

高等学校教学用书

凿 岩 爆 破

中南矿冶学院等院校合编



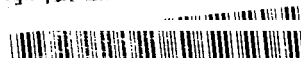
中国工业出版社

高等学校教学用书



凿 岩 爆 破

中南矿冶学院 东北工学院
昆明工学院 北京钢铁学院 合编
西安



中国工业出版社

本书包括岩石物理力学性质及其分属、凿岩工程及爆破工程三部分。
本书是以有关几个高等院校原有的凿岩工程专业用的讲义为基础，增编了一些国内外最近的资料编写而成的自用教材初稿。
本书亦可作为生产、设计部门的矿山工作人员参考。

凿 岩 爆 破

中南矿冶学院等合编

*

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）

地质印刷厂印刷

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 $14 \frac{1}{8}$ · 字数 223,000
1961年10月北京第一版·1961年10月北京第一次印刷
印数 0001—2,332 定价 (10-6) 1.70 元
统一书号: 15165·510 (冶金-153)

出版者的話

本书原系 1959 年由中南矿冶学院、北京钢铁学院、东北工学院、西安矿业学院、新疆矿冶学院和昆明工学院六学院凿岩爆破教研组教师代表共同编写的同名书试用教材初稿。根据原订计划，先作内部资料发行，經一定的試教后再审訂出版。但限于人力及其它条件，审訂工作迄今未能进行。

为了满足全国金属采矿专业学生下学期对本教材的需要，在時間十分紧迫而重新审訂已不可能的情况下，仅請北京钢铁学院采矿教研组根据中南矿冶学院及其它方面意見，对书內一些問題作了局部修訂，作为金属采矿专业“凿岩爆破”課的教学用书公开出版。修訂稿又因迫于付印在即，未能征求其他五学院同意即行出版。特此声明。

1961. 5. 30

目 录

緒論	1
第一章 岩石性质及其分級	2
第一节 研究岩石性质及其分級的意义	2
第二节 岩石的組織及构造	2
第三节 岩石物理力学性质	2
第四节 岩石分級	4
第二章 冲击式凿岩的基本理論	14
第三章 冲击式浅眼凿岩設備	20
第一节 手工凿岩	20
第二节 土凿岩机	20
第三节 簡易凿岩机	22
第四节 凿岩机的基本构造和动作原理	23
第五节 凿岩机的类型	26
第六节 手持式凿岩机及其支架	26
第七节 平柱式凿岩机及其支架	30
第八节 向上式凿岩机及其支架	32
第九节 凿岩时凿岩机常遇故障的分析与处理	32
第十节 凿岩机的潤滑、检修及选择	32
第十一节 压气的供給	34
第十二节 凿岩工作組織和先进經驗	35
第四章 冲击式浅眼凿岩工具	36
第一节 钎头	36
第二节 钎杆	46
第三节 钎尾	48
第五章 凿岩工具的制造与修复	50
第一节 钎鋼	50
第二节 制钎的工艺过程及其設備	51
第三节 检查加热温度方法及仪表	56
第四节 影响制钎质量因素的分析	57
第五节 鍛钎厂的布置	58
第六节 硬质合金钎头的制造工艺与修磨	59
第六章 影响凿岩速度的因素	63
第一节 影响凿岩速度因素的分析	63
第二节 凿岩生产率的計算	67
第七章 回轉式钻炮眼	69
第一节 回轉式钻炮眼时破碎的基本原理及其影响因素	69

