

国家自然科学基金项目(51874231、51504184)资助
2017年陕西省“特支计划”青年拔尖人才资助
973计划前期研究专项(2014CB260404)资助
国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2015CB251600)资助
西部地区博士后人才资助计划(2015M572654XB)资助
陕西省博士后科研项目(2016BSHEDZZ29)资助

急倾斜坚硬特厚煤岩体 耦合致裂基础研究



JIQINGXIE JIANYING TEHOU MEIYANTI OUHE ZHILIE JICHU YANJIU

崔 峰 来兴平 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

目(51874231、51504184)资助

2017 年陕西省“特支计划”青年拔尖人才资助

973 计划前期研究专项(2014CB260404)资助

国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2015CB251600)资助

西部地区博士后人才资助计划(2015M572654XB)资助

陕西省博士后科研项目(2016BSHEDZZ29)资助

急倾斜坚硬特厚煤岩体 耦合致裂基础研究

崔 峰 来兴平 著

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

复杂条件下特厚煤层综放开采的关键是提高顶煤冒放性,降低煤岩体应力集中。本书以复杂环境下急倾斜煤岩体的耦合致裂为背景,采用理论分析、岩石力学实验、数值模拟、神经网络、现场监测和工业试验相结合的方法开展研究,在揭示急倾斜煤岩体覆岩运移规律及致灾机制的基础上,研究了复杂煤岩体注(水)后爆(破)耦合致裂增透卸压机制,并给出了耦合致裂技术实施时裂纹的扩展准则。构建了考虑急倾斜煤岩体应力特征的爆破动载作用下固-液耦合分析模型,建立了耦合致裂参数与煤体整体强度劣化程度的量化关系,掌握了离散化块体间的铰接结构及流动形态演化特征,形成了基于时-空-强参数等效转化的综合数值计算与分析方法。以煤岩体整体的强度为等效转化指标,实现了研究对象在不同算法间的等效转化。制定了提高煤体冒放性和实现岩体卸压的耦合致裂方案,完成了复杂环境下煤岩体耦合致裂工艺设计与效果评估,顶煤的冒放性和动力灾害问题均得到了较好的控制和解决。

本书可供采矿工程、矿业工程、岩石力学、工程力学等专业的工程技术人员学习使用,也可作为矿业类大专院校相关专业本科生和研究生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

急倾斜坚硬特厚煤岩体耦合致裂基础研究/崔峰,
来兴平著. —徐州:中国矿业大学出版社,2018.9
ISBN 978-7-5646-4070-5
I. ①急… II. ①崔… ②来… III. ①特厚煤层采煤
法—岩体力学—研究 IV. ①TD823.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 180315 号

书 名 急倾斜坚硬特厚煤岩体耦合致裂基础研究
著 者 崔 峰 来兴平
责任编辑 黄本斌
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 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 16.25 字数 410 千字
版次印次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
定 价 40.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前言

在全国范围内,厚煤层(3~5 m 及以上)的储量及其对应的产量都达到了 45% 左右。20 世纪 90 年代以来,厚煤层、特厚煤层放顶煤开采方法作为煤炭资源开采的有效方法在国内得到了广泛的应用,在合适的地质条件下取得了良好的经济、技术效果。放顶煤开采的高产高效与煤层的冒放性密切相关,煤层的坚硬、难以破碎垮放特性一直是制约综放开采的主要难题。特别是在煤层和顶板岩层均坚硬的条件下,除了顶煤的冒放性得到抑制外也增加了顶板岩层发生动力灾害的可能性,因此实现厚煤层放顶煤工作面在“两硬”条件下的高产高效的问题越来越突出。

复杂条件下特厚煤层综放开采的关键是提高顶煤冒放性、降低煤岩体应力集中。注水和爆破作为致裂煤岩体有效的手段得到了广泛使用。煤岩体结构及其材质的天然复杂性导致煤岩体耦合致裂问题是一个涉及煤/岩-裂隙-水-爆生气体多介质互相作用的复杂过程。研究固-液耦合体的耦合致裂机制、效果优化和煤体离散化的微观参数制取等有着重要的科学意义和工程应用价值。

