

国家专业技术人才知识更新工程 (“653工程”)
煤炭行业采煤工程领域培训教材 (第4册)

井巷设计优化与施工新技术

领域主编: 钱鸣高 宋振骐 钟亚平 王虹桥
本册编著: 柏建彪 曾宪桃 周 英

JINGHANG SHEJI YOUHUA YU SHIGONG XINJISHU

国家“十一五”重大人才培养工程
国家人事部直接组织领导
中国煤炭工业协会全面负责实施
国家人事部统一颁发培训证书

国家专业技术人员知识更新工程(“653 工程”)

煤炭行业采煤工程领域培训教材

井巷设计优化与 施工新技术

领域主编：钱鸣高 宋振骐

钟亚平 王虹桥

本册主编：柏建彪 曾宪桃 周 英

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本教材是国家“653 工程”煤炭行业采煤工程领域培训教材之一,比较全面、系统地介绍了矿井建设方面的基本理论和基本知识,反映了我国目前最先进的矿井建设方面的新技术、新工艺和新设备。

本书不仅可作为国家“653 工程”煤炭行业培训教材,亦可供现场工程技术人员和高校学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

井巷设计优化与施工新技术 / 柏建彪,曾宪桃,周英
主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2008. 3

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)培训
教材

ISBN 978 - 7 - 81107 - 847 - 3

I. 井… II. ①柏…②曾…③周… III. ①井巷工程—工
程设计—技术培训—教材②井巷工程—工程施工—技术
培训—教材 IV. TD26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 026183 号

书 名 井巷设计优化与施工新技术

本册主编 柏建彪 曾宪桃 周 英

责任编辑 王江涛

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 890×1240 1/32 印张 9.5 字数 264 千字

版次印次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)

煤炭行业培训教材编审委员会

顾 问：王显政 濮洪九

主 任：路德信

副主任：姜智敏 孙之鹏 胡省三

钱鸣高 宋振骐 张铁岗

葛世荣 乔建永

委 员：(以姓氏笔画为序)

马念杰 王金力 王金华

王虹桥 卢鉴章 叶醒狮

刘 峰 刘文生 刘炯天

孙继平 陈 奇 杜铭华

宋学锋 宋秋爽 张玉卓

张贤友 周 英 周心权

赵阳升 赵跃民 赵衡山

钟亚平 段绪华 都基安

袁 亮 徐水师 黄福昌

常心坦 彭苏萍 遇华仁

缪协兴 濮 津

国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)
煤炭行业采煤工程领域培训教材编审委员会

顾 问：路德信

主 任：孙之鹏 钱鸣高 宋振骐
钟亚平

委 员：(以姓氏笔画为序)

丁日佳	才庆祥	马念杰
王虹桥	朱亚平	刘修源
齐庆新	张华兴	张宏伟
金智新	周 英	柏建彪
段绪华	洪 宇	郭忠平
郭惟嘉	黄福昌	窦林名
潘 玮		

《井巷设计优化与施工新技术》

编写人员

领域主编：钱鸣高 宋振骐

钟亚平 王虹桥

本册主编：柏建彪 曾宪桃 周 英

本册编者：（以姓氏笔画为序）

王有凯 东兆星 刘希亮

周 英 柏建彪 黄小广

曾宪桃

序

加快人才培养,是建设创新型国家、强国兴业的重要举措。《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》为加强专业技术人才队伍建设指明了方向,明确了工作重点和政策措施。人事部决定“十一五”期间,在关系我国经济社会发展和科技创新的一些重要行业领域实施专业技术人才知识更新工程(即“653工程”),开展大规模示范性继续教育活动,加快建立健全我国继续教育的工作体系、制度体系和服务体系,大力推动专业技术人员培养工作的深入开展。“653工程”已被列入国家“十一五”发展规划,是国家实施专业技术队伍建设的一项重大人才培养工程。煤炭行业“653工程”是国家“653工程”的重要组成部分,是煤炭行业专业技术人才继续教育工作的示范工程,该工程的全面启动必将有力带动和促进煤炭工业人才培养工作的进程。

