

高地温、高地压、大埋深 大型矿井建设关键施工技术

Key Technologies of Large Mine Construction Under the Condition of
High Temperature, High Pressure and Deep Buried

主编 王用杰

副主编 林启国 王树胜 邵景柱 付令桥

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高地温、高地压、大埋深 大型矿井建设关键施工技术

主 编 王用杰

副 主 编 林启国 王树胜 邵景柱

付令桥

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书介绍了复杂条件下整套矿井建设施工技术,主要内容有复杂条件下的矿井设计、深厚冲积层多井共站冻结设计与实现、深厚表土冻结法凿井机械化和信息化施工技术、复杂条件下井筒基岩段防治水技术、高地压矿井地应力监测与采区优化调整、复杂地层条件下硐室工程设计和施工、高地压软岩巷道控制爆破与高效掘进、高地压深厚冲积层软岩巷道支护技术、深部煤层开采冲击地压防治技术研究、复杂条件下矿井热害防治技术研究、适应深井复杂条件的矿井机电系统研制、矿井综合信息化管理系统、复杂条件下矿山建设的风险管理,等等。

本书可供从事矿山建设、岩土工程和采矿工程等领域的教学、科研、施工及设计人员参考,也可作为高等学校高年级本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高地温、高地压、大埋深大型矿井建设关键施工技术

/王用杰主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2011.5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1058 - 6

I. ①高… II. ①王… III. ①煤矿—井巷工程—工程施工—施工技术 IV. ①TD26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 093261 号

书 名 高地温、高地压、大埋深大型矿井建设关键施工技术

主 编 王用杰

责任编辑 崔永春 章 毅

责任校对 潘利梅

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 江苏徐州新华印刷厂

开 本 880×1230 1/16 印张 21 字数 689 千字

版次印次 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定 价 98.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

我国煤炭资源在长期的大规模开采中,浅部资源逐渐减少和枯竭,地下开采的深度越来越大。我国中东部地区的山东、江苏、安徽等省,有上亿吨煤埋藏在地下深部。但这些矿区的地层条件复杂,其冲积层厚度大于 400 m,预计未来可达 700 m,基岩为强含水岩层,建井难度大。煤炭作为我国的主要能源,随着国民经济的发展,国家对煤炭的需求日益增加,急需开采这些煤炭资源,以缓解能源紧张的状况。此前,由于矿井建设技术难以解决复杂条件下所面临的建井、掘进、支护、运转、管理等方面的一系列技术难题,一直未能开采这些资源。

以赵楼煤矿为例,其具有典型复杂条件:冲积层深厚,冻土强度低,井筒施工通过表土难度大;基岩含水层涌水量大、水压高且多为高角度裂隙水和孔隙水,井筒和巷道施工防治水难度大;地温高,冻结需冷量大,井巷施工条件恶劣。在如此复杂的条件下,赵楼煤矿的矿井施工面临很多困难,从井筒的开凿到巷道的施工,从施工的管理到煤矿的运营,从技术到设备等都面临着前所未有的困难。

鉴于深部资源开发的迫切需求,“复杂地层条件下矿井建设施工技术”已成为矿山企业、科研院所和施工单位共同关注的科研课题。这一课题的解决,将使我国的建井技术达到世界领先水平,获得适合我国特殊复杂条件下井筒施工的成套技术,占领未来资源开发的制高点。本书正是在上述内容的基础上编写的。

本书在编写过程中得到煤炭工业济南设计研究院有限公司、中国矿业大学、山东科技大学、山东大学等单位的大力支持,在此对以上单位表示衷心的感谢!

本书编写及审稿人员的分工如下:

第 1 章:王用杰、林启国。

第 2 章:李跃民、李秀晗、赵玉、靳文举。

第 3 章:傅小敏、邵景柱、陈长臻、王伟、毕和德、丁勇军、李朝阳、张辉、崔志华。

第 4 章:林启国、付令桥、王树胜、邵景柱、朱永淮、林世勇、陈新安、付继银、王天旻、郭梦非。

第 5 章:邵景柱、吕树杰、林世勇、王伟、吕树杰、毕和德。

第 6 章:吕树杰、毕和德、孙洪章、王玉昌。

第 7 章:林启国、邵景柱、王玉昌、吕树杰、李秀晗。

第 8 章:林启国、邵景柱、王玉昌、曹洪义、雷静、李士栋。

第 9 章:邵景柱、张辉、王伟。

第 10 章:李清、毕和德、刘文江、王玉昌、雷静。

第 11 章:林登阁、吕树杰、王伟、孙洪章、孙道亮、曹洪义、雷静、李士栋。

第 12 章:邵景柱、刘文江、王伟、王义然。

第 13 章:王用杰、王树胜、邵景柱、张祥云、丁勇军、王保齐、林世勇、邵晓伟、滕海林。

第 14 章:王树胜、李铭新、岳广礼、林世勇、徐京、李红强、李瑞平、王建风、刘建、单超、韩冲、徐金福、王玉秀、周中惠、边军。

第 15 章:王树胜、岳广礼、李长峰、林世勇、张树栋、赵广社、张运华。

第 16 章:王用杰、阳凯文、徐怀国、刘锋、相启照、褚庆岱、刘晓庆、李永群、梁忠义、林森、段修明、骆颜、崔伟东、邹伟韬、黄丽莉、郭华伟、姬广阔、李杰、董雷。

由于时间仓促,本书错误疏漏之处在所难免,敬请读者批评、指正!

编 者

2011 年 1 月

目 录

1	绪论	1
1.1	问题的提出	1
1.2	主要研究内容	4
1.3	达到的技术水平,取得的经济、社会效益及推广应用的前景	9
2	矿区概况	11
2.1	位置和交通	11
2.2	煤田地质	11
2.3	开采条件	17
3	复杂条件下的矿井设计	20
3.1	井田开拓设计	20
3.2	井筒	23
3.3	井底车场及硐室	30
3.4	大巷运输及设备	31
3.5	采区布置及装备	33
3.6	建设工期安排	40
3.7	新技术、新工艺、新装备的应用	43
3.8	矿井建设的主要创新成果及应用情况	44
4	深厚冲积层多井共站冻结设计与实现	46
4.1	概述	46
4.2	特厚冲积层单个井筒的冻结设计	47
4.3	各井筒冻结温度场分析	52
4.4	三井共站异步冻结技术研究	59
4.5	制冷系统设计与施工	61
4.6	结论	68
5	冻结法凿井机械化施工技术	69
5.1	概述	69
5.2	井筒概况	69
5.3	冻结井筒快速施工机械化配套研究	70
5.4	冻结表土段施工方案与工艺	71
5.5	基岩段施工方案与工艺	81
5.6	各井筒掘砌施工的整体情况	84
5.7	主要创新成果	86
6	深厚表土冻结法凿井信息化施工技术	88
6.1	概述	88

