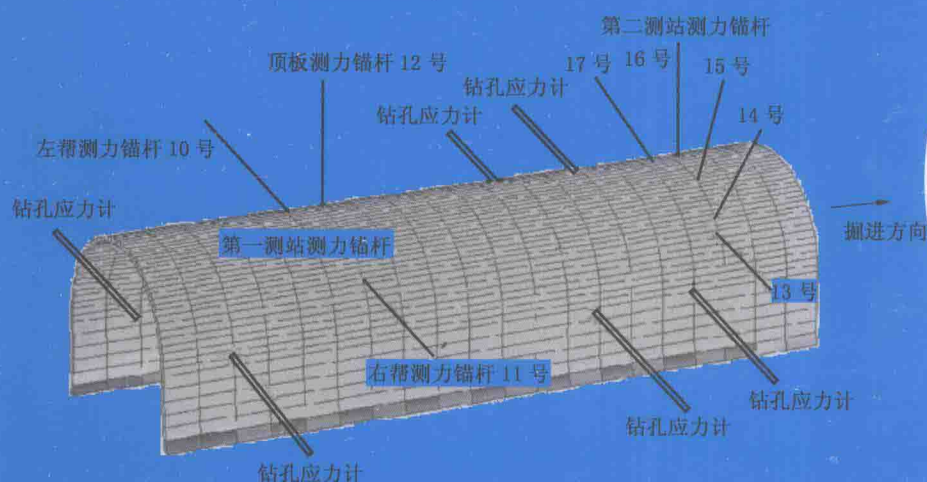


张 军 段绪华 刘 瑜 著

# 复杂高应力软岩巷道围岩 特性及支护技术研究与应用



煤炭工业出版社

# 复杂高应力软岩巷道围岩特性及 支护技术研究与应用

张 军 段绪华 刘 瑜 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书基于祁东矿矿山压力高、围岩软弱的复杂高应力软岩巷道难维护的突出问题,作者对复杂高应力软岩巷道围岩特性及控制技术进行了研究与实践。研究成果体现在对复杂高应力软岩巷道的现状评价、机理研究、方案设计、现场试验,对祁东煤矿复杂高应力软岩巷道研究取得了在地质评价、围岩变形破坏特性及机理、巷道支护对策及方案设计的系统性研究,并在现场试验中取得了显著的巷道围岩控制效果。

本书可供深部开采、围岩软化弱化特性明显的煤矿中从事矿山压力控制及巷道支护方面的技术人员参考,也可供相关领域高等院校或科研院所的研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

复杂高应力软岩巷道围岩特性及支护技术研究与应用/张军,段绪华,刘瑜著. --北京:煤炭工业出版社,2014  
ISBN 978-7-5020-4567-8

I. ①复… II. ①张… ②段… ③刘… III. ①软岩巷道—巷道围岩—围岩控制—研究 IV. ①TD263.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 136673 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址:www.cciph.com.cn  
北京市郑庄宏伟印刷厂 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 15<sup>1</sup>/<sub>4</sub>

字数 371 千字

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷  
社内编号 7432 定价 49.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

## 前 言

目前,我国多数井工煤矿进入了深部开采阶段,随着开采深度的增加,普遍面临矿山压力增大、巷道围岩特性由脆性向延性转化、瓦斯、水害等困扰和威胁。其中,影响显著、作用范围大的因素是矿山压力增大和巷道围岩物理力学特性的软化,主要表现在巷道支护、维护难度加大,巷道工程的成本提高,严重制约采掘正常接续。由于围岩孔隙度降低,深部巷道具有突然动态破坏特性,时刻威胁着煤矿安全生产,因而从理论、技术、工程实践等方面开展软岩巷道支护相关问题的研究显得尤为重要。

恒源煤电股份有限公司祁东煤矿(简称祁东煤矿)的软岩巷道难维护问题尤为突出,在开展研究之前,多数巷道底鼓量达到巷道高度的 $1/3$ ,混凝土喷层开裂、两帮挤压严重,前掘后修、屡修屡坏,巷道工程质量和掘进速度已严重制约综合机械化开采水平的正常发挥。基于祁东煤矿典型复杂高应力软岩巷道难维护的突出问题,华北科技学院于2010年5月开始针对复杂高应力软岩巷道围岩特性及控制技术进行研究与实践。课题组采用实验室研究、模型试验、理论分析、数值模拟及现场试验验证等方法,对高应力软岩巷道围岩的微观组成、力学特性、变形破坏机理、支护现状、支护技术等进行了综合研究。通过深入研究,从围岩对巷道工程支护对策选择及方案设计的影响出发,把巷道围岩分为高应力完整围岩、高应力较完整层状围岩、高应力破碎围岩、高应力软弱围岩4种类型,并将复杂高应力条件下的4类围岩归为离层断裂型和压力释放型工程软岩进行变形破坏特性、机理研究。针对离层断裂型工程软岩巷道提出“及时抗压、一次到位”高强支护技术,针对祁东煤矿复杂高应力软岩巷道提出“刚柔互补、长短结合、及时主动、协调在控”支护技术对策。经现场工业试验应用,取得了良好效果。项目结束后,本项目取得的高应力软岩巷道支护技术在祁东矿进行了推广应用,解决了包括西大巷在内的类似高应力软岩巷道支护技术难题。

