

澄合矿区承压水体上安全 采煤关键技术与应用

王苏健 邓世龙 邓增社 杜飞虎 等 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书针对澄合矿区承压水体上安全采煤的水害防控、承压水含水层保护问题，采用理论分析、数值模拟及现场实测等手段得到不同工作面斜长与底板岩性组合条件下的底板破坏深度，提供了煤层底板注浆目的层位。借助物探、钻探探查5号煤层底板地质条件，研发了以黄土为主要材料的注浆液，提出了澄合矿区底板注浆加固改造工艺。以董家河煤矿为试点，建立了安全可靠，具有自动计量、实时监控、连续作业功能的地面注浆系统，并建立了地面注浆站，实现了承压水体上安全采煤和含水层保护。

本书可供煤矿科研人员、生产人员和高等院校相关专业的师生参考。

著 者 名 单

王苏健 邓世龙 邓增社 杜飞虎 陈 通
屈永利 冯 洁 白永明 王 悦 李 涛
齐蓬勃 冯 海 王 新 刘英锋 谷栓成
李 昂

前 言

我国煤炭资源丰富，但水文地质条件复杂，是世界上水害最严重的国家之一。其中，承压水上采煤是我国华北型煤田的重大工程技术难题，据统计我国60%以上煤田受奥陶纪水害的威胁。我国煤炭科技工作者经过长期不断的努力，取得了一系列的成果。然而，我国煤矿地质条件复杂多变、开采方法各异，在水害探查、评价、预防及治理方面尚存在大量的科学技术问题亟须深入攻关。

渭北煤田属于典型的华北型煤田，是陕西省五大煤田之一，也是省内最早开采的煤田。渭北煤田包括铜川矿区、蒲白矿区、澄合矿区和韩城矿区，其中澄合矿区煤炭远景储量达68亿吨，煤与水的矛盾最为突出。其90%以上的煤炭地质储量处于奥灰静水位以下，80%以上煤炭地质储量突水危险性大。澄合矿区曾经发生过多起突水事故，淹井造成重大人员伤亡，经济损失巨大。因此，解决主采煤层（5号煤层）带压开采问题，是澄合矿区乃至渭北老煤炭工业基地亟待解决的难题。

多年来，煤炭科技工作者在澄合矿区开展了大量的科学研究和工程示范。如采用理论分析、数值模拟、现场实测及数理统计等方法研究澄合矿区煤层底板破坏深度主控因素，集成了地面、井下、钻探、物探相互验证、统一解释的井-地联合高精度底板探测技术体系，研发出低成本注浆材料及其浆液配比，建立了安全可靠，具有自动计量、实时监控、连续作业功能的地面注浆系统。将这些成果应用于承压水上采煤，使澄合矿区保持20年不淹井，成功开采了大量的煤炭资源，同时保护了生态湿地，社会、经济及生态效益十分显著。

本书由王苏健提出总体思路，邓增社、陈通、杜飞虎、冯洁、王悦、李涛、冯海等合作撰写完成，各章分工如下：前言王苏健，第1章邓增社、冯洁、李涛、冯海，第2章陈通、杜飞虎、王悦、冯洁，第3章谷栓成、陈通、冯洁、王悦、李涛，第4章王新、冯洁、冯海，第5章杜飞虎、王悦、冯海，第6章邓增社、陈通、杜飞虎、冯海，第7章王苏健。邓世龙、屈永利、白永

明、齐蓬勃、刘英锋、李昂等也参与了部分研究工作。全书由邓增社统稿、王苏健审定。

本书是集体智慧的结晶，长期以来陕西陕煤澄合矿业公司、陕西煤业化工技术研究院的数百名科技工作者默默奉献，开展了一系列科技创新工作，中煤科工集团西安研究院、西安科技大学等单位协作完成了相关研究，他们为本书的形成做出了重要贡献。在工程研究和本书编写过程中，范立民同志给予了技术指导，在此一并表示衷心感谢！

随着澄合矿区煤炭开采普遍向深部“三水平”延伸，静水压进一步增大、隔水层进一步变薄、开采强度进一步加大、构造进一步复杂，未来澄合矿区将面临更大的挑战，相关的科研工作需要进一步投入，这对渭北甚至陕西地区煤炭工业有着重大意义。