新疆是我国批建的第 14 个也是目前最后一个亿吨大型煤炭基地,预测储量 2.19 万亿 t,占全国的 39.3%,是我国重要的能源基地接替区和战略储备区。随着东部及中部煤炭资源的枯竭,以后新疆则将逐渐转为生产区,实现“疆煤东运”。新疆地处欧亚大陆腹地,在全球构造带中处于古亚洲构造域的核心,煤炭资源丰富,但是其自身由于身处构造的核心,造成了新疆地区煤炭资源的赋存环境属性、应力水平与东部地区迥异,且赋存着大量的厚及特厚煤层。如支撑着乌鲁木齐周边地区煤炭供应近 50% 的市场、约占新疆维吾尔自治区内煤炭总产量 10% 的乌鲁木齐矿区,矿区赋存的独具特色的四个急倾斜特厚煤层组平均厚度分别达到了 30 m、44 m、52 m 和 35 m;“疆煤东运”煤炭资源勘查开发的主战场——沙尔湖煤田,新疆地矿局第一地质大队多次在沙尔湖煤田勘查区发现厚度超百米的煤层区域。可以说研究乌鲁木齐矿区有代表性的急倾斜特厚煤层放顶煤开采,奠定未来“疆煤东运”主战场中特厚煤层科学、高效开采的基础既具有现实意义又具有前瞻性,也是促进新疆经济发展和矿区经济社会整体安全与稳定的需要。

本书以复杂环境下急倾斜特厚坚硬煤岩体的耦合致裂为背景,在揭示急倾斜煤岩体覆岩运移规律及致灾机制的基础上,研究了复杂煤岩体注(水)后爆(破)耦合致裂增透卸压机理,构建了考虑急倾斜煤岩体应力特征的爆破动载作用下固-液耦合分析模型,掌握了离散化块体间的铰接结构及流动形态演化特征,形成了基于时-空-强参数等效转化的综合数值计算与分析方法。以煤岩体整体的强度为等效转化指标,实现了研究对象在不同算法间的等效转化。制定了提高煤体冒放性和实现岩体卸压的耦合致裂方案,完成了复杂环境下煤岩体耦合致裂工艺设计与效果评估,顶煤的冒放性和动力灾害问题均得到了较好的控制和解决,在实践中取得了良好的应用效果,丰富了坚硬、特厚煤岩体高效致裂及资源高回收的

理论与技术基础。

全书共十章,由来兴平负责完成全书章节的结构设计,崔峰负责全书内容的撰写。本书是作者结合多年主持的国家和省级相关项目研究成果及讲授“岩石力学”、“开采损害学”、“计算机工程应用”等课程内容的系统凝练,可供采矿工程、岩石力学、工程力学等专业的工程技术人员学习使用,也可作为矿业类高等院校相关专业本科生和研究生的教学参考用书。

由于作者水平所限,书中如有偏颇与不妥之处,敬请广大专家、学者指正。

作 者

2017 年 8 月

目 录

第一篇 急倾斜坚硬特厚煤岩体物理力学 特性与围岩运移规律

1 绪论	3
2 急倾斜特厚煤层群赋存及煤岩物理力学特性	6
2.1 急倾斜煤层赋存特征	6
2.2 急倾斜煤层顶底板特征	6
2.3 急倾斜煤层物理力学特性	7
2.4 其他开采技术条件	9
2.5 本章小结	10
3 急倾斜特厚煤层群综放工作面覆岩运移规律	11
3.1 急倾斜煤层顶板垮落结构研究	11
3.2 急倾斜煤层护顶煤柱稳定性分析	16
3.3 急倾斜煤层岩体运移规律物理相似模拟分析	33
3.4 本章小结	58
4 急倾斜煤岩体动力灾害发生机制分析	59
4.1 急倾斜特厚煤层顶板运移规律分析	59
4.2 采空区结构变形规律分析	69
4.3 急倾斜煤层层间岩柱失稳分析	72
4.4 本章小结	82

第二篇 煤岩体耦合致裂机制

5 煤岩体致裂意义及方法	85
5.1 研究背景及意义	85
5.2 煤岩体致裂方法发展情况	85
5.3 煤岩体耦合致裂机理及破坏特性研究现状	87
5.4 技术路线	96
5.5 本章小结	97