本书是“祁东煤矿复杂高应力软岩巷道支护技术研究”课题的结项成果,是课题组和祁东煤矿集体智慧的结晶。该书获得河北省自然科学基金(深井锚网

支护巷道稳定性综合预测模型研究)项目资助(E2012508002)。其写作纲要由张军提出,具体分工为:1章、3章、7~9章和附录由华北科技学院张军编写,2章由恒源煤电股份有限公司祁东煤矿刘瑜编写,4章由张军、刘瑜编写,5章由华北科技学院段绪华编写,6章由张军、北京天地玛珂电液控制系统有限公司何勇华编写。全书由张军统稿。

本书在编写过程中,参阅了有关专家学者的论著和资料,华北科技学院课题组进行了多次讨论,为课题的顺利进行和成功实施奠定了基础,在此表示衷心的感谢!

课题组为了将研究成果在理论方面更系统深入,在巷道围岩控制对策方面更具体明确,在工程实践中更利于推广在巷道支护技术思想和方案设计思路方面的研究成果,集体研讨编写本书,以期将复杂高应力软岩巷道的研究思路、技术对策、方案设计、现场试验及其关键技术得以推广、传播。由于作者学识水平有限,不当之处在所难免,敬请读者不吝指正。

**作 者**

2014年3月

## 目 次

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>1 绪论</b>                 | <b>1</b>   |
| 1.1 研究背景                    | 1          |
| 1.2 研究现状及预期目标               | 2          |
| 1.3 研究内容与研究路线               | 3          |
| <b>2 矿井地质</b>               | <b>7</b>   |
| 2.1 矿井位置及交通条件               | 7          |
| 2.2 构造特征                    | 7          |
| 2.3 煤系地层特征                  | 8          |
| 2.4 矿井水文地质特征                | 11         |
| <b>3 岩石微观分析及力学参数测定</b>      | <b>13</b>  |
| 3.1 岩石微观组成及结构分析             | 13         |
| 3.2 岩石力学参数试验研究              | 34         |
| 3.3 围岩变形特性试验研究              | 43         |
| <b>4 软弱围岩条件下巷道动力失稳监测及分析</b> | <b>54</b>  |
| 4.1 现场综合监测内容及方法             | 54         |
| 4.2 南翼运输石门现场实测分析            | 68         |
| 4.3 6135 沿空掘巷现场实测分析         | 75         |
| 4.4 6136 沿空留巷现场实测分析         | 86         |
| <b>5 巷道围岩失稳及破坏机理分析</b>      | <b>92</b>  |
| 5.1 巷道失稳力学机理及原因分析           | 92         |
| 5.2 南翼运输石门围岩变形特征及稳定性分析      | 100        |
| 5.3 沿空掘巷围岩变形特征及稳定性分析        | 106        |
| 5.4 沿空留巷围岩变形特征及稳定性分析        | 111        |
| <b>6 数值模拟研究</b>             | <b>118</b> |
| 6.1 软件及建模过程                 | 118        |
| 6.2 南翼运输石门数值分析              | 119        |
| 6.3 6135 沿空掘巷数值分析           | 125        |

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 6.4 | 6136 沿空留巷数值分析 .....     | 131 |
| 6.5 | 采空区下瓦斯抽放巷稳定性分析 .....    | 141 |
| 7   | 祁东煤矿围岩治理现状评价 .....      | 145 |
| 7.1 | 6136 巷道围岩及支护现状评价 .....  | 145 |
| 7.2 | 6135 巷道围岩及支护现状评价 .....  | 147 |
| 7.3 | 南部轨道下山围岩特性及支护现状评价 ..... | 148 |
| 8   | 复杂高应力软岩巷道支护对策研究 .....   | 152 |
| 8.1 | 复杂高应力软岩巷道特性研究 .....     | 152 |
| 8.2 | 应力释放型工程软岩巷道支护对策研究 ..... | 154 |
| 8.3 | 离层断裂型工程软岩巷道支护对策研究 ..... | 159 |
| 9   | 复杂高应力软岩巷道支护现场试验 .....   | 161 |
| 9.1 | 南部轨道下山及联络巷 .....        | 161 |
| 9.2 | 6136 风巷沿空留巷加固方案 .....   | 192 |
| 9.3 | 6135 沿空掘巷支护方案 .....     | 201 |
| 9.4 | 8224 风巷支护设计 .....       | 204 |
|     | 附录 .....                | 217 |
|     | 参考文献 .....              | 238 |

# 1 绪 论

## 1.1 研究背景

煤炭是目前我国国民经济赖以生存和发展的主要能源。随着国民经济的快速发展,我国经济进入重工业化阶段,处于工业化中期和新一轮经济周期的上升期。主要耗煤行业的一些基建项目也将陆续投产,将增加对煤炭的需求。虽然近年来,国家能源结构正处调整时期,但受资源条件限制,我国以煤炭为主的能源格局较长时期内不会有大的变化。

