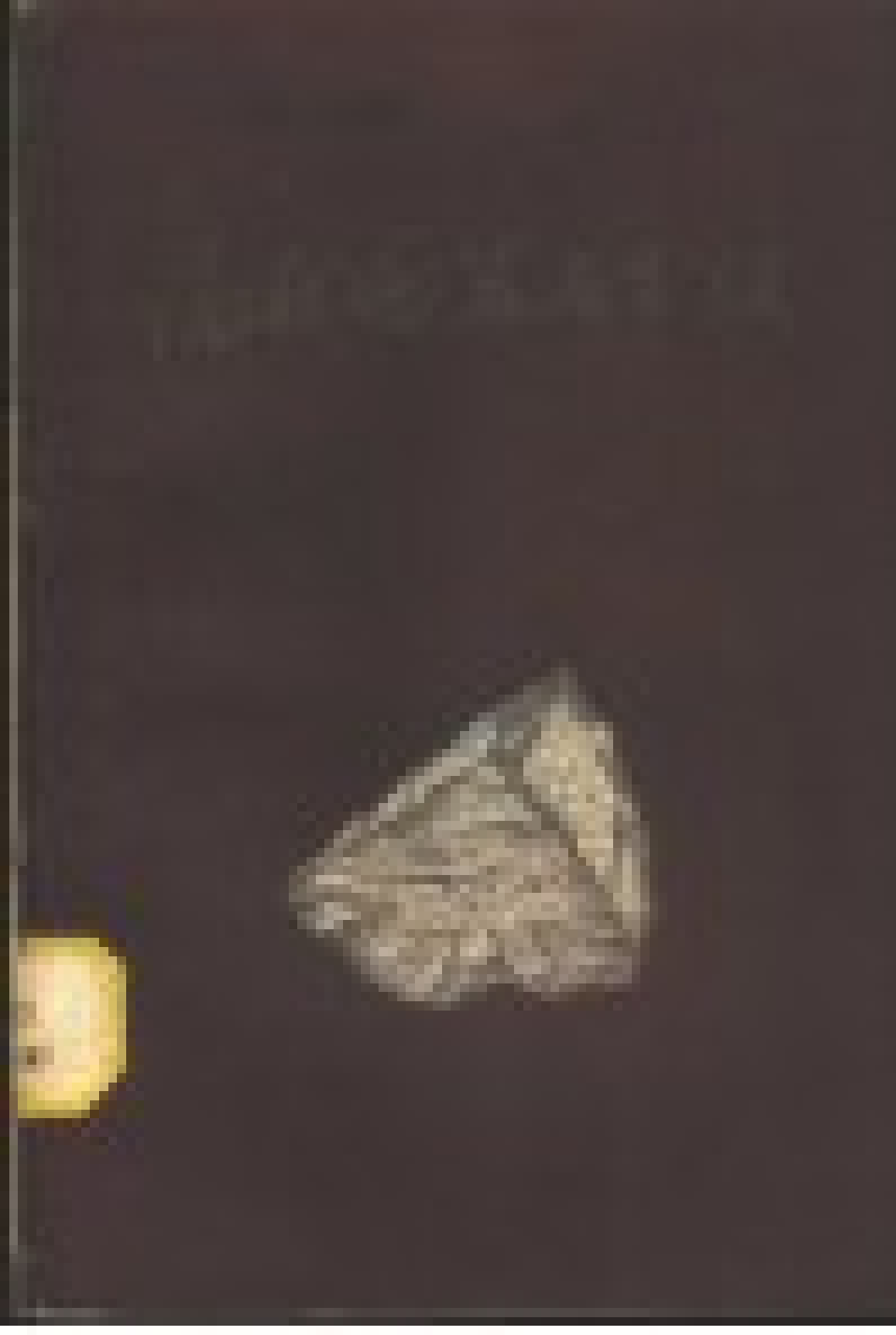


編我國著名石版





論我國岩石分級

東北工學院采礦系井巷教研室著

煤炭工業出版社

1118

論我國岩石分級

東北工學院采礦系井巷教研室著

*

煤炭工業出版社出版(社址:北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 850×1168 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $3\frac{1}{2}$ 字數77,000