6.2	井筒安全施工监测监控的工作组织	89
6.3	井筒安全施工监测技术研究	90
6.4	冻结温度场的反演分析与安全监控技术研究	108
6.5	冻结壁受力与变形的反演与安全监控研究	111
6.6	主要研究成果	116
7	复杂条件下井筒基岩段防治水技术	118
7.1	井筒的水文地质条件	118
7.2	井筒基岩段防治水方案的确定	119
7.3	工作面预注浆	121
7.4	壁后注浆	128
7.5	复杂条件下井筒基岩段注浆的主要技术措施	132
7.6	主要成果及新技术应用	133
8	高地压矿井地应力监测与采区优化调整	134
8.1	概述	134
8.2	地应力对井巷破坏的影响	134
8.3	地应力测量原理及方法	136
8.4	矿井概况及地质条件	137
8.5	地应力实测	138
8.6	采区和工作面布置的优化调整	141
8.7	结论	142
9	复杂地层条件下硐室工程设计和施工	143
9.1	复杂地层条件下硐室工程的特点和要求	143
9.2	硐室施工技术研究现状	144
9.3	主井箕斗装载硐室的设计和施工	145
9.4	井底煤仓的设计和施工	150
9.5	副井井底车场连接处的设计和施工	154
9.6	硐室施工的工程质量标准及技术措施	160
9.7	主要成果	163
10	高地压软岩巷道控制爆破与高效掘进	164
10.1	概述	164
10.2	含弱面软岩控制爆破机理的试验研究	164
10.3	高地压含弱面软岩中深孔控制爆破技术研究	172
10.4	高地压含弱面软岩巷道爆破参数优化方案	173
10.5	结论	177
11	高地压深厚冲积层软岩巷道支护技术	178
11.1	概述	178
11.2	高地压条件下的巷道破坏机理	178
11.3	高地压破碎围岩巷道锚注加固机理	180
11.4	高地压深厚冲积层软岩巷道锚注支护数值模拟	184
11.5	高地压深厚冲积层围岩稳定控制的原则与技术	193

11.6	工程实例·····	195
11.7	高地压条件下软岩巷道的全程监控·····	200
11.8	结论·····	210
12	深部煤层开采冲击地压防治技术研究·····	211
12.1	概述·····	211
12.2	赵楼煤矿冲击地压的地质环境·····	214
12.3	矿井冲击地压潜势性实验研究·····	221
12.4	采动过程顶板及煤柱受力特点数值模拟分析·····	233
12.5	首采区冲击地压潜势性评价·····	239
12.6	冲击地压防治对策·····	242
13	复杂条件下矿井热害防治技术研究·····	245
13.1	概述·····	245
13.2	工程概况·····	246
13.3	高温矿井建设期间井下降温技术研究·····	247
13.4	高温矿井生产期矿井通风降温新技术研究·····	261
13.5	主要研究成果与创新点·····	273
14	适应深井复杂条件的矿井机电系统研制·····	275
14.1	概述·····	275
14.2	深井防尘供水自动减压系统研制·····	275
14.3	深井应急救援提升系统·····	278
14.4	机电液一体化操车设备研制·····	279
14.5	结论·····	284
15	矿井综合信息化管理系统·····	285
15.1	概述·····	285
15.2	矿井综合信息化系统的整体规划·····	285
15.3	矿井集中安全监测监控系统·····	290
15.4	主要成果·····	295
16	复杂条件下矿山建设的风险管理·····	296
16.1	研究的目的和意义·····	296
16.2	项目风险的识别与评价·····	296
16.3	复杂条件下矿山建设的风险识别·····	298
16.4	深厚表土建井工程的风险分级评价·····	303
16.5	项目风险管理的组织体系与运作方式·····	306
16.6	风险管理技术的工程应用·····	315
16.7	主要创新点·····	319
	参考文献·····	320

1 绪论

1.1 问题的提出

我国中东部地区的山东、江苏、安徽等省,有上千亿吨煤埋藏于地下深部。这些矿区地层条件复杂,其冲积层厚度大于 400 m,预计未来可达 700 m,基岩为强含水岩层,建井难度大。煤炭作为我国的主要能源,随着国民经济的发展,国家对煤炭的需求日益增加,急需开发这些煤炭资源,以缓解能源紧张状况。此前,由于矿井建设技术难以解决复杂条件下所面临的建井、掘进、支护、运转、管理等方面的一系列技术难题,一直未能开发这些资源。

赵楼煤矿由兖矿集团投资兴建,位于山东省巨野煤田中部,设计生产能力 300 万 t/a。矿井采用主、副、风三立井开拓,主、副、风井筒均布置在同一工业广场内,采用中央并列式通风。井口标高 +45 m,井底车场水平 -860 m,三井筒所选位置处于同一地质穹隆构造顶部,井筒深度分别为 921 m、936 m 和 921 m。井筒所处位置上覆深厚表土层,主、副、风井冲积层厚度分别为 475.0 m、473.8 m 和 471.0 m。赵楼煤矿具有以下典型的复杂条件:

(1) 冲积层深厚,冻土强度低,井筒施工通过表土难度大。深厚冲积层和富水岩层中冻结法凿井技术是国际建井领域具有挑战性的难题,时常发生的冻结管断裂、井壁压裂和透水淹井事故严重威胁着工程及人员安全。

(2) 基岩含水层涌水量大、水压高,并且多为高角度裂隙水和孔隙水,井筒和巷道施工防治水难度大。赵楼煤矿基岩段含水层层数多,涌水量大,单层岩层涌水量最大约 $110 \text{ m}^3/\text{h}$,合计涌水量达 $687.8 \text{ m}^3/\text{h}$,高角度垂向裂隙发育,煤层顶板砂岩层理局部充填泥质,局部垂向、横向上含水层都有联系,防治水难度大。

(3) 地温高,冻结需冷量大,井巷施工条件恶劣。赵楼煤矿初期采区大部分块段原岩温度为 $37\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$,地层涌水温度在 $37\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$;预测井底及其水平采掘工作面温度将达到 $32\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。研究表明,在气温高于 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度大于 90% 的高温、高湿环境中,作业人员的心情易烦躁不安,注意力不集中,反应能力差,事故发生率增加约 20%,不降温则无法工作。