地壳浅部矿产资源的逐渐减少,必然使得人类着眼于深部矿产。深部开采问题越来越引起人们的重视。在煤矿开采方面,开滦集团吕家坨矿、山东省岱庄生建煤矿湖西矿井、山东省新汶矿业集团有限责任公司孙村煤矿、祁东煤矿等陆续进入深部开采,最深已达1300 m左右,我国煤矿的开采深度以平均每年8~12 m的速度增加,未来10年我国煤矿深部开采的问题将越来越突出。

近年来,作为国家煤矿投资重点,我国东部矿区(该区属华北石炭-二叠纪含煤区,煤层厚度稳定,煤质优良,主要开采煤层含硫量多在1%以下)新建和在建的煤矿10余处,新增年生产能力15 Mt以上,总投资超过40亿元,占全国煤矿投资总量的53%以上。巷道围岩控制的好坏直接影响井下的生产和安全,全国煤矿顶板事故中有1/3~1/2就发生在巷道工程中,所以巷道围岩的支护与控制一直是煤炭工业生产与建设中的重大问题。

高应力软岩巷道的掘进与维护普遍存在难度大、安全性差等问题。砌碹、金属支架等属于被动支护,仅依靠支护本身的强度,很难承受高地应力和蠕变的作用。锚杆、锚索虽被认为是主动支护,但因锚固的岩体为一些破碎或松散的岩体,围岩的可锚性较差,很难满足高应力软岩巷道的支护要求。采用常规支护方式的高应力软岩巷道常处于前掘后卧、前支后修的状态,翻修率达到70%~90%,多数巷道还需要多次返修、多次支护,有时维护费用比正常掘进的成本还高,造成巷道施工速度缓慢,支护成本大大增加。

高应力软岩巷道支护效果如何,不仅取决于支护方式的选择,还与巷道所处的地质条件、围岩应力状态等有关,而且二次支护原理多停留在定性讨论和分析阶段,现场施工缺少有效的理论做指导。就目前来讲,对高应力软岩巷道的围岩控制,要么是不能取得预期的支护效果,要么是支护投入太高,远远不能满足矿井高产、高效的要求。

祁东煤矿是设计年产1.5 Mt的大型国有煤矿,1997年10月开始建井,2002年5月22日正式投产。矿井内断层、褶曲等对煤层产生影响的因素中,以断层的影响因素为主。主采煤层有3<sub>2</sub>、6<sub>1</sub>、7<sub>1</sub>、8<sub>2</sub>、9共5层,顶板以泥岩为主,局部地段变化较大;粉砂岩或砂岩顶零星分布,少见伪顶。底板一般为泥岩,罕见砂岩,厚度一般为1.50~4.00 m,局部地段变化大。煤层顶底板岩石的完整性及裂隙发育程度受构造所制约,本矿构造属中等类型,断层较发育,共有断距大于30 m的断层17条(其中10条正断层,7条逆断层),有的断层断距很大。



由于顶底板以泥岩、粉砂岩为主,地质条件复杂,构造较多,表现出极强的松、散、软、弱的特性,强度相对较低,遇水具有明显的软化、泥化和强膨胀现象。虽然巷道掘进比较容易,但其维护却极其困难,采用常规的施工方法和支护形式、支护结构往往不能奏效。在目前锚网喷、U型棚支护方式下,造成局部构造带巷道变形较大(底鼓量达到850 mm,两帮移近量达到900 mm),不仅增加了翻修费用,消耗了大量的人力、物力,而且制约了矿井开采和掘进的高产、高效,甚至影响正常生产和安全,因此软岩治理对策研究成为井巷施工的重要问题。

对高应力软岩巷道,选择合理的支护方法,根据围岩应力状态和地质条件确定合理的支护参数,探索正确的软岩变形机理和围岩控制理论成为一个急需解决的技术问题,针对问题进行深入的试验和研究,对促进煤矿深部开采的进一步发展、高应力软岩巷道围岩控制理论的形成和实现高产、高效矿井的建设都具有重要的理论意义和实用价值。

## 1.2 研究现状及预期目标

### 1.2.1 研究现状

#### 1. 深部巷道支护技术

深部巷道围岩因其形成过程及受力作用的复杂性,围岩本身以泥页、页岩、粉砂岩等居多,即使是较稳定的砂岩,在复杂高应力、特殊构造应力的影响下,也表现出复杂的高度非线性力学特性。深部巷道围岩压力来源多、范围广,巷道围岩的不同变形调整阶段具有不同的主导应力来源,包括上覆岩层压力、松动压力、破坏扩容压力、膨胀压力、弹性变形压力、构造应力等,其中破坏扩容及黏土矿物膨胀压力是影响深部软岩巷道稳定的持续性力源。应用目前已有理论及支护技术手段难以实现巷道稳定,必须从巷道围岩变形、破坏机理出发,对围岩进行分类,针对不同类型的围岩采取综合协调控制手段,从支护对策、支护方案设计、支护参数确定及施工工艺措施等多环节、多角度展开巷道支护综合研究,并在实践中发展能用于指导工程实际的理论。

