

金屬矿山 平巷快速掘进

长沙矿山設計研究院 著

冶金工业出版社

21123
2121

321
5
1

金屬矿山平巷快速掘进

長沙礦山設計研究院 著

冶金工业出版社

12945

內 容 提 要

本書較全面地總結了我國解放十年來礦山平巷快速掘進的經驗，並介紹了一些國外平巷掘進的情況。對有關礦山平巷快速掘進的施工技術和勞動組織、掘進循環等方面的問題，作了較詳細的闡述。書中還列舉了國內外一些較先進和一般的平巷快速掘進技術經濟指標，並對提高平巷掘進速度、提出了一些建設性的意見。

本書可供礦山技術人員、掘進管理幹部和工人參考。

金屬礦山平巷快速掘進

長沙礦山設計研究院 著

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

1960年3月 第一版

1960年3月北京第一次印刷

印數3,520冊

開本850×1168•1/32•65,000字•印張2 $\frac{26}{32}$ •插頁2

統一書號15062•2155 定價0.41元

目 录

序言	4
第一章 概論	5
第一节 平巷快速掘进在矿山建設中的意义	5
第二节 我国解放前后矿山平巷掘进概况	6
第三节 国外平巷快速掘进情况	11
第二章 凿岩工作	14
第一节 我国金属矿山平巷掘进中使用的主要设备和工具	14
第二节 凿岩机的支架形式	19
第三节 凿岩工作区域的划分	21
第四节 工作面凿岩机同时工作台数的确定	26
第五节 提高凿岩工作效率的几点措施	27
第三章 爆破工作	30
第一节 平巷快速掘进中的掏槽方法选择	30
第二节 抛掷爆破与炮眼的堵塞	33
第三节 平巷掘进爆破工作中几个問題的討論	35
第四章 岩石的装載和运搬	41
第一节 装岩和运搬工具的选择及改进	41
第二节 装岩生产率	41
第三节 岩石的运搬工作	47
第四节 提高平巷掘进装岩生产率的几点意見	53
第五章 掘进工作的輔助作业	63
第一节 掘进中的通风防尘工作	63
第二节 掘进中的照明、排水工作	64
第三节 掘进中的支柱工作	65
第六章 劳动組織和掘进循环	68
第一节 劳动組織及掘进作业方式	68
第二节 掘进循环与掘进速度	71
第三节 平巷多头与独头快速掘进的評述	78
第四节 关于劳动組織和掘进循环方面的几点意見	80
第七章 平巷快速掘进的技术經濟指标	82
主要参考文献	89

序 言

在矿山建設中，水平巷道的掘进占着很重要的地位。

建国十年来，在党的正确领导下，我国矿山工作者在平巷掘进中創造了许多先进的施工方法，积累了许多宝贵的經驗。使我国水平巷道的掘进速度，正在一天天向世界的先进水平跃进。

但是，从各矿山的实际情况看来，发展是不平衡的，而且相差极为悬殊。例如龙烟鋼鐵公司馬万水小組在一九五八年九月份便創造了独头大巷月进 429.7 米的高纪录（巷道断面为 10.64 米²，岩石硬度系数 $f = 12 \sim 14$ ）。徐州权舍吳修伦掘进队于一九五九年三月份創造了岩巷独头月进 535.5 米的全国新纪录（巷道断面为 5.67 米²，岩石为砂頁岩和頁岩， $f = 4 \sim 6$ ）。而国内大部份矿山月进 100 米还有一定的困难。因此，积极交流和传播先进的施工技术和經驗，广泛开展学先进、赶先进、比先进的群众性的技术革新运动，就显得非常必要。編写本書的目的，就是在这样轟轟烈烈的运动中希望它能对生产起应有的作用。

本書不同于一般的教科書，它沒有系統地介紹平巷掘进的一般基础知識，也較少列举和演算复杂的計算公式，虽列入了一些国外資料，但还是着重介紹国内独头平巷快速掘进中的主要問題及主要的施工經驗，并以一九五八年的大跃进和一九五九年的繼續跃进中創造的成績和經驗为主。因此，本書是群众性的技术革新运动的产物，也是大跃进的产物。