6 急倾斜煤岩体开采环境的复杂性	98
6.1 急倾斜煤层开采的复杂性.....	98
6.2 急倾斜煤岩体稳定性综合探测	104
6.3 本章小结	110
7 煤岩体爆破致裂机制与爆炸作用的数值实验	112
7.1 爆破机制	112
7.2 爆破致裂的三维数值模型构建	119
7.3 爆炸作用的结果分析	126
7.4 煤层综放工作面顶煤爆破致裂模拟研究	138
7.5 本章小结	159
8 煤岩体水压致裂及其渗透作用的破坏规律	161
8.1 注水致裂机制	161
8.2 煤岩体注水致裂的特性	166
8.3 本章小结	182

第三篇 煤岩体耦合致裂效果等效转化

9 煤岩体耦合致裂特征与顶煤的可放性分析	187
9.1 耦合致裂强度劣化分析方法	187
9.2 固-液耦合分析原理	191
9.3 非线性动载分析及施加方法	191
9.4 固-液耦合态模型在爆破动载下的力学实验	193
9.5 “整体-散体”的等效转化及散体垮放特性	210
9.6 本章小结	220

第四篇 工程实践

10 复杂环境下急倾斜特厚煤岩体的耦合致裂应用与效果评估	223
10.1 煤岩体耦合致裂工艺设计方法.....	223
10.2 急倾斜特厚煤体耦合致裂方案.....	224
10.3 急倾斜坚硬耸立岩体的耦合致裂方案.....	227
10.4 耦合致裂效果的 BP 神经网络预计	231
10.5 耦合致裂效果的现场实测分析.....	239
10.6 本章小结.....	242
参考文献	243

**第一篇 急倾斜坚硬特厚
煤岩体物理力学特性
与围岩运移规律**

1 绪 论

煤炭作为我国经济和社会发展的主体能源的地位不可动摇,立足国内与当地是煤炭能源开发最为重要的战略之一,特别是在石油、天然气对外依存度已处于高位并进一步增长的态势下。我国石油对外依存度从 2002 年的 32.81% 开始飙升,尤其自 2009 年突破国际公认的 50% 警戒线以来仍不断升高,对外依存度从 2014 年的 59% 逐渐超过 60%,2015 年增加至 60.6%,2016 年达到 64.4%。2017 年我国国内石油净进口量约为 3.96 亿 t,对外依存度达到 67.4%。2015~2017 年这三年的时间,我国石油进口量在对外高依存度保持高位的情况下仍旧增长了 6.8 个百分点,成为全球最大的石油进口国,这表明我国的石油进口风险敞口也越来越大。按照此速度,2022 年我国石油对外依存度预计将达到 81%。与此同时,2007 年我国成为天然气净进口国,2014 年对外依存度已达 32.2%,形成了与 2002 年石油进口相似的局面。进入供暖季以后,由于煤改气成果显著,天然气供需矛盾再次凸显,2017 年我国天然气对外依存度高达 39%,比 2014 年增长了 6.8 个百分点。按照此速度,2022 年我国天然气对外依存度将达到 50%。届时,石油、天然气两大能源对外依存度均分别达到 81% 和 50%,随着全球地缘政治变化,国际能源需求增加和资源市场争夺加剧,我国能源安全形势严峻。海关数据显示,2013 年我国煤炭进口量达 3.3 亿 t,居世界首位,对外依存度为 8.65%,而 2012 年我国煤炭进口依存度为 7.11%,2017 年我国煤及褐煤进口量为 27 090 万 t,对外依存度仍保持在 7.87%。煤炭作为化石能源中污染较大的品种,虽然在雾霾、环保面前要求煤矿限产、减产的呼吁不断出现,但在纷繁复杂的国际形势变化之下,煤炭的对外依存度如果与石油、天然气同样持续攀升,对于能源安全的稳定是非常不利的。