我国深部开采巷道支护面临两个方面的问题:一方面是矿山压力及构造应力增大、影响强度加大、作用方式更复杂;另一方面是深部围岩条件发生了变化,表现为泥岩、页岩、粉砂岩等软岩组成比例增加,深部巷道所处环境越来越对软岩及工程软岩不利。目前,对深部巷道工程软岩的研究进展主要体现在围岩变形特性及联合支护技术的研究。围岩变形特性方面主要研究成果是:认为深部工程软岩及软岩巷道具有典型的流变特性,须采用因地制宜、联合多次支护、新奥法综合治理措施及施工技术。联合支护技术主要包括:锚杆+喷射混凝土(以下简称“锚喷”),锚喷网,锚喷网+锚索,锚喷网+锚索+锚注,U型棚+锚索+锚注。以上支护技术大部分是对软岩及工程软岩巷道支护技术做了定性研究,缺乏对深井巷道围岩进行分类,施工具体措施不明确。

#### 2. 深部巷道支理论

目前,根据深部巷道支护存在的大变形、流变等问题,普遍用于指导深部巷道支护设计的主要理论有:奥地利专家L. V. Rabcewicz提出并应用于软岩巷道支护工程的新奥法支护理论,我国学者对新奥法理论深入研究并发展应用的联合支护理论,由东北大学郑雨天教授、同济大学孙均院士和安徽理工大学朱效嘉教授对联合支护理论应用进一步发展而成的预制钢筋混凝土大弧板锚喷支护理论,由董方庭教授等对巷道开掘全过程观测研究提出

的松动圈支护理论, 基于巷道力学模型研究的软岩量化支护理论。

其中, 新奥法理论将在很长一段时间内指导深部巷道支护。松动圈支护理论与联合支护理论的结合将会从根本上解决深部巷道支护问题, 特别是围绕巷道围岩变形特性研究及新材料的研发会产生新的突破。软岩量化支护理论是将来的发展方向, 该理论的应用很大程度上依赖于测试技术及仪器设备的研发。

### 3. 复杂条件巷道支护问题

国内外对深部巷道支护技术研究工作进行了多年, 主要集中在支护工艺及支护材料的研究开发。典型的工艺研究方面主要在二次支护或多次支护, 但由于对巷道围岩的变形特性及力学机理研究不深入, 致使支护参数、支护时机选择有时不恰当, 巷道支护屡屡失败; 支护材料研究方面过多强调支护材料的强度、刚度等, 忽视了支护材料与围岩变形的在控协调。存在问题主要体现在以下几个方面:

(1) 深部矿井条件复杂多变, 威胁和影响安全生产的因素较多, 巷道围岩变形特性现场观测不便、数据不准确、考虑因素不全面, 导致支护设计依据不可靠。

(2) 深部巷道布置基础研究薄弱, 特别是岩层选择及应力规律研究不足, 以致巷道布置层位不合理, 围岩松散软弱、构造应力影响严重, 巷道维护难度加大。

(3) 缺乏从支护工程设计出发对深部巷道围岩进行分类, 依据浅部巷道矿压规律及围岩力学特性分类方案进行支护设计, 对围岩变形破坏本质机理研究不深入, 以致支护方式单一(一味要求支护材料的强度, 一味让压二次支护), 结果发生了湖西矿、吕家坨矿的小变形情况下的大面积离层失稳、局部冒顶等事故, 祁东煤矿多数巷道持续变形不能使用。

(4) 孙村煤矿是我国典型的千米深井, 在 2006 年下半年开掘 -1100 m (埋深 1300 m) 西大巷时, 由于深部红层软岩在高应力作用下, 两个月左右时间巷道断面就缩小了 1/3 以上, 按照现有的支护理论、支护方案、支护对策难以维护, 因而于 2007 年年初被迫放弃已掘的 200 多米巷道。

为此, 把复杂高应力软岩巷道围岩变形特性及支护技术作为一个重要分支进行研究, 对于逐步解决深部巷道支护难题, 推动深部开采巷道支护技术、支护理论的发展具有重大意义。

#### 1.2.2 预期目标

本课题通过多学科、多方法综合研究, 提出适用于软岩巷道围岩控制理论, 克服软岩巷道屡修屡坏、支护费用高等问题, 实现极难维护巷道的有效支护。

(1) 断层破碎带、地质构造带及软岩巷道支护参数科学合理, 安全可靠。

(2) 巷道返修率降低 50%, 维修加固效果良好, 满足生产需要。

(3) 支护效果良好, 支护、维修成本下降。

本课题的研究成果, 将对祁东煤矿乃至其他类似条件的矿井都会起到很好的技术辐射效应, 将促进软岩支护技术的进一步发展。同时, 为我国煤矿深井、高应力、松软破碎等复杂条件下硐室及各类巷道加固提供很好的范例。