1959年5月北京第1版 1959年5月北京第1次印刷

統一書號:15035·815 印數:0,001-5,000冊 定價:0.53元

內 容 提 要

本書包括四篇論文，主要目的在於闡述岩石按齒岩性的新分級原則和方法。

書中首先對我國岩石分級問題作了商榷，然後論述了蘇聯 M. M. 普羅托吉雅可諾夫和 A. Ф. 蘇哈諾夫兩氏的分級原則，最後提出了岩石按齒岩性的新分級方法。書中還詳細地敘述了試驗方法和結果，並附有岩石韌碎試驗器的製造圖。

本書可供礦業院校、科學研究機關、設計部門以及採礦工程技術人員參考。

本書系東北工學院採礦系井巷教研室的論文。所提出的岩石分級原則，已在1958年6月國務院科學規劃委員會冶金組於長沙召集的岩石統一分級專題研究會議上，被採納為長遠研究的方向。

序

在我国采矿界，大約从 1952 年起就一直采用普氏 (M. M. 普罗托吉雅可諾夫) 和苏氏 (A. Ф. 苏哈諾夫) 两种岩石分級法。但是，在几年来的生产实践中，表明了这两种分級法都不能完全滿足生产上的要求。在党的支持下，我們吸取了以上两种分級法的合理观点部分，克服其缺陷，破除迷信，提出了新的分級原則和方法。

1958 年 6 月 10 日，国务院科学规划委员会冶金組在长沙召开了全国性的岩石分級专题研究工作会议。会议上采纳了我們提出的新分級法的原則和方法，作为改进我国岩石分級的长远研究方向。

为了适应我国大跃进的形势，促进在最短期間内实现这一新分級法，在党的领导下，发挥了师生的集体力量，进行了一系列的試驗工作。試驗的結果表明了这一分級法是可行的。較之上两种分級法有很大的优越性。为了进一步在全国展开这方面的研究，共同来补充和改进这一方法，乃将有关的四篇論文蒐集成册。

本書的第一篇叙述了我們对岩石分級問題的基本观点。第二篇介紹了普氏分級的基本观点和新近的发展。第三篇对苏氏分級原則作了評述。第四篇是我們提出的凿岩性的分級方法和实际試驗結果。

由于時間匆促，試驗不多，我們提出的新分級法一定有不完善或不正确的地方，希望讀者批評和指正。来信請寄沈阳，东北工学院，采矿系，井巷教研室。

东北工学院井巷教研室

1958 年 9 月 18 日

目 录

序

第一篇	对我国岩石分級問題的商榷.....	3
第二篇	普氏岩石堅固性系数 f 及其測定.....	10
第三篇	苏氏岩石分級原則和对它的探討.....	39
第四篇	岩石按凿岩性的分級原理.....	54

第一篇 对我国岩石分級問題的商榷

东北工学院采矿研究室凿岩爆破組集体討論

徐小荷执笔

一、岩石分級在采矿工程中的地位

把岩石作为采矿工程的对象而加以分級，必須按照采矿工程自身的根本特点来进行。在采矿作业中經常遇到的、最簡單的、最基本的过程，便是把岩石（包括矿石）从地壳中加以破碎而开采出来；同时为了能破碎它，又必須在岩石中間保持有一定的空間来容納人、設備和通行，为此又要防止該空間周圍岩石的破碎。

在采矿工程中，用鐮鎬挖掘、釘子打眼、炸藥爆破、截牙截割、鏟刀鉋削、水力冲射、火焰噴燒……，都是为了解决破碎岩石的問題；井巷支护、固結流沙、頂板管理、采空充填、留存矿柱、露天坡度……，都是为了解决防止岩石破碎的問題。所有這些問題都貫穿了一个共同的特点——进行或防止岩石的破碎。也正由于这个特点，采矿才和其他科学相区别。