谢克昌院士在中国工程院重大咨询项目“推动能源生产和消费革命战略研究(一期)”成果发布会暨出版物首发仪式中明确提出了我国能源革命的战略目标,设计为“三大发展阶段”^[1-2]:2020 年前为能源结构优化期,主要是煤炭的清洁高效可持续开发利用,淘汰落后产能,提高煤炭利用集中度,到 2020 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 6:2.5:1.5;2020 年到 2030 年间为能源领域变革期,主要是清洁能源尤其是可再生能源替代煤炭战略,2030 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 5:3:2;2030 年到 2050 年为能源革命定型期,形成“需求合理化、开发绿色化、供应多元化、调配智能化、利用高效化”的新型能源体系,2050 年煤炭、油气、非化石能源消费比例达 4:3:3。可以看出,煤炭消费占我国一次能源消费的比重在未来 30 多年中虽然比重将逐步减少,但大部分时间仍然是我国占比最大的一次能源,在 2050 年煤炭消费比例仍将达到我国能源消费总量的 40%。可以说煤炭是占据我国一次能源消费主体地位的能源品种,实现煤炭的稳产、清洁高产在我国现阶段乃至未来 20 年内对经济和社会发展以及能源安全都具有积极的现实意义^[3]。

在全国范围内,厚煤层(3~5 m 及以上)的储量及其对应的产量都达到了 45% 左右。20 世纪 90 年代以来,厚煤层、特厚煤层放顶煤开采方法作为煤炭资源开采的有效方法在国

内得到了广泛的应用,在适合的地质条件下取得了良好的经济、技术效果^[4-6]。放顶煤开采的高产高效与煤层的冒放性密切相关,煤层的坚硬、难以破碎垮放特性一直是制约综放开采的主要难题。特别是在煤层和顶板岩层均坚硬的条件下,除了顶煤的冒放性得到抑制外也增加了顶板岩层发生动力灾害的可能性,因此实现厚煤层放顶煤工作面在两硬条件下的高产高效越来越突出。

新疆是我国批建的第 14 个也是目前最后一个亿吨大型煤炭基地,预测储量 2.19 万亿 t,占全国的 39.3%,是我国重要的能源基地接替区和战略储备区。随着东部及中部资源的枯竭,新疆以后则将逐渐转为生产区,实现“疆煤东运”。

新疆地处欧亚大陆腹地,在全球构造带中处于古亚洲构造域的核心,煤炭资源丰富,但是其自身由于身处构造的核心,造成了新疆地区煤炭资源的赋存环境属性、应力水平与东部地区迥异,且赋存着大量的厚及特厚煤层。如支撑着乌鲁木齐周边地区煤炭供应近 50% 的市场、约占新疆维吾尔自治区内煤炭总产量 10% 的乌鲁木齐矿区,矿区赋存的独具特色的四个急倾斜特厚煤层组平均厚度分别达到了 30 m、44 m、52 m 和 35 m;“疆煤东运”煤炭资源勘查开发的主战场——沙尔湖煤田,新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第一地质大队多次在沙尔湖煤田勘查区发现厚度超百米煤层区域。

需要注意的是,我国西北赋煤区的倾斜和急倾斜煤层占到 60% 左右,新疆 1 000 m 以浅潜在资源量占西北赋煤区的 61% (图 1-1),仅神华新疆能源有限责任公司开采的乌鲁木齐矿区急倾斜煤层低硫低灰高发热量煤炭储量即达到 36 亿 t (图 1-2)。

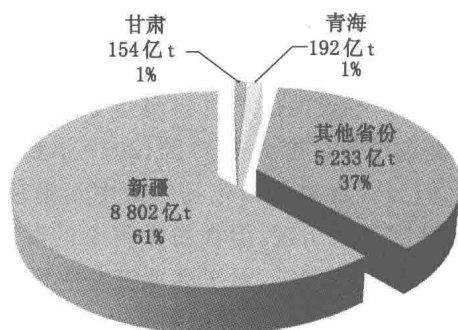


图 1-1 西北赋煤区 1 000 m 以浅潜在资源量 (2010 年全国煤炭资源潜力评价)

