

煤炭安全生产河南省协同创新中心资助项目

国家地方联合工程实验室科研平台运行经费资助项目

资源整合矿井残采区 多形态废巷注浆治理与安全回采技术

熊祖强 刘旭锋 王雨利 王晓蕾 著

Ziyuan Zhenghe Kuangjing Cancai qu

Duoxingtai Feihang Zhujiang Zhili Yu Anquan Huicai Jishu



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤炭安全生产河南省协同创新中心资助项目
国家地方联合工程实验室科研平台运行经费资助项目

资源整合矿井残采区 多形态废巷注浆治理与安全回采技术

熊祖强 刘旭锋 王雨利 王晓蕾 著

Ziyuan Zhenghe Kuangjing Cancainqu
Duoxingtai Feihang Zhujiang Zhili Yu Anquan Huicai Jishu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 简 介

本书针对晋煤集团海天煤业井田范围内存在大量废巷的问题,以实现工作面在废巷区域的安全高效回采为目标,综合运用采煤学、材料学、机电学等基本原理与方法,结合室内实验与现场应用,系统研究了废巷的治理方法。本书内容主要包括国内外废巷治理技术研究现状、残采区废巷的赋存形态及分类、残采区巷道掘进围岩控制技术、废巷充填及注浆材料、完整型及冒落型废巷治理技术及效果检验等。本书内容丰富、实践性强,是一本集废巷注浆治理施工经验与研究成果于一体的综合书籍,可供相关专业科研人员与工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

资源整合矿井残采区多形态废巷注浆治理与安全回采技术/熊祖强等著. —徐州:中国矿业大学出版社,2017.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3548 - 0

I. ①资… II. ①熊… III. ①煤矿开采—回采工艺
IV. ①TD823.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 132431 号

书 名 资源整合矿井残采区多形态废巷注浆治理与安全回采技术

著 者 熊祖强 刘旭锋 王雨利 王晓蕾

责任编辑 王美柱

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 江苏淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 10 字数 250 千字

版次印次 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

由于历史原因,在我国尤其是山西省的一些矿区,存在着较多的资源整合矿井,在这些整合矿井中大多存在着工作面过废巷的问题。这些废巷大多都是过去小煤矿采用落后的采煤方法遗留下的煤巷,其赋存状况较为复杂,工作面贸然通过很可能造成顶板、瓦斯等事故。如果对这些废巷影响区域弃采则会造成较大的资源浪费。这些采富弃贫、采易弃难、采优弃劣等方式形成杂乱废巷密布的残采区域,将煤炭资源分割,致使资源整合矿井几乎难以布置一个完整的综采工作面。采取经济、有效方式对残采区域的废巷进行治理,可以消除积气、积水、顶板管理等方面的问题,形成整块资源,对实现矿井安全生产、延长服务年限、回收煤炭资源等具有重大意义。本书在广泛借鉴前人的研究基础上,提出了适用于不同类型废巷的注浆治理工艺,并针对各治理工艺研发了相应的注浆材料。

全书内容共分9章:第1章介绍了国内外关于工作面过废巷技术及注浆技术的研究现状;第2章介绍了试验矿井及工作面概况;第3章详细介绍了残采区煤层的开采条件,包括残采区煤层残存状况、废巷围岩破坏形态、废巷赋存形态分类等;第4章介绍了残采区巷道掘进围岩控制技术;第5章介绍了废巷充填及注浆加固材料,包括粉煤灰基充填材料、高性能双液无机注浆材料、超高水充填材料等;第6章介绍了完整型废巷充填系统及工艺,主要包括地面充填站制浆系统设计、井下管道流动性试验、井下运输和充填系统设计等;第7章介绍了冒落型废巷注浆加固技术,主要内容包括冒落型废巷治理特点、治理方法、注浆工艺参数等;第8章介绍了残采区安全回采技术,主要包括工作面过两种类型废巷的安全回采措施、工作面煤壁二次注浆技术、工作面局部冒顶处理技术等;第9章介绍了工业性试验及效果分析。

本书内容丰富、实践性强,是一本集废巷注浆治理施工经验与研究成果于一体的综合书籍,可供相关专业工程技术人员与科研人员参考使用。

本书在撰写过程中参考了大量的文献和专业书籍,谨向相关作者深表谢意!由于笔者水平和能力所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,恳请各位读者朋友严加斧正、不吝指教!

著 者

2017年5月

目 录

1	绪论	1
1.1	研究背景及意义	1
1.2	国内外技术研究现状	2
1.3	本书主要研究内容	5
2	工程概况	6
2.1	矿井概况	6
2.2	试验工作面概况	13
3	残采区煤层开采条件	15
3.1	残采区煤层残存状况	15
3.2	残采区废巷围岩破坏状态数值模拟分析	19
3.3	残采区废巷冒落状态理论分析与实测研究	25
3.4	残采区废巷赋存形态分类及治理措施	28
4	残采区巷道掘进围岩控制技术	30
4.1	上分层巷道围岩状态分析	30
4.2	上分层巷道加固及支护技术	31
5	废巷充填及注浆加固材料	38
5.1	引言	38
5.2	废巷充填体强度理论计算	39
5.3	粉煤灰基充填材料	43
5.4	高性能双液无机注浆材料	53
5.5	超高水充填材料	86
6	完整型废巷充填系统及充填工艺	89
6.1	引言	89
6.2	3615 工作面废巷概况与充填治理特点	89
6.3	地面充填站制浆系统设计	91
6.4	井下管道流动性能试验	97
6.5	井下运输和充填系统设计	103