第二节	回轉式钻眼机械	71
第三节	回轉式钻眼工具	73
第四节	回轉式钻炮眼的优越性及提高钻速的途径	75
第八章	深孔凿岩	78
第一节	地下深孔凿岩	78
第二节	露天深孔凿岩	92
第九章	破碎岩石的新方法	108
第十章	爆炸及炸药理論	111
第一节	爆炸与炸药的基本概念	111
第二节	起爆理論	113
第三节	传爆理論	116
第四节	炸药参数及其主要性能	122
第五节	爆炸生成物运动方向与聚能效应	131
第六节	安全炸药理論概述	133
第十一章	工业炸药	135
第一节	硝酸类炸药	135
第二节	硝化甘油炸药	137
第三节	液氧炸药	138
第四节	芬芳族硝化炸药	139
第五节	黑火药	140
第六节	土炸药	140
第十二章	爆破材料	143
第一节	起爆炸药	143
第二节	起爆材料	144
第三节	简易起爆材料	149
第十三章	爆破材料的运输、貯存、检查与銷毀	151
第一节	爆破材料的运输	151
第二节	爆破材料的儲存	151
第三节	爆破材料的检查与銷毀	156
第十四章	起爆方法	159
第一节	导火綫起爆法	159
第二节	电雷管起爆法	169
第三节	传爆綫起爆法	172
第四节	加强起爆法	173
第五节	复式起爆綫路	173
第六节	微差起爆法	174
第十五章	介质中的爆破作用	176
第一节	在均质岩石中的爆破作用	176
第二节	爆破的定向作用	177
第三节	药包及爆破漏斗的概念	179
第四节	炸药量計算原理	180
第十六章	爆破方法	182

第一节 炮眼爆破法	182
第二节 地下深孔爆破法	195
第三节 露天深孔爆破法	202
第四节 药室爆破法	209
第五节 扩底爆破法	216
第六节 大块爆破法	217
引用文献	219

緒 論

“凿岩爆破”課程是随着近代科学技术的发展和根据我們社会主义建設的需要而設立的。它包括三个主要部分：岩石的物理力学性质及其分級、凿岩工程及爆破工程。凿岩爆破工程的实质是用各种凿岩方法在岩石中开凿出爆破眼或其它形式的装药空洞，然后装入炸药将其炸碎。

直到目前为止，在采矿工业中，除了在个别情况下可以采用特殊方式（如松软岩层或矿石的水力冲采、煤的地下气化、某些盐矿的化学浸出和利用机械或康拜因进行采掘等）以外；比較坚固的有用矿物的采掘和在岩石中的巷道掘进，絕大部分都需要采用凿岩爆破的方法来完成。凿岩爆破不仅是从地下获取有用矿物的手段，而且在整个落矿过程和掘进过程中，它还是最主要和重要的工序之一。在掘进平巷时約有 50%~60% 的时间花在凿岩爆破工程上；在掘进竖井时凿岩爆破也需要 25% 左右的时间。花在凿岩爆破工程上的費用約占总成本的一半。

凿岩爆破工程不但在采矿工业中起着重大的作用，而且愈来愈广泛地被运用到經濟建設的其它部門中去。例如：在水利工程方面（开凿运河、修筑拦河坝等）；在铁道工程方面（削平路基、开凿隧道等）；在建筑工程方面（土石方工程）；在化学工程方面（开采化工原料）以及在农业、林业、航运等方面无不加以利用。凿岩爆破已經成为現代生产中非常重要的科学技术之一。

凿岩爆破是矿区开采专业学生必修的一門专业基础課。只有通晓这方面的知識才能为以后深入地学习和掌握井巷掘进和采矿方法等专业課打下良好的基础。学习本課程的目的是使矿区开采专业的学生熟悉岩石的物理力学性质，了解現代基本的岩石破碎原理，掌握各种凿岩方法，善于正确选用各种凿岩机械、設備和工具。还要求学生在爆破方面掌握爆炸理論、工业炸药和爆炸材料的性质、装药量的确定和計算方法、炸药的起爆方法和爆破方法。学生在学习本課程时还必须掌握凿岩爆破的安全措施，树立安全生产的正确观念。

•本課程是一門技术課，要求以理論联系实际的方法进行学习。学生应注意抓住生产实践中遇到的問題，运用現有的理論加以分析，最后做出解决实际問題的結論。

第一章 岩石性质及其分級

第一节 研究岩石性质及其分級的意义

破碎岩石是采矿中凿岩爆破工作的主要目的。由于組成岩石的矿物成份、岩石的成因以及其生成后所經受的地质变化的不同，岩石的組織、构造及物理力学性质是多种多样的，而凿岩爆破时各种不同性质的岩石所具有的抵抗破碎的性质也不同，只有充分研究和掌握了岩石的各种性质，才能正确选择合理的凿岩爆破的方法及提高其效率。