2015年5月

目 次

1 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.3 总体思路	4
1.4 完成的主要研究工作	6
2 地质及水文地质条件	7
2.1 地质条件	7
2.2 水文地质条件	12
3 承压水体上采煤底板破坏演化规律研究	23
3.1 煤层底板突水影响因素	23
3.2 澄合矿区典型工作面的确定	29
3.3 煤层底板破坏演化规律理论分析	34
3.4 煤层底板破坏演化规律数值模拟	45
3.5 煤层底板破坏演化规律现场测试	76
3.6 澄合矿区煤层底板破坏演化规律综合分析	99
4 煤层底板地质条件探查技术及工程实践	102
4.1 煤层底板地质条件探查技术与原理	102
4.2 澄合矿区煤层底板地质条件探查方法适用性	104
4.3 澄合矿区煤层底板地质条件探查工程实践	107
4.4 澄合矿区煤层底板地质条件探查效果检查	112
5 承压水体上采煤的底板注浆加固改造技术	117
5.1 煤层底板注浆改造技术原理	117
5.2 煤层底板注浆材料配比试验	119
5.3 煤层底板注浆层位选择	135
5.4 煤层底板注浆工艺	136
6 承压水体上采煤地面注浆站的建立与注浆系统的应用	144
6.1 地面注浆站构成	144

6.2 注浆系统应用及效果检验	150
7 结论	171
7.1 主要结论	171
7.2 社会、经济及生态效益	172
7.3 推广应用	173
参考文献.....	174

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

我国煤炭资源丰富,但水文地质条件复杂,是世界上水害最严重的国家之一。长期以来,因煤矿水害导致的人员伤亡和经济损失极为惨重。仅2010年国家安全生产监督管理总局就通报了7起较大以上煤矿水害事故。

1.1.1 国家能源供给的需要

煤炭是我国的主体能源,约占一次能源生产总量的70%。国家规划的14个亿吨级大型煤炭基地中有7个为华北型煤田,我国600多个国有煤矿中有近300个属于承压水体下采煤的华北型煤田。华北型煤田虽然储量丰富,但普遍受到底板奥灰水害威胁,煤与水的矛盾十分突出,已直接影响国家能源的可持续、安全供给。

渭北煤田是陕西省五大煤田之一,也是省内最早开采的煤田之一,属于典型的华北型煤田。渭北煤田包括铜川矿区、蒲白矿区、澄合矿区和韩城矿区,其中澄合矿区煤炭远景储量达68亿吨,煤与水的矛盾最为突出,90%以上的煤炭地质储量处于奥灰静水位以下,80%以上煤炭地质储量突水危险性大。另外,澄合矿区地处黄河湿地生态区,为保护生态环境,煤炭资源开采量、开采强度均受到制约,需要深入开展相关研究。

1.1.2 矿井科学开采的迫切需求

澄合矿区目前主要开采5号煤层,全区可采的5号煤层大部分位于奥陶系岩溶水静水位标高以下。奥陶系承压水富水性强、水头压力高,对煤层开采威胁极大,是矿井生产的主要安全隐患。20世纪90年代该矿区曾经多次发生突水事故,造成淹井,经济损失巨大,人员伤亡惨重,水害严重威胁着矿工的生命安全。因此,解决5号煤层带压开采问题是澄合矿区乃至渭北老煤炭工业基地亟待解决的安全难题。

澄合矿区地处黄土塬区,年平均降雨量为552.6mm,年平均蒸发量为1929.7mm,水资源整体匮乏。矿区常年工业、生活用水取自奥灰含水层,黄河湿地生态需水也主要来源于岩溶泉水补给,奥灰岩溶水系统承载了矿区内的工业、生活和生态用水。保水采煤作为科学采矿的一部分在澄合矿区意义重大,关系到老矿区的可持续发展。

1.1.3 行业技术进步的客观需要

煤炭开采与水体渗流密不可分,如何协调两者之间的关系,使煤炭开采达到绿色、安全、高效是煤炭行业相关技术突破的方向。

(1) 煤炭绿色开采。尽管我国在矿山环境治理方面取得了巨大进步,但煤炭开采条件复杂、矿区环境脆弱、相关理念不成熟、技术支撑不足,煤炭开采对环境的影响没有根本改善。特别是煤与水的矛盾十分突出,已经制约了我国经济和社会的发展,需要相关技术突破。

(2) 煤炭安全开采。煤炭安全开采是一项重点工作,无时无刻不在贯彻执行,但地

质条件探查精度有限、治理工程实施难度大,限制了安全防治的效果。特别是底板岩溶水害,由于岩溶发育具有强烈的非均质性,防治工艺复杂,相应的技术攻关是行业发展的必然需求。

(3) 煤炭高效开采。煤炭高效开采是煤炭行业发展的必然方向,随着煤炭灾害防治的精细和深入,如何提高相应的效率,在一定程度上决定了煤炭开采的高效性。作为底板水害防治的重要手段,底板注浆加固技术虽然已更新换代多次,但其自动化、智能化是提高水害防治效率的推进方向。