6.6	充填安全技术措施	109
7	冒落型废巷注浆加固技术	111
7.1	引言	111
7.2	冒落型废巷治理特点	111
7.3	冒落型废巷治理工艺	112
8	残采区安全回采技术	122
8.1	3615 工作面过废巷区域安全回采技术	122
8.2	3616 工作面过冒落废巷区域安全回采技术	125
8.3	工作面局部冒顶处理技术	129
9	工业性试验及效果分析	134
9.1	引言	134
9.2	工作面完整型废巷充填过程及效果	134
9.3	3616 工作面冒落型废巷治理效果分析	141
	参考文献	149

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

我国能源资源的基本特点是富煤、贫油、少气,这种状况决定了煤炭在我国国民经济中占据着重要的战略地位。煤炭是我国重要的基础能源和原料,目前占一次能源消费总量近七成,据有关资料预测 2020 年中国煤炭消费总量或达到 43 亿 t,至 2050 年煤炭在我国一次能源消费中所占比例仍不低于 50%。因此,科学、合理开发煤炭资源意义重大。

20 世纪八九十年代,全国范围内掀起开办煤矿的热潮,仅山西省煤矿数量最多时就达 1 万多座,其中大部分是乡镇小煤矿或个体开办的小煤窑。由于受开采工艺、装备水平的限制,仅有少数大型国有及地方国营煤矿采用了综采、高档普采等先进的机械化采煤工艺。山西省大部分小型煤矿一直沿用刀柱开采法,以及反复掘进巷道不进行回采的旧式柱式、高落式开采法,还有“穿心掏洞”的“糖葫芦”开采法等多种非正规采煤方法。采富弃贫、采厚弃薄、采易弃难、采优弃劣、乱采滥挖现象严重,对煤炭资源造成极大的浪费与破坏,其中不乏肥煤、焦煤、无烟煤等优质稀缺煤种。2009 年起山西省对全省煤炭资源进行兼并重组,然而在此之后,许多煤炭企业并没有把原小煤矿开采后残留的煤炭资源优先回收,而是对之弃采,只对完整的实体煤部分布置正规工作面进行开采。这一普遍做法造成了煤炭资源的严重浪费,不利于我国煤炭工业的可持续发展。然而,出现该种现象的原因是旧式采煤方法遗留了大量的废巷,这些废巷赋存状态复杂且巷道内有大量积气、积水,贸然通过很可能会引发严重的顶板、瓦斯或突水事故。

晋煤集团所辖井田范围内主要可采煤层有 3 号、9 号、15 号煤,其中,3 号煤为优质无烟煤,具有“三高两低一适中”(发热量高、机械强度高、含炭量高、低灰、低硫、可磨指数适中)等显著特点,为优质的化工造气、冶金喷吹、烧结、发电和建材用煤,而且 3 号煤为厚煤层,是晋煤集团开采的主要煤层。由于受原小煤矿的粗放式、掠夺式开采,导致大量的 3 号优质无烟煤资源遭到破坏。海天煤业为该集团的资源整合矿井,也以开采 3 号煤为主。由于原矿井开采规划不合理,并且采用落后的开采方式,致使井田范围内遗留了大量废巷,许多废巷为以掘代采的煤巷。这些废巷分布杂乱无章,赋存状况复杂,使该矿优质的 3 号无烟煤资源变得支离破碎,难以布置一个完整的综采工作面。2015 年海天煤业对矿井范围内的资源/储量进行了统计分析。结果表明:海天煤业探明资源/储量 3 308 万 t,累计查明资源/储量 4 336 万 t;已采出 1 635 万 t 煤炭资源,占矿井总资源的 37.7%;工业广场保护煤柱及“三下”压煤占矿井资源的 20%左右。资源整合后,矿井内可开采煤炭资源不足 40%,旧式采煤方法开采破坏的煤炭资源占可采资源的三分之一左右,各部分煤炭资源量统计结果如图 1-1 所示。

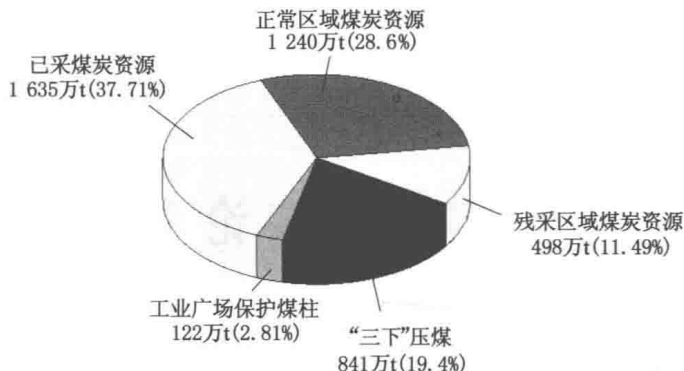


图 1-1 海天煤业煤炭资源统计

采取经济、有效方式对残采区域的废巷进行治理,可以消除积气、积水、顶板管理等方面的问题,形成整块资源,对实现矿井安全生产、延长服务年限、回收煤炭资源等具有重大意义。尤其是在当前煤炭形势欠佳时期,对残采区域残余资源进行复采,不仅可以增加矿井煤炭资源回收量,更主要的是可使极为宝贵的优质 3 号无烟煤资源得以最大限度的利用。

1.2 国内外技术研究现状

1.2.1 工作面过废巷技术研究现状

采煤工作面过废巷问题一直是一些煤矿特别是资源整合型矿井开采过程中经常会遇到的问题。工作面过废巷时极易出现顶板垮落、煤壁片帮等异常矿压显现现象,严重影响矿井的安全生产。目前,我国煤矿采煤工作面过废巷通常采取以下几种措施:

(1) 废巷前停采,重新开切眼布置工作面

在采煤工作面推进过程中,当工作面推进至废巷影响区域时,停止采煤并留下保护煤柱,之后绕过影响区域,重新开切眼,布置工作面。这是传统过废巷常采用的方法之一,但这种方法需要进行设备搬迁,会增加搬家倒面的费用且耗费大量时间,影响煤矿的正常生产。留下的保护煤柱造成资源浪费,同时留存的煤柱造成应力集中,给下煤层的采掘带来安全隐患。

(2) 利用木垛或支柱加强对废巷顶板的控制^[1-3]

该种方式通过提前在废巷内架设木垛、单体支柱或构筑充填墩柱的方式支撑废巷顶板,以保证顶板岩层的整体性与稳定性。在工作面回采过程中配合调斜、停采等压、控制采高、及时移架等措施通过废巷。采用该方法进行顶板加固时,由于支护设施具有较大的可伸缩性,对顶板的支护阻力较小。在采煤工作面超前支承压力的作用下,木垛过度压缩并在压力减小之后不能回弹,而密集支柱、墩柱容易受压折断,使顶板出现破碎、下沉量加大甚至垮落失稳等不良状况;同时,在侧向力扰动下,木垛、单体支柱或充填墩柱稳定性较差,容易发生倾倒,从而恶化顶板支护状况;另外,木垛、单体支柱或充填墩柱为单向支护,不能对两帮进行支护,容易使煤壁在受到较大压力时发生大面积片帮,进而发生冒顶,冒顶、片帮两者相互促进,形成恶性循环。因而,采用木垛、单体支柱或充填墩柱加强对废巷顶板的控制时容易因顶板下沉量大、片帮、冒顶甚至顶板失稳而引发事故,存在严重的安全隐患,同时这种支护

成本也较高,所以未能广泛应用。

(3) 采用锚杆、锚索、W 钢带等对废巷顶板及两帮进行加固

该方法采用锚杆、锚索、W 钢带对废巷顶板及两帮进行加固并配合停采等压等措施,是目前多数矿井工作面过废巷所采取的主要方式^[4-7]。采用锚杆、锚索等支护的方法简便快捷、成本低、经济技术效果良好。但该种方式一般仅适用于维护状况较好的废巷。对于一些年代久远、受采动影响较大的废巷而言,由于其冒顶、片帮往往较为严重,采取锚杆、锚索等方式加固,需要重新整修巷道,处理冒顶区域,代价比较高,而且该方式对过废巷时技术管理水平要求较高,需要确定合理的支护强度、等压时间、工作面推进速度等。此外,有些废巷还可能因长久废弃而存留较多的瓦斯、积水等,从而增加瓦斯抽采、排水工序,也会增加工人进驻施工的安全风险。

(4) 采用高水速凝材料对废巷进行充填

该方法使用双组分的高水速凝注浆材料,通过注浆设备对废巷进行完全充填。高水速凝注浆材料的单液和易性良好,双液混合后能在较短时间内凝固并达到较高的强度,从而有效支护废巷顶板和两帮^[8-11]。由于高水速凝材料结石体具备较好的塑性变形性能,能够适应顶板下沉变形,而且充填体强度可以根据现场情况适当调整。因此,该种治理方式对废巷适应性强,只需废巷具有连续的充填空间即可。由于是对废巷进行完全充填,治理效果较好,工作面通过废巷时技术管理简单。但是由于采用双液注浆技术,充填工艺相对复杂,施工过程中若是出现双液混合不均时,会出现充填体强度变化较大的情况。此外,其充填成本较高,难以大规模对废巷充填。

1.2.2 注浆技术研究现状

(1) 注浆技术发展历程^[12-20]

注浆技术起源于 200 年前,按照其发展历程分为 4 个阶段:原始黏土浆液注浆阶段,初级水泥浆液注浆阶段,中级水泥、化学浆液注浆阶段,现代注浆阶段。注浆技术最初来自法国,1802 年法国人 Charles Berlghy 用自行设计的木质冲击泵将黏土和石灰混合液注入砾石地基工程中,用于修复被水侵蚀的挡潮闸。后来经过多年的发展,被用于其他很多工程中,后来此技术传到英国、美国等其他国家。1970 年以后,注浆技术、注浆材料、注浆设备进入了快速发展期。化学浆材大量出现,注浆设备也得到较大提升,能够满足不同种类的注浆工程,注浆技术应用越来越广,但化学浆液引起的重大安全事故以及环境问题导致化学浆液在世界范围内被禁用,同时,催生出了新型无机注浆材料。随着注浆技术的广泛应用,科研人员对注浆领域的研究越来越重视,注浆理论和技术日益增强,同时,在 1989 年成立了国际岩石注浆专业委员会。

我国对于注浆技术的研究和应用起步较晚,20 世纪 50 年代,我国才开始注浆技术的研究,填补了我国注浆技术的空白。此时,注浆技术主要以应用为主,被广泛应用于铁路、水利、煤炭行业,利用注浆技术治理水害,填补了注浆技术的空缺。20 世纪 60 年代,我国开始研究化学浆液并加以推广应用,60 年代后期,国内学者开始注意化学浆液的危害以及环境污染问题,提出了改进方法,推动了我国注浆技术标准化发展。20 世纪 80 年代,我国在注浆技术、注浆材料、注浆检测手段、注浆设备等方面取得了重大进步。1991 年,中国岩石力学与工程学会成立了岩石锚固与注浆技术专业委员会。目前,依靠注浆技术,我国解决了

现场许多过去难以解决的水害和岩层加固等难题,其中,有相当一部分注浆工程已达到国际先进水平。

(2) 注浆材料研究现状^[21-30]

