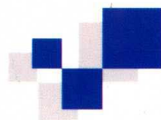


岩巷钻爆法掘进速度 影响因子分析、预测及综合评价研究

张召冉 著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

北方工业大学校内人才强校行动计划项目资助

岩巷钻爆法掘进速度影响因子 分析、预测及综合评价研究

张召冉 著

北 京
冶金工业出版社
2019

内 容 提 要

本书基于现场调研分析,构建了岩巷掘进速度影响因子体系,分析了影响我国岩巷掘进速度提高的深层因素,并提出了相应对策;还对掘进速度的预测方法、爆破掘进速度效果的评价方法和体系进行了研究。研究成果对于提升岩巷掘进施工的系统化认识和提高岩巷掘进水平具有积极的促进作用。

本书可供矿山工程技术人员及科研人员使用,也可供高校矿建专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩巷钻爆法掘进速度影响因子分析、预测及综合评价
研究/张召冉著 —北京:冶金工业出版社,2019.3

ISBN 978-7-5024-7950-3

I. ①岩… II. ①张… III. ①岩巷掘进—钻爆法施工
IV. ①TD263.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 271922 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 彭子赫 版式设计 禹 蕊

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7950-3

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2019年3月第1版,2019年3月第1次印刷

169mm×239mm; 10.25 印张; 197 千字; 154 页

55.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

经济的发展离不开能源的支持，我国是一次能源以煤为主的国家，我国煤炭主要以井工开采为主，巷道掘进与支护工程量浩大，要完成如此庞大的巷道施工量，就需要妥善解决大断面巷道掘进、支护所面临的系列复杂理论与技术难题，确保大断面巷道快速、高效、优质、安全施工。因此，按照“采掘并举，掘进先行”的生产原则，加快岩巷施工速度，确保煤炭企业采掘接续正常，对于保障我国国民经济健康持续发展具有重大的现实意义。

从系统的观点来看，掘进系统是煤矿生产系统的一部分。系统分析是岩巷快掘系统研究的最重要的方法，岩巷掘进系统是一个复杂的系统工程，通过对系统最终目标、系统构成要素、系统所处环境、系统投入资源和系统组织管理的分析，可以较为准确地发现掘进系统的问题，揭示问题的深层次原因，可以更有针对性地提出解决方案。

本书在回顾国内外岩巷掘进现状的基础上，重点对岩巷钻爆法施工速度影响因子进行了系统分析，对岩巷钻爆法施工中配套装备的科学选型进行了分析，进行了基于 BP 神经网络的钻爆法月进尺预测研究，以及岩巷快掘施工综合评价和经济效益分析研究。

本书主要由北方工业大学土木工程学院张召冉撰写。具体撰写分工为：第 2 章、第 3 章的 3.1 节和 3.2 节、第 4 章、第 6 章由张召冉撰写，第 1 章、第 3 章的 3.3 节、第 5 章由中国矿业大学（北京）朱现磊撰写（6.1 万字）。

在本书撰写过程中，得到了北方工业大学土木工程学院、中国矿业大学（北京）的教师和学生的大力支持，在此表示感谢！本书的出版得到了北方工业大学校内人才强校行动计划（18XN012/074）的支持，在此特别表示谢意！