## 1.3 研究内容与研究路线

### 1.3.1 研究内容

1. 祁东煤矿围岩定性分析及治理现状评价

通过对各类典型巷道围岩变形破坏特性、支护体受力破坏情况、围岩压力和构造应力分布特征等因素的现场综合监测研究,结合巷道围岩变形破坏特性及物理力学机理的实验室研究,对祈东矿巷道围岩稳定性进行分类。然后,在围岩稳定性分类的基础上,通过“围岩—支护体”相互作用机理及特征的理论分析和现场监测,对其在强度、刚度、结构耦合现状进行评价。

## 2. 围岩治理总体设计规划

根据围岩稳定性分析及治理现状评价结果,针对不同特性围岩提出相应的治理措施,包括巷道位置、断面形状选择,支护方式和支护结构选择,围岩控制途径和措施的总体规划,具体包括:

(1) 要想确保软岩巷道的正常运营,并在经济上合理,技术上可行,就必须深入研究软岩进入塑性破坏后和支护体相互作用并达到二次稳定的力学问题。软岩巷道支护的目标是力求有控制地在巷道围岩中产生一个合理厚度的塑性圈,以最大限度地释放围岩变形能和发挥围岩塑性承载能力。

(2) 各施工工艺实施的关键是选择适当时机及合理参数。如巷道的支护时间太早,在高地压尚未重新分布完毕或工作面采动影响通过之前进行,则支护效果不佳;如支护时间太迟,巷道的有害变形将会加剧围岩自身承载能力下降,巷道冒顶的可能性增强,围岩破碎松动的范围将加大,给支护工作带来极大困难。

(3) 总结地质调查、围岩特性,对各类围岩治理提出总体规划方案,实现“抗压”“让压”“躲压”“移压”等围岩治理途径的合理应用和相互配合。

## 3. 探索软弱围岩控制的关键技术

(1) 软岩巷道刚柔层支护技术。预留刚柔层支护技术是指利用膨胀性软岩特点,在支护体内设置一种刚柔层,使其既具有足够的柔度来适应膨胀性软岩的大变形,以转化过度的变形能,又在一定的时刻具有足够的刚度来限制膨胀性软岩的变形破坏,从而使支护既安全又经济的一种支护技术。该技术适用于膨胀性软岩巷道工程。

(2) 软岩巷道刚隙柔层支护技术。预留刚隙柔层支护技术是指在支护体内设置刚性层和柔性层并在之间预留一定量的间隙,使刚隙柔层具有充分的柔度和间隙适应高应力软岩的大变形,同时又具有充分的刚度限制围岩的有害变形,使之成为高应力能量转化最充分、围岩强度保护最好的一种支护技术。该技术适用于高应力软岩巷道工程。

(3) 锚网—锚索耦合支护技术。该技术是根据位移反分析原理,确定支护系统二次组合支护的最佳时段,在关键部位实施支护体和围岩的再次组合,最大限度地发挥围岩的自承能力、刚性锚杆的支护能力,充分转化了围岩中膨胀性塑性能,适时支护,主动促稳而不是被动等稳,从而使支护体的支护抗力降到最小,使围岩—支护系统达到最佳耦合状态。

(4) 极其困难条件下的锚注加固技术。高应力区巷道过断层破碎带或受上覆煤层开采时的采动影响,仅采用喷锚喷、锚网喷二次支护技术难以保持正常的巷道稳定,必须采用锚注支护技术进行加固。锚注支护技术就是采用长短不一注浆锚杆,短注浆锚杆对巷道浅部进行注浆封闭,长注浆锚杆进行深部注浆,改变破碎围岩的松散结构,提高黏聚力和内摩擦角,封闭裂隙阻止水对岩体的侵蚀,使岩体强度提高,按1:1的水灰比配制水泥浆,然后加入2%的水玻璃,采用低压注浆方式进行锚注。

(5) 断层破碎带、地质构造带、软岩巷道支护形式及加固修复技术研究。针对断层破碎带、地质构造带、软岩特性提出具体加固技术和支护方案,通过相似模拟、数值分析等手段对支护参数、支护体结构形状进行优化。