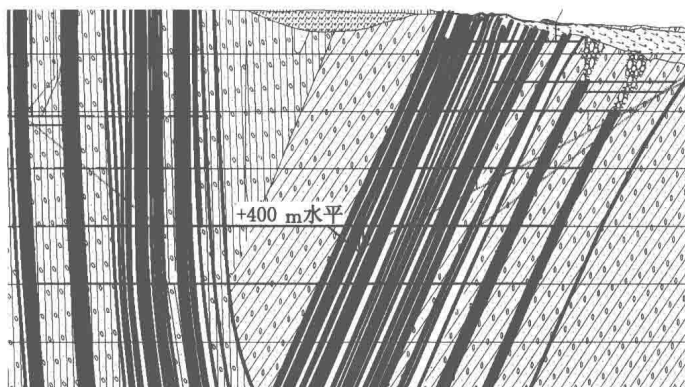


图 1-2 乌鲁木齐矿区急倾斜煤层

可以说研究乌鲁木齐矿区有代表性的急倾斜特厚煤层放顶煤开采,奠定未来“疆煤东运”主战场中特厚煤层科学、高效开采的基础既具有现实意义又具有前瞻性,也是促进新疆经济发展和矿区经济社会整体安全与稳定的需要。急倾斜特厚煤层高阶阶段综放开采是建设高产高效矿井、充分回收煤炭资源的重要手段。在特厚煤层的赋存条件及未来转向深部开采的形势下,攻克顶煤冒放性、煤岩体应力集中造成动力灾害的关键技术,对实现特厚煤层开采的安全高效具有科学性、必要性和现实性。

急倾斜坚硬特厚煤层开采扰动区内煤体及顶板运移规律复杂,高阶阶段煤体的弱化、顶煤与顶板的安全垮放是难题。急倾斜坚硬特厚煤层,不容易垮落,因此开采与顶煤弱化的措施不能够使煤体与顶板发生直接的失稳与破坏,从而导致大面积顶板处于悬空状态,在达到煤岩承载能力的极限时突然垮落,这给生产带来了极大的安全隐患。成功的实现急倾斜特厚煤层及岩体的致裂,提高顶煤冒放性、降低煤岩体应力集中是综放开采问题的关键,无论是对于急倾斜煤层还是对于一般倾斜及缓倾斜煤层都有着巨大的推广价值。

2 急倾斜特厚煤层群赋存及煤岩物理力学特性

2.1 急倾斜煤层赋存特征

乌鲁木齐矿区位于乌鲁木齐河与铁厂沟河之间,全矿区东西走向长 20 km,南北倾斜宽 2~3 km,面积 51.2 km²。矿区内自西向东分布有六道湾井田、苇湖梁井田、碱沟井田、小红沟井田、大洪沟井田和铁厂沟井田。

矿区含煤地层为中生界侏罗系中统西山窑组,地层总厚 513.77~902.9 m,含煤 40 余层,可采煤层 33 层,可采总厚度 117.05~175.45 m,含煤系数 15%~24.1%。煤层走向 46°~67°,倾向 322°~335°(铁厂沟煤矿倾向 157°),倾角 63°~88°(铁厂沟煤矿倾角 43°~51°)。

根据矿区煤层厚度、层位、层间距划分为四个煤组,第一煤组由 B₁₊₂ 煤层(铁厂沟煤矿煤层编号为 45[#])组成,平均厚度 30 m;第二煤组由 B₃、B₄₊₆ 煤层(铁厂沟煤矿煤层编号为 43[#]、42[#])组成,平均厚度 44 m;第三煤组由 B₇~B₂₂ 煤层组成,薄、中厚煤层,厚 1.33~3.96 m,平均总厚度 52 m;第四煤组由 B₂₃~B₃₃ 煤层组成,薄、中厚煤层,厚 0.87~3.00 m,平均总厚度 35 m。一煤组与二煤组间距为 60~90 m,二煤组与三煤组间距为 95~119 m,三煤组与四煤组间距为 23~45 m,三煤组和四煤组是急倾斜近距离煤层群。