由于作者的学术水平和实践经验所限，书中不足之处，恳请读者批评指正。

作 者

2018年9月19日于北方工业大学

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.1.1 钻爆法的主导地位	1
1.1.2 多因素制约岩巷快掘进尺水平	1
1.1.3 研究意义	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 我国岩巷掘进现状	3
1.2.2 岩巷影响因子方面的研究	4
1.2.3 快掘机械化配套施工效果评价研究	5
1.2.4 系统及掘进系统思考	5
2 岩巷钻爆法掘进速度影响因子系统分析	7
2.1 岩巷掘进速度影响因子体系构建	7
2.2 我国岩巷掘进巷道实例分析	7
2.2.1 案例选取	7
2.2.2 巷道钻爆法进尺整体分析	8
2.2.3 岩巷案例分析	8
2.3 我国岩巷钻爆法速度影响因子体系构建	11
2.3.1 岩巷钻爆法掘进速度影响因子体系	12
2.3.2 各子系统的子因子分析	14
2.3.3 岩巷钻爆法掘进速度影响因子体系总体构建	25
2.3.4 岩巷钻爆法掘进速度影响因子层级分析	25
2.4 岩巷实现快掘的措施简析	33
3 基于线性规划的快掘最优配套方案的选择研究	35
3.1 线性规划理论简介	36
3.1.1 线性规划理论发展	36
3.1.2 线性规划模型的基本概念	36
3.2 岩巷掘进机械化配套方案的数学模型	37

3.2.1 基于平均月进尺要求的装备配套选用且成本最省研究	37
3.2.2 基于已有凿岩设备的最高月进尺的配套方案选择研究	43
3.3 分系统求解及凿、装、支时间分配研究	44
3.3.1 分系统求解过程	44
3.3.2 凿、装、支时间的合理分配	45
3.3.3 分系统配套方案的选择	46
4 基于 BP 神经网络的钻爆法月进尺预测研究	51
4.1 神经网络解决岩巷掘进月进尺预测的可行性	51
4.2 BP 神经网络的原理及算法	53
4.2.1 BP 神经网络的原理	53
4.2.2 BP 神经网络的算法	53
4.3 月进尺预测模型输入指标确定	55
4.3.1 基于工程特征的输入指标的选取	55
4.3.2 岩巷掘进预测输入指标的灰关联度分析	59
4.4 基于 BP 网络的钻爆法岩巷月进尺预测模型的建立	71
4.4.1 网络拓扑结构的确定	71
4.4.2 月进尺预算详细过程	73
5 岩巷快掘施工综合评价及经济效益分析研究	83
5.1 岩巷快掘施工的动力机制	83
5.2 普掘与快掘的综合对比指标体系	84
5.2.1 对比的方法	84
5.2.2 普掘与快掘对比分析评价指标	85
5.3 基于 AHP-Fuzzy 的岩巷快掘施工综合评价模型	91
5.3.1 AHP-Fuzzy 综合评价模型建立	91
5.3.2 岩巷快掘施工评价系统指标量化	93
5.3.3 钻爆法岩巷快掘评价系统指标体系权重确定	110
5.4 钻爆法岩巷快掘经济效益分析	115
5.4.1 岩巷工程造价构成	115
5.4.2 岩巷掘进普掘和快掘效益对比	117
5.4.3 工期效益	119
6 项目实证研究	121
6.1 项目背景	121

6.2 原因及对策分析	123
6.2.1 原因分析	123
6.2.2 对策分析	123
6.3 施工方案设计	124
6.3.1 爆破技术方案的确定	124
6.3.2 支护方案的确定	125
6.3.3 施工机械化配套方案的确定	126
6.3.4 钻爆法施工方案的进度预测分析	130
6.3.5 快掘施工效果的综合评价	132
6.3.6 施工方案的经济效益分析	140
6.3.7 实证结果综合分析	146
参考文献	147

1 绪 论

1.1 研究背景和意义

1.1.1 钻爆法的主导地位

经济的发展离不开能源的支持。我国是一次能源以煤为主的国家，目前，煤炭分别占我国一次能源生产和消费总量的 76% 和 69%。在未来相当长的时期内，煤炭作为主体能源的地位不会改变。

我国能源产业的特点是“煤多油少”。从我国的能源结构来看，我国能源消费结构中以煤炭为主的格局在相当长一段时间内不会改变。随着我国煤炭开采技术的飞速发展，煤炭的开采强度和速度得到了极大的提高，采矿设备正在向自动化、信息化、大型化、集约化方向发展，这也使得巷道的断面越来越大，相应地，巷道掘进工程量成倍增加。