根据在凿岩爆破时岩石表現出来的抵抗破碎的性质不同，将岩石分成若干等級，据此选取凿岩设备与工具，确定凿岩爆破的各种参数，制定各种定额等，在生产中具有非常重要的意义。

第二节 岩石的組織及构造

岩石的組織即指組成岩石的矿物成分的粒度、形状以及与胶合物結合的状况等。一般岩石的組織大体上可分粒状組織、斑状組織及玻璃状組織等。

通常組成岩石的矿物顆粒愈細和愈致密，則該种岩石愈坚固。一般火成岩的組織較水成岩为致密，且顆粒間孔隙較少，因而比水成岩坚固，在进行凿岩爆破时亦較为困难。

水成岩的坚固性除与矿物成分、粒度及孔隙大小有关以外，还取决于胶結物的性质。砂质胶結的水成岩最坚固，氧化鉄质与石灰质次之，粘土质最弱。变质岩的組織較为复杂，变质程度愈高，組織愈致密(如石英岩)，則愈坚固。

风化作用能改变岩石的組織及其物理力学性质。风化程度愈高，則岩石坚固程度愈低。

岩石的构造是指岩石生成时和生成后受动力地质作用而形成的一种状态。对凿岩爆破起主要影响的岩石构造是层理、节理与裂縫。这些构造使岩石具有各向异性的特点，岩石易沿层理、节理或裂縫的方向破碎。故合理地利用岩石的构造可以提高凿岩爆破效率。例如布置掏槽眼时，可沿裂縫兩側，以保証良好爆破效果。

第三节 岩石物理力学性质

对凿岩爆破影响較大的岩石物理力学性质有硬度、强度、弹性、脆性、塑性、韌性、磨蝕性、碎胀性、以及密度与容重等。以上各种性质簡略說明如下：

一、**硬度** 岩石抵抗工具侵入的性能。硬度愈大时，凿岩愈困难。目前測定岩石硬度的方法較多(莫氏法、肖氏法等)，但对凿岩工程有較大实际意义的是苏联 Л. А. 史雷涅尔教授的方法。該法是以柱状平头工具压入岩石，用岩石开始发生破裂或塑性形变的一瞬间所承受的压力强度来表示岩石硬度。

二、**强度** 岩石抵抗压缩、拉伸及剪切作用的性能。岩石一般抗压强度最大，抗拉强度仅为抗压强度的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{50}$ ，而抗剪强度仅为抗压强度的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{12}$ 。

三、弹性 岩石受力变形，当外力除去后岩石恢复其原来形状和体积的性能。在这个意义上，塑性是与弹性相对的。外力除去后，岩石不能恢复其原来形状或体积的性质称为塑性。绝对的弹性体和塑性体都是不存在的。岩石的弹性或塑性对凿岩爆破有不良的影响，因为在岩石的弹性或塑性形变过程中消耗了一部分能量，因而降低了凿岩效率。

四、脆性 岩石不经过显著的残余变形而被破坏的性能。脆性大的岩石对凿岩爆破有利，因岩石变形过程中能量损失较小。

应当指出，岩石的弹性、塑性及脆性是相对的，并且在很大程度上与外载荷作用速度有关。随着外载荷作用速度的增大，岩石的脆性表现愈显著，适当地提高外载荷作用速度可以减少破碎岩石的比功（图1），这是因为减少了弹塑性变形能量损失的缘故。