井田内中侏罗统西山窑组下段(J₂x¹)中自上而下赋存的主要可采煤层有 B₁₊₂、B₃₊₄₊₅₊₆ 巨厚煤层。B₃₊₄₊₅₊₆ 煤层存在直接顶板、伪顶板及基本顶板,两层煤平均间距达到 82.57 m,其间多为粉砂岩,B₁₊₂ 煤层发育有直接顶板及直接底板,伪顶板及伪底板或基本顶板,个别钻孔揭露该煤层的基本底板。依据中侏罗统西山窑组下段含煤岩系沉积结构、地质构造、水文地质条件,比较岩石物理力学测试结果发现:井田内煤层顶底板及围岩的稳定性一般为稳固性差类型。煤层顶底板岩性以粉砂岩、细砂岩、泥岩为主,以碳质泥岩次之,作为伪顶(伪底)的碳质泥岩,其抗压强度多小于 30 MPa,结构面多为层理面,虽然厚度不大,但岩性交替频繁。

乌鲁木齐矿区位于准噶尔盆地南缘地震带上,地震活动较为频繁,近年几乎均有小规模地震发生。据新疆地震局发布的资料,自 1934 年以来,邻近区域已发生大于 Ms 4.7 级的中强震 6 次,小的地震经常发生。本区是新疆地震多发区之一,其地震动峰值加速度为 0.20g,地震抗震设防烈度为 8 度。在工作面设计及开采中应注意加强支护强度,提升对抗地震及动力灾害的能力。

2.2 急倾斜煤层顶底板特征

矿井煤层顶底板的地质特征概况如表 2-1 所列。

表 2-1 煤层顶底板特征

顶底板名称	岩石名称	厚度/m	岩性特征
基本顶	粉砂岩	—	灰色,块状、节理较发育,泥钙质胶结
直接顶	粉砂岩	7.0~10.0	深灰色,块状,层理节理发育,泥钙质胶结
伪顶	碳质泥岩	0.2~1.0	黑色、灰黑色,薄层状,易破碎
直接底	碳质泥岩及泥质粉砂岩	2.5~3.0	灰色、灰白,层理节理发育,泥钙质胶结
基本底	粉砂岩	—	深灰色,块状,钙质胶结,稳定性好

2.3 急倾斜煤层物理力学特性

对于具体矿井而言,动力灾害事故是否会发生与煤岩层的物理力学性质有密切的关系,甚至可以说,煤岩层的物理力学性质从根本上决定了动力灾害的发生与否。对动力灾害事故的发生有显著影响的因素包括煤岩体的厚度、强度、弹脆性等。

(1) 煤层性质

单从煤层性质来看,厚度大、坚硬、弹脆性较好的煤层在回采过程中更容易引发冲击事故。特别在“两硬”(坚硬顶板、坚硬底板)条件下,煤层厚度与硬度决定了煤体中应力的分布状况。研究发现,“两硬”条件下随煤层厚度的减小,煤岩体中产生的应力集中程度将增大;随煤层硬度的增加,煤岩体中最大垂直应力也将增大。

对比分析国内发生过动力灾害的部分矿井煤层力学性质,煤层抗压强度在 12~22 MPa 之间,煤层弹脆性为脆性或较脆。乌东煤矿南采区赋存环境为“两硬”条件,且煤层抗压强度为 13.7 MPa,坚固性系数 $f=1.4$,属于坚硬特厚煤层,具有产生应力集中的条件。乌东煤矿南采区煤层力学性质如表 2-2 所列。

表 2-2 乌东煤矿南采区煤层力学性质

矿井	抗压强度/MPa	坚固性系数(f)	弹性模量/MPa	泊松比	弹脆性
乌东煤矿	13.7	1.4	2 400	0.19	较脆

针对乌东煤矿南采区煤层性质,采用放顶煤开采方法,提高阶段煤层厚度将有利于降低动力灾害发生的概率,回采过程中可通过煤层注水、松动爆破等手段降低煤层坚硬程度,以利于防止动力灾害事故的发生。

(2) 岩层性质

研究发现,在相同的采深条件下,较为坚硬的岩层中更容易储存弹性能,具有坚硬顶板的煤层更容易诱发动力灾害事故。实践证明,破坏程度大的动力灾害事故往往发生在顶板中赋存坚硬厚层砂岩的煤层中。急倾斜煤层层间岩柱作为 B_{1+2} 煤层的顶板与 B_{3+6} 煤层的底板,其岩性和稳定性与煤层安全回采息息相关。为掌握急倾斜岩柱岩性及裂隙发育程度,借助地表岩柱爆破大尺寸钻孔,运用三维钻孔电视对岩柱孔壁裂隙进行三维探测。如图2-1所示。