注浆材料是注浆技术的核心,它的发展推动了注浆技术的革新。针对不同工程应用环境的性能要求,国内外研发了上百种注浆材料。当前在注浆材料领域形成了两大体系,分别是以有机高分子材料诸如聚氨酯、环氧树脂等为代表的真溶液型化学注浆材料体系和以水泥、黏土等为代表的无机颗粒型注浆材料体系。两者各有优缺点,规避两者缺点,研发新型高性能注浆材料成为当今的研究热点。

有机高分子注浆材料在我国发展起步较晚,但发展速度较快。高分子注浆材料主要有聚氨酯类、脲醛树脂类、酚醛树脂类、木质素类等。有机高分子注浆材料的基本优点是渗透性强、凝结速度快、强度高、黏结力强、韧性好等,在破碎围岩巷道变形控制等工程领域发挥着重要作用。尽管高分子材料在注浆工程中取得了良好效果,但在最近几年大规模高分子材料注浆工程实践中,不可否认也暴露出诸多问题,制约着高分子材料的广泛应用。高分子材料诸如聚氨酯类材料反应放热大。国内有学者做过聚氨酯材料的 1 m^3 大体积注浆试验,试验结果表明,纯聚氨酯注浆材料浆体内部最高温度达 $145\text{ }^{\circ}\text{C}$,而加入 1% 水后的某品牌纯聚氨酯浆体表面最高温度甚至高达 $340\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如此高的反应温度加之井下潮湿的环境,很容易导致煤体的自燃和材料本身的碳化、燃烧。高分子注浆材料大都具有一定的毒性,大量的浆液注入煤岩体中,一方面会对地下水资源造成污染,另一方面对煤质也会造成不小的影响;高分子材料的另一大缺点是价格普遍昂贵,每吨高达 $1\sim 3$ 万元,过高的费用给煤炭企业带来了沉重负担;除此之外,有些高分子材料还具有腐蚀性强、耐久性差及长期强度不高等缺点。

水泥、黏土类材料是一种传统的注浆材料,尤其水泥类材料在我国注浆工程中应用最久。水泥类注浆材料一般可分为硅酸盐基水泥注浆材料和硫铝酸盐基水泥注浆材料。前者是我国应用最为广泛的注浆材料,与之相应发展起来的有水泥—水玻璃双液浆、水泥粉煤灰浆、水泥黏土浆等。后者应用最广泛即近年来逐渐发展完善的新型高水注浆材料。硅酸盐基水泥材料作为传统注浆材料具有结石体强度高、耐久性强、材料来源丰富、价格低廉等优点,但其存在结石率低、易沉淀析水、凝结时间长、可注性差等缺点。水泥—水玻璃双液浆是以水泥、水玻璃作为主剂并加入其他化学外加剂组成。它克服了水泥单液浆的凝结时间不受控制的缺点,大大扩展了硅酸盐基水泥的适用范围。但其存在结石体强度低、耐久性差的缺点,限制了其在破碎围岩注浆中的应用。为了改变普通硅酸盐水泥注浆材料粒径大、可注性差的缺点,将其进行超细化粉磨可制得超细水泥注浆材料。通过超细化处理可以大大提高其浆液的渗透能力,提高可注性,同时使其抗压强度及结石率都得到一定提高。但由于制得超细水泥的成本较高,也在一定程度上限制了其发展。针对有机高分子注浆材料及传统水泥注浆材料的缺点,国内外许多学者都致力于研究新型注浆材料。高水速凝注浆材料是近年来研究成功的新型注浆材料,以中国矿业大学研发的 ZKD 型高水速凝材料为代表。高水速凝材料具有结石体强度高且增长快、凝结时间可调、浆体不沉淀离析、施工工艺简单、价格较低等优点,能够充分满足注浆工程需要。由于具有以上诸多优点,高水速凝材料是一种极具发展前景的新型注浆材料。

1.3 本书主要研究内容

从 20 世纪 50 年代起,注浆技术开始在我国应用于煤炭行业,最初被应用于井壁堵水。随着注浆材料、设备、工艺及理论等方面的快速发展,其在煤炭行业被推广应用到堵水、截流、充填、加固等诸多工程领域。现场实践中,注浆技术表现出灵活性好、工艺简单、适应性强等诸多优点。本书以山西晋煤集团泽州天安海天煤业有限公司为试验矿井,针对其井田范围内影响工作面正常回采的废巷,展开相关注浆治理技术研究。通过对废巷赋存状况的调研、分析,将废巷划分为完整型、顶板冒落未充满型、顶煤和顶板冒落未充满型、顶煤和顶板冒落充满型四种类型。针对不同类型的废巷提出了地面建站充填及井下移动式注浆治理方法,并基于不同的治理方法研发了相应的注浆材料。本书的主要研究内容如下:

- (1) 废巷赋存状况及其分类。
- (2) 废巷充填及注浆加固材料。
- (3) 地面建站充填治理系统。
- (4) 井下移动式注浆治理系统。

2 工程概况

2.1 矿井概况

2.1.1 概述

山西晋煤集团泽州天安海天煤业有限公司(以下简称海天煤业)是由泽州海天实业有限公司郭庄煤矿兼并重组整合而成,该矿为单独保留矿井,兼并重组主体为山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司。重组后井田面积 $5.044\ 2\text{ km}^2$,批准生产规模 60 万 t/a,批准开采 3~15 号煤层,现开采 3 号煤层,核定生产能力由 30 万 t/a 提高到 60 万 t/a,净增生产能力 30 万 t/a。以山西省国土资源厅 2009 年 11 月 22 日为该矿换发的采矿许可证(证号: C1400002009111220044400)确定的井田边界为准,井田面积 $5.044\ 6\text{ km}^2$,批准开采深度标高 730~590 m。海天煤业在其井田面积范围的下组 9 号、15 号煤层中,有 $3.207\ 1\text{ km}^2$ 为寺河煤矿井田所有,由寺河煤矿二号井开采。因为寺河煤矿二号井与该矿相邻,因而在该矿 2009 年兼并重组前,寺河煤矿二号井已全部对与该矿资源 3 号煤重叠的 9 号煤进行了开采,并于 2010 年之后对重叠区域下方 15 号煤层进行了开采,造成该矿部分区域形成蹬空现状。