随着煤炭工业的迅猛发展,协调煤与水的工作越发重要。做好防治水工作、切实提高水害防治技术水平、保护水资源是煤炭行业科技进步的客观需求。

本书以澄合矿区董家河煤矿、澄合二矿、王村煤矿、王村煤矿斜井等为研究对象,在分析区内地质及水文地质条件的基础上,总结区内存在且尚未解决的底板水害问题;结合理论分析、数值模拟、现场实测等手段,研究不同类型工作面底板破坏演化规律;以董家河煤矿为试点,进行煤层底板地质条件探测及验证,实施底板注浆加固,并建立承压水体上采煤的地面注浆站。

开展“澄合矿区承压水体上安全采煤关键技术与应用”研究一方面可为该区矿井防治水工作提供技术支撑,保障矿井资源接续,促进老矿区焕发活力,稳定矿区职工队伍,对构建和谐矿区具有显著的社会效益;另一方面能解放更多受底板承压水威胁的煤炭资源,产生可观的经济效益;此外还可保护黄河湿地生态安全。渭北地区岩溶水具有+375 m的统一水位标高,通过煤层底板破坏深度的研究,指导底板注浆加固,保持水位标高稳定,使岩溶泉继续存在,维持流量平衡,从而保护湿地供水来源,促进生物多样性发展,环境效益显著。承压水体上安全采煤研究为渭北地区煤炭工业健康发展找到了有效途径,对陕西省煤炭工业发展具有重要意义。

1.2 国内外研究现状

国内外有关承压水体上安全采煤的研究主要从底板突水机理、底板破坏演化规律、底板加固改造技术等方面开展。

1.2.1 突水机理研究

煤矿底板突水实质是下伏承压水冲破底板隔水层的阻隔,沿采煤工作面底板隔水层岩体内部导水通道,以突发、缓发或滞发的形式向上涌入工作面采空区的过程。作为一种综合水文地质现象,底板突水受到许多因素的影响,如下伏承压含水层的水压及水量、工作面底板的岩性组合、底板隔水层岩体的构造、采煤工艺方法等。我国对底板突水规律的研究始于20世纪60年代,借助匈牙利的研究经验,提出了突水系数概念;70年代后期,修改了原来的突水系数公式,并应用于实践;80年代开始,煤炭科研人员相继提出了突水系数公式、下三带理论、原位张裂与零位破坏理论、薄板模型关键层理论、突水概率指数法、模糊数学法、专家系统方法等(施龙青等,2004)。

1. 安全水压值理论

苏联学者斯列萨列夫把煤层底板视作两端固定的梁,此梁受到均布荷载作用,并推导安全水压值公式,此公式被《煤矿防治水规定》引用(王作宇等,1993)。

2. 突水系数

1964年,煤炭部组织焦作水文会战并提出突水系数概念,将其作为突水预测预报的标准。突水系数公式被多次修订,但目前所确定的仍为原始推导的公式(靳德武,2004)。

3. 薄板结构理论

刘天泉、张金才从力学角度出发,认为底板岩层由采动导水断裂带和底板隔水带组成,建立了底板岩体“两带”模型,并运用弹性力学、塑性力学理论和相似材料模拟实验研究底板突水机制,采用半无限体一定长度上受均布竖向载荷的弹性解,结合库仑-莫尔强度理论和Griffith强度理论分别求得了底板受采动影响的最大破坏深度(张金才等,1997)。

4. 概率指数法

山东科技大学施龙青教授从多因素角度出发,利用概率指数法研究了底板突水的预测方法(施龙青等,2004)。

5. 脆弱性指数法

武强等提出了主控指标体系建设方法、脆性指数法以及GIS与ANN耦合技术等新型实用方法(武强等,2007)。

6. 原位张裂与零位破坏

王作宇、刘鸿泉从矿压与水压两场的联合作用角度出发,提出原位张裂与零位破坏理论,认为工作面相对于底板的影响范围在水平方向上分为三段(王作宇等,1994)。

7. 其他理论

中科院地质所提出的强渗通道理论、煤炭科学研究总院西安分院提出的岩水应力关系理论、钱鸣高提出的关键层理论、山东科技大学李白英教授提出的下三带理论(李白英等,1999)以及施龙青提出的下四带理论等。

1.2.2 底板破坏演化规律研究

自20世纪60年代以来,关于煤层底板采动破坏研究的成果日渐丰富,在众多学者的长期努力下,出现了大量新理论和新方法,有效解决了许多生产中的实际问题。就目前的研究而言,各种方法各有利弊:模拟试验的结果直观明了,但材料难以匹配合适;理论研究效率高、省时、费用低,但建模复杂、需要考虑互相影响的因素多;现场实测效果最好,但是常常受制于井下条件,难以完全开展且费用高。因此,各种方法相互配合才能取得最佳效果。但是,由于地质情况的复杂性,许多问题应用目前的技术手段尚不能得到全面解决,还需要长期、大力推进这一领域的研究。