探测结果表明:急倾斜岩柱裂隙发育不明显,结构完整,三维岩芯显示岩柱整体较为密

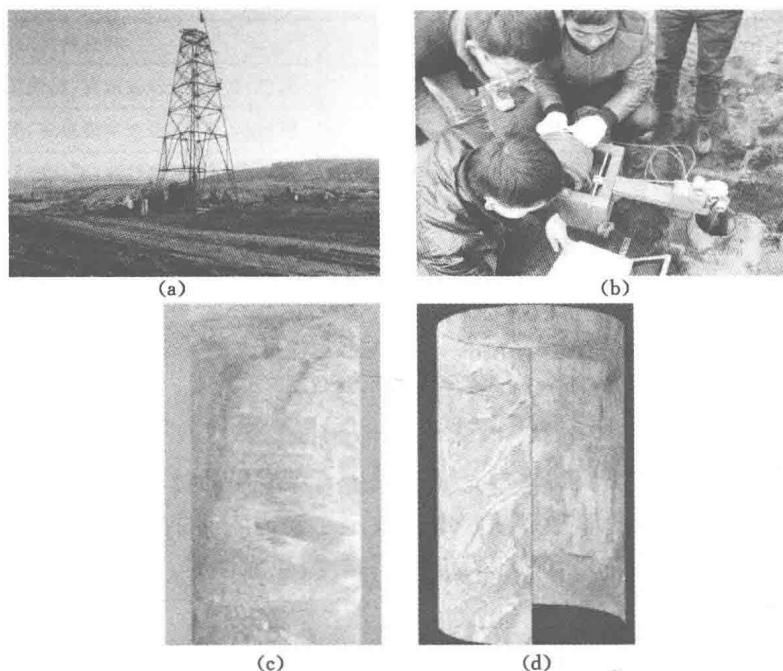


图 2-1 三维钻孔电视岩层探测

(a) 钻机井架; (b) 三维钻孔电视现场探测;

(c) 三维岩芯; (d) 岩芯剖面

实。地质资料显示:急倾斜煤层层间岩柱本身岩性坚硬稳定,不随采动垮落,岩体含水量贫乏,渗透性极弱。在这种条件下,完整坚硬的岩柱作为 B_{1+2} 煤层的顶板与 B_{3+6} 煤层的底板来说,都是回采过程中的一个重大的危险源。 B_{1+2} 煤层回采时,岩柱作为顶板不易垮落,悬空顶板面积过大时,易引发冒顶、冲击矿压等动力灾害问题。 B_{3+6} 煤层回采时,急倾斜层间岩柱已经受 B_{1+2} 煤层开采扰动的影响,产生倾斜转动趋势,使 B_3 巷道产生底鼓、帮鼓等灾害问题。

对比分析国内发生过动力灾害的部分矿井顶板岩层的物理力学性质,具有动力灾害倾向性的矿井顶板厚度均大于 10 m,有些矿井顶板厚度在 50 m 以上,顶板硬度决定了垮落性为难冒或较难垮落。乌东煤矿南采区顶板岩层物理力学性质如表 2-3 所列,可知,乌东矿顶板具有产生应力集中的条件。

乌东煤矿特殊的地质赋存状况决定了其采用水平分段综放采煤方法,这使得矿井顶板类型与近水平煤层迥异。在煤层倾角平均 87° 的情况下,煤层顶板为急倾斜特厚岩柱与上方开采垮落体综合体。从表 2-3 可以看出,顶板厚度较大(>20 m),且较难垮落。

此外乌东煤矿南采区 B_{1+2} 煤层伪顶为碳质泥岩,平均厚度为 0.1~0.2 m,直接顶为粉砂岩或砂质泥岩,厚 0.5~5 m, B_{3+6} 煤层有着与 B_{1+2} 煤层相似的伪顶与直接顶。这使得煤岩体结构形成一种“硬顶-薄软层-煤层”结构,据统计,许多具有动灾倾向性的矿井都存在这种煤岩结构特征,此种煤岩结构也是动力灾害机理的一部分。