2.1.2 井田位置

本井田位于晋城市西南约 23 km 处的川底乡郭庄村一带,行政区划隶属于泽州县川底乡管辖,井田地理坐标为:东经 $112^{\circ}37'18''\sim 112^{\circ}38'24''$,北纬 $35^{\circ}30'53''\sim 35^{\circ}32'12''$ 。井田东有太(原)—焦(作)铁路,西南有侯(马)—月(山)铁路。晋城至阳城高速公路由井田南部外约 4 km 处通过,其间有简易公路相通。向西北可达侯马等地,向东南可达晋城,由晋城向北至长治、太原,向南至焦作,向西至侯马,其交通位置如图 2-1 所示。

2.1.3 井田地层

海天煤业位于沁水煤田东南部,井田内地表多为第四系所覆盖,上石盒子组零星出露,现根据地层出露及井田内钻孔和邻近钻孔资料,将井田内地层由老至新叙述如下:

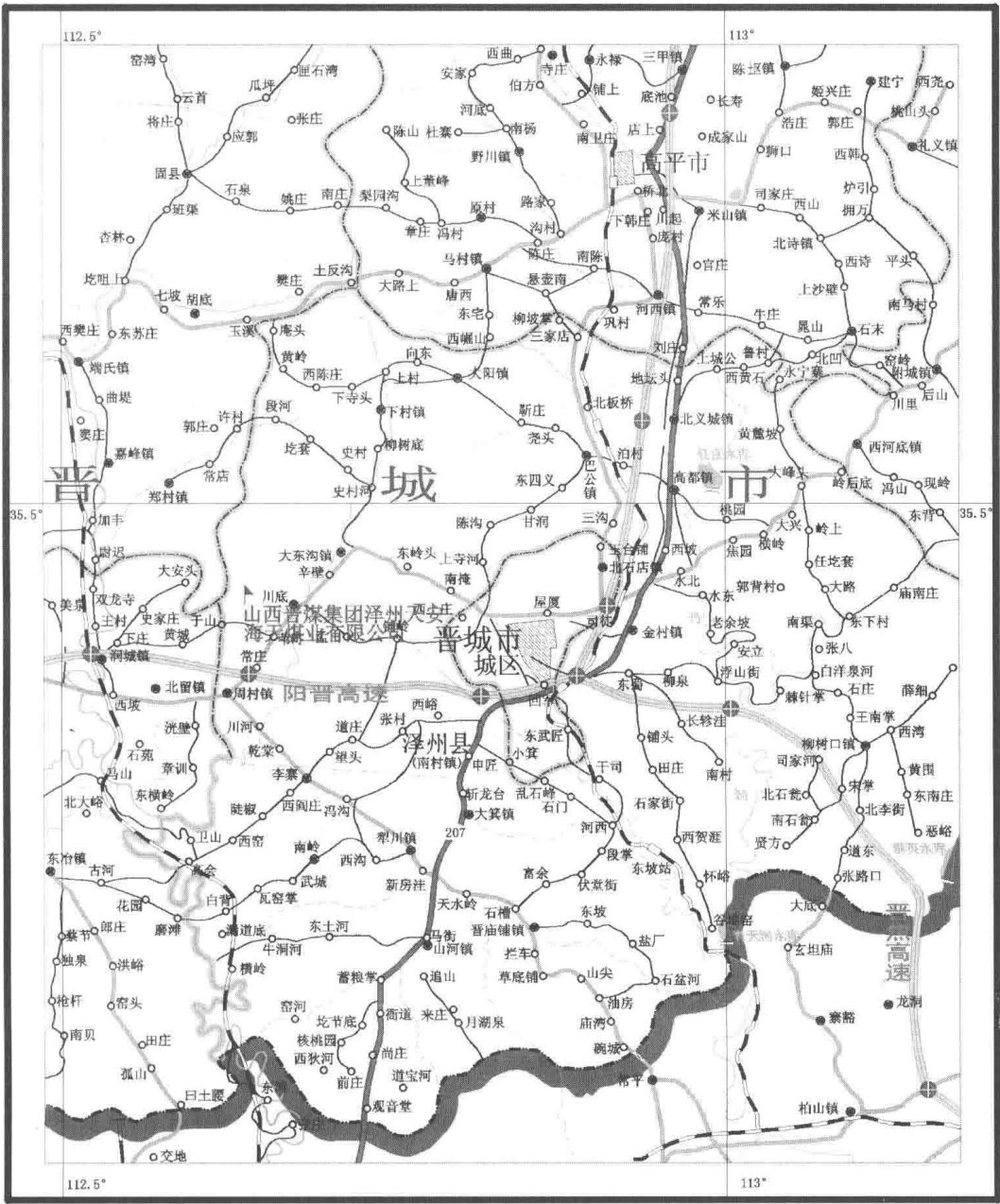
2.1.3.1 奥陶系中统峰峰组(O_2f)