因为赵楼煤矿有如此复杂的条件,故进行施工面临着许多困难,从井筒的开凿到巷道的施工,从施工的管理到煤矿的运营,从技术到设备等都面临着前所未有的困难。

1.1.1 复杂地层条件下井筒建设面临的主要技术难题

复杂地层条件下建设井筒的最主要方法是冻结法,对大直径的井筒来说,有时甚至是唯一的方法。地层条件的复杂程度影响着冻结法凿井技术的应用,其主要技术参数是冲积层的厚度和基岩冻结深度。目前,世界上用冻结法凿井通过的冲积层最深达 571 m(前苏联雅可夫列夫铁矿井筒),最大冻结深度达 930 m(英国博尔比钾盐矿)。因国外复杂地层中的井筒少,在冻结井壁和冻结壁设计的理论与施工技术方面未能形成系统理论和成熟技术,在施工中也遇到重重困难,如:雅可夫列夫铁矿井筒就发生了大量冻结管断裂和井壁挤裂事故,几乎造成工程失败。截至 2002 年,我国共施工了约 500 个冻结井筒,其中通过最大冲积层厚度为 376 m,冻结基岩深度为 435 m。因此,我国的冻结法凿井技术与国际先进水平差距很大,急需攻克复杂条件下井筒施工成套技术。

在如此复杂的地层条件下,采用冻结法凿井所面临的难度在国内外都是空前的。具体表现为:冲积层厚度增大,水土压力随之增大,水平地压可达 8 MPa;含水量小的新近系、古近系黏土层厚,使得冻结温度降低,冻土强度低,具有强蠕变性,此外地温达到 $25\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,在此条件下显著增加了冻结壁形成和维护的

难度;同时,由于井筒的掘进直径大,井壁结构复杂,为控制冻结壁变形,必须加快掘砌速度,需要实现冻土钻掘、混凝土砌筑的机械化施工。

在本项目立项前,我国冻结法凿井的理论和技术水平远远落后于世界平均水平,之前对于 400 m 以下冲积层既无工程实践,又无理论研究。对于复杂地层条件所可能引发的冻结法凿井设计和施工面临的困难等问题上准备不足,基本上是照搬浅部简单条件的经验技术和设计方法。于是就导致了工程中事故频发,常发生井壁压裂、冻结管断裂、冻结壁开窗淹井、基岩段涌水淹井等事故,并且建成的井筒易出现井壁破裂灾害。其主要原因是:

(1) 关键技术不成熟。随着深度的增加,在复杂地层条件下,面临全新的关键技术问题,如冻结井筒高强混凝土施工技术、复杂条件下的冻结工程优化设计、困难条件下的基岩段井筒防治水技术、基岩段井筒降温技术等,可以概括为“过表土、防治水、井下降温”,这些技术问题是浅部简单地层条件下未曾遇到的,只有攻克了上述关键技术,才能保障井壁强度达到设计要求,实现安全、高效冻结,确保基岩段井筒安全、快速施工,提供良好的井下工作条件。可以说,上述关键技术问题不解决,深部复杂条件冻结法凿井就无从谈起。

(2) 传统的施工技术无法适应复杂困难环境的要求。复杂条件下,需采用多圈管冻结,这是一个崭新的课题,如施工不当,将导致内外圈冻土间出现封闭水体,产生较大的冻胀力,危及冻结管、冻结壁和井壁的安全,因此需研究复杂条件下冻结壁的形成与维护技术;随着冻结深度的增加,井帮温度降低甚至井心冻实,冻土强度急剧升高,在此情况下传统的人海战术效率低下,需研发复杂条件下的冻结井筒机械化快速施工技术;复杂条件下,切实把握冻结壁和井壁的安全状况,需监测冻结壁和井壁的受力和变形,并实现超前预报;此外,深部地压大、变形大、支护困难,也对井筒相关工程和相邻硐室施工技术提出更高的要求。

因此,已有的冻结法凿井设计理论和施工技术已不能满足复杂地层条件下的建井要求,井壁和冻结设计理论严重滞后于工程实践,施工中面临恶劣条件下的高强混凝土井壁施工和多圈管冻结壁形成与维护的技术难题,以及对复杂条件下的冻结壁稳定性缺乏深入认识,导致在井筒设计和施工中必然面临重重困难。总之,复杂地层条件下开凿井筒是一个具有挑战性的世界性难题,已成为一个“拦路虎”,必须在井壁设计理论和施工关键技术上有所突破,才能实现复杂深部资源的开发。

1.1.2 复杂地层条件下硐室、巷道、工作面工程的特点和新要求

长期以来,软岩巷道支护一直是煤矿巷道支护中的一个重点,而不稳定巷道支护则是巷道支护中的一个难点。特别是高地压极不稳定软岩巷道,由于其埋藏深、地压大、支护难,极易造成巷道围岩压力增大,使得巷道严重破坏。

之前的采矿工程设计和施工中较少超前考虑地应力的影响,当采矿活动在较小规模范围内或地表浅部进行的时候,这种方法还是可行的。但是随着采矿规模的不断扩大和不断向深部发展(赵楼煤矿开采深度已达 1 000 m),地应力的影响会愈加严重,不考虑地应力的影响进行设计和施工,往往造成地下巷道和采场的坍塌破坏、冲击地压等矿井动力现象的发生,使矿井生产无法进行,并经常引起严重矿井动力现象。为此,应在矿井建设规划的前期就开展地应力实测,以掌握井田内地应力分布的规律,据此进行矿井的规划设计,从源头上控制高地压危害。

硐室施工大多具有大、高、难的特点:大,即硐室规格尺寸大,断面积有几十平方米甚至上百平方米;高,即工程质量要求高,硐室服务时间年限长,结构复杂,形态各异,规格不一,有的为了安装机电设备,需掘筑设备基础、管缆沟槽,安设起重梁等,预留孔和预埋件不仅数量多、规格杂,位置也要求准确,特别是安装机电设备的,以及爆破材料库、消防材料库等硐室还要求具有防潮、抗渗的能力;难,即施工难度大,有些硐室如马头门、箕斗装载硐室等直接与井筒相连,有些硐室如井底煤仓、中央变电所泵房等大多位于井筒附近,井巷密集,围岩受力状况比较复杂,地应力集中,在施工过程中要经受多次爆破震动,围岩易松动,稳定性降低等,增大了施工的难度。因此,硐室施工是矿井建设中的关键工程。

目前,国内外对大埋深高应力极不稳定软岩巷道硐室的支护,主要采用锚网(带)喷联合支护、可缩性金属支架、锚喷支护加砌碛以及全封闭金属支架等支护形式。虽然上述各种金属支架支护方式承载能力较大,但仍属被动支护,其承载能力与大埋深巷道围压相比仍显不足,且受到风化、地下水的作用,严重削