煤炭工业是我国的基础产业。发展振兴煤炭工业,人才队伍建设是关键。实施大基地、大集团战略,推进节约发展、清洁发展、安全发展,实现可持续发展,必须以强有力的专业技术队伍作保证。当前,煤炭工业已进入新的历史发展机遇期,但同时又面临着煤炭主体专业人才匮乏、知识更新滞后的严峻挑战。推进实施“653工程”旨在拓展煤矿专业人才培养的广阔空间。根据《煤炭行业专业技术人才知识更新工程(“653工程”)实施办法》,“十一五”期间每年将为110家国有大型煤炭企业培训1万名左右的高级专业技术人才,为5000多家规模以上煤炭企业培训3万名左右的中高级专业技术人才,五年全国煤炭行业将培训20万名左右。国家人事部委托中国煤炭工业协会全面负责煤炭行业“653工程”的组织实施工作,实行统一组织、统一规划、统一教学大纲、统一发证和归口管理、分级实施、

分类指导,创造性地推进“科教兴煤”战略,全面提升煤炭行业专业技术人才队伍素质,从而为煤炭工业的全面、协调和可持续发展提供强大的人才保障和智力支持。

为适应煤炭行业实施“653 工程”的需要,我们组织全国有关专家学者编写了《国家专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)煤炭行业培训教材》,这一教材具有以下三个突出特点:

第一,突出重点专业领域,培训内容丰富。煤炭行业“653 工程”专家指导委员会根据煤矿实际需要,立足当前、着眼长远,选定的煤矿专业领域和培训内容都是煤炭行业和企业所必需的。包括采煤工程、煤矿安全、煤矿机电、煤田地质与测绘、煤炭洁净利用及矿区环保这五个重点专业领域,以及高效高回收率采煤方法与技术等 34 个专业培训方向,全面反映煤炭工业的科技发展趋势。培训教材突出新理论、新知识、新装备、新技术、新方法、新工艺、新材料、新标准、新法规、新政策和新问题等内容,涵盖煤炭行业专业技术人才知识更新的重点,具有很强的针对性。

第二,体现学术权威,保证培训质量。顺利、高效地实施“653 工程”,搞好专业技术人才培养,教材编写质量和所体现的学术水平必须得到切实的保证。为此,实行了首席专家负责制,从全国煤炭行业的高等院校、科研院所和煤炭企业推选出一百余名在各自学术研究领域颇有建树和创新的业内知名专家,领衔编写这套培训教材,集中了院校、科研机构和企业多年来理论与实践的丰硕成果,包含了专业基础知识、理论系统讲解,也集锦了一些极具参考价值的典型应用案例。这是建国以来我国煤炭行业在专业技术人才继续教育方面一次规模最大、最为全面的新知识展示,是提高全行业专业技术人员技术水平的一批好教材。

第三,培训方向明确,教材实用性强。根据不同的专业培训对象,立足矿山,站在世界煤炭工业科技发展前沿,针对我国“十一五”煤炭科技发展的需求,广泛吸纳新知识、新技术和新信息,坚持理论与实践相结合、理论知识与案例分析相结合,把专业技术知识内容进

行科学分解,编写成34个分册,既系统成书又独立成册,便于不同领域内的工程技术人员各取所学、研读提高。因此,本套教材既是优秀的培训教科书,也是一套煤炭专业技术人员实际工作中必备的工具书。

我衷心希望这套凝聚着煤炭行业专家学者智慧与心血的教材,能够在实际教学培训中发挥应有的重要作用;同时也希望广大基层专业技术人员通过认真学习、刻苦钻研,不断提高理论水平和实际应用能力,为加快建设新型、现代化煤炭工业做出积极的贡献。

王显政

二〇〇七年十月八日

前 言

煤炭是我国的基础能源和重要原料,约占一次能源消费的60%,在国民经济中具有重要的战略地位。依据中国经济和社会发展对能源的需求初步测算,到2020年,中国煤炭的年需求量将达到2.2 Gt~2.4 Gt。考虑到因资源枯竭一些老矿井需要关闭和大中型煤矿置换小煤矿等因素,未来13年我国每年需要增加煤炭生产能力约80 Mt,每年需要投资几百亿元进行井田的开发和挖潜。