五、韧性 岩石抵抗被外力作用分裂成碎块的性能。它取决于岩石颗粒彼此之间以及颗粒与胶结物之间的凝聚力的。韧性大的岩石，凿岩爆破均困难。

六、磨蚀性 岩石磨蚀工具的性能。一般坚硬岩石，尤其是含石英颗粒的岩石对钎头磨损甚为剧烈。这点是妨碍回转式钻眼在坚硬岩石中推广应用的原因之一。

七、碎胀性 岩石被破碎后体积增大的性能。岩石破碎后的体积与原岩体积的比值称为岩石的碎胀系数，

它与岩石性质、破碎岩石的方法、外力大小、及块度大小有关。表1中列出常见岩石的碎胀性系数。

爆破后岩石体积增大的性质，应在采矿和掘进过程中予以充分的考虑，务必留出足够的空间以容纳由于碎胀结果而增大的体积。

八、密度与容重 密度是假定岩石不含孔隙时单位体积的重量。实际上，任何岩石均或多或少的含有孔隙，故在工程中常采用容重，即指包括孔隙在内的单位体积原岩的重量。表2列出几种岩石的密度与容重。

尽管岩石性质对凿岩爆破有重大的影响，但是直到目前为止，这项科研工作进行得还不够。诸如岩石的导电性、地震性、孔隙性（含水、蓄气）的基本规律尚不清楚，需要进

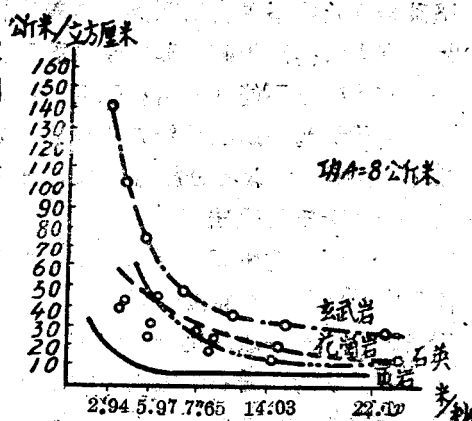


图1 外载荷作用速度与比功关系的试验曲线

表1 岩石碎胀性系数表

岩石名称	碎胀性系数
纯砂与砾	1.05~1.2
砂质粘土	1.2~1.25
中硬岩石	1.3~1.5
坚硬岩石	1.5~2.5

表2 几种常见岩石的密度与容重

岩石名称	花岗岩	砂岩	石灰岩
密度 吨/立方米	2.58~2.69	2.59~2.72	2.71~2.85
容重 吨/立方米	2.56~2.67	2.11~2.14	2.46~2.68

一步探討。

第四节 岩石分級

早在手工凿岩时期，人們已經根据感性認識和实际經驗將岩石分成軟岩、中硬岩石、坚硬岩石及极坚硬岩石四类。随着凿岩爆破技术的发展，这种粗略的划分已經显得很不足。有人曾提出用矿物莫氏硬度計对岩石进行分級，但因岩石乃由多种矿物所組成，单一的矿物硬度不能代表岩石硬度，故难以作为岩石分級的依据。

現代较为合理的分級方法有 M. M. 普罗托基亚柯諾夫教授分級(簡称普氏分級)与 A. Ф. 苏哈諾夫教授分級(簡称苏氏分級)两种。今分別加以論述。

一、普氏分級法

普氏深入的研究了岩石在凿岩爆破及其它破碎过程中的各种現象，并根据大量的觀測資料得出了一個結論：岩石在凿岩、爆破及其它破碎过程中表現出一致的堅固性。难于凿岩的岩石一般的也难于爆破。

普氏认为，岩石堅固性是凿岩性、爆破性以及采掘性等的綜合概念，也是岩石物理力学性质的概括表現。这里，岩石堅固性在各种破碎过程方面的表現趨于一致是指主导的、总的規律而言，并不否定有个別例外。所以在測定岩石堅固性系数 f 值时，应采用多种方法(如极限抗压强度、凿岩速度、炸药消耗量、劳动生产率等等)測定，而取其結果的平均值。

普氏根据上述分級原則与方法，將矿山所有岩石共划分为十級，其相应的岩石堅固性系数 $f=0\sim 20$ 。表3为普氏岩石分級表，其中注解及重点均系原来所有。

表3 普氏岩石分級表

等 級	堅固性程度	岩 石 名 称	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种特別堅固的岩石	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，致質片岩，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	各种頁岩(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，堅固的冲积层——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，湿沙	0.6
IX	松散性岩石	砂、山麓堆积，細礫石，松土，采用的煤	0.5
X	流沙性岩石	流沙，沼澤土壤，含水黃土及其他含水土壤	0.3