我国煤炭开采主要以井工为主，巷道掘进与支护工程量浩大。要完成如此庞大的巷道施工量，就需要妥善解决困扰大断面巷道掘进、支护所面临的系列复杂理论与技术难题，确保大断面巷道快速、高效、优质、安全施工。因此，按照“采掘并举，掘进先行”的生产方针，加快大断面巷道施工速度，确保煤炭企业采掘接续正常，对于保障能源供给具有重大的现实意义。

岩巷掘进工法主要有钻爆法和机掘法。据统计我国每年掘进的岩石巷道长度高达数千公里，其中钻爆法施工占 95% 以上。岩巷机掘，尤其对于硬岩（如普氏系数 f 大于 7）巷道，目前我国综掘机施工过程中存在能耗大、故障率高、粉尘严重、适应性差等问题，应用效果不甚理想。因此，今后很长的一段时间内钻爆法掘进在岩巷掘进中将占据主导地位。所以，研究岩巷钻爆法的快速掘进具有现实意义。

1.1.2 多因素制约岩巷快掘进尺水平

岩巷掘进具有开拓困难、占用施工时间长、工序复杂的特点，这也就决定了岩巷的掘进对于煤矿的建设和生产是个难点。岩巷快掘是一个有机的整体，不仅受内部因素的影响，同时还受系统外部条件的影响。掘进技术、装备、工艺、人

员、组织管理、地质水文、运输、通风、供排水、供电等构成了掘进的有机整体,各因素相辅相成、缺一不可。

巷道掘进是一个综合的施工工艺,整个过程主要包括掘、支、装、运四大环节,每个环节又包括若干个小环节。就“掘”而言,包括钻孔、装药联线、放炮等;“支”包括钻锚杆孔、装锚固剂、挂网、安装、搅拌、紧固、喷浆等环节。“装”是把爆破下来的矸石装车或者直接上皮带。“运”即是把装完的岩石通过后路的运输系统运出。上述四大环节由于采用的施工装备和组织管理的形式不同,产生的效果也不同。“细节决定速度”,如果一个小环节出现问题,就会影响整个系统正常运转,降低掘进速度。

钻爆法巷道的速度制约因素很多,对于不同的工况,会产生不同的表现形式;但对某一巷道来说,总会有影响因素是决定性的,有的是一般的影响因素。决定性因素对掘进速度起关键作用,而一般的因素对速度的影响较小但是不能忽视。由于钻爆法是工序性很强的工作,各个工序与工序之间环环相扣,步步相连,可能“牵一发而动全身”。

1.1.3 研究意义

目前我国岩巷施工大多采用钻爆法施工。钻爆法掘进的关键在于提高掏槽效率与控制周边成型。我国钻爆法巷道掘进发展大致分为3个阶段。第一阶段为研究掏槽阶段。我国岩巷爆破掏槽形式有楔形、锥形掏槽、直孔掏槽、准直孔、角柱式、螺旋形、斜直复合掏槽等形式;第二阶段为光面微差爆破阶段,采用光面爆破减少了巷道围岩损伤,提高了巷道围岩的稳定性,增加了围岩自身的承载能力,有效保证施工安全,从而为巷道快速施工创造了条件;第三阶段为精细化或者绿色爆破,此种概念近几年才提出,就是在用最少的成本去换取爆破效果的最优化,减少人、材、机等投入,减少废水、粉尘等污染的产生,减少对巷道围岩的损伤和破坏,利用最小的代价换取经济利益的最大化。

从上面的分析可以看出,我国目前的钻爆法所处阶段为第二阶段向第三阶段的过渡期,岩巷掘进大多是在爆破技术上做文章,首先考虑的是“爆出来”的问题,而对于能不能“运出去”及“支护完”,最后是否能形成正规循环则没有过多地考虑。结果往往只是单进水平上提高,而月进尺往往提高不是很大,这主要是因为其他的配套设施及手段没有跟上,制约了整个掘进速度的提高。虽然对掘进技术的研究较多,但把掘进作为一个系统研究的很少,进而对影响我国钻爆法掘进速度的影响因子的研究更少,少量研究者也仅仅是对影响因子进行定性的描述,对影响钻爆法掘进速度的因子缺乏定量的认识。再次,我国岩巷实行快速掘进能产生较大的经济效益,这是无可置疑的,但是对经济效益的分析深度不