弱了岩体强度;而采用锚喷支护因岩体较弱,整体性差,且锚固力不足,不能有效控制围岩松动范围的扩大,形成不了可靠有效的支护结构,从而造成支护结构承载能力严重不足,导致支护结构的全面破坏。因此,深井高地压极不稳定软岩巷道的围岩稳定控制尚待深入研究。

此外,高地压也对爆破掘进技术提出更高的要求。深井高地压极不稳定软岩,地质条件复杂,围岩破碎、强膨胀,岩石巷道掘进的难度越来越大,技术要求越来越高,掘进速度和光爆质量已不能满足矿井快速建设的需要。这主要是由于含弱面软岩具有非连续性和显著的各向异性,使得爆炸能量分布极不平衡,爆破时易出现超挖和欠挖,增加工程量,降低掘砌速度;同时,爆破所产生的冲击能量将造成周围岩体破坏,降低巷道围岩的强度,给巷道支护带来更大困难。因此,需要研究开发软岩控制爆破与高效掘进技术。

实际建设过程中,始终关注深井冲击地压问题,在巷道掘进期间曾多次发生强烈的矿压显现、矿震及冲击地压等动力现象,巷道底鼓量大,矿压显现强烈。特别是一采区首采面运输巷在巷道掘进期间已发生过两次较大的冲击地压事故:2008年8月24日于1302工作面运输巷发生冲击地压,底鼓现象明显,最大底鼓量为1100 mm,形成了两条30~60 mm宽的裂缝,底鼓岩层产生明显离层;2008年12月4日于1302工作面运输巷再度发生冲击地压,巷道底板底鼓现象较为明显,最大底鼓量为400 mm,产生了一条宽40 mm的裂缝。为此,针对深厚冲击层、巷道硐室上覆岩层厚度小、冲击地压显著的问题,及时开展专项研究,以实现进行开采的合理布局。

综上所述,应在矿井建设规划的前期就开展地应力实测,据此进行矿井的规划设计,从源头上控制高地压危害;应研究围岩的变形破坏规律,针对其变形特征采取适应变形规律的有效支护加固结构形式,这样才能有效地加固围岩,从而解决这类巷道的稳定问题;此外,应研究软弱、破碎岩层快速掘进问题,改善光爆效果,提高掘砌速度。

1.1.3 复杂地层条件下矿井机电系统的创新设计及其实现

矿山建设的另一个难题是复杂条件下的矿井机电系统,煤矿中多采用气压传动,其动力源一般为设置在地面的空气压缩站,通过管路供给井下的气动设备。气压传动与液压传动相比,气压传动最主要的优点是采用空气作为传动介质,因而无介质费用、不污染环境,但气压传动的出力小、效率低、动作响应能力差、设备的寿命和可靠性容易受到影响。尤其在深部复杂地层条件下,气压传动距离长、环节多。在高压、高冲击地压条件下,井巷变形可能导致风管破裂,从而危及整个矿井的井下运营,系统安全性存在重大隐患。因此,如何在深部复杂条件下采用液压系统,并且保证液压系统的安全、高效是必须解决的问题。

随着矿产资源日渐枯竭,矿井开采逐渐向深部发展,导致矿井高温问题不可避免,建井期间的高温热害问题一度影响了正常施工,矿井热害将成为继顶板、瓦斯、水、火、粉尘五大灾害之后的又一灾害。井下高温对工人劳动生产效率和人身健康有极大影响,随着环境温度的升高,工人生产效率会明显下降,因此在矿山建设过程中迫切需要解决高地温灾害。

煤矿井下喷雾、冷却用水等都由地面供给,由于矿井较深导致供水压力超高,如果井筒深1000 m(不考虑管路和阀门等损失),到达井下供水压力可达到10 MPa(实际井下需要的压力为2.5~3 MPa)。超高供水压力不但不能满足使用要求,而且经常损坏供水管路和阀门,严重影响正常生产,解决这一难题将对矿山建设带来显著的经济效益。

1.1.4 复杂地层条件下矿井建设管理新技术

矿井建设风险巨大,尤其是井筒施工,鉴于目前的管理和施工技术,在深厚表土层中建设井筒将涉及一系列技术难题,在技术层面上面临诸多的复杂性和不确定性因素。对于在深厚表土层中进行的井筒建设项目而言,其建设周期长、投资规模大、涉及范围广、风险因素数量多且种类繁多。因而,需要系统地借助项目管理和风险管理的理论与方法,结合矿井建设的工程实际情况,科学系统地建立复杂条件下矿井建设的风险管理体系。

矿井生产和运营是一个庞大的系统,包括生产、营销、行政等。其中,仅井下生产就包括“采、掘、机、运、通、排”六大系统,而且各系统间是密切联系、相互作用的。现代化矿井的建设和管理,需要充分利用矿井各方面的信息,防止“信息孤岛”现象,有效整合各种资源和发挥自动化集成的最大效益,对矿井进行统

一的自动化、信息化管理。能否实现这一管理,将对矿井有非常显著的影响。

鉴于深部资源开发的迫切需求,“复杂地层条件下矿井建设施工技术”已成为矿山企业、科研院所和施工单位共同关注的科研课题。这一课题的解决,将使我国的建井技术达到世界领先水平,获得适合我国特殊复杂条件下井筒施工的成套技术,占领未来资源开发的制高点。

1.2 主要研究内容

1.2.1 复杂地层条件下的矿井设计

矿井设计是编制矿井施工组织设计和实施的基础依据,是对矿井建设全过程进行质量、工期和投资三大控制的关键。对于设计中的重大技术方案和主要设备选型等,都必须按照精益求精的原则,进行多方案技术经济比较,确定最优化方案,为矿井建设和生产奠定可靠的基础。随着大规模的开发和利用,煤炭浅部资源逐步枯竭,煤矿开采不断向深部转移,煤矿开采条件和环境越来越复杂。一方面,所面临的地压、水、地温、火、瓦斯等灾害愈加严重;另一方面,劳动保护、环境、节能、资源利用率、生产效率、工作环境、文化需求等要求日益提高,矿井设计面临越来越多的技术和社会问题。科学技术的不断进步,要求设计方案能够适应矿井建设所面临的各种复杂条件,与时俱进、及时推广采用成熟可靠、先进实用的新技术、新工艺、新设备,以改进矿井技术面貌、确保安全生产。

巨野矿区煤层开采条件复杂,冲积层厚度大,煤层开采深度大,地压、水、地温等灾害严重。在井筒建设中,必须解决“过表土、防治水、井下降温”等关键技术问题。巨野矿区的建设,在煤炭行业具有典型代表特征,主要原因有:

(1) 深井特厚表土层条件下凿井,井筒投资高、工期长,造成井田内井筒数目难以增加,井筒服务半径大,安全生产系统复杂,矿井通风线路长,通风阻力高,安全系统不可靠,矿井设计生产能力得不到充分发挥。

(2) 基岩含水层涌水量增大、水压升高且多为高角度裂隙水和孔隙水,井筒施工防治水难度大。邻近的龙固、郭屯等煤矿均因为基岩涌水量大,防治水效果差,而出现工程延搁,甚至出现淹井事故。

(3) 热害治理、综采综掘、巷道支护等技术的发展和应用对安全高效矿井的建设和生产也产生较大影响。

因此在矿井设计中,结合赵楼煤矿工程特点和地质条件,就与井筒建设相关的矿井设计内容展开研究,主要包括井口位置确定、井筒数量、建设工期安排、井筒开工顺序与施工方法等内容,明确其中的关键技术,提前攻关研究,确保安全生产。

1.2.2 复杂地层条件下井筒施工技术

1.2.2.1 深厚冲积层三井共站冻结的优化设计与施工

在深厚冲积层中建井方法有冻结法和钻井法,其中冻结法凿井占深厚冲积层中已建井筒总数的90%以上。在目前的新建矿井中,多在工业广场内布置主井、副井和风井3个井筒,其中2个或2个以上井筒采用冻结法凿井是常见的,如赵楼、郭屯、丁集、郛城等煤矿。传统的做法是:各井筒分别设置冻结站,各自冻结。这样,各井筒冻结装机均按单井最大需冷量设计,由于深厚表土冻结时的冷负荷较大,造成冻结设备占用多、冻结费用高、用电负荷大,曾出现矿井配电能力无法满足2个井筒冻结同时开机的情况,被迫推迟冻结,延搁了建井总工期。

深井冻结可供选择的方案很多,如局部冻结、差异冻结、分段冻结、一次冻全深等,相应的工艺参数范围也变化很大。不同的方案和工艺参数都可达到对冻结壁温度场的要求,但花费的代价会相差很大。因此必须在综合考虑冻结工艺水平、井筒掘砌施工水平、施工安全的条件下,对冻结工艺和冻结方案进行优化,以期用较短的时间和较低的费用达到安全、快速施工的目的。

数值模拟研究表明:地层冻结时,初期地层原始温度最高,盐水与地层温差最大(最大可超过60℃),此时冻结器与土层热量交换最激烈,需冷量最大;随着冻结的进行,地层温度逐渐降低,盐水与土层温差减

小,热量交换也随之减弱,需冷量大幅减小。因此,如果多个井筒共用一个冻结站,则有可能通过合理调节各井筒的冻结开机时间避开最大冷负荷,在满足建井总工期和单井最大需冷量的前提下,有效减少冻结设备投入、减小供电负荷、降低冻结费用,是为“多井共站”冻结。

1.2.2.2 冻结井筒机械化施工技术

立井是矿井建设中的关键工程,其工程量仅占矿井建设总工程量的 3.55%,而工期却占总工期的 35%~40%。随着开拓深度的增加,开凿条件的复杂,立井占矿井建设总工期的比例也相应增加。立井能否快速安全施工,是能否缩短矿井建设工期的关键。

我国在浅冻结井中,对冻土中炮眼的钻进方法与机具、爆破参数等均进行过探索,但在温度低、地压大、冻结管多的深井冻土中尚未进行过钻眼爆破技术的研究。在深厚冲积层中,为保证冻结壁的安全,必然要求将井心冻实。这时冻土的掘进速度将影响工程进度。冻土掘进主要采用钻眼爆破方法。合适的炮眼钻凿工具及其防冻措施、冻土爆破的参数等均是要解决的问题,否则不但会影响施工速度,还可能出现爆破震坏冻结管、砸坏井壁等重大安全事故。

近年来,立井冻结表土施工段逐渐以短掘短砌的混合作业方式代替了原来的长段单行施工作业方式。但我国立井施工机械化和技术装备还远不能完全满足施工要求,立井冻结表土段多采用人海战术施工,尽管部分井筒有较快的施工速度,但效率较低,且不稳定。在现有立井冻结表土施工工艺技术的基础上,研究开发特厚表土冻结井筒机械化快速施工技术是目前立井井筒施工技术发展的趋势,对进一步提高我国立井冻结表土施工技术水平,高效、安全地进行矿山建设具有重要意义。

立井冻结表土段多采用人工挖掘的方法施工,不但用人多、劳动强度大、压风及工器具消耗量大,而且工效低、安全性差,严重制约了冻结表土段施工的速度。需研究冻结表土段挖掘机掘进与机械化装罐的作业方式,降低工人劳动强度和用工量,提高挖掘效率,改变我国在立井冻结表土段多采用人海战术施工的局面,实现冻结表土段快速施工。

1.2.2.3 深厚表土冻结法凿井信息化施工技术

作为深部地下工程,冻结壁的强度和厚度、井壁荷载、结构稳定状况,是关系到井筒安全施工的关键信息。而且,未来的煤炭资源开采,还需解决深厚表土层中建井的更大难题。

信息化施工可为加强设计单位、掘砌施工单位和冻结施工单位间的配合提供定量依据;能达到既保证掘进工作面处的冻结壁和井壁的强度与稳定性又不浪费冷量的目的,从而可提高工程施工的经济性和安全性,提高施工的速度。信息化施工技术已在隧道、地铁、化工等施工领域得到越来越广泛的应用,并为提高工程的安全性和经济效益发挥了重要作用。然而,在冻结施工方面,国内还未能实现真正的信息化施工。

信息化施工技术的基石之一是监测技术。在我国冻结施工领域,温度场、冻结壁相对位移、井壁变形与受力等均进行过现场测试研究,但冻结壁的绝对位移、冻结管变形与受力、冻结壁的超前变形、井壁在冻土融化及土体疏水沉降过程中受力与变形等方面的测试或监测技术尚未开展过研究。因此,为保证特厚冲积层中冻结井筒施工的安全,以及为检验冻结壁与井壁的设计理论,应在井壁与冻结壁综合监测技术及系统方面开展研究工作,为及时准确的工程决策提供依据。

1.2.2.4 复杂条件下井筒基岩段防治水

矿井建设中,地下水是影响建井工程安全、质量和速度的重要因素之一。井筒淋水量大时,如不采取措施顶水作业,常导致建成井壁的质量差,且易引发涌水淹井事故。而在井下狭小空间内,频繁的探水、注浆,又必然增加工序转换,导致工期延搁。