表 2-3 乌东煤矿南采区岩层物理力学性质

矿井	顶板岩层种类	厚度/m	单轴抗压强度/MPa	弹性模量/ $\times 10^4$ MPa	垮落性	超前支承压力影响范围/m
乌东煤矿南采区	粉砂岩、细砂岩	24~60	27	3.5~4.0	较难垮落	25

2.4 其他开采技术条件

乌鲁木齐矿区由于煤层赋存角度大,煤层宽度小,实际采煤工作面倾向长度就是煤层的水平宽度。为增大产量不得不通过加大放煤高度来实现,所以放顶煤开采法一直是该矿区采煤方法的主导。随着采煤机械化的发展,放煤技术也经历了落后的仓储式放煤法、中深孔爆破放煤法、滑移顶梁放顶煤法,最后发展到机械化综采放顶煤法,即水平分段综合机械化放顶煤技术。

现代放顶煤技术是从 20 世纪 80 年代中期引进、研究和发展的,在 30 m 以上的特厚煤层开采中取得了成功。放顶煤工作面采高在 3.0~3.5 m,水平分段的高度在 15~30 m,由于放煤高度和硬度都大,支架上方顶煤除依靠矿山压力的作用外并辅以顶煤弱化的手段,将支架上方处于整体状态的高阶段顶煤破碎成便于流动、放出的松散体,以提高顶煤的回收率,实现急倾斜特厚煤层的安全高效开采。

根据 2013 年 3 月新疆维吾尔自治区煤炭工业管理局的批复(新煤行管发〔2013〕70 号),乌东煤矿为高瓦斯矿井,瓦斯相对涌出量为 6.68 m³/t,瓦斯绝对涌出量为 26.01 m³/min,二氧化碳相对涌出量为 9.66 m³/t,二氧化碳绝对涌出量为 37.64 m³/min。依据煤层自燃倾向性鉴定报告,45[#]煤层易发火,自燃倾向为二级,发火期为 3~6 个月,属易自燃煤层;根据煤尘爆炸危险性测定,45[#]煤层火焰长度为火苗,属爆炸危险性煤层,具有爆炸危险性。

通过以上数据显示,工作面必须加强综采工作面安全管理,杜绝各类事故的发生。

工作面采煤方法的确定:根据国家关于煤炭安全生产的方针政策和对矿井采煤机械化程度的要求;以及整体装备水平情况确定,采煤工作面一般采用水平分层综采放顶煤采煤方法。为严格贯彻《煤矿安全规程》第一百一十五条规定,在初放完成后,工作面采取超前预爆破工艺对顶煤进行松动预裂。

(1) 采放高度

工作面分层高度为 25 m,机采 3.5 m,放顶煤 21.5 m,采放比 1:6.1。

(2) 放煤步距

采煤机截深 0.8 m,放煤步距 1.6 m,工作面日推进 6.4 m。

(3) 落煤方式

采用 MG300/355-NWD 型短臂销轨式电牵引采煤机割煤,采高 3 m。顶煤采用超前预爆破松动自然垮落法落煤。

(4) 装运方式

采煤机割下的煤利用采煤机滚筒螺旋叶片自行装煤,两端头人工辅助装煤,并由前部刮板输送机运至转载机上;放顶煤通过操作支架尾梁和尾插板的摆动、伸缩、低位放煤至后部

刮板输送机,并由后部刮板输送机运至转载机上运出。

(5) 工作面工艺流程

根据工作面实际情况,回采工艺流程如下:推移前部输送机机尾或机头→斜切进刀→推前溜→割煤、装煤、运煤→拉后溜→移架→放顶煤(在满5刀即4 m后)→在距工作面煤壁30 m起爆一排超前松动爆破孔。

2.5 本章小结

本章主要介绍了急倾斜煤层的赋存特征、煤岩物理力学参数,阐述了井田地理位置和该地区的水文地质情况,归纳了该矿区的采煤方法发展历程。借助地表岩柱爆破大尺寸钻孔,运用三维钻孔电视对岩柱孔壁裂隙进行三维探测,发现急倾斜煤层层间岩柱本身岩性坚硬稳定,不随采动垮落,岩体含水量贫乏。