再从采矿技术的发展历史来看，尽管从人工創鎬进步到水力噴射，从黑色火藥到高频振碎，或者从自然平衡的拱形到水沙充填，采矿技术不断更新，但破碎岩石和防止岩石破碎这两个方面仍然沒有改变。

这样看来，破碎岩石和防止岩石的破碎就成为采矿工程中的根本矛盾。破碎岩石問題也就成为采矿工程的科学基础。把岩石当作采矿工程的对象而加以分級时，也就必須以破碎岩石的难易作为依据。坚固性一詞就是用来表征岩石破碎时的难易程度。

二、岩石分級的目的和意義

既然破碎岩石問題是采矿工程的根本矛盾，那么对于千变万化的各种岩石究竟要采用什么方法来破碎它才能有最高的效率，怎样破碎它才能有最高的生产率，用什么办法和怎样来防止它破碎才能达到最安全可靠。在进行这些工作时，材料消耗和劳动生产率又将如何。要回答这些問題，就要将岩石按其坚固性加以分級。

分級和分类不同，分类是把不同类别的岩石加以区分，分級則要在量上确定岩石破碎时难易的程度。

完善的岩石分級能作为正确地采取破碎岩石方法的依据，也能作为設計和生产管理部门制訂定額的参考。此外，由于闡明了破碎岩石的實質，从而提供了改进机器、工具的資料和最合理的操作准則。

这样，岩石分級問題的研究，不仅是总结了当前生产的状况，并且还将指出改进破碎岩石方法的途径。

三、怎样进行岩石分級和測定它的堅固性

我国流行的岩石分級方法有普氏和苏氏两种，这两种方法虽然都有着缺陷，但是也都包含着正确的方面。我們一方面不能被这两种方法所限制，另方面要从这两种方法里吸取合理的观点。

当我们把全部采矿工程中所遇到的岩石加以分級的时候，当我们划分从流沙起到石英岩止各种坚固性等級的时候，当我们寻求各色各样破碎岩石方法內在联系和相互关系的时候，簡而言之，当我们从总体上、在主导方面去看的时候，普氏的基本观点——岩石坚固性在各种方面的表現是趋于一致的。难破碎

的用各种方法都难；容易的都容易——是正确的。这一論点在第二篇(普氏岩石堅固性系数 f 及其測定)中已予証明。

因此，用普氏岩石分級表和他的堅固性系数 f 来作为整个采矿工程中所遇到岩石的分級是合理的和必要的。这种分級可以用来指示什么样堅固程度的岩石，要采用什么方法来破碎它。例如选取采矿方法，决定用炸藥爆破还是用水力冲射来崩落岩石，用回轉式鑽岩还是用冲击式凿岩，不需要支护还是要用固結围岩的方法来掘进，如此等等。此外，还可以利用普氏岩石堅固性系数 f 来概略地（誤差在15~30%以內）計算各种生产率，材料消耗及各种技术参数間的关系。这一系数还具有非常簡單明确的形式的优点。

但是仅仅有这样一个分級还是不够的，它只描繪出了整个破碎岩石問題的輪廓，并未闡明每一类别破碎岩石方法的詳細規律。因而不能用它来改进某一具体破碎岩石方法的机器、工具和操作准则。不能用它来作比較准确的計算。

当我们深入到某一类别的破碎岩石方法和作为这种方法破碎对象的部分岩石时，苏氏的观点——岩石各堅固性指标可能不协调，在选择决定岩石堅固性的方法时，要注意到对这种岩石的特殊采掘方法——也是正确的。可是苏氏把这一点強調得太过分了，以致走到另外一个极端。他全盘否定了在总体上、在主导方面岩石堅固性在各方面的表現趋于一致的規律。以为只能在每一具体情况下，应当用实际被运用着的采掘方法的生产过程自身来作为决定岩石堅固性的方法；生产过程所采用的机器，就是用来鑑定生产过程自身的理想仪器，从而排斥了任何抽象的必要性。在第三篇(苏氏岩石分級原則和对它的探討)中已論証了这种观点是不正确的。