### 1.3.2 研究路线

#### 1. 总体设计规划

根据对围岩特性及治理现状的评价结果,找出现阶段存在的问题,结合采准巷道的总体布局、原岩应力、二次应力分布规律,选择相应的围岩治理方法。

(1) 在巷道位置选择、掘巷时间无法改变的条件下,采用“抗压”支护对策。

(2) 在围岩产生一定变形不至于引起支护体遭受严重损坏的情况下,采用适当的“让压”支护对策。

(3) 在巷道位置允许选择的条件下,根据围岩应力重新分布的特点和规律,采用“躲压”支护对策,将巷道布置在应力降低区内,从时间和空间上避开高压力的影响和作用。

(4) 在压力无法避开,采用“抗压”“让压”无法保持围岩整体稳定的情况下,可以采用适当的“移压”措施将巷道围岩松动到减轻巷道受压为止,获得整体稳定的效果。

#### 2. 巷道支护方案研究

巷道支护方案研究流程如图 1-1 所示。

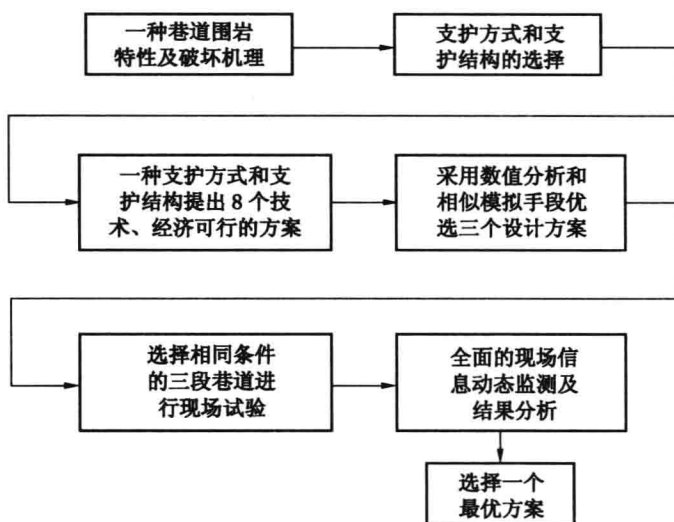


图 1-1 巷道支护方案研究流程

#### 3. 矿井围岩治理研究

根据研究结果,在考虑巷道围岩稳定的影响因素,合理确定巷道位置、断面形状、掘进施工方式、支护方式和支护结构的基础上,充分考虑技术、经济、安全效果的前提下,提出支护方案。在遵循时间原则,充分利用围岩自承能力原则,“支护-围岩”一体化原则,设计、施工、监测一体化原则的前提下,对支护参数进行优化,最终取得祁东煤矿断

层破碎带、地质构造带及软岩巷道各种支护方式和支护结构的支护参数科学合理，安全可靠。其流程如图 1-2 所示。



图 1-2 矿井围岩治理研究流程

## 2 矿井地质

### 2.1 矿井位置及交通条件

祁东煤矿位于安徽省宿州市埇桥区祁县镇、西寺坡镇和固镇县湖沟区境内，东以 33 勘探线与龙王庙勘探区毗邻，西以  $F_{22}$  断层与淮北矿业（集团）公司祁南煤矿分界；南起二叠系山西组 10 煤层露头，北至  $3_2$  煤层 -800 m 水平地面投影线为界。东西长约 9 km，南北宽 3.5 ~ 5 km，矿井面积 35.4275 km<sup>2</sup>。

本矿井交通极为便利，京沪铁路从本区东北通过，北距宿州站约 20 km，东距芦岭站 1.5 km；206 国道宿（州）蚌（埠）段从本区西侧通过，公路可直通徐州、阜阳、淮北、蚌埠等地；矿井内有淮河支流浍河通过，乘船可进入淮河和洪泽湖。其交通位置示意图如图 2-1 所示。



图 2-1 祁东矿区交通位置示意图

### 2.2 构造特征

祁东煤矿位于宿南向斜的东南端，属宿南向斜的东南翼，其构造形态基本为一走向近

东西、倾向北、倾角为  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  的单斜构造，并在其上发育有次一级褶曲和断层。

地质精查阶段在区内查出褶曲 2 个、断层 15 条（不含龙王庙勘探区内的  $F_{16}$  和  $F_{20}$ ）。地震补勘阶段在补勘范围内查出褶曲 1 个，组合断层 45 条，其中落差 5 m 以下的为 22 条，详见表 2-1、表 2-2。

表 2-1 祁东井田断层性质及落差分类

| 断层<br>性质 |    | 落 差/m           |                                                 |                      |                      |                                 |
|----------|----|-----------------|-------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
|          |    | $5 \leq H < 10$ | $10 \leq H < 20$                                | $20 \leq H < 30$     | $30 \leq H < 50$     | $H \geq 50$                     |
| 正断层      | 编号 |                 | $F_6$ 、 $F_{23}$ 、 $F_{12}$ 、 $F_7$ 、 $FB_{14}$ | $F_{6-1}$ 、 $F_{25}$ | $F_{2-1}$ 、 $F_{15}$ | $F_{22}$ 、魏庙断层、 $F_1$ 、 $F_2$   |
|          | 计  | 0               | 5                                               | 2                    | 2                    | 4                               |
| 逆断层      | 编号 | $F_{10}$        | $F_{11}$                                        | $F_{24-1}$           | $F_{24}$             | $F_{17-1}$ 、 $F_{17-2}$ 、 $F_5$ |
|          | 计  | 1               | 1                                               | 1                    | 1                    | 3                               |
| 合计       |    | 1               | 6                                               | 3                    | 3                    | 7                               |

表 2-2 祁东井田断层方向统计

| 名称   | 断 层 名 称                                                                                   | 计 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 北东向  | $F_{22}$ 、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_{2-1}$ 、 $F_6$ 、 $F_{6-1}$ 、 $F_{23}$ 、 $F_{25}$ 、 $F_{12}$ | 9 |
| 北西向  | $F_{15}$ 、 $F_{17-1}$ 、 $F_{17-2}$ 、 $F_5$ 、 $FB_{14}$                                    | 5 |
| 近南北向 | $F_{11}$ 、 $F_7$ 、 $F_{10}$ 、 $F_{24-1}$                                                  | 4 |
| 东西向  | 魏庙断层、 $F_{24}$                                                                            | 2 |