基岩段井筒采用钻爆法施工,其关键在于井筒防治水。基岩段的防水治理方法,较常用的是注浆法,其分为地面预注浆和工作面预注浆。20 世纪 50 年代初,我国开始了注浆技术的应用,在煤炭、水电、铁路等行业中,利用注浆法治理水害。应用初期,由于理论不够完善,技术比较落后,注浆效果不够理想。60 年代以后,煤炭行业注浆技术得到快速发展。注浆材料由单液水泥浆发展到 CS 双浆即水泥—水玻璃浆液、MG—646、聚氨酯及其他许多种化学浆液。近年来又开发了以黏土为主剂的 CL—C 型黏土水泥浆,降低了注浆成本,为注浆技术进一步普及应用开创出了一条新途径。注浆材料的发展,促进了注浆设备和机具的研制,相继出现了一系列高性能专用注浆泵,高精度的陀螺定向仪,高效的冻注钻机,KWS 型止浆

塞等。但是,井内工作面超前注浆,工序转换多,工期长。同时,随着井筒深度不断增加,基岩含水层涌水量增大、水压升高且多为高角度裂隙水和孔隙水,仅采用注浆法,其堵水效果难以保证。如果顶水作业则易导致建成井壁的漏水量大进而引发涌水淹井事故。

地面预注浆是指建井前,在地面将配制好的浆液用注浆泵通过输浆管路压入注浆钻孔的岩层裂隙(溶隙)中,使浆液充填裂隙并形成结石体,在井筒外围形成有一定厚度的注浆隔水帷幕,从而防止井筒下凿时地下水大量涌入井筒中,影响井筒凿砌的正常施工。它是保证复杂水文地质条件下井筒安全、快速凿砌的重要技术措施,在矿井建设中有着广泛应用。随着煤炭建设的发展,建井深度越来越大,这就要求井筒地面预注浆深度随之加深。一般认为:当裂隙含水层厚度较大,距地面不超过 300~500 m 或层厚虽小,但层数较多时,采用地面预注浆比较适宜。在兖州矿区建设中,鲍店、东滩、杨村均采用地面预注浆成功进行了基岩段凿井,注浆深度最大为 804 m,井筒堵水率多在 84% 以上。在淄博矿业集团有限责任公司唐口煤矿千米深井建设中,也应用了地面预注浆,但该方法对深部高角度裂隙的止水效果不明确。

从实际工程效果看,在高角度裂隙发育的情况下,地面预注浆对深部基岩含水层的止水效果难以保证。

赵楼煤矿基岩段含水层层数多,涌水量大,单层岩层涌水量最大约 $110 \text{ m}^3/\text{h}$,合计涌水量达 $687.8 \text{ m}^3/\text{h}$,且多为高角度裂隙水,治理难度大。结合赵楼煤矿基岩段涌水的实际特点,单一的工作面注浆工序转换多、工期长;地面预注浆效果无法保障;全深冻结面临一系列难题,但风化基岩段冻结是可行的。因此,设计采用冻结法与注浆法相结合的成套技术实现基岩段止水,即对风化基岩段实施冻结,待井筒掘砌施工至基岩含水层后进行超前探水、超前注浆,从而保证基岩段施工作业的安全顺利进行。

1.2.3 复杂地层条件下硐室、巷道、工作面施工和支护技术

1.2.3.1 地压矿井地应力监测与采区优化调整

长期以来,软岩巷道支护一直是煤矿巷道支护中的一个重点,而不稳定巷道支护则是巷道支护中的一个难点。特别是高地压极不稳定软岩巷道,由于其埋藏深、地压大、支护难,极易造成巷道围岩压力增大,使得巷道严重破坏。

之前的采矿工程设计和施工中较少超前考虑地应力的影响,当采矿活动在较小规模范围内或地表浅部进行的时候,这种方法还是可行的。但是随着采矿规模的不断扩大和不断向深部发展(赵楼煤矿开采深度已达 1 000 m),地应力的影响会愈加严重,不考虑地应力的影响进行设计和施工,往往造成地下巷道和采场的坍塌破坏、冲击地压等矿井动力现象的发生,使矿井生产无法进行。为此,应在矿井建设规划的前期就开展地应力实测,以掌握井田地应力分布的规律,据此进行矿井的规划设计,从源头上控制高地压危害。

1.2.3.2 复杂地层条件下硐室工程设计和施工

根据硐室的断面大小和围岩的稳定情况,煤矿井下硐室施工方法可概括为 3 类:导硐施工法、分层施工法和全断面施工法。硐室施工方法的选择,主要取决于硐室断面积的大小和围岩的稳定性。而围岩的稳定性不仅与硐室围岩的工程地质和水文地质条件等自然因素有关,还与硐室的断面性状、施工方法以及支护形式等因素有关。

近十年来,硐室施工中采用了光爆锚喷技术,光面爆破使硐室断面形成规整,减轻对围岩的震动破坏,有利于提高围岩的稳定性;支护多采用锚、喷、网、砌复合支护形式和二次支护技术。此外,还采用了反井钻机、液压滑升模板等先进的设备和工艺,硐室施工的机械化水平大大提高。

赵楼煤矿硐室工程设计和施工就需要根据硐室的断面大小和围岩的稳定情况,合理确定井下硐室施工方法和支护工艺,并采用反钻机、液压滑升模板等先进的设备和工艺,提高硐室施工的机械化水平。

1.2.3.3 高地压软岩巷道控制爆破与高效掘进

煤矿生产中,岩石巷道是构成生产水平接替的主要连锁工程,因此不断提高岩巷的掘进速度和巷道成型质量对于保证煤矿采掘关系的正常发展,以及早形成生产水平的生产系统,缓解采掘接替的紧张局面,保证“高产、高效”矿井的持续发展,具有十分重要的意义。

赵楼煤矿煤层赋存不稳定,地质条件复杂,给巷道布置、支护形式的合理选择带来了很大困难,同时影

响掘进速度的提高。对围岩条件破碎、强膨胀,并具有流变时间效应的岩石巷道掘进难度和技术要求越来越高,而国内对深部巷道的掘进所带来的技术难题研究尚不够深入。尽管目前在赵楼煤矿巷道施工中广泛采用光面爆破技术,已取得不少成功经验,但由于光面爆破参数、装药结构、工人素质和技术管理水平等方面的影响,实际巷道掘进的光爆效果差强人意,巷道周边仍然存在着严重的超挖、欠挖和不平整现象,特别在较软弱破碎岩石中,问题尤为突出,不仅浪费大量支护材料,影响了顶板的稳定性,巷道施工速度也一直不够理想,严重影响了煤矿深部开采的持续性。