注1. 將每一种岩石划分到这种或那种等級时，不仅仅单独地按照其名称，而且必須按照岩石的物理状态，并根据它的堅固性与分級表中列出的諸岩石進行比較。風化的、破碎的、打碎成个体的，經斷层挤压过

的、接近于地表的等状态的岩石，一般說来，应当把它划分到比处于完整状态的同种岩石稍低的等級中。

注2：上述的岩石坚固性系数，可以认为是岩石在所有各种不同方面相对坚固性的表征，它在采矿中的意义在于：a) 手工开采时的采掘性；b) 炮眼及深孔的凿岩性；c) 应用炸药时的爆炸性；d) 在冒落时的稳定性；e) 作用于支架上的压力等等。

但同时必須注意到，在分級表中指出的数字是对某一类岩石中所有岩石而言（例如：頁岩类、石英岩类、石灰岩类等等，而不是对此类个别岩石而言的；因而，在特定情况下确定 f 值时必须十分慎重，并且这一 f 数值在不同的情况下是不一样的。

普氏分級法的优点是使用簡便。普氏岩石坚固性系数在許多矿山运算經驗公式中可以代入使用。因此，普氏分級法不仅在苏联，而且在其它国家也得到广泛的采用。

普氏分級法的缺点首先在于它假定岩石的坚固性不論以何种形式和不論在何种应力状况下被破坏，都保持同一的数值，而在实际上是不尽如此的。难爆破的岩石就不一定难凿岩。普氏分級法采用实验室测定来代替現場测定，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誤差。

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 值的方法已經大部分不能应用，保存下来的仅仅只有极限抗压强度一种方法：

$$f = \frac{R}{100} \quad (1)$$

式中 R ——岩石极限抗压强度(公斤/平方厘米)。

研究工作指出，按岩石极限抗压强度方法求 f 值有下列缺点：

- 1) 試块尺寸大小对 R 值有影响，試块加工精度也对 R 有影响；
- 2) 試块只受单向压缩，这与岩石在凿岩爆破时受力情况不符；
- 3) 压力試驗設備庞大，非一般矿山所具备。

鉴于上述情况，近年来在寻找新的测定 f 值的方法上进行了大量科研工作，其中較成功的是苏联科学院矿冶研究所提出的捣碎法。

捣碎法的理論根据是：岩石破碎体积与冲击功成正比关系。如冲击功及冲击条件相同，則愈不坚固的岩石，其破碎下来的体积愈大，据此按一定的比例关系可求出 f 值。

捣碎法所用测定仪如图2所示，其测定順序如下：

- 1) 沿欲测岩层的頂部、中部和底部各取10块約 $100 \times 100 \times 100$ 毫米的試样，分別裝在三个袋中；
- 2) 每袋中的試样用槌击碎，大体上把块度不小于10毫米的碎粒分成五份，每份重量在25到75克之間；
- 3) 每份試样(重25~75克)置于坏1中，重錘3由筒口自由落下，捣五次后倒出試样；
- 4) 把五份試样分別捣过后混合在一起过篩(篩孔0.5毫米)，篩下碎屑倒入量管4中，再插入測量棒5，从測量棒的刻度上讀出碎屑在筒中的高度。

普氏坚固性系数可用下式求之：

$$f = 103/l \quad (2)$$

式中 l ——測量棒伸出的长度(即碎屑的高度)(毫米)。

此法設備簡單，操作方便，精确度很高，但只能适用于軟岩石。对于坚固岩石介紹另一种冲击破碎测定仪[1]，該仪器的原理与捣碎法相同。冲击破碎测定仪的构造如图3所示，操作过程如下：