生产过程除了在各矿山各个工作場子都是不全相同的以

外，它天天在革新着。生产所采用的机器也是日新月异。因此，如果不去抽象其本质来概括一个类别的采掘方法而决定岩石坚固性的时候，不仅仅将繁琐不堪、并且主观上想统一也统一不起来。苏氏分级法恰好带有了这样的根本缺点。此外，这种方法一点也不说明破碎岩石的物理机械实质。要知道凿岩速度吗？那就去打个眼——这是这一分级的另一个缺点。

为了免除这些缺点，应当把每一类别的破碎岩石方法，象凿岩、爆破、截割等的各自共同本质抽象出来，根据这些本质来制成各种仪器，去测定用各种类别的方法破碎岩石时的坚固性。凿岩和爆破两种坚固性指标间可能在个别情况下是不协调的。这是由于两者破碎岩石的本质不尽相同。但是用上述仪器来测定的坚固性指标，必将能很好地表征出具体采掘方法的难易程度，因为它们之间有一个相似的破碎岩石本质。

测定岩石坚固性的仪器，除了上述的基本要求以外，还应当是简单、容易在各矿山自行制造的。最好还应当是袖珍式的，以便于在工作地点直接测定岩石坚固性。

总结起来说，岩石的分级既应有概括全部岩石和全部破碎岩石或防止岩石破碎方法的分级，又应当有每一类别破碎岩石的深入分级。前者可利用普氏分级表；后者要用和各类别有相似破碎岩石本质的仪器来测定其坚固性。只有这样才能既见森林又见树木；既有科学的抽象又不脱离生产实际情况。

四、岩石分级的暂行措施

鉴于上述分级原则的具体实现还需要一定的时间，而在生产实际上却急于要有一个分级方法，因此必须要有一个暂行措施。从我国现状出发，建议用纯凿岩速度和炸药消耗量来作为坚固性的主要指标，并把它换算成普氏岩石坚固性系数 f ，以

便利于各矿山間相互对比。在各矿山因岩石种类不多，可以有自己的称呼等級。决定坚固性指标时的标准条件，应该采用我国目前常用的条件。表1是第三銅矿在生产实践中摸索出来的分級表格形式，可以作为各矿山統一采用的形式。表中的条件是：凿岩机——OM-503型，风压——5大气压；钎头——一字形嵌硬質合金，直径40~42公厘，湿式凿岩。巷道断面——3.6公尺²，炸藥——撫順岩石炸藥，直径32公厘。

表 1

第三銅 矿称呼 等級	岩石种类	普氏岩石 坚固性 系数, f	純凿岩 速度 V (公厘/分)	崩落1公尺 ³ 原岩所消耗 的炸藥 (公斤)	每台班的 钎头消耗 (个)	巷道断面为 2×1.8时的 炮眼数目 (个)
一	銅矿石, 非綠 色斯卡倫, 致密 花崗岩, 閃长岩	10—12	130—150	2.50—2.64	8—10 (BK-15)	21
二	普通花崗岩, 角閃石岩, 黑石 英岩	6—8	150—200	2.16—2.33	4 (BK-12)	16—18
三	紅色石英岩, 角頁岩	5—6	200—240	1.67—1.89	3 (BK-12)	15
四	其他不坚固岩 石	4	>240	1.45—1.33	2 (BK-12)	10—14