对于赵楼煤矿岩巷施工,需从理论与应用两方面解决大断面巷道快速掘进的技术问题,改变传统的岩巷施工工艺,研制配套掘进装备,解决煤矿岩石巷道掘进的关键技术,实现环保和降低巷道掘进成本的目的。为此,在现有岩巷爆破技术的基础上,研究开发岩巷快速掘进技术,主要是岩巷掘进中的中深孔控制爆破理论与应用技术、快速掘进技术与工艺等,这也是目前岩巷施工技术发展的趋势,对进一步提高我国煤矿巷道安全优质高效掘进施工技术水平,实现高效、安全的矿山建设具有重要意义。

1.2.3.4 高地压深厚冲积层软岩巷道支护技术

赵楼煤矿开采深度接近 1 000 m,一投产就进入深部开采,面临着地压高、围岩条件差、巷道支护难度大的问题。对于存在构造应力的原始应力场,在开采深度超过 500~600 m 的厚煤层中掘进即有可能出现顶煤冲击破坏的事故。

以上问题的存在,决定了赵楼煤矿千米深井综合机械化放顶煤开采工作面巷道支护将面临前所未有的困难,而巷道支护的可靠性与安全性又是保证矿井能否实现安全高效生产的关键。因此,研究解决煤矿深部开采情况下巷道围岩稳定性问题,选择有效的支护形式,确定合理的支护参数,就成为当前普遍存在且急待解决的问题。

对于开切眼等大断面巷道,由于理论知识的局限、地质条件的复杂多变,对其变形机理、围岩控制变形认识不清,支护参数选取存在一定的盲目性,支护效果不理想。虽然国内外许多专家学者在这方面进行了一些有益的工作,在流变软岩支护和巷道荷载确定等方面取得相当多的成果,但对这一问题尚缺乏系统的研究。为此,以开切眼与收作眼大断面巷道为研究对象,以充分发挥围岩的自承能力为出发点,分析大断面巷道围岩位移、应力分布、破坏机理的特征、塑性区演化规律,研究综放大断面开切眼与停采线巷道的围岩锚注支护的控制机理及技术,为综放开采开切眼与停采线大断面巷道合理支护提供理论依据。

1.2.3.5 深部煤层开采冲击地压防治技术研究

赵楼煤矿井田内不但上覆巨厚的松散地层,且煤层埋深大,初始地压高,开采条件非常复杂。由于巨墅煤田开发伊始,区内无可借鉴的开采资料积累,因此,赵楼煤矿在安全开采技术保障方面的示范责任重大。

根据已有的勘探资料,井田范围 3 煤顶、底板坚硬,中、细砂岩发育,厚度大且分布稳定,具有诱发强烈地压乃至矿震的地质条件。为使矿井开采设计、规划科学合理,必须对后期生产过程的冲击地压灾害隐患有全面的了解。因此,有必要充分利用已有的勘探成果,在深入研究矿井煤层顶板巨厚砂岩赋存特征、井田构造条件及天然地应力环境基础上,对赵楼煤矿矿井冲击地压灾害潜势性进行预测评价,为后期安全生产提供科学依据。

为保障矿井开采、掘进的安全性,针对赵楼煤矿矿井冲击地压的问题进行研究。通过分析评价局部地应力特点、3 煤及其顶底板岩层的冲击倾向性、构造聚能条件及其对顶板采动变形、矿压强弱的制约作用等,明确形成冲击地压的控制条件,圈定高应力区及可能发生强冲击地压的部位,建立强冲击地压评价模型,提出冲击地压防治对策,为巷道和采区合理布置、规划提供技术保障。

1.2.4 复杂地层条件下矿井机电系统的设计

1.2.4.1 复杂地层条件下矿井热害防治技术研究

随着浅部矿产资源日渐枯竭,矿井开采逐渐向深部发展,导致矿井高温问题,甚至建井期间的高温热害问题一度影响了正常施工,矿井热害将成为继顶板、瓦斯、火、水、粉尘五大灾害之后的又一灾害。井下高温对工人劳动生产效率和人身健康有极大影响,随着环境温度的升高,工人生产效率会明显下降。

我国新汶矿业集团有限责任公司孙村矿,在-800 m 水平的开拓掘进中,因工作面气温高达 34 ℃,曾

被迫停产 3 个多月;徐州矿务集团三河尖矿,因采掘工作面高温,致使采掘生产效率下降 20%~23%,最高达 40%~45%。根据德国矿井开采经验:当矿井原岩温度达到 35~40℃,仅通过采取增风降温的方案已经不再是经济上可行的方案,而应减少风量,并对风流进行冷却降温处理。中煤国际工程集团武汉设计研究院的梅甫定教授通过对已有的高温矿井进行分析得出,当生产水平原岩温度超过 35℃时,工作面气温将超过 28℃,应考虑采取其他降温措施。

巨野矿区先期动工的龙固煤矿,其地温条件与赵楼煤矿相似。在其井筒凿进过程中,工作面温度已经接近 30℃,并出现工人中暑现象;2005 年 8 月两主井掘至 778 m,实测主井 1# 工作面迎头水温为 44~45.2℃,2005 年 8 月 17 日实测工作面迎头风温达 29℃(地面气温 20℃,工作面迎头水温 44℃),严重影响井下正常作业,后被迫实施了人工制冰降温措施,严重影响了工程进度。因此,研究高温矿井建设期间井下降温技术前景广阔、意义重大。

赵楼煤矿第四系表土层厚达 400~750 m,煤层埋藏深,主采 3(3_上)煤层初期开采部分埋藏在 900 m 以下,井筒掘进深度达 937 m(副井),井底车场水平为 905 m。赵楼煤矿地区年恒温带 50~55 m,温度 18.2℃,平均地温梯度 2.20℃/100 m,非煤系地层平均地温梯度 1.85℃/100 m,煤系地层平均地温梯度 2.76℃/100 m。初期采区大部分块段原岩温度 37~45℃,地层涌水温度 37~45℃,地温高;预测井底及其水平采掘工作面温度将达到 32~35℃。

为此,依托赵楼煤矿建井工程开展井筒降温新技术研究,以解决赵楼煤矿建井期间和生产期间的井下高温热害问题,消除因高温热害带来的安全隐患,提高矿井生产的安全系数;同时为井下工作人员创造良好的工作环境,充分体现了“以人为本”原则,能够有效提高职工的劳动生产效率,进而实现矿井的稳产、高产,必将带来显著的经济效益。

1.2.4.2 适应深井复杂条件的矿井机电系统研制

矿井安全建设很大程度上与机电系统密切相关,尤其在深井高地压、高地热、大埋深条件下,可能出现支护结构破坏、突水、冲击地压等灾害,这对矿井应急救援提升、托罐控制等提出了更高的要求。