够,以及如何去评价快掘的效果都需要做深入的研究。为此,建立一套适应于评价钻爆法掘进效果的评价指标体系和模型,是势在必行的。所以本书拟在这几个方面取得突破,使决策者更容易了解和接受快掘带来的益处,做出正确决策。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 我国岩巷掘进现状

随着煤炭工业的发展,煤矿建井技术水平有了很大提高,尤其是岩巷掘进技术(如锚喷支护技术的推广应用,中深孔爆破技术的应用)和大量施工机械的应用,形成了比较成熟的机械化作业线,大大加快了岩巷掘进速度。岩巷的掘进施工方面,主要有两种施工手段:一种是钻爆法施工,即传统的钻孔、放炮、化整为零的掘进方法;另一种为采用掘进机整体掘进。

我国岩巷掘进施工的机械化水平、施工工艺、施工速度都还明显落后于发达国家,成为我国矿山建设的薄弱环节。推动钻爆法掘进发展,优化爆破工艺,实现岩巷的快速掘进,成为我国煤矿岩巷掘进施工的重点方向之一。1972年,煤炭部在修订《岩石巷道掘进十六项经验》时肯定光面爆破的众多优点,因而受到我国煤矿企业的高度重视,在煤炭系统内加以推广,特别是充分利用光面爆破的特点,使之与锚喷结合,大大提高了锚喷支护的作用,这就为成功地推广和应用锚喷支护技术起到了重要作用。20世纪80年代以侧卸式装岩机和凿岩台车为主的机械化作业线的试验和推广工作取得了一定的效果,如在新汶协庄矿取得连续3个月成巷100m以上的成绩,开滦矿务局在断面约15m²的巷道中分别创月进尺184.8m、210m、252.4m的全国纪录。但由于我国地质条件复杂,岩层差异性大,特别是现有的机械化设备存在高耗能、低效率、高故障率的问题,成为制约岩巷实行快速施工的瓶颈。90年代,“三小”光爆锚喷技术在我国得到推广,为提高岩巷掘进速度另辟蹊径。

近年来,一些学者,提出了复合楔形、周边定向断裂控制爆破等岩巷高效掘进爆破理论和技术,这些技术的发展为快掘施工的进行提供了技术支持。

经过多年的发展,岩巷的快速掘进作业线主要经历了以下三种形式:以风动凿岩机、耙斗装岩机为主的机械化作业线,以液压钻车、侧卸式装岩机为主的机械化作业线,全断面掘进机机械化作业线。这三种作业线各有其优势和缺点,就应用广泛性来讲,还是以第一种为主。

近10年来,岩巷的平均月进尺大约以每年1m的速度上涨,由60m/月提高到70~80m/月的水平,可以说岩巷掘进的水平还很低,远远不能满足需求。巷道的掘进施工,从爆破技术、支护技术上来讲,已经得到了很好的发展,但是技术的进步并没有带来掘进速度的突飞猛进,关键原因是技术进步只是解决目前问

题的一个方面。技术进步的效果还要靠科学的组织管理、良好的装备来辅助进行。实际施工时往往只是侧重在技术效果,缺乏通盘考虑,装备配套、组织管理滞后,导致快掘效果不理想,这也是岩巷掘进速度慢的原因。