由于作者經驗貧乏，水平有限，錯漏之处，在所难免。为此，热烈地希望讀者对本書提出批評和指正。

第一章 概 論

第一節 平巷快速掘進在礦山建設中的意义

我国社会主义建設全面大跃进以来，工农业生产都获得了空前高速度的发展。特别是鋼鐵工业，发展速度更快。在「以鋼为鋼」的建設方針指导下，1958年比1957年鋼产量增长了49.5%（不包括“土”鋼）。这是世界上最高的发展速度。在1958年大跃进的基础上，1959年提出了完成1200万吨鋼产量的繼續跃进的宏伟計劃，并提前超额完成了任务。毫无疑问，随着我国工业的飞跃发展，鋼鐵和有色金屬工业将有更大的发展。

由于鋼鐵和有色金屬工业的飞跃发展，对黑色金屬和有色金屬矿石也提出了越来越多的要求。我們知道，采矿时，由于受矿体的埋藏条件、地形外貌，以及我国机械工业的現狀所限，矿石不可能全部采用露天开采的方法。解放十年来，虽然作了很大的努力，取得了极大的成績，但是，黑色金屬开采量还有10%，有色金屬开采量仍有90%以上依然沿用地下开采的方法进行开采。

采用地下开采方法的矿山中，加快井巷建設速度，对矿山的基建速度和保証正常生产，具有极为重要的意义。井巷建設的工程量占整个矿山建設工程量的比重很大，同时，也較一般工程費时。在井巷建設的工程量中，又以平巷掘进的工程量最为突出。以某矿为例，井巷工程費用占总投资的 $\frac{1}{4}$ 强，全部掘进的工程量为78525米³，其中以主要运输平巷的工程量最大，全长达3633.5米，折合47683米³，占总工程量的61%。开始基建时，由于主平窿掘进速度慢，即使采取了分头掘进的方法，仍不能满足要求。以其掘进速度最快的第一工作面为例，1957年1~7月平均月进尺只有69.6米，因此，給該矿按期投入生产

造成严重的威胁。自1957年8月組織快速掘进后，便立竿見影，当月第一工作面进尺便达到146米。由于繼續采取了各种有效措施，同时坚持了党提出的多、快、好、省建設社会主义的方針，这一成績不仅巩固下来，而且还得到了不断的提高。于1958年1月和3月，分別創造了月进203.65米和213.42米的高紀錄。从1957年8月至1958年5月，平均月进尺高达163.5米，为以往平均掘进速度的230%，由于加快了平巷掘进速度，因而使該矿提前三个月正式投入了生产，在政治上和經濟上的意义都是非常重大的。

在目前生产矿山的地下开采中，探矿跟不上采准，采准跟不上采矿的現象，是比較普遍存在的問題，可以認為，加快平巷掘进速度是解决这个問題的最好手段。

第二節 我國解放前后礦山平巷掘進概況

解放前，我国的采矿工业和其他工业一样，依附着帝国主义和外国資本家而苟延残喘。实际上长期处在瘫痪状态，而矿山平巷掘进，只是这个瘫痪残躯中的一肢罢了！

在国民党反动統治时期的金屬矿山，特別是有色金屬矿山，采矿方法和井巷掘进都是极不正規的。在平巷掘进中采用机械者寥寥无几。以較发达的錫矿业为例，仅有江西两三个矿山在解放前不久采用过少得可怜的机械掘进。如大吉山錫矿在1948年下半年采用机械掘进量仅有65米。巷道断面也是极小的，被誉为「运搬大巷」者，亦不过是3.4米²。月进尺能达20~30米，便是先进指标了。

解放十年来，矿山水平巷道的掘进，不論在掘进机械化程度，掘进工效和速度，以及掘进技术方面，都是逐年发展的。特別是1958年大跃进以来，更有了新的飞跃发展。

龙烟鋼鐵公司馬万水小組的成长和发展过程，在一定程度上代表着我国平巷掘进的水平和发展过程。茲將該組先后六次（解

放后，該組独头和多头掘进共創造九次新紀錄）創造全国金屬矿山平巷掘进速度的紀錄及解放后历年來进尺完成情况，分別列于表1及表2。

表 1

馬万水小組創造六次全国紀錄的主要指标表

項 目	时 間	单位	1955年 10月	1957年 10月	1957年 12月	1958年 1月	1958年 6月	1958年 9月
巷道断面		米 ²	14.43	14.43	14.43	12-14.43	13.5	10.64
岩石名称			片麻岩	石英岩	石英岩	石英岩	片麻岩	片麻岩风化花岗岩
岩石硬度系数		f	10	15-18	18	18	10-12	10-15
月进尺		米	128.5	150.1	170.1	210.2	260	429.7
昼夜平均循环次数		次	—	6.48	—	6.85	7.17	10.87
最高日进尺		米	—	7.95	—	8.8	12.2	19.8
平均日进尺		米	—	6	—	7	8.66	14.32