煤矿中多采用气压传动,其动力源一般为设置在地面的空气压缩站,通过管路供给井下的气动设备。与液压传动相比,气压传动最主要的优点是采用空气作为传动介质,因而无介质费用、不污染环境,但气压传动的出力小、效率低、动作响应能力差、设备的寿命和可靠性易受到影响。尤其在深部复杂地层条件下,气压传动距离长、环节多。在高压、高冲击地压条件下,井巷变形可能导致风管破裂,从而危及整个矿井的井下运营,系统安全性存在重大隐患。因此,在赵楼煤矿机电系统中广泛采用了液压传动方式。液压传动是以液压油为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式,它具有布置灵活、单位质量功率大、元件标准化程度高、安全性能好等特点,特别适用于煤矿的工作状况。在很多场合下,液压传动具有比气压传动更优越的综合性能。液压传动在赵楼煤矿有着更为广泛的应用,除在煤矿中普遍应用的液压支架、液压钻机 etc 通用设备外,基于液压传动的优点,赵楼煤矿和一些高校、企业合作研制了一些专用液压设备,如防拉仓液压闸门、副井操车一体化设备、胶带运输机液压张紧装置等。液压传动的广泛应用,提高了系统的可靠性和通用性,设备的性能得到了有效提升。

目前,煤矿井下喷雾、冷却用水等都由地面供给,由于矿井较深,因此存在供水压力超高的问题,如果井筒深 1 000 m(不考虑管路和阀门等损失),到达井下供水压力可达到 10 MPa(实际井下需要的压力为 2.5~3 MPa)。超高的供水压力不但不能满足使用要求,而且会经常损坏供水管路和阀门,严重影响正常生产。赵楼矿井副井井深约 910 m,在原设计中副井供水系统采用井底设置减压阀方式进行减压供水,根据临近煤矿的现场使用来看,减压阀供水方式故障率高且运行成本高。为从根本上解决该问题,提出了一种新型的井下测压、井上节流控制的深井减压供水方案,有效降低了管路和阀门的压力等级及成本,且不需要开拓减压硐室,经济效益显著。

1.2.5 复杂地层条件下矿井建设管理技术

1.2.5.1 矿井综合信息化管理系统

矿井生产和运营是一个庞大的系统,包括生产、营销、行政等。其中,仅井下生产就包括“采、掘、机、运、通、排”六大系统,而且各系统间是密切联系、相互作用的。现代化矿井的建设和管理,有效整合各种资

源和发挥自动化集成的最大效益,对矿井进行统一的自动化、信息化管理。

要实现整个矿井综合信息化,就必须采用多种现代化信息与自动化技术,建立全矿井监测、控制、管理一体化的、基于网络的大型开放式分布控制系统,形成全矿井生产各环节的过程控制自动化、生产综合调度指挥,以保证对全矿井安全状况和生产过程进行实时监测、监控和调度管理,使矿井高效集中生产,达到减员增效、降低成本,提高矿井整体生产水平,实现煤矿信息化建设的目标。

赵楼煤矿通过煤矿综合信息化系统的建设,不仅可实现煤矿井下的安全信息、设备的工况信息和控制信息在一个统一平台上传输,避免重复投资和建设,提高传输平台的可靠性和传输能力,还可通过综合信息化软件平台,将现有的和规划中的自动化系统整合到一个统一的综合信息化监测、监控系统中,进行集中的调度管理,有效地提高了矿井生产安全调度水平,实现对煤矿机电设备和安全监测信息的远程集中监测与控制。

1.2.5.2 复杂条件下矿山建设的风险管理

新兴矿区的矿井建设是一个内部结构复杂且外部涉及因素众多的复杂开放系统。由于各种风险因素的可能触发源和后果的严重程度迥异,这使得项目能否顺利取得预期结果具有诸多不确定性。因而,系统地借助项目管理和风险管理的理论与方法,充分结合矿井建设的工程实际情况,科学系统地建立适用于企业发展和项目实施需要的深厚表土层井筒建设项目的风险管理体系就具有非常重要的实际意义和现实价值。

鉴于目前的管理和施工技术,在深厚表土层中建设井筒将涉及一系列技术难题,需要采用特殊凿井技术(冻结法或钻井法)施工。这两种特殊凿井技术在深厚表土层中建设井筒,由于技术层面上存在诸多的复杂性和不确定性因素,使得井筒建设的技术性风险尤其引人注目。

对于在深厚表土层中进行的井筒建设项目而言,其建设周期长、投资规模大、涉及范围广、风险因素数量多且种类繁多。项目在全生命周期内的风险性因素动态多变,技术、经济、政治等诸多因素相互纠结,各类风险性因素之间关联复杂。同时又与国家、地方政府、企业主管部门等外部不可控因素交叉影响使得风险显示出多层次性。

全书主要介绍以下五部分的内容:

(1) 矿井设计

矿井设计是编制矿井施工组织设计和实施的基础依据,是对矿井建设全过程进行质量、工期和投资三大控制的关键。本书结合赵楼煤矿工程特点和地质条件,就与井筒建设相关的矿井设计内容展开,主要包括井口位置确定、井筒数量、建设工期安排、井筒开工顺序与施工方法等内容。

(2) 复杂条件下井筒施工技术

复杂条件下井筒施工技术包括:深厚冲积层三井共站冻结的优化设计与施工、冻结法凿井机械化施工技术、深厚表土冻结法凿井信息化施工技术、复杂条件下井筒基岩段防治水技术等。

(3) 复杂条件下硐室、巷道、工作面施工和支护技术

复杂条件下硐室、巷道、工作面施工和支护技术包括:高地压矿井地应力监测与采区优化调整、复杂地层条件下硐室工程设计和施工、高地压软岩巷道控制爆破与高效掘进、高地压深厚冲积层软岩巷道支护技术、深部煤层开采冲击地压防治技术研究等。

(4) 复杂地层条件下井筒施工的相关工程

复杂地层条件下井筒施工的相关工程包括:复杂条件下矿井热害防治技术研究、适应深井复杂条件的矿井机电系统研制等。

(5) 复杂条件下矿井建设的信息化管理和风险管理

主要包括矿井综合信息化管理系统和复杂条件下矿山建设的风险管理等内容。

1.3 达到的技术水平,取得的经济、社会效益及推广应用的前景

赵楼煤矿于2005年1月16日开工建设,于2009年3月31日试生产。从建设总工期、工程量、造价等角度看,赵楼煤矿均优于巨野矿区相邻矿井,研究开发出了能够满足复杂条件要求的,从矿井设计、井筒