为了求得純凿岩速度、炸藥消耗量和普氏岩石坚固性系数之間的关系，我們曾将国内和苏联的实际数据加以归納，得出下面两个关系式^①：

$$V = C_0 \frac{(P-1)^{1.2}}{(f+b)^n} \quad (1)$$

① 参看“冲击式凿岩及其工具”，东北工学院研究生徐小荷論文；
“岩石平巷掘进凿岩爆破综合工作的研究”，东北工学院研究生刘清榮論文。

式中 V ——純凿岩速度，公厘/分；

P ——风压，大气压；

f ——普氏岩石坚固性系数；

b ——为一定数，其意义是由于存在不用于破碎岩石的能量损失，以致即使 $f = 0$ 时凿岩速度也并不到无穷大。因此，当眼越深时，摩擦阻力也越大， b 值就较大。在一般浅炮眼的情况下，可以认为 $b=2.0 \sim 2.5$ ；

n ——意味着岩石坚固性对凿岩速度的影响程度，当钎头刀的硬度越高，耐久性越强，越难磨钝时， n 值也就越近于 1。在相反的情况下则越大于 1。一般而言，对于鋼钎子 $n=1.44$ ，对于硬質合金钎头 $n=1.12$ ；

C_0 ——和凿岩机能力、钎头直径及形式有关的系数。目前对直径 41~43 公厘的钎头， C_0 值可初步采用表 2 的数值范围。

表 2

凿岩机 类 型	01-17, PH, PHM-17	01-30, ПМ-508, OM-506, ПА-23	01-45, ТН-4	01-32, RUM-4
C_0 值	230—300	340—440	550—750	700—900

由上式計算結果，和我国 11 个矿山的 89 个实际凿岩速度，岩石普氏坚固性系数及风压的数据相比較，誤差仅 16%（計算时都采用 $C_0=440$ ， $b=2$ ）。在所有条件控制得更严格一些的实例中，誤差仅 10%。

$$B = \frac{K f^{0.75} e}{\sqrt[3]{S_x} \sqrt{d_x}} \quad (2)$$

式中 B ——崩落 1 公尺³原岩所消耗的炸藥量, 公斤;
 f ——普氏岩石堅固性係數;
 S_x ——相對巷道斷面積, 以 5 公尺²斷面為 1;
 e ——相對炸藥爆力係數, 以爆力 360 公分³為 1;
 d_x ——相對藥包直徑, 以 32 公厘直徑為 1;
 K ——係數, 對平巷可取 0.25~0.35。

由上式計算的結果與我國實際資料比較, 一般誤差小於 8~10% (計算時取 $K=0.31$)。

第二篇 普氏岩石堅固性系數 f 及其測定^①

徐 小 荷

采矿作业中經常遇到的、最簡單的、最基本的、成为采矿作业特征的过程是破碎岩石和防止岩石的被破碎。前者象挖掘、凿岩、爆破、截割、落頂等等，后者象支护、安全矿柱等等。人們在采矿过程里用各种方法来破碎岩石；用这种或那种工具（鎬、鉞、钎子、截牙等）来破碎岩石和用各种方法来防止岩石的被破碎时，感觉到了各种不同岩石有的容易破碎有的則否，在多种多样的岩石里和用多种多样的破碎岩石方法下，人們概括出了岩石的一种性質，称之堅固性。以表示各种岩石对于各种方法是否易于破碎的概念。

岩石的堅固性和建筑力学中的强度是两个不同的概念。“岩石堅固性——M.M. 普罗托吉雅可諾夫教授写道〔1〕——和所有的材料一样，是一种抵抗外力的性能”。至于强度的定义，时常也写作：在一定条件下材料遭受各种外力作用达到不致被破坏的程度，称为該材料的强度。初看起来这两者都是抵抗在各种外力作用下而致破坏的性能，沒有原則上的差別。其实不然，在强度的意义下各种外力，仅仅局限于建筑力学中的压缩、拉伸、剪錯、扭曲等作用力。因此强度仅仅是抵抗这些外力的性能，这些外力是从建筑結構象杆、梁、柱、軸……等当中抽象出来最簡單最基本的受力状况，而远不是任何各种外力的作用。采矿作业中岩石堅固性，却是岩石在鉞、鎬、凿岩机、风鎬、截煤机、炸藥、地压……等外力作用下的一种性質。在采矿作业中岩石被破碎时，常常有在动載荷下岩石被压挤成粉末