重錘1从一定的高度落下冲击凿头2，試块($5 \times 5 \times 5$ 厘米或 $5 \times 6.5 \times 12$ 厘米)3表面上一部分岩石被凿下，試块用夹具4夹紧，轉动手把5时，可使夹具沿螺杆6前后移动。調节重錘的高度或落下高度可得出不同的冲击功，落錘最大高度为2米。

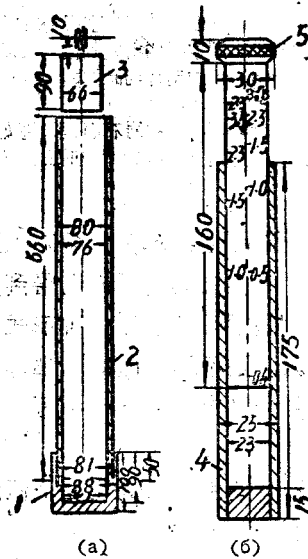


图2 捣碎法测定仪

1—坯；2—筒；3—重锤；
4—量管；5—测量棒

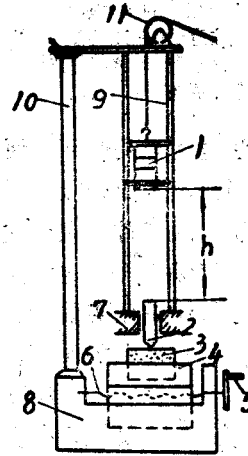


图3 冲击破碎测定器

1—落锤；2—凿头；3—岩石；
4—夹具；5—摇把；6—螺杆；
7—扶持凿头；8—基座；9—落锤导架；
10—立轴；11—滑轮

凿头可在扶持器7中转动。每冲击一次后转动一定的角度。凿头由直径10毫米的圆钢制成，长110毫米、重0.56公斤。凿刃镶BK-15硬质合金，刃长可取10~30毫米。

每一试块经冲击后，求出比功，即破碎单位体积岩石所消耗之功 a 值。比功与 f 值关系式为：

$$a = 1.68(f + 2)^{1.12} \quad (3)$$

二、苏氏分级法

苏氏分级法(亦称岩石统一分类法)是在普氏分级法之后提出的。该分级法的基本出发点是认为岩石坚固性在某一具体破碎过程中存在着特殊规律性。苏氏认为[2]“必须按照个别的方法来决定岩石坚固性，也就是应建立个别的等级，如凿岩性等级，爆破性等级等等”。在测定岩石的凿岩性和爆破性时，最好是应用实际的凿岩爆破工作指标。苏氏论证此点时写道：“生产过程本身即可作为决定岩石或矿物坚固性的方法，生产过程所采用的机械是用来作为鉴定过程本身的理想仪器”。

基于上述，苏氏提出的表示凿岩性的指标是：

- 1) 每凿一米浅眼所磨钝的钢钎或硬质合金钎头数目(个)；
- 2) 用钢钎或硬质合金钎头凿岩时的纯凿岩速度(毫米/分)。

表示爆破性的指标：

- 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帮助下，于1928年~1940年间进行了大量测定工作，得出的岩石分级结果列入表4中。普氏岩石分级与苏氏岩石分级的换算见表5。

表4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须加以校正。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6~10中列