全区以北东或北北东向的正断层为主，北西向的逆断层为辅。东西向的魏庙断层使本区分为南、北两块，是矿井南、北采区的分界断层。魏庙断层以北的  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_5$  断层是北部各采区的分界断层。

## 2.3 煤系地层特征

### 2.3.1 煤系地层

本区含煤地层为石炭二叠系，石炭系暂未作勘探对象。二叠系含煤地层为山西组，下石盒子组、上石盒子组，其总厚大于 788 m，共含煤 10 ~ 30 层，其中可采者有 14 层，可采煤层总平均厚度为 15.15 m。

#### 1. 二叠系下统山西组 ( $P_{1s}$ )

本组下界为石炭系太原组一灰之顶，其间为整合接触，上界为铝质泥岩下砂岩之底。地层厚度为 100 ~ 135 m，平均 124 m。含 11（不可采）、10（可采）两个煤层，其岩性由砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层组成，下部（11 煤下）以深灰—灰黑色粉砂岩为主，局部地段夹灰色细砂岩；中部（11 ~ 10 煤间）以粉砂岩和砂泥岩互层为主，上部（10 煤以上）由砂岩、粉砂岩和泥岩组成。

#### 2. 二叠系下统下石盒子组 ( $P_{1x}$ )



本组下界为铝质泥岩下分界砂岩之底,与山西组呈整合接触,上界为  $K_3$  砂岩之底。地层厚度为 205~245 m,平均 234 m。含 4、6、7、8、9 共 5 个煤组约 10 层,可采者为  $6_0$ 、 $6_1$ 、 $6_2$ 、 $6_3$ 、 $7_1$ 、 $7_2$ 、 $8_1$ 、 $8_2$ 、9 计 9 层,其岩性由泥岩、粉砂岩、砂岩、煤层和铝质泥岩组成。砂岩多集中于  $6_3$ ~9 煤间和 4 煤上;该组底界“分界砂岩”位于铝质泥岩下 10~28 m,平均 13 m,但该层砂岩在本区不稳定、不甚发育,常被泥岩和粉砂岩代替。铝质泥岩位于 9 煤层下 3~21 m,平均 8 m,岩性为浅乳灰白色,杂有紫色、绿色、黄色花斑,具鲕状结构,富含铝土,为本区煤岩层对比的良好标志层。

### 3. 二叠系上统上石盒子组 ( $P_{2s}$ )

本组下界为  $K_3$  砂岩之底,与下伏下石盒子组为整合接触,上界不清,地层厚度大于 400 m。含 1、2、3 共 3 个煤层组,其中可采者为 1、 $2_2$ 、 $2_3$ 、 $3_2$  计 4 层,其岩性由粉砂岩、泥岩、砂岩和煤层组成。下部(3 煤下)由砂岩、杂色泥岩、煤层组成,砂岩为白色-灰白色,细中颗粒,底部砂岩成分单一,石英含量可高达 90% 以上;泥岩为灰色杂有大量紫色花斑,含分布不均的菱铁鲕粒和铝土质。中下部(3~2 煤间)以紫色和灰色泥岩为主,砂岩层较少,常在 3 煤层顶板附近发育有厚层中细砂岩。中上部(2~1 煤间)以粉砂岩和泥岩为主,间夹砂岩。上部(1 煤上)以粉砂岩和砂岩为主,间夹泥岩。

#### 2.3.2 煤层

本区二叠纪含煤地层共含 1~11 煤层(组),可采者自上而下编号为 1、 $2_2$ 、 $2_3$ 、 $3_2$ 、 $6_0$ 、 $6_1$ 、 $6_2$ 、 $6_3$ 、 $7_1$ 、 $7_2$ 、 $8_1$ 、 $8_2$ 、9、10 计 14 层,其中  $3_2$ 、 $7_1$ 、 $8_2$ 、9 为主要可采煤层, $6_1$ 、 $6_3$  为可采煤层,1、 $2_2$ 、 $2_3$ 、 $6_0$ 、 $6_2$ 、 $7_2$ 、 $8_1$ 、10 为局部可采煤层。主要可采和可采煤层为较稳定煤层,局部可采煤层为不稳定煤层。

##### 1. 1 煤层

该煤层为上石盒子组最上的可采煤层,其上下有多层薄煤,其两极厚度为 0~1.86 m,平均 0.72 m,可采范围内煤层厚度以 0.70~1.30 m 为主。煤层结构简单,个别点包含一层泥岩夹矸,为不稳定的局部可采煤层,其顶底板岩性多为泥岩,局部为砂岩。