表 2

馬万水小組历年來平巷掘进的主要指标表

时 間 (年份)	項 目	巷道断面 (米 ²)	岩石名称及硬度系数, f	月进尺 (米/月)	
				最 高	平 均
1949		5-6	石英岩, f=15	—	15
50		5-6	石英岩, f=15	23	20
51		5-6	石英岩, f=15	67.4	44.6
52		折合为 3.8	石英岩, 板岩, f=15	—	197 (注)
53		折合为 3.8	石英岩, 板岩, f=15	—	261 (注)
54		14.72	片麻岩, f=10	72.3	64.54
55		14.72	片麻岩, f=10	128.5	98.95
56		5-6	石英岩, f=15-18	122.1	90.2
57		14.43	石英岩, f=18	170.1	114
58		10.64 14.43	片麻岩, 风化花岗岩, f=10-15	429.7	250.04
1959年上半年		13.5	石英岩, 片麻岩, f=12-18	—	250

备 注

- ① 50年3月开始使用凿岩机凿岩，以前是手掘。
② 52年和53年，几个不同断面的巷道同时掘进，表中所列的平均值是按小断面3.8米²折算而成的，因此显得高一些。

从表1中可以看出，在1958年的大跃进中，一年內便三次刷新了全国紀錄，且第三次为第一次紀錄的204.5%。表2也告訴

我們，1959年和1958年的平均掘进速度为1949年的1626%，为1951年采用机械掘进后的560%，即增长了4.6倍。

从全国的情况来看，在平巷掘进的各个方面都同样是不断发展的。第一个五年计划开始后，对一些主要金属矿山便开始了有计划的基本建设工作，井巷掘进的队伍也不断建立和成长起来。在掘进方法上由手工掘进逐步改为机械掘进。从1954年开始便大力推广了硬质合金钎头，1956年又推广了气腿子支架凿岩。装岩运输上亦逐步从繁重的人工劳动中，改用电动和风动的装岩机和一部份电耙。机车运输的矿山亦不断增加。在劳动组织上亦广泛推广了综合工作队的形式。这些新工具和组织形式的采用，不仅在不同程度上把工人从繁重的体力劳动中解放出来，使工时得到更合理的使用，同时对加快平巷掘进速度也起了极其重要的作用。

掘进新技术的应用及工人技术熟练的过程，亦是掘进速度不断增长的过程。兹将第一和第五钨矿两个专业掘进队的掘进速度提高情况列于表3。

从表3中可以看出，一个掘进队的掘进速度基本上是逐步提高的。这与工人技术水平的不断提高和掘进施工技术及管理经验的提高和积累是分不开的。这也说明，组织专业性的掘进队伍对提高掘进技术和速度，都有着极为重要的意义。

解放前的掘进工效也是低得难以令人相信的。以大吉山钨矿为例，1948年下半年手掘工班工效为0.0122米，机掘工班工效为0.0466米。每米消耗的各工种工班数列于表4。

表4所列数值，充分说明了解放前生产关系严重地束缚了生产力的发展。

解放后，生产关系有了根本的改变，工人的思想觉悟水平空前提高，促使了生产力的空前速度的发展，劳动生产率得到了迅速的提高。兹将我国一些有色金属矿山近年来工效增长情况列于表5。