表4 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	凿岩性程度	爆破性程度	岩石性质和爆破性 属于同一級的岩石	只表示 岩性	只表示 爆破性	凿一米炮 眼, 耗子消 耗的根数	純凿岩速度 (毫米/分)	打一米深的 眼, 所需純 凿岩 (分)	硬合金 鋼杆头 針	硬合金 鋼杆头 針	硬合金 鋼杆头 針	硬合金 鋼杆头 針	硬合金 鋼杆头 針	爆下 一立方 米原 岩所 需純 耗 (公 斤)	爆下 一立方 米原 岩所 需純 耗 (公 斤)	爆下 一立方 米原 岩所 需純 耗 (公 斤)	爆下 一立方 米原 岩所 需純 耗 (公 斤)
I	最難	最難	无硫化物最致密石英英致密碧玉, 微晶石 英岩, 微晶立武岩, 最高度致密的角闪			50	11	23	0.02	1.0	90	35	8.3	8.0	0.12	0.125	
II	同上	同上	最高度致密石英英岩含角闪岩, 玄武岩, 輝綠岩, 玢岩, 角闪岩无硫化物非常致 密的石英			37	15	40	0.027	1.5	67	25	6.7	7.3	0.149	0.137	
III	同上	同上	最高致密石英英岩, 玢岩, 含角闪岩, 磁 鉄岩, 安山岩, 玄武岩, 和輝綠岩, 正 长岩, 最高致密无矿的斯卡伦, 原生微 晶花崗岩		非常致密和 弱性石英 岩, 含角 闪岩, 玄武岩	25	20	50	0.04	2.0	50	20	5.3	6.7	0.189	0.149	
IV	很難	很難	非常致密的石英英岩, 含角闪岩, 安山 岩, 玄武岩和輝綠岩, 花崗岩, 非常 致密的微晶闪长岩, 花崗岩正长岩, 和 非常致密的角闪岩, 闪石化(鈣鉀等) 的斯卡伦	非常致密和 弱性石英 岩, 含角 闪岩, 玄武岩		17	25	60	0.05	3.0	40	17	4.7	5.7	0.238	0.178	
V	同上	同上	石英英岩, 最高致密的微晶磁鉄岩, 玢岩, 致密安山岩, 玄武岩和輝綠岩, 花崗片 麻岩, 致密含硫化物的石英英岩, 最高度 致密的微晶闪长岩, 致密的片麻岩和粗 面岩, 中粗花崗岩和正长岩, 原生含粗 晶花崗岩。有方解石及其他矿物的后留 輝石斯卡伦			11	30	75	0.03	4.0	33	13	3.8	5.0	0.263	0.2	
VI	同上	同上	最高致密的磁鉄赤鉄岩, 致密石英英岩, 非常致密的微晶石英岩, 致密闪长岩, 粗面 岩, 正长岩, 安山岩, 玄武岩, 玢岩, 花崗片 麻岩, 角闪岩, 角闪岩, 角闪岩, 角闪岩, 长岩, 石英英岩, 角闪岩, 角闪岩, 致密的角闪岩	致密致密少 的石英英岩非 常致密微晶 片岩, 致密 綠花崗岩等	弱性磁鉄赤 鉄岩	7	40	90	0.145	6.5	25	11	3.0	4.5	0.335	0.22	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
岩石等級	岩性程度	爆破性程度	岩石屬同一級的岩石	只表示 岩性	只表示 爆破性	凿一米地 眼，耗子消 耗的根数	純凿岩速度 (毫米/分)	磨耗1根杆 于所凿进地 眼的总长度 (米)	打一米深的 眼，所需耗 凿岩时间 (分)	爆下一 立方米的 原岩所需 炸药消耗 量(公斤)	爆下一 立方米的 原岩所需 炮眼长度 (米)	爆下一 立方米的 原岩所需 炸药消耗 量(公斤)	爆下一 立方米的 原岩所需 炮眼长度 (米)	爆下一 立方米的 原岩所需 炸药消耗 量(公斤)	爆下一 立方米的 原岩所需 炮眼长度 (米)	爆下一 立方米的 原岩所需 炸药消耗 量(公斤)	爆下一 立方米的 原岩所需 炮眼长度 (米)
VII	难	难	花崗岩，非常致密粗粒的磁鉄赤磁鉄矿，致密的石英岩，含鉄磁化物和磁鉄赤磁鉄矿，含有鉄化合物的綠泥片岩，致密的蛇紋岩，含鉄磁化物和白云岩，含蛇紋石，稍硬斯卡伦化和白云岩化的石灰石，石灰质胶結的火成角砾岩	弱性磁鉄赤鉄矿	非常致密的磁化片岩綠泥岩，云母片岩等，致密大理岩，弱性半花崗岩致密致少的石英岩	4.5	0.10	50	110	0.22	10.0	20	9	2.4	3.9	0.42	0.26
VIII	同上	同上	致密石英岩，砂岩，白云岩，含鉄或含磁鉄赤磁鉄矿，半花崗岩，磁鉄及磁鉄赤磁鉄岩，稍硬风化的閃长岩，花崗岩，安山岩，正长岩，硬綠岩，角閃硬綠岩，闪长岩，石英粗面岩，石英斑岩	大理石生裂縫的赤鉄矿，致密弱性半花崗岩		3.00	0.07	65	130	0.335	14.0	15	8	2.0	3.5	0.5	0.285