##### 2. $2_2$ 煤层

该煤层位于 1 煤层下 80 m 左右,其两极厚度为 0~2.28 m,平均 0.74 m,仅在 25~26 线至 27~28 线及 30 线以东中深度构成局部可采,可采区范围内煤厚多为 0.70~1.30 m。煤层结构简单,个别点具一层泥岩夹矸,为不稳定的局部可采煤层,其顶板岩性以泥岩为主,仅局部为粉砂岩或中砂岩,底板基本为泥岩,个别为粉砂岩。

##### 3. $2_3$ 煤层

该煤层位于  $2_2$  煤层下平均 16 m 左右,其两极厚度为 0~1.99 m,平均 0.69 m,可采范围分布在 26 线附近及 27~31 线间,可采范围内厚度多为 0.70~1.30 m。煤层结构简单,个别点具一层泥岩夹矸,为不稳定的局部可采煤层,其顶底板岩性多为泥岩,局部为细砂岩或粉砂岩。

##### 4. $3_2$ 煤层

该煤层位于  $2_3$  煤层下平均 110 m 左右,其两极厚度为 0~4.11 m,平均 1.73 m,不可采范围为零星小块。煤层结构复杂,多具 1~3 层泥岩或炭质泥岩夹矸,为较稳定的主要可采煤层,其顶底板岩性以泥岩为主,局部为粉砂岩或细砂岩。

##### 5. $6_0$ 煤层



该煤层位于 $3_2$ 煤层下160 m左右,为6煤组最上方可采煤层,其两极厚度为0~1.31 m,平均0.21 m,可采范围分布于魏庙断层以北26~27线及29~30线东-650 m水平以浅地区。煤层结构简单,仅少数点见一层泥岩夹矸,为不稳定的局部可采煤层,其顶底板岩性以泥岩为主,个别点为粉砂岩或细砂岩。

#### 6. $6_1$ 煤层

该煤层位于 $6_0$ 煤层下11 m左右,其两极厚度为0~3.21 m,平均1.52 m。煤层结构简单,少有夹矸,为较稳定的可采煤层,其顶底板岩性以泥岩为主,局部为粉砂岩或砂岩。

#### 7. $6_2$ 煤层

该煤层位于 $6_1$ 煤层下10 m左右,其两极厚度为0~1.96 m,平均0.33 m,可采范围分布于26线以西,可采区内煤厚一般为0.70~1.30 m。煤层普遍含一层夹矸,结构简单,为不稳定的局部可采煤层,其顶底板岩性以泥岩为主,局部为粉砂岩或细砂岩。

#### 8. $6_3$ 煤层

该煤层位于 $6_2$ 煤层下6 m左右,其两极厚度为0~2.19 m,平均0.97 m。煤层结构简单,为较稳定的可采煤层,其顶底板岩性多为泥岩,细砂岩和粉砂岩为零星分布。

#### 9. $7_1$ 煤层

该煤层位于 $6_3$ 煤层下30 m左右,其两极厚度为0~4.31 m,平均1.75 m。煤层结构一般以一层泥岩夹矸为多,在 $7_1$ 和 $7_2$ 煤层合并区内,可有2~3层夹矸,属复杂结构煤层,为较稳定主要可采煤层。煤层顶板岩性在25~26线以西以砂岩为主,粉砂岩次之;25~26线以东以泥岩为主,零星分布砂岩和粉砂岩。煤层底板岩性以泥岩为主,零星分布粉砂岩和细砂岩。

#### 10. $7_2$ 煤层

该煤层位于 $7_1$ 煤层下0.83~12 m左右(平均5 m),其两极厚度为0~2.97 m,平均0.36 m;27线以西局部可采,27线以东多合并于 $7_1$ 煤层。煤层结构简单,仅少数点具1~2层泥岩夹矸,属不稳定的局部可采煤层。当 $7_1$ 和 $7_2$ 煤层间距稍大时, $7_2$ 煤层顶板常为砂岩,间距较小时常为泥岩;东部合并区内, $7_2$ 煤层顶板为泥岩。煤层底板以泥岩为主,少数为粉砂岩或细砂岩。

#### 11. $8_1$ 煤层

该煤层位于 $7_2$ 煤层下7~35 m(平均16 m),其两极厚度为0~2.94 m,平均0.74 m。 $8_1$ 煤层常因砂岩冲刷造成大面积不可采,可采范围分布于补31勘探线以西,呈一不规则带状。煤层结构较为简单,以一层泥岩或岩浆岩夹矸最为常见,属不稳定的局部可采煤层,其顶底板岩性以砂岩为主,少数为泥岩和粉砂岩。

#### 12. $8_2$ 煤层

该煤层位于 $8_1$ 煤层下7~18 m(平均11 m),其两极厚度为0~3.83 m,平均1.65 m。煤层结构复杂,普遍具一层泥岩夹矸,属较稳定的主采煤层。煤层顶板岩性大部分为砂岩,粉砂岩和泥岩则零星分布;底板岩性主要为粉砂岩,次为泥岩或砂泥岩互层。

#### 13. 9 煤层

该煤层位于 $8_2$ 煤层下10~21 m(平均15 m),其两极厚度为0~5.78 m,平均2.65 m。煤层结构简单,部分因岩浆岩侵入而结构复杂,属较稳定的主采煤层。煤层顶板