的現象，這也是在建築力學中材料破壞時所見不到的。我們不能也沒有必要把岩石在鎬、炸藥作用下的情況都簡化成建築力學中的壓、張、剪各應力的作用。所以堅固性的概念比強度的概念要寬得多。這樣我們就不能夠用強度的概念去代替堅固性的概念。

正是這樣，普氏在另一著作中才寫道〔2〕“一般而言，平常所指的‘岩石堅固性’一詞意味着多種的，按實質說來是一個綜合性的概念。這樣，可以認為堅固性的意義在於各種採掘作業的難易程度，即在鑿岩、爆破工作時或用這種那種工具（象鎬、鏟之類）直接進行挖掘時的難易程度；堅固性也可以觀察岩石在各方面穩定性的表現中得到，如關於在掘進巷道時的支護、關於安全礦柱、關於地表陷沉等問題中得到”。“就在這裡可看出岩石堅固性所具有的概念和在建築力學中關於抗壓、抗拉、抗剪等所謂基本單元的概念在內容上有着多大的差別又多么地不相類似啊”。

在20世紀初，人們對岩石堅固性只具有質上的認識，如區別岩石為堅硬的，軟弱的，脆的等等類型。並以這些性質作為岩石在採礦工程上分類的基础。僅把個別方面（象鑿岩方面，象地表陷沉方面）的現象和岩石堅固性聯繫起來。到M.M. 普羅托吉雅可諾夫時代（1874—1930），資料的累積漸漸增多，因此就有了進行各種破碎岩石方法和岩石堅固性之間相互聯繫的研究的可能。

普氏研究了岩石堅固性在各種方面（被各種方法所破碎時）表現的實際資料以後，得出了一個最基本的觀點，他認為：岩石堅固性在各種方面的表現是趨於一致的。難破碎的岩石用各種方法都難破碎；容易的都容易。為了表明這個基本觀點，他採取了下面的說明方法。

在采矿过程中破碎岩石，比如凿岩，在外力作用下岩石产生着多种多样的抗力，它们都是外力的函数，即：

$$P = F(d, z, s, b, \dots) \quad (1)$$

式中 $d, z, s, b, \dots$ 表示各种抗力。

普氏认为各种抗力必各自与外力成正比，即：

$$P = Ad + A_1z + A_2s + A_3b, \dots \quad (2)$$

式中 $A, A_1, A_2, A_3, \dots$ 是和 d, z, s, b 等无关的比例系数。

于是各种抗力间也呈一比例关系，即：

$$z = K_1 d; s = K_2 d; b = K_3 d; \dots$$

这样，式(2)可写成：

$$P = d[A + A_1k_1 + A_2k_2 + \dots] \quad (3)$$

或简化成：

$$P = kd \quad (4)$$

式中 k ——是一个只和外力作用方法及所选取抗力 d 的种类有关的常数；

d ——是可任意选定的一种抗力。

当岩石中的某一种抗力或一种以上抗力在外力作用下达到极限时，岩石便开始破碎。由式(4)可看出不同岩石用同一方法破碎时，则所需外力的大小与任一种被指定抗力的极限成正比。

当用方法甲(如凿岩)破碎岩石时：

$$P_{\text{甲}} = K_{\text{甲}} X \quad (5)$$

X 是任一被指定的一种抗力，当它达到使岩石破碎的数值时。

如果同一岩石不用甲法而用乙法(如爆破)破碎岩石时：

$$P_{\text{乙}} = K_{\text{乙}} X \quad (6)$$

从这里普氏得到这样的结论：

“假如一种岩石在某一方面(如凿岩)和另一种岩