我国煤炭资源的预测储量为5 570 Gt,地域分布不均,地质条件复杂;其中埋深在600 m以上的资源不到27%,近年来浅部的可采煤炭资源正在快速消耗。目前,煤炭开采正向深部发展,英、德最深的开采矿井已达1 300 m以上,我国矿井开采深度也以每年10 m的速度增长。我国煤炭工业总体技术水平落后于中等发达国家,国有煤矿处于发展中国家前列。

井巷工程是矿山建设的主体,不断改进和提高矿山井巷工程施工的技术水平,是保证矿山工程质量极为重要的环节。近年来矿井建设技术和装备均得到迅猛发展,建井速度大大提高。目前我国已初步形成一套比较完备的有中国特色的机械化施工工艺和施工技术,此外,施工管理技术也得到不断改进和提高。

据初步规划,2020年前我国将重点开发13个相当规模的煤炭基地,作为中国经济和社会发展对能源需求的基本保证。这就需要一大批具有专业知识的矿井建设人才,为了适应新形势的需要,我们编写了本教材。教材力争能够反映我国目前最先进的矿井建设方面的新技术、新工艺和新设备。比较全面、系统地介绍了矿井建设方面的基本理论和基本知识。教材主要面对现场的工程技术人员,既可作为培训教材也可作为高校学生的参考教材。

本书共分6章,由柏建彪、曾宪桃、周英任主编。各章编写人员分工如下:第一章(1.1~1.3节)、第二章(1.2~1.5节)、第三章(3.2~3.3节)由中国矿业大学柏建彪编写;第二章(2.1节)和第三章(3.1节)由河南理工大学曾宪桃编写;第四章由河南理工大学刘希亮编写;第一章(1.4~1.6节)和第五章由河南理工大学王有凯编写;第六章由河南理工大学黄小广编写。

本书在编写过程中得到中国矿业大学东兆星、刘刚等许多老师和专家的关心与支持,他们提出了许多宝贵的意见和建议,在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中不可避免存在缺点或错误,敬请读者指正。

编者

2007年9月

目 录

序	1
前言	1
第一章 岩石平巷的设计与施工	1
第一节 岩石平巷设计综述	1
第二节 岩巷断面的设计要点	3
第三节 岩巷施工	15
第四节 岩巷综合掘进机	36
第五节 岩巷施工技术现状与发展趋势	43
第六节 巷道施工组织与管理	46
第二章 井底车场和硐室	50
第一节 井底车场概述	50
第二节 井底车场硐室设计	53
第三节 硐室施工	72
第四节 交岔点的设计	79
第五节 交岔点的施工	86
第三章 斜井	89
第一节 斜井结构	89
第二节 斜井施工	92
第三节 斜井施工技术现状及其发展趋势	96

第四章 立井井筒设计	100
第一节 立井井筒设计综述.....	100
第二节 立井井筒装备.....	107
第三节 立井井筒断面设计.....	118
第四节 井壁厚度的确定.....	127
第五节 井颈、壁座和井底的设计	142
第五章 立井井筒施工	148
第一节 立井井筒施工综述.....	148
第二节 表土段施工.....	151
第三节 立井基岩施工.....	156
第四节 井筒施工防治水技术专题.....	172
第五节 立井井筒施工技术发展.....	188
第六节 凿井结构物布置.....	200
第七节 立井井筒延深.....	211
第八节 立井井筒施工.....	225
第六章 立井井筒特殊施工技术	231
第一节 冻结法凿井.....	231
第二节 钻井法凿井.....	252
第三节 帷幕法.....	271
参考文献	282

第一章 岩石平巷的设计与施工

第一节 岩石平巷设计综述

在地下开采矿山的建设和生产中,井巷工程占有很重要的地位。而在井巷工程中,不论从工程量还是从施工时间上,巷道工程都占有相当大的比重。一般中型矿山,每年的开拓、探矿、采准切割工程都在万米以上。因此,提高巷道设计水平,优化设计方案,对促进矿山生产建设的发展有着十分重要的意义。