由表5可知，解放后工效的提高不是百分之几十，而是成倍

表 3

第一和第五鑛矿主平盤掘进队掘进速度增长表

项目 矿 山 名 称	岩石名称 及硬度系 数 f	巷道断面 (米 ²)	时 间		一 九 五 七 年												一 九 五 八 年					年 平 均						
			单 位	单 位	上 半 年												年 平 均											
					1	2	3	4	5	6	上 半 年 平 均	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4		5	6				
第一号矿主 平窿第一工 作面	变质砂岩 f = 12-14	11.0	米/月	米/月	38.59	68.6	72.31	70.25	79.15	74.56	67.23	83.71	146	145.67	141.4	160.63	168.9	112.47	125.85	208.65	124.24	132.07	108.05	185	155.95	166.81	137.69	173.28
第五号矿 210主平窿	花岗岩 f = 12-15	14.7	米/月	米/月								34.36	70.5	164.16	102.38	102.38	93.33	93.33	125.85	208.65	不正常	132.07	108.05	185	155.95	166.81	137.69	173.73

表 4

大吉山鑛矿1948年平均工效表

编 号	掘进方法 工种名称	单 位	手 掘 (人工)	机 掘 (机械)	备 注
1	凿 岩 - 工	工班/米	56.5	8	左列数值是掘进一米巷道 (包括小部 份复眼) 所消耗的人工数。
2	钻 工	工班/米	8	0.5	
3	运 搬 工	工班/米	8	8	
4	支柱铺道工	工班/米	3	2	
5	杂 工	工班/米	6.5	2	
6	修 理 工	工班/米	82	1	
7	劳动生产率	工班/米	0.0122	21.5 0.0466	

表 5

矿山平巷掘进历年工效增长情况表

矿 山 名 称	时间(年份)		单 位	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	项 目												
前东北铜铅锌矿务局所属 矿 山	水平探巷		米/台班	0.61	0.87	0.85	0.93	0.92	1.08	1.30	0.95. (米/工班)		
	采 准 (包括部分天井)		米/台班	0.51	0.78	0.74	0.86	0.88	0.98	1.30	0.99 (米/工班)		
	水平探巷		米/台班			0.525	0.982	1.069	1.099	1.055	1.295	1.298	1.534
云南锡业公司所属矿山	水平探巷		米/工班								0.625	0.596	0.819
	采准水平		米/台班					0.672	0.78	1.14	0.99	0.84	1.27
第一锡矿	采准水平		米/台班										
中南某锡矿	采准水平		米/台班						1.223	1.57	2.28	1.34	2.25
	生探采准水平		米/台班						0.585	0.827	1.373	1.653	

成倍地增长。如果再与表 4 所列数值相較，則是几十倍了。可以認為，这是社会主义社会制度优越性的具体表現。

在工人的劳动条件方面，解放前后更是天淵之別了。据老工人反映，解放前在坑內作业，根本沒有劳动保护用品，光着身子在螢火虫一样的灯光下进行繁重的体力劳动。解放以后，由于党对矿山建設者的无微不至的亲切关怀，掘进工人的劳动条件有了根本的改善。加强了通风防尘和个体保护工作，逐步消除着矽尘对工人的危害，使工人有充沛的精力，在良好的条件下进行工作，这也是掘进水平不断提高的有力保証。

可以預期，随着我国社会主义工业化的飞跃发展，我国平巷掘进技术和速度，必将得到进一步的提高和发展。

第三節 國外平巷快速掘進情况

近年来，国外平巷掘进技术和速度都有了很大的发展。应特别提到的是捷克斯洛伐克、羅馬尼亚和保加利亚等国，他們在平巷快速掘进方面，取得了极为突出的成績。

捷克斯洛伐克从1950年以来，随着經驗的积累和机械化、技术水平的提高，平巷掘进速度历年来都在迅速增长，以高速度的步伐跨进了世界先进水平的行列，跃居世界首位。茲將他們从1950年以来掘进速度增长情况摘录于表 6。

羅馬尼亚1954年5月份創造 872 米的紀錄，1956年11月在掘进断面面积为 10.5 米^2 中，創造了月进 1021 米的高紀錄。

他們这些成績的获得，主要是以先进科学技术的应用、掘进过程的高度机械化和周密的劳动組織以及熟練而先进的掘进技术为保証的。羅馬尼亚組織快速掘进时，采用了鏟斗容积为 0.4 米^3 的装岩机；由于采取了噴霧器等設備，使通风時間縮短至 2.5 分鐘。在掘进过程中，每班还配备了采矿工程师、机械工程师和电气师各一人，足見他們对掘进工作是非常重視。捷克斯洛伐克創造了許多快速掘进的經驗，在本書一些章节中将作必要的