IX	中等		砂岩，石灰岩，假象赤鉄矿，风化花崗岩，片麻岩，正长岩，閃长岩，閃长岩，安山岩，角閃硬綠岩，角閃岩，綠岩，岩，石英斑岩，蛇紋石，中的磁鉄赤磁鉄矿，含鉄石英，蛇紋石，含鉄石英，菱苦土矿，滑石化蛇紋石，致密含金重晶石	稍微风化生裂縫的矿化石英		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，霞石磷灰石矿，致密磁鉄赤磁鉄矿，不含石英的致密泥滑石片岩，滑石蛇紋岩片岩，綠泥岩片岩，其他片岩		致密泥灰岩，生裂縫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，风化的重鉄矿，鉄磁石，片状砂岩，粗粒磁鉄赤磁鉄矿，风化的細粒磁鉄石，綠泥岩和蛇紋岩，多孔隙鉄矿，致密和石灰质水成的角砾岩	风化的多裂縫的石英岩	弱性干燥致密的粘土	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、花岗岩、正长岩、斑岩、辉长岩、闪长片麻岩、绿帘角闪岩、斜长角闪岩、杂有黄铁矿的粘結性无烟煤	重质粘土 风化时多裂隙的砂化石英岩及页岩，在盐	0.7	0.03	200	300	1.43	33.0	5	3.3	0.8	2.2	1.25	0.445
XIII	中下等		软页岩，白堊，普通泥灰岩，强烈风化石炭岩，石灰胶結的砾石及碎石，花含有土壤，完全风化了的原生岩石；页岩，正长岩，輝长岩，粗粒，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	泥质页岩， 石膏	0.5	0.02	250	370	2.0	33.0	4.0	2.7	0.6	2.0	1.955	0.50
XIV	同上	同上	含碎石墨土塊，完全风化石炭岩，页岩，滑石，綠泥片岩，云母片岩。白粉矿，风化后高岭土化的产物砂粒状磷灰石矿，流失的黄铁矿，无烟煤，黄铁矿沙，石灰粘土质胶結的水成角砾岩	翻性的，干 的、致密的 粘土（凍結 的）	0.35	0.02	400	500	2.85	50	2.5	2.0	0.5	1.8	2.0	0.555
XV	容易	容易	石膏，粘土质胶結成的軟水或角砾岩。冻结的粗砂，致密的少水淤泥，节理明显的煤，无节理的腐煤	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	容易	容易	浮石，微藻土，凝灰岩及軟白堊岩，紫矿，完全风化的页岩质岩石，以及风化褐煤		0.10	0.01	600	650	10.00	100.00	1.4	1.3	0.3	1.4	3.375	0.715

1	普氏等級	0	I	II	III	IIIa	IV	IVa	V	Va	VI	VIa	VII	VIIa		
2	普氏岩石堅固性系數		20	18	15	12	10	8	6	5	4	3	2	1.5	1.0	0.8
3	蘇氏分級(統一分級)	—	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五	十六
4	蘇氏分級和岩石极限抗压强度的关系 (公斤/平方厘米)	3500	2500	2000	1700	1300	980	800	600	500	400	300	200	150	100	80

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，设 E_1 为其校正系数，则

$$E_1 = \left(\frac{d_{40}}{d} \right)^2 \quad (4)$$

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级有关，对钢钎而言，其校正系数 X 值列于表6中：

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——苏氏建议的校正系数为 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7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5和6得各校正系数如下：

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

表6 钎头形状和刃角的校正系数

凿岩性等级	钎头形状 刃角	+ 字 形			- 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

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：