巷道设计得是否合理,直接会影响到巷道的使用以及后期巷道的稳定性和巷道的翻修率。巷道设计要考虑很多影响因素,比较突出的影响因素有:巷道所处岩层地应力的方向和大小,围岩的完整性,巷道掘进工艺,支护方式等。因此,进行巷道设计要综合考虑这些因素,以便科学合理地确定设计方案。巷道设计一定要从巷道的实用性和稳定性两方面来考虑。

巷道设计中巷道断面形状的选择,主要考虑下列因素:

- ① 巷道穿过岩层的性质,即地压的大小和来压方向。
- ② 巷道的用途和服务年限。
- ③ 支护方式,即支护材料和支架结构。
- ④ 建造成本和使用成本。

一、巷道位置的优化

矿山工程中巷道的布置不仅要满足生产的需要,而且要求尽可能地降低巷道的掘进数量,降低掘进费用和维护费用。巷道的变形及稳定性对地应力极为敏感,尤其是对深部的岩石巷道和软岩巷道。所以在布置主要水平巷道时,巷道的标高尽量布置在较浅处,并选择

岩石强度较高、完整性较好的岩层,充分发挥巷道围岩的自支撑能力,以降低支护成本。如果主要巷道的位置选择不恰当,巷道形成后极难稳定下来,会造成巷道的多次翻修。很多工程实例表明,巷道的维修费用要远远大于建造费用,个别情况下甚至还会出现巷道破坏到不能满足生产需要的程度而被迫报废。

二、巷道走向的优化

在巷道设计中,目前人们仅注重于巷道断面的实用性,而对影响巷道稳定的一些深层次的因素考虑得较少。例如,原岩地应力的方向和大小对巷道围岩变形的影响至今还没有引起人们足够的重视。然而这个因素对岩石巷道的施工和维护有着非常重要的影响。理论分析和工程实践证明,巷道的走向与原岩最大水平主应力方向一致时,巷道的施工和维护最为有利。在软岩矿井巷道布置时,要尽量减小主要巷道的走向与最大水平主应力方向的夹角,因为这样可以改善巷道周边应力状态,降低作用于巷道围岩和支架上的应力,增加巷道围岩的稳定性,减少支护和维护费用。

三、巷道断面形状的优化

巷道断面的形状应在满足生产要求的前提下,根据围岩应力状态而定。当巷道围岩所受的侧向水平应力超过垂直应力,而巷道支护体对围岩顶与帮的支护强度相同时,巷道两帮移近量将大于顶底板的移近量。例如,大雁矿区的原岩地应力最大水平主应力是自重铅直应力的1.30~2.03倍,多年的生产实践也证明,巷道破坏时两帮的移近量大于顶底板的移近量。近年来,大雁矿区的岩巷巷道断面形状已由过去的梯形、直墙半圆拱形为主,逐渐改变为以圆形、马蹄形为主,取得良好的经济效益。因此,在软岩矿井中巷道断面形状的选择应尽量与围岩的应力状态相适应。

四、掘进工艺的选择

软岩巷道的围岩变形和稳定性与掘进工艺有着密切的关系。爆破震动对巷道围岩的塑性圈的大小有明显影响,加速了围岩变形速度和变形量,使巷道长期不能稳定,因此,软岩巷道施工时应尽可能

采用机械掘进。机械掘进不仅能减小围岩塑性圈的范围,而且巷道成型好有利于围岩应力的均匀分布。在采用机械施工有困难的施工地点也要尽量选用定向断裂爆破和周边密打眼少装药预留周边二次成型巷道的爆破技术,这样能在一定程度上减少巷道的超挖,消除应力集中,减少围岩的反复扰动。大雁矿区推广应用的定向断裂爆破技术已取得良好的效果。