介紹。

表 6

捷克平巷掘进速度增长表

时 間	月进尺 (米)
1950年7月	200.4
8月	235.5
9月	325
1951年15/1~14/2月	434
10月	520
1952年5月	693.1
1954年5月	870.5
1956年7/10~6/11月	1021.3

美国和一些资本主义国家在平巷快速掘进方面近些年来沒有多大的发展。

茲将一些掘进速度較高的国家及其掘进速度列于表7。

表 7

国外平巷快速掘进速度表

国 家 名 称	創纪录的时间	月进尺 (米)	备 注
捷克斯洛伐克	1956年7/10~6/11月	1021.3	該纪录是北苏格兰开凿引水隧道时 按7天掘进167.1米折算的。
罗 馬 尼 亚	1956年7/11~6/12月	1021	
保 加 利 亚	1956年8月	551	
苏 联	1958年6月	402	
美 国	1959年	744.8	
英 国	1955年10月	668.4	
南 菲	1958年	661.8	
西 德	1954年4月	233	

这些国家成績的获得，都是建立在高度机械化基础上的。在凿岩爆破技术上，大都朝向高冲击数凿岩机和高威力炸药的广泛試制和应用。气腿子支架在平巷掘进中也得到愈来愈广泛的应用。捷克創造月进1021.3米的世界纪录时，亦是采用这种设备的。在装岩方面，尽力設法加大鏟斗容积和采用装岩轉載设备，是一

个突出的特点。要求获得高速掘进的国家，都是不遗余力地进行这个工作。因此，很多国家都正在试制和使用鏟斗容积在 0.3米^3 的装岩机。苏联正在试制 ППМ—5 型和“艾姆科” 622 型装岩机，它们的鏟斗容积为 0.3 和 0.36米^3 ，试验效果良好。

由上所述，社会主义国家的矿山平巷掘进的速度，遥遥领先。苏联在平巷掘进中，着重于掘进平均速度的全面提高，在这方面做了很多有意义的工作。

第二章 凿岩工作

凿岩工作是平巷掘进中的主要工序，組織快速掘进时，必須給以高度的重視。認真选择凿岩工具、設備，合理布置凿岩順序和区域，以及正确配备适量的工作面凿岩机数等，都是很重要的工作。茲将与快速掘进关系較密切的几个問題，作如下闡述。

第一節 我國金屬礦山平巷掘進

中使用的主要設備和工具

一、凿岩机

在國內平巷掘进中，大部份矿山采用的凿岩机械是 OM—503 型手持式凿岩机；重型的 KLM—4 型平柱式凿岩机也有部份矿山应用。从它們在相同条件下的純凿岩速度来看，很显然，KLM—4 型的凿岩机穿孔速度較快，但由于它比較笨重，不适于裝置在气腿子支架上，必須裝置在立柱式支架或台車上，因而限制了凿岩作业与装岩作业的平行进行。因此，在平巷快速掘进中，特别是在中硬以下的岩石中掘进时，逐漸被輕型凿岩机所代替。

但是，OM—506 型凿岩机的穿孔速度及其重量，都还不能很好滿足快速掘进的要求。近些年来，國內外都在进行着輕巧而冲击次数高的凿岩机的試驗工作。苏联克里沃洛格“气学”工厂設計和制造了 ПП—10 型手持式高冲击数凿岩机。它的重量只有 10 公斤，而它的穿孔速度却比 OM—506 型的凿岩机还高。据資料載，在 $f = 10 \sim 12$ 的中硬岩石中掘进，风压为 5 公斤/厘米² 时，ПП—10 型凿岩机的穿孔速度为 220 毫米/分鐘，而 OM—506 型凿岩机的穿孔速度只有 160 毫米/分鐘。

我国沈阳风动工具厂和探矿机械厂曾試制 01—21 型和 YG—21 型以及 YG—9 型等多种輕型高冲击数凿岩机。YG—21 型凿岩机附有 72—18 型的气动支架，适用于中硬及中硬以上的岩

石，而 YG-9 型凿岩机只适用于中硬以下的岩石。它們总的特點是：单位時間內冲击次数多，机体輕，效率高。这些特点已經在一些矿山非工业性的試驗中得到充分的証明。

苏联生产的高冲击数凿岩机的种类更多。曾对 ПП-С, ПП-20 型的高冲击数凿岩机与普通的 ПА-23, ПП-35 型凿岩机进行过試驗比較。試驗結果表明，ПП-С 型高冲击数凿岩机較之通遍的凿岩机有如下几个优越性：