深灰色、青灰色厚层状石灰岩,夹有黄色、黑灰色泥灰岩,含次生石膏及散染状黄铁矿。下部裂隙溶洞发育,并为方解石充填,局部为砾状石灰岩。

全组厚约 120.00 m。

2.1.3.2 石炭系上统本溪组(C_2b)

平行不整合覆于中奥陶统峰峰组石灰岩凹凸不平之地古侵蚀面上。岩性、岩相及厚度变化较大。一般由灰色鲕状铝土岩、铝制泥岩夹菱铁矿、硫铁矿等组成。局部夹不稳定的薄



山西晋煤集团泽州天安海天煤业有限公司

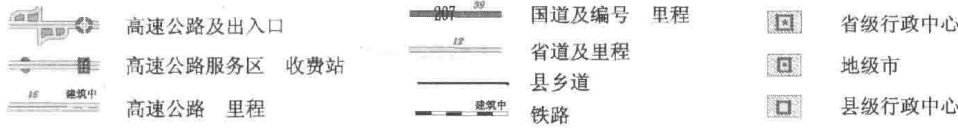


图 2-1 交通位置图

煤层及薄层石灰岩。

全组厚 1.00~13.00 m,平均厚 9.00 m。

2.1.3.3 石灰系上统太原组(C₂t)

主要含煤地层之一。主要由石灰岩,灰黑色泥岩、粉砂岩,灰色细至中粒砂,灰色细至中

粒砂岩及煤层组成。自下而上, K_1 砂岩、 K_2 石灰岩、 K_3 石灰岩、 K_5 石灰岩发育普遍, 层位稳定, 可作为标志层。间夹稳定可采煤层 15 号煤、9 号煤, 不稳定的局部可采煤层 5 号煤, 不稳定的薄煤层 16 号、14 号、13 号、11 号、8 号、6 号煤等。回旋结构明显, 属海陆交互相沉积。

全组厚 56.74~94.20 m, 平均厚 84.78 m。

2.1.3.4 二叠系下统山西组(P_1s)

连续沉积于太原组上。由灰色、深灰色细砂岩、粉砂岩、泥岩及煤层组成。底部 K_7 砂岩, 一般为灰白色、细粒, 富含煤粒, 缓波状层理, 局部为粉砂岩, 厚度 5.18 m 左右。

全组厚 42.18~75.77 m, 平均厚 50.45 m。

2.1.3.5 二叠系下统下石盒子组(P_{1x})

由灰色、灰绿色细至中粒砂岩, 灰色、深灰色粉砂岩, 夹数层灰绿色、灰色铝质泥岩等组成。全组厚度 50.08~93.98 m, 平均厚 75.00 m。

底部 K_8 砂岩, 下距 3 号煤层 34.94 m 左右, 灰色中至细粒, 钙质胶结, 波状层理, 厚 0.85~12.16 m, 平均厚 4.73 m。

2.1.3.6 二叠系上统上石盒子组(P_2s)

井田内大部被侵蚀。主要为黄绿色、灰绿色, 风化后呈杏黄色的泥岩、粉砂岩, 中至粗粒砂岩等组成, 夹灰色, 具紫红斑块的铝质泥岩, 底部含铁锰矿层 1 层, 厚 0.40 m, 底部以 K_{10} 砂岩为底界。全组厚 287.60~310.49 m, 平均厚 297.78 m。 K_{10} 砂岩浅灰色、灰色中、细粒, 底部含细砾, 石英为主, 硅质胶结, 厚 3.00~15.00 m。在地表多形成陡壁石崖。

2.1.3.7 第四系(Q)

沿沁河、长河及其支流沟谷两侧大面积分布。不整合覆盖于不同时代地层之上。

(1) 中更新统(Q_2)

下部为浅红色、暗红色砂质黏土, 含铁锰质薄膜, 半胶结至不胶结; 中部为灰黄色砂砾层; 上部为浅褐红色砂质黏土, 含钙质结核。厚度 0~35.00 m, 平均 25.00 m。

(2) 全新统(Q_4)

近代河床相堆积, 以砂、砾层为主。厚度 0~13.00 m, 平均 7.00 m。

2.1.4 井田水文地质条件

2.1.4.1 地表水

本井田位于沁水煤田东南边缘, 地貌类型属侵蚀中低山区, 以丘陵为主。本区属黄河流域沁河水系长河支流, 井田东北部地表有长河支流——寺河和一小型水库——寺河水库, 寺河水库现状条件下面积约 0.09 km², 库容量约 0.35 万 m³, 截断了上流寺河的水流。寺河为季节性河流, 平时干涸无水, 雨季时节有短暂水流, 寺河向东南汇入小河, 向南在井田外东南约 4 km 处汇入长河。长河从井田外东南部约 4 km 处流过, 为沁河的主要支流之一, 长河全长 58.2 km, 流域面积 317 km², 平均坡降 8.9%, 年径流量 1 467 万 m³。井田内冲沟发育, 雨季时节洪水沿沟谷向井田东南汇集, 最后汇入长河。井田内地形总体西北高、东南低, 冲沟发育, 主斜井井口标高为 +834.81 m, 进风立井井口标高 +879.452 m, 回风立井井口标高 +881.137 m, 均高于所处地段的最高洪水位 +829 m, 井口无洪水灌井威胁。

2.1.4.2 井田主要含水层

(1) 第四系松散岩类孔隙含水层组

主要分布在井田内较大的沟谷,为全新统河床冲积砂砾石孔隙潜水,含水层由砂、卵石、砾石及砂土等组成,一般厚 3~5 m,为富水性含水层,水位埋深 2~5 m。孔隙潜水的补给来源主要为大气降水,含水性受季节性影响较大。由于本区大气降水量有限,含水层厚度小,该含水层除井田东北部沙沟水库周围含水性较好外,其他地段含水性很差,水量很小。