1.2.2 岩巷影响因子方面的研究

实现快速掘进是岩巷掘进的发展趋势,以前虽然对岩石的爆破和掏槽技术做了大量的研究,但是对巷道掘进速度的影响因子的研究较少。张征在其硕士论文中从施工工艺、掘进设备、地质条件及施工组织管理等几个方面对快速掘进的影响因素进行了分析,并在此基础上为实现快速掘进提出了可参考的技术措施,主要从采掘平衡、施工设备的研究与选择、科学的施工组织管理、不断改进的施工方法及施工工艺等几个方面提出了改进措施,并在石嘴山二矿岩巷进行实践检验,但是并没有深入研究各个影响因子的内在关联。徐衍成利用 AHP 的方法对煤矿项目的进度管理工作进行了分析,对影响煤矿建设进度的因素进行了排序,找出影响进度控制因素的优先顺序是:施工方、业主、材料设备、行业部门、当地政府及村民、监理单位、设计单位、资金、技术、自然环境。作者对赵楼煤矿岩巷掘进中影响进度的因素进行了分析,提出在工作面的选择优化、爆破参数和施工组织的改进、配套设施的配备及提高管理水平等关键进度控制措施,取得了预期的技术效果和经济效果。

其他研究领域对影响因子的研究成果主要有:单仁亮在总结爆破理论和实践研究基础上,探讨了巷道掏槽爆破的作用机理,论述冲击波、应力波和爆生气体在掏槽爆破中的作用,从岩石性质、炸药性能、设计计算和施工工艺四个方面对巷道掏槽爆破效果的影响进行了分析,通过分析岩石应力应变特性、斜孔和直孔掏槽设计、爆速等因素,认为应力应变特性和岩石性质与炸药性能匹配对掏槽的重要影响,并根据四方面的影响因素总结并提出了一些实际操作建议。何刚剖析了大量煤矿典型事故,以事故分析理论和系统思考为基础,结合我国煤矿事故发生的规律,构建了煤矿安全影响因子的复杂因果关系体系,并采用解释结构模型理论和方法,建立了符合我国实际的煤矿安全影响因素的层级递阶关系图,进一步揭示我国煤矿事故的深层原因,并应用系统动力学(SD)的理论和建模方法,建立了相应的煤矿安全系统仿真模型,通过仿真子系统的安全水平,求出复杂系统中不同影响因子的实际作用率。另外,还提出了多种决策方案,应用具体案例加以对比分析,预测煤矿安全水平的未来发展趋势,有助于煤矿事故防范长效机制的建立。陈玉凯、陈跃达从技术角度分析了空气间隔装药对爆破效果的影响。张震宇在分析了台阶爆破特点的基础上,提出了深孔爆破效果的主要影响因素为底盘抵抗线、排距和炸药单耗等因素;陈毅通过多年的矿山工作经验,研究采矿大孔的设计、施工管理以及爆破作业过程等因素对爆破效果的影响。聂志龙认为

影响工程爆破效果的技术因素主要有临空面的选择、布孔方式、孔斜、孔深、装药量等 9 个；尚玉峰认为影响光面爆破效果主要有不耦合系数、周边孔抵抗线和装药量、炮孔质量、炮泥堵塞、周边起爆时差等因素。王丹丹分析了不同自由面状态对爆破效果的影响并提出了具体的解决措施。刘恺德分析了爆炸应力波、爆轰气体对不同方位岩体结构面的作用过程，揭示了结构面影响光面爆破效果的原因。温健强对硫铁矿深孔台阶爆破的不耦合装药结构、全耦合装药结构和复式装药结构的爆破效果进行对比实验研究，最后认为使用复合装药结构爆破效果比另两种好。

1.2.3 快掘机械化配套施工效果评价研究

国内外对岩巷的掘进进尺的研究，尤其是对机械化配套之后的进尺水平往往停留在经验判断的阶段，对于机械化配套后进尺的预测还是空白。对于岩巷掘进效果的评价，以及掘进效果评价体系至今还没有成熟统一的认识。国内外主要集中在对爆破效果评价研究方面，往往出现评价效果局部较优，整体欠佳的弊端。关于爆破效果的研究主要有：