(1) 凿岩技术速度高一倍左右（在 $f = 8 \sim 10$ 及 $f = 14 \sim 16$ 岩石中分別为 171~234%）。反冲击力小，从而大大地減輕了凿岩工的劳动强度，提高了工作效率。

(2) 由于扭矩大，可以有效地钻凿破裂的非均質岩石。

(3) 每米炮眼所消耗的压气减少 20%。

这些結論虽然是一些試驗結果，其效率数值尚不能作为精确的依据，但它指出的方向是沒有疑問的。

茲将我国和苏联的几种高冲击数凿岩机和普通凿岩机的主要性能特征列于表 8。

表 8

高冲击数凿岩机和普通凿岩机性能比較表

名称 指标	单 位	YG-21	YG-9	ПП-10	ПП-20	ПП-С	ПА-23	ПП-35
凿岩机重量	公斤	20	9~10	10	20	25	23	28
活塞直径	毫米	90	70	62	76	90	68	72
活塞冲程	毫米	85	25	25	36	35	60	65
每分鐘冲击数	次	3200	3500~ 3750	3750	3800	3600	1865	1690
冲击能	公斤米	—	—	1.6	3.5	6.1	5.9	7.0
冲击功	馬力	5.5	2.5~3.5	2	3.1	4.9	2.44	2.52
每分鐘轉数	次	225	200, 300 400	170	180	392	160	160
扭矩	公斤厘米	—	—	50	150	225	85	120
压气消耗	米 ³ /分鐘	—	—	2	3.2	4.1	2.5	2.9

二、钎头

解放初期，国内各矿山均采用六稜碳素鋼钎。随着我国冶金和机械工业的发展，1954年后便在大中型矿山中逐步采用了硬質

合金活动钎头。目前在国内采用机械掘进的矿山中，絕大部份采用这种钎头。从它的穿孔速度和耐磨性来看，都远高于碳素钢钎，对平巷的快速掘进起着重要的作用。

关于钎头的直径問題，一般認為在平巷快速掘进中使用大直径钎头是不合适的。其原因主要是：鉋凿大直径炮眼时，凿岩速度将显著降低（直径为60毫米时穿孔速度約为40毫米时的一半左右），且必須采用重型凿岩机及其相应的鉋架，这就限制了凿岩与装岩平行作业的可能性。如果在同一工作面中鉋凿两种不同直径的炮眼（如有些矿山采用大直径的掏槽眼）；則应配备两套凿岩工具，增加麻煩。这个問題在国外的意見也是不一致的。苏联“矿山杂志”曾組織过合理钎头直径的討論。有人主张采用大直径，然而有人的意見則恰相反，認為采用小直径炮眼更为合理。較普遍的意見是：巷道掘进中，在不同岩石和爆破工作条件下，規定統一标准直径的炮眼与药包直径是不正确的。在每一具体情况下用实验的方法来 确定 合理的炮眼直径，将是最好的方法。但是，有不少学者認為在采用强力炸药和优質鉋眼工具的基础上，采用小直径炮眼可作为研究的方向。作者贊同这一論点，同时認為在平巷快速掘进中，采用小直径钎头，更有它的重要意义。瑞典越来越多的采用直径24~29毫米的炮眼，钎杆直径为19毫米。

目前，我国大部份矿山都采用直径为42~46毫米的钎头，而炸药包直径則只有32毫米。这不仅在爆破上被認為不合理，从凿岩的角度来看也是不合理的。近些年来，国内好些矿山都进行了小直径钎头的試驗，并且取得了显著的成績。华銅銅矿在平巷掘进中很多凿岩小組已将钎头直径从33~42毫米減至32~35毫米，从而提高了凿岩速度40%左右，同时还节约了合金片和炸药。該矿张殿云同志創造小断面巷道双机多面工班进尺21.15米的高紀錄时，便是采用了直径为32~35毫米的钎头。

关于小直径钎头在平巷掘进中的应用，我院凿岩研究組曾在錫矿山五区东沿脉坑道（断面規格为 1.8×2.0 毫米²，岩石为f