綠泥滑石片岩，滑石蛇紋岩片，綠泥斜紋岩片岩，其他片岩	致密泥灰岩，生裂隙的赤鉄矿及矿化石英岩		1.40	0.04	110	200	0.715	25.0	9	5.0	1.25	2.9	0.80	0.354
XI	中 等	中 等		石灰岩，石灰质砂岩，风化的黄鉄矿，鉄鉛氧石、片状砂岩、粗粒硫化鋅鉛矿，风化的純橄欖岩、綠橄欖岩和蛇紋岩，多孔赤鉄矿，砂质和石灰质水成的角砾岩	风化龜性干燥的多裂隙的粘土冻结的石英砾岩		1.00	0.03	150	250	1.00	33.0	7	4.0	1.10	2.5	1.000	0.400
XII	同 上	同 上		受强烈风化的原生岩，閃长岩、花崗岩、正长岩、斑岩、輝长岩、半花崗岩、硫化石英矿脉，风化片岩、云母、綠泥片岩、絹云母岩、鉄帽，杂有黄鉄矿的粘結性无烟煤	致密泥灰岩 风化的多裂隙的矿化石英岩泥质頁岩，石盐		0.70	0.03	200	300	1.43	33.0	5	3.3	0.8	2.2	1.25	0.445
XIII	中 下 等			軟頁岩，白堊，普通泥灰岩，强烈风化矿化石英岩，石灰胶結的砾石及碎石，含石土壤，完全风化了的原生岩石：花崗岩，正长岩，輝长岩，斑岩，粘土质粗粒砂岩，风化多孔石灰岩，粘結性无烟煤，冻結致密粘土	泥质頁岩，石盐。 砂质粘土		0.05	0.02	250	370	2.0	33.0	4.0	2.7	0.6	2.0	1.665	0.50

續表 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
XIV	同	同	含碎石土壤, 完全风化片岩: 炭质頁岩, 滑石, 綠泥片岩, 云母片岩。白鉛矿, 风化后高岭土化的产物砂粒状磷灰石矿, 流失的黃鉄矿, 无烟煤黃鉄矿沙, 石灰粘土质胶結的水成角砾岩	親性的、干的、致密的粘土(冻結的)		0.35	0.02	400	500	2.85	50	2.5	2.0	0.5	1.8	2.0	0.555
XV	容	容	石膏, 粘土质胶結成的軟水成角砾岩, 冻結的粗砂, 致密的少水淤泥, 节理明显的煤, 无节理的褐煤	砂质粘土		0.20	0.01	500	600	5.00	100	2.0	1.7	0.4	1.6	2.50	0.625
XVI	容	容	浮石, 砂藻土, 凝灰岩及軟白堊岩, 鉄矿, 完全风化的磷质岩石, 以及风化褐煤。			0.10	0.01	600	650	10.00 或以上	100.00 或以上	1.4	1.3	0.3	1.43	3.375	0.711

表 3

1	普氏等級	0	I	II	III	III _a	IV	IV _a	V	V _a	VI	VI _a	VII	VII _a
2	普氏岩石堅固性系数		20	18	15	12	10	8	6	5	4	3	2	1.5
3	苏氏分級 (統一分級)	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三
4	苏氏分級和岩石極限抗压强度的关系 公斤/平方厘米	3500	2500	2000	1700	1300	1100	900	800	600	500	400	300	200
													150	100
														808

表 2 中所列数据是在标准测定条件下得到的, 当所用的凿岩爆破条件与标准条件不同时必須加以校正。确定校正系数的基本方法是在其它条件不变的情况下, 改变某一因素而得出的。表 4 ~ 7 中列出苏氏校正系数, 表中系数为 1 时, 即表示标准条件。

凿岩校正系数:

1) 炮眼直径对凿岩速度影响——以凿岩速度与炮眼直径的平方成反比来计算, 設 E_1 为其校正系数, 則

$$E_1 = \left(\frac{d_{40}}{d} \right)^2$$

式中 d_{40} ——标准炮眼直径, 即 40 毫米;

d ——实际炮眼直径, 毫米。

2) 钎头形状及刃角对凿岩速度的影响——这种影响程度与岩石凿岩性等級有关, 对鋼钎而言, 其校正系数 X 值列于表 4 中:

表4 鋼針形式和刃角的校正系数

鋼岩性等級	針頭形式 刃 角	十 字 形			一 字 形		
		70°	90°	110°	70°	90°	110°
I		0.60	1	1.30	0.60	1.25	1.35
II		0.65	1	1.25	0.70	1.30	1.35
III		0.70	1	1.20	0.80	1.35	1.40
IV		0.75	1	1.15	0.90	1.40	1.40
V		0.80	1	1.10	1.00	1.45	1.45
VI		0.85	1	1.05	1.10	1.50	1.45
VII		0.90	1	1.00	1.20	1.55	1.50
VIII		0.95	1	0.95	1.30	1.60	1.50
IX		1.00	1	0.95	1.40	1.65	1.55
X		1.05	1	0.90	1.50	1.70	1.55
XI		1.10	1	0.90	1.60	1.75	1.60
XII		1.15	1	0.85	1.70	1.80	1.60
XIII		1.20	1	0.85	1.80	1.85	1.65
XIV		1.25	1	0.80	1.90	1.90	1.65
XV		1.30	1	0.80	1.90	1.95	1.65
XVI		1.35	1	0.80	2.10	2.00	1.70

表5

校正系数	工 作 条 件									
	在 下 列 炮 眼 深 度 时 (米)									
	1.00	2.0	3.0	4.0	5.0	7.0	9.0	12.0		
E_2	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.65	0.60		
	在 下 列 风 压 时 (大 气 压)									
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
P	0.65	0.80	1.00	1.15	1.30	1.50	1.65	1.75	1.85	1.95
	在 使 用 下 列 重 量 凿 岩 机 时 (公 斤)									
	重平柱式 >60	輕平柱式 或向上式 50~60	重手持式 25~45	輕手持式 18~25	最輕手持式 <18					
W	2.5	1.75	1.30	1.00	0.80					

- 3) 炮眼深度对凿岩速度的影响——眼深与凿岩速度成反比, 校正系数以 E_2 表示;
 4) 风压对凿岩速度的影响——其校正系数为P;
 5) 凿岩机能力对凿岩速度的影响——苏氏用凿岩机重量表示其能力。当凿岩机重

表6 爆力校正系数表

炸 药 名 称	校 正 系 数 K
95%硝化甘油炸药	0.50
83%硝化甘油炸药, 液氧炸药	0.65
62%硝化甘油炸药, 6号7号岩石用铵炸药	0.80
2号铵梯炸药, 三硝基甲苯	1.00
矿用黑色火药, 硝酸铵	1.40

表7

校正系数	工 作 条 件						
	在 下 列 巷 道 断 面 积 时 [平方公尺]						
	1~10	10~15	15~25	>25			
b	1.00	0.90	0.80	0.75			
	在 下 列 炮 眼 深 度 时 [公 尺]						
	0.5	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
p	1.20	1.10	1.00	0.90	0.85	0.80	0.80
	在 下 列 自 由 面 数 目 时						
	1个	2个(工作面 及侧面)	2个(工作面 及底面)	3个			
m	1.00	0.55	0.50	0.35			

量大时, 能量亦大, 凿岩速度愈快。其校正系数以W表示。

以上三个校正系数汇列于表5中。

〔例〕已知的凿岩条件如下: 用十字形钢钎子, 刃角90°, 钎头平均直径50毫米, 眼深3米, 工作地点风压是5个大气压, 用重52公斤的向上式凿岩机, 纯凿岩速度 $V=100$ 毫米/分, 求该岩石的等级。

解: 由已知条件查表4和5得各校正系数如下:

$$X=1.0; E_1=\left(\frac{40}{50}\right)^2=0.64; E_2=0.9; P=1.15; W=1.75$$

于是在标准条件下的纯凿岩速度可由V除以上列校正系数的乘积而得, 即

$$V_{\text{标准}} = \frac{V}{X \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot P \cdot W} = \frac{100}{1.0 \times 0.64 \times 0.9 \times 1.15 \times 1.75} \approx 83 \text{ 毫米/分}$$