周磊认为台阶爆破效果受块度分布、飞石距离、冲击波、噪声和毒气等指标影响，爆破对象和爆破参数不同，爆破效果也不同，其建立的基于模糊数学方法的台阶爆破效果评价模型，具有克服主观性和随意性的优势；赵国彦针对传统模糊综合评价模型的不足，考虑到影响爆破效果因素具有层次性和模糊性的特性，提出了层次分析法（AHP）与 Fuzzy 综合评判相结合的爆破效果评价模型，以黄沙坪铅锌矿中深孔爆破为例，建立了 4 个单元、15 项指标的多因素二级结构评价模型，但是没有考虑装备和组织管理对爆破的影响；袁梅将经济、质量和安全要素作为一级指标，把炸药成本、大块率及爆破安全等 13 个要素作为二级指标，建立了露天矿深孔爆破效果评价模型，具有较好的效果；蒲传金利用三角模糊数互补判断矩阵的模糊层次分析法的基本原理和步骤，在边坡开挖光面爆破效果评价中证明其正确性；秦虎认为影响爆破效果的因素很多，建立了模糊综合评价模型实现爆破效果的定量化评价。

1.2.4 系统及掘进系统思考

系统是由一些相互关联、相互影响、相互作用的组成部分所构成的具有某种特定功能的统一体。美国的韦伯斯特（webster）大辞典中把系统定义为：“有组织或被组织化的整体，相联系的整体所形成的各种概念和原理的综合，由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素的集合”。假设一个对象集合中存在至少两个不同要素，这些要素按照一定的方式相互联系在一起，我们就称之为一个系统。我国钱学森院士认为系统是由相互作用依赖的若干组成部分结合成的具

有特定功能的有机整体,而且这个“系统”本身又是从属于另一个更大的系统。

系统分析就是根据系统的观点来对某个问题进行分析。我国王其藩教授认为系统思考是一种分析综合系统内外反馈信息、非线性特性和时滞影响的整体动态思考方法。其核心为唯物系统辩证观,强调用系统、辩证、发展的观点去研究系统内各要素之间,以及系统与环境之间相互作用、相互影响、不断发展变化的关系。

系统具有集合性、相关性、层次性、整体性、目的性等性质。集合性是指系统由很多可以相互区别的各个子系统或各个要素组成的;相关性是指掘进系统内部的各个要素与要素、要素与系统之间以及掘进系统与外部环境之间的错综复杂的内在关联;层次性是指掘进系统包含若干个子系统,子系统又包括若干个指标,具有多个层次性;整体性是指系统作为一个整体出现并存在于环境中的,而不能仅仅研究其中的一个要素,这样往往效果不佳;目的性是指研究系统的目的,才优化改造某个系统。从系统工程的观点来看,煤矿生产系统由“采、掘、机、运、通、排水、监测监控”七大系统组成,掘进系统是煤矿生产系统的一部分,具有系统工程的特性。

所以,系统分析是岩巷快掘系统研究的最重要的方法,岩巷掘进系统是一个复杂的系统工程,通过对系统最终目标、系统构成要素、系统所处环境、系统投入资源和系统组织管理的分析,可以较为准确地发现掘进系统的问题,揭示问题的深层次原因,可以更有针对性地提出解决方案。

2 岩巷钻爆法掘进速度影响因子系统分析

2.1 岩巷掘进速度影响因子体系构建

为保证岩巷掘进速度影响因子体系的科学性、系统性和完整性,本书在《岩巷钻爆法情况调查问卷》的基础上,结合煤矿掘进的特点,给出煤矿掘进速度影响因子体系构建步骤。

(1) 目标的选定。煤矿钻爆法的影响因子体系建立的目标主要是构建煤矿钻爆法速度影响因子体系,有助于对掘进影响因子进行系统分析。

(2) 影响因子的获取。本书以案例分析问卷调查为主要的获取手段,辅以理论研究和文献搜寻等途径来获得影响因子。

(3) 影响因子的提取。按影响因子的不同性质进行分析归类,以此来构建影响岩巷快速掘进因子的初始结构。

(4) 专家评价补充。在做调查问卷的过程中,不断征求专家的意见,来对遗漏的影响因子进行补充或剔除,以便提高科学性。

(5) 构建因子体系。最后确定影响因子间的相互内在关联,反映影响岩巷快速掘进速度的所有主要因子。

2.2 我国岩巷掘进巷道实例分析

通过对煤矿巷道掘进巷道基本数据和掘进施工相关技术人员访谈结果分析,可以得到岩巷的不同参数对应的速度关系和普遍认为的影响岩巷快速掘进的主要因素和一般因素。通过大量具有代表性的岩巷掘进案例分析,归纳出导致目前岩巷水平停滞不前的原因和一般规律,深入研究影响掘进速度的直接或间接原因,提取影响掘进速度的因子,构建出岩巷掘进速度的影响因子体系。