五、水对软岩巷道的影响

水对软岩巷道变形的影响很大,主要表现在使岩石软化和膨胀。由于大雁岩层中蒙脱石含量高,巷道围岩在水的作用下造成围岩应力增大、自承能力降低导致巷道失修的现象更为严重。在设计施工中力争巷道排水通畅。即使巷道没有明显的积水,也要在巷道内按一定的间距设置渗水井,以降低巷道底板岩层中的含水量。

第二节 岩巷断面的设计要点

一、选择巷道断面形状

我国煤矿常用的巷道断面形状有梯形、直墙拱形,其次是矩形,只是在一些地层或围岩应力较大时,才选用不规则的断面形状、封闭拱形、椭圆形或圆形等。巷道断面形状见图 1-1。

确定巷道断面形状,主要应考虑巷道围岩的力学性质、巷道围岩应力、巷道服务年限及用途、巷道支护等因素。

在确定巷道断面形状时,巷道围岩应力起主要作用。当顶压和侧压均不大时,可选用矩形或梯形断面;当顶压较大、侧压较小时,则选用直墙拱形断面(半圆拱、圆弧拱或三心拱);当顶压、侧压都很大时,选用马蹄形、椭圆形或圆形等封闭式断面。

巷道服务年限及用途也是确定巷道断面形状的重要因素。服务年限长达几十年的开拓巷道,采用拱形断面较为有利;服务年限较长的准备巷道多采用矩形或拱形断面。采用锚杆支护的回采巷道一般采用矩形、拱形断面或两帮平行的梯形断面。

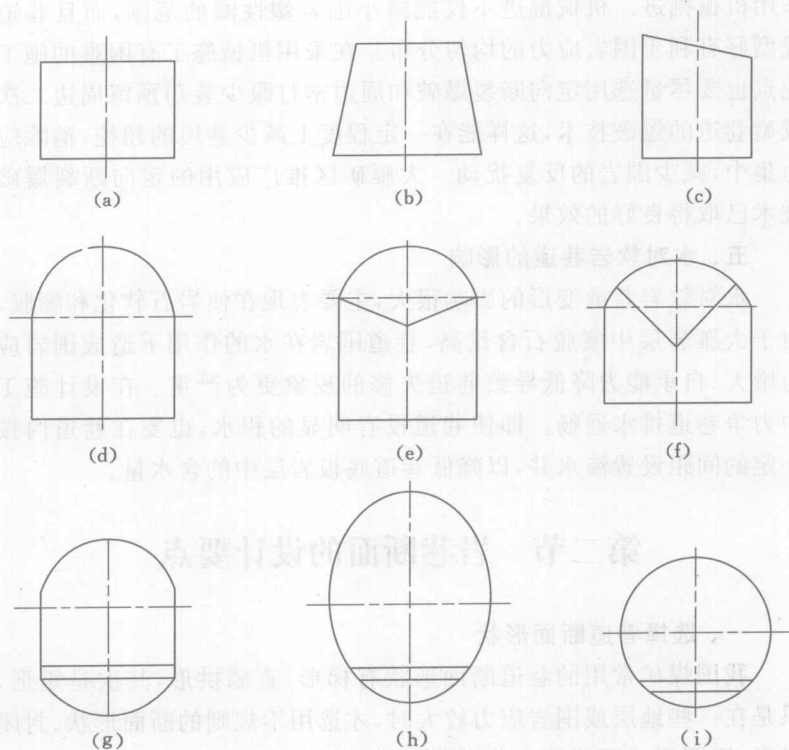


图 1-1 巷道断面形状

二、确定巷道断面尺寸

《煤矿安全规程》规定：巷道净断面必须满足行人、运输、通风和安全设施及设备安装、检修、施工的需要。因此，巷道断面尺寸主要取决于巷道的用途，存放或通过它的机械、器材或运输设备的数量和规格，人行道宽度和各种安全间隙以及通过巷道的风量等。

设计巷道断面尺寸的步骤是：根据上述因素和有关规程、规范的规定，确定巷道净断面尺寸并进行风速验算；根据支护参数、道床参数计算巷道设计掘进断面尺寸，并按允许超挖值计算巷道的掘进断