(2) 二叠系石盒子组碎屑岩类裂隙含水层组

主要是指上、下石盒子组砂岩,富水性取决于节理裂隙的发育程度。一般在地势较低、砂岩发育、构造复杂区,直接接受大气降水补给,呈下降泉形式排泄,流量一般较小。埋深大时,由于各含水层间数层泥质岩隔水层相隔,不能接受大气降水的补给,富水性较差。煤层开采过程中造成塌陷裂隙,可能沟通本含水层组底部成为间接充水源。一般单位涌水量 0.000 8~0.067 L/(s·m),水质类型为 $\text{HCO}_3^- - \text{K}^+ \cdot \text{Na}^+$ 型,为弱富水性含水层。

(3) 二叠系下统山西组碎屑岩类裂隙含水层组

主要是指 K_8 砂岩,厚度 0.85~12.16 m,是山西组煤层的主要充水源。据抽水试验资料和邻近小煤矿排水资料及井巷揭露出水情况,含水性弱。据寺河井田精查勘探区 1006 号钻孔放水试验,单位涌水量为 0.01 L/(s·m),水位标高 +542.86 m,水质类型为 $\text{HCO}_3^- - \text{K}^+ \cdot \text{Na}^+$ 型,为弱富水性含水层。

(4) 石炭系上统太原组灰岩及砂岩岩溶裂隙含水层

太原组 K_6 灰岩与 K_5 、 K_4 、 K_3 、 K_2 灰岩及厚层中粒砂岩即属该类含水层。其中较有影响的是 K_6 、 K_5 、 K_4 、 K_3 、 K_2 五层灰岩含水层。区内 K_6 、 K_5 、 K_4 、 K_3 、 K_2 五层灰岩连续性较好, K_6 灰岩平均厚 3.50 m, K_5 灰岩平均厚 3.50 m, K_4 灰岩平均厚 2.10 m, K_3 灰岩平均厚 3.20 m, K_2 灰岩平均厚 10.20 m。调查 K_2 灰岩涌水量 0.22 L/s,为弱富水性含水层。其他四层灰岩透水性差,富水性较弱且不均匀,岩溶裂隙的发育随埋深增加而减弱,裂隙发育的部位富水性较强,反之富水性较弱。该类水受煤系地层影响,水质较差,水中 SO_4^{2-} 、总硬度等组分含量明显偏高,水质类型属 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 或 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ 型水。据寺河精查勘探资料,钻孔单位涌水量 0.038 2~0.213 L/(s·m),渗透系数 0.11~0.705 m/d,为弱富水性含水层。

(5) 奥陶系碳酸盐类岩溶裂隙含水层组

井田内埋藏较深,全部被煤系地层覆盖,主要指奥陶系中统石灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩、鲕状灰岩等,总厚度在 670 m 左右,其中,峰峰组灰岩岩溶裂隙不发育,裂隙多被方解石充填,单位涌水量 0.000 35~0.001 5 L/(s·m)(YS-4 孔),为弱富水性含水层,由于单位涌水量小,可视为相对隔水层,水质类型差异大,裂隙岩溶水中均无 CO_2 存在,说明水力联系极弱或不连通,径流微弱或滞留;下部岩溶裂隙的发育不均衡,一般情况下,岩溶裂隙较发育,并见溶洞和大量未填充小溶孔,连通性好,为富水性含水层,单位涌水量达 6.41 L/(s·m),静止水位标高 +515.41 m(YS-4 孔),水质类型 $\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+}$ 型,局部地段岩溶裂隙不发育,无含水空间,抽水试验时抽干(水 2 号、水 3 号孔)。本含水层组富水性不均一,总体为富水性含水层。

2.1.4.3 井田内主要隔水层

(1) 石炭系、二叠系含水层层间泥岩类隔水层

主要岩性为泥岩、粉砂质泥岩,单层厚度不等,呈层状分布于风化带以下的砂岩及灰岩含水层之间,隔断了含水层之间的水力联系,井田内由于 3 号煤层的大面积开采,采空区顶

板的垮落,其上部的泥岩已失去隔水性能。

(2) 本溪组及太原组底部泥岩类隔水层

位于 15 号煤下,岩性以泥岩、粉砂质泥岩及铝土质泥岩为主,岩性致密不透水,平均厚度 9.02 m 左右,为本区主要隔水层,在煤系地层与奥灰岩之间起到良好的隔水作用。

2.1.4.4 矿井主要水害分析

(1) 地表水体对矿井开采的影响

井田内东部地表发育有长河支流——寺河和一小型水库——寺河水库。当 3 号煤层开采接近地表寺河水和寺河水库水时,应引起足够重视。

(2) 构造对矿井充水的影响

井田构造简单,整体为一走向北北东、倾向北西单斜,地层倾角平缓。在井田东南部边界处发育 1 条落差 15~30 m 的逆断层。当靠近断层开采时涌水量会有所增大,应引起足够重视。同时,在今后的开采过程中要重视对井下小断层及陷落柱的发现和硏究,尤其在开采井田东部寺河水库附近煤层时应引起足够重视,以免开采时因断层或其他构造导水而造成水害。

(3) 地下水对矿井充水的影响

二叠系石盒子组和山西组由多层中、粗、细不同粒级砂岩构成,直接接受大气降水补给和上部第四系松散孔隙水渗透补给,该含水层及第四系松散孔隙水含水层一般为弱富水性含水层,对 3 号煤层开采影响不大。