2.2.1 案例选取

岩巷案例选取的区域以我国4大煤矿省份的煤矿掘进巷道为主,如山东、河北、山西、安徽,其中煤炭企业包括河北冀中能源的峰峰集团、金牛集团,山东能源的新矿集团、淄博矿业集团,淮北、淮南矿业集团,山西的汾西矿业集团。由于内蒙古、新疆以煤巷为主,岩巷极少,所以不予考虑,其他省份如云南、贵州及东北三省不是产煤大省,总产量相对较小,岩巷掘进的水平不具有广泛的代

表性, 所以本书对以上省份的煤矿岩巷不予考虑。

岩巷掘进案例选取的范围, 本书主要的调研对象为近 2~3 年内完工或新开工岩巷 (钻爆法), 由于煤矿岩巷的断面大小不同, 不可能全部进行调研分析, 因此本书所选取的岩巷断面大小以 10m^2 以上的平巷为主, 平巷占到调研巷道总条数的 90% 以上, 斜巷较少, 只占到 10% 左右。

选取煤矿岩巷的数量为 200 条, 全部来自河北、山东、山西、安徽四大矿区的国有煤矿, 全部巷道数据来自作者调研、现场问卷填写以及电子问卷等形式。

2.2.2 巷道钻爆法进尺整体分析

将搜集的 200 条典型巷道实例进行整理, 制作成我国煤矿岩巷掘进典型实例分析表, 包括: 煤矿名称、巷道名称、掘进方式、掘进断面大小、巷道埋深、巷道倾角、岩石的坚固性系数、围岩类别、巷道总长、单循环进尺、日进尺、平均月进尺等基本巷道参数, 以及较详细的爆破、支护、后路运输、组织管理、造价等关键信息。200 例典型岩巷案例显示, 我国煤矿岩巷月进尺平均水平为 80m。月进尺在 120m 及以上的占 10%, 月进尺在 100~120m 占 20%, 80~100m 占 45%, 80m 以下的占 30%, 具体巷道统计如图 2-1 所示。

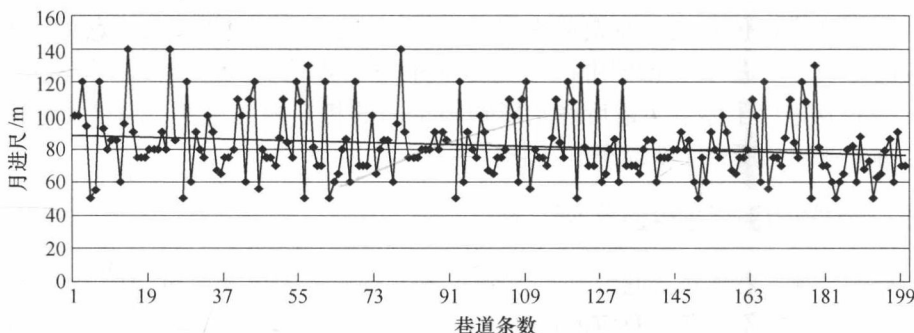


图 2-1 钻爆法平均月进尺

2.2.3 岩巷案例分析

通过图 2-2 可以看出, (以其中 70 条巷道为例) 岩巷掘进中对于钻孔爆破工序来讲, 钻孔的深度基本都在 1.8~2.0m 左右, 但是单循环进尺大部分维持在 1.5m 左右, 平均的炮孔利用率在 83% 左右, 炮孔利用率较低。对于岩巷掘进来讲, 炮孔利用率是关键指标, 因为在岩巷中钻孔是个困难的工作, 在单位时间内, 钻孔的长度是固定的, 炮孔利用率的提高意味着工人的工效提高, 可以使得工人的劳动强度降低。

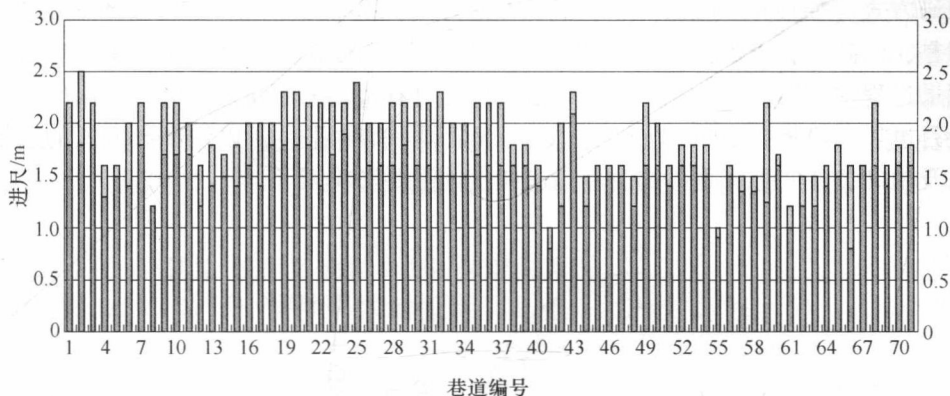


图 2-2 炮孔利用率统计

通过图 2-3 可以看出,对于岩巷掘进钻孔工序来讲,大部分煤矿岩巷钻孔施工基本上是用 7655 型号的钻孔机械,200 条巷道中有 100 条巷道在施工中采用 7655 型凿岩机,占整个调研巷道实例的 50%。而 YT-28 和 YT-29 型被 68 条巷道采用,占到调研巷道实例的 34%,液压钻车只有 18 条巷道采用,占到整个调研实例的 9%。相对而言,7655 型凿岩机是应用较早的型号,钻孔效率比 YT-28 和 YT-29 两种型号低,钻孔效率比液压钻车更低。通过图 2-3 可以看出,我国岩巷钻孔机械化水平基本呈现多种打孔机械并存,以 7655 (YT-23) 型凿岩机为主,钻孔效率较高的液压钻车应用较少。整体来说我国岩巷掘进的机械化水平较低。

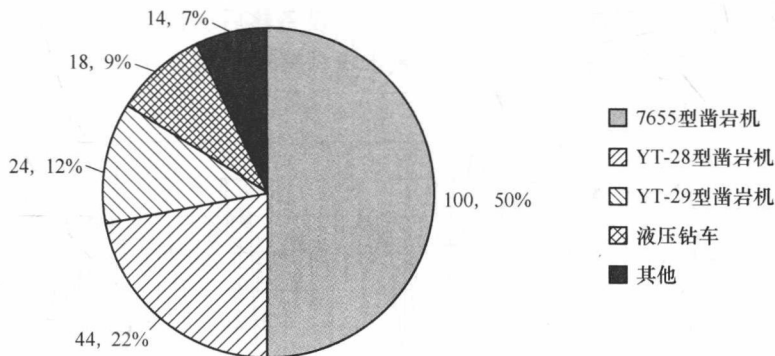


图 2-3 钻机机械统计

通过图 2-4 看出,对岩巷掘进出渣来讲,耙矸机和矿车以及耙矸机和皮带的组合是目前出渣的主力装备组合。由于爆破后矸石堵塞巷道,如果矸石不能够及时清理出工作面,就对下道工序产生严重影响,从而使得岩巷施工不能形成正规的循环率,进而影响岩巷掘进速度。老式出渣设备(如耙矸机)虽然具有可靠性高的优点,但是一般要求是距离迎头 15~20m 以内才具有高效率的出矸。新型