石炭系上统太原组砂岩裂隙含水层、灰岩岩溶裂隙含水层为弱富水性含水层,对 9、15 号煤层开采影响不大。

(4) 井筒水对矿坑充水的影响

井筒直接揭露了煤层之上的所有含水层,并与采煤矿坑相通,故上部含水层地下水沿井筒下流成为矿井充水的一部分。

(5) 采空区积水对开采的影响

井田开采已近 15 年,南部及北部均存在采空区,据矿方提供,采空区内存在一定量的积水,特别是临近采空区积水开采时,应严格坚持“预测预报,有疑必探,先探后掘,先治后采”的原则,要留足保安煤柱,防范积水涌入巷道,造成水害事故。

(6) 奥灰岩溶水对可采煤层开采的充水影响

本井田下伏奥灰岩溶地下水位标高 515 m,低于 3、9、15 号煤层的最低底板标高 520 m,对本井田 3、9、15 号煤层开采无充水影响。

2.1.4.5 矿井水文地质类型

根据矿井地质报告,3 号煤层矿井水文地质类型划分为中等类型,9、15 号煤层为水文地质条件中等的矿床。

2.1.4.6 矿井涌水量预算

根据矿井地质报告,本矿生产能力为 60 万 t/a 时,矿井正常涌水量为 $168 \text{ m}^3/\text{d}$ ($7 \text{ m}^3/\text{h}$),矿井最大涌水量为 $432 \text{ m}^3/\text{d}$ ($18 \text{ m}^3/\text{h}$),3 号煤层采空区总积水面积 $153\,800 \text{ m}^2$,总积水量 $238\,800 \text{ m}^3$ 。

2.1.5 可采煤层及煤质

井田煤系地层共含煤 12 层,其中,3、9、15 号煤层为主要可采煤层,其余为不可采煤层。3

号煤层井田面积 5.043 7 km²,9 号、15 号煤层井田面积 1.86 km²,详见可采煤层特征表 2-1。

表 2-1 可采煤层一览表

煤层	厚度/m	间距/m	结构 (夹矸数)	稳定性	可采性	顶、底板岩性	
	最小~最大 平均	最小~最大 平均				顶板	底板
3	$\frac{5.60\sim8.86}{6.40}$	$\frac{36.65\sim59.88}{45.42}$	简单至复杂 0~5	稳定	全井田 可采	粉砂岩、 泥岩	粉砂岩、 中砂岩、泥岩
9	$\frac{0.94\sim1.69}{1.48}$	$\frac{25.94\sim41.68}{38.59}$	简单 0~1	稳定	全井田 可采	泥岩、 粉砂岩、 石灰岩	石灰岩、泥岩
15	$\frac{1.98\sim3.10}{2.22}$		简单至复杂 0~3	稳定	全井田 可采	石灰岩、 泥岩	细粒砂岩、泥岩、 黄铁矿、 铝土泥岩

(1) 3 号煤层

位于山西组下部,主要可采煤层之一。厚 5.60~8.86 m,平均 6.40 m,一般含 1 层夹矸,厚度为 0~0.76 m,夹矸岩性多为泥岩或粉砂质泥岩,结构简单—复杂,属稳定可采煤层。顶板多为粉砂岩、泥岩,底板为粉砂岩、中砂岩、泥岩。

(2) 9 号煤层

位于太原组中部,上距 3 号煤层 45.42 m,下距 15 号煤层 38.59 m。厚 0.94~1.69 m,平均 1.50 m。含夹矸 0~1 层,夹矸厚度一般 0.10 m,结构简单,属稳定可采煤层。

(3) 15 号煤层

位于太原组下部,K₂ 石灰岩为其直接顶板,上距 9 号煤层 38.59 m。煤层厚 1.98~3.10 m,平均 2.36 m。含夹矸 0~3 层,夹矸厚 0.10~0.34 m。结构简单—复杂,属稳定可采煤层。

2.1.6 煤层顶底板条件

3 号煤层直接顶板一般为细砂岩或泥岩,基本顶为细粒或中粒砂岩。直接顶板较松软,开采时成片或成层冒落,基本顶较稳定,一般不易垮落。据本井田北部阳城矿区寺河井田精查勘探资料知:3 号煤层直接顶板砂质泥岩视密度为 2.75 t/m³,单向抗压强度 20 MPa,抗剪强度 1.73 MPa,内聚力 5.75 MPa,内摩擦角 42°21′;基本顶中细粒砂岩分选较好,含较多白云母片,具中小型交错波状层理,视密度为 2.76 t/m³,饱和状态下抗压强度 20.4 MPa,干燥状态下抗压强度 30.7 MPa,单向抗拉强度 1.2 MPa,抗剪强度 4.46 MPa,内聚力 4.93 MPa,内摩擦角为 41°36′,泊松比 0.27,岩石强度指数 48,但发育有较多裂隙,从而使岩体工程质量降低。直接底多为深灰色砂质泥岩,老底为细粒砂岩,有底鼓现象。顶板压力大时发生片帮,片帮深度 0.6~0.8 m。直接底砂质泥岩单向抗压强度 25.4 MPa,抗剪强度 2.93 MPa,内摩擦角 42°36′;老底细粒砂岩裂隙较发育,饱和状态下抗压强度 15.6 MPa,干燥状态下抗压强度 20.3 MPa,抗剪强度 4.98 MPa,泊松比 0.16,岩石强度指数 50。

9 号煤层直接顶板一般为粉砂岩、砂质泥岩,局部为泥岩,基本顶为 K₄ 上石灰岩。有时 K₄ 上石灰岩直接覆盖于 9 号煤层之上,成为直接顶板。K₄ 上石灰岩厚约 1.00 m,致密坚硬,不稳定,节理裂隙较发育,有方解石充填。据寺河补勘钻孔采样试验结果,砂质泥岩顶板