1.2.3 底板加固改造技术研究

矿井底板改造主要通过注浆来实现。注浆是将一种或几种材料配制成浆液,用压送设备将其压入裂隙性含水层或软弱松散地层中凝固胶结,起到堵水或加固作用。从20世纪50年代开始,注浆技术进入了快速发展时期(张永成等,2012)。

在注浆材料方面,高分子聚合物加固堵水材料出现:美国研制的乙丙酰胺为主剂的AM-9化学注浆材料,黏度似水,可以固结流砂层和封堵细小裂隙;日本研制出与AM-9类似的注浆材料(日东-SS)可封堵大裂隙涌水(刘文永等,2008)。

根据注浆采用的材料可分为:①水泥浆液,即注浆材料以水泥为主,包括单液水泥浆、超细水泥浆、粉煤灰水泥浆、粉煤灰加速凝剂浆液、水泥水玻璃浆液等;②黏土浆液,浆液材料以黏土为主,包括黏土水泥浆、黏土粉煤灰水泥浆、黏土膨润土水泥浆等;③化学浆液,浆液以化学材料为主,包括以丙烯酰胺为主剂的材料、以高分子聚合物为主

剂的材料、以环氧树脂为主剂的材料、以脲醛树脂为主剂的材料、以亚硫酸盐纸浆废液为主剂的材料、以甲基丙烯酸甲酯为主剂的材料和以水玻璃为主剂的材料等。在底板改造过程除了结合煤层底板工程地质条件外,对注浆材料的一些基本性能如浆液黏度、流动性、稳定性、渗透系数、结石体强度、凝结时间等都有相应的要求,需要从浆液配比方面开展系统研究。

注浆理论是借助流体力学和固体力学的理论发展起来的,对浆液的单一流动形式进行分析,建立压力、流量、扩散半径、注浆时间之间的关系。注浆理论的研究对象主要是浆液在岩土体中流动时所完成的两个过程,即物理化学过程和流体力学过程。物理化学过程包括注浆材料的凝结和硬化机理、浆液的流变特性等,流体力学过程包括浆液沿注浆管道和地下孔隙、裂隙和孔洞流动的扩散规律。

注浆理论以往研究成果主要可以归纳为以下四类:

(1) 渗透注浆理论。在相对较小注浆压力作用下,浆液克服各种阻力而深入孔隙或裂隙,压力越大,吸浆量及浆液扩散距离越大。

(2) 压密注浆理论。通过钻孔向土层压入浓浆,随着土体的压密和浆液的挤入,将在压浆点周围形成灯泡状空间,并因浆液的挤压作用产生辐射状上抬力,引起地层局部隆起,许多工程利用这一原理纠正了地面建筑物的不均匀沉降。

(3) 劈裂注浆理论。在相对较高的注浆压力作用下,浆液克服地层的初始应力和抗拉强度,引起岩石或土体结构的破坏和扰动,使地层中原有的孔隙或裂隙扩张,或形成新的裂缝或孔隙,从而使低透水性地层的可注性和浆液的扩散距离增大。渗透注浆与劈裂注浆的理论基础虽然不同,但两者都是将类似的浆液注入地层内的天然孔隙或人造裂隙,并力求在较小的注浆压力下达到较大的扩散距离,因而浆液流变性的好坏对上述注浆理论起着重要影响。

(4) 电动化学注浆理论。在黏性土中插入金属电极,通电后就在土中引起电渗、电泳和离子交换等作用,使通电区域的含水量显著降低,从而在土内形成渗浆“通道”。若在通电时向土中注入硅酸盐浆液,就能在“通道”上形成硅胶,并与土粒胶结成具有一定力学强度的加固体。

在注浆工艺方面,20世纪60年代末苏联在井筒地面预注浆方面发明了综合注浆技术并获得专利,同一时期,日本首先开发了单管旋喷注浆法,后又开发出了二重管、三重管旋喷注浆法和高压喷射注浆法等。目前注浆工艺主要有两种:单液注浆,利用一台注浆泵和一套输浆系统完成注浆工作;双液注浆,利用两台注浆泵或一台双缸(两个独立的泵缸)和两套输浆管路同时注浆,两种浆液在混合器中混合后注入含水地层或需要加固的软弱地层。

在注浆孔钻进方面,出现了全液压动力头式钻机。在注浆设备和仪器方面,大流量、高压专用注浆泵、系列止浆塞、检测仪器等均已研发成功并得到应用。

1.3 总体思路

本书针对承压水体上安全采煤的水害问题,分析澄合矿区地质及水文地质条件;通过理论分析、数值模拟及现场实测等手段获得研究区主采煤层开采的底板破坏演化规律,得到不同类型工作面底板破坏深度,指导底板加固注浆;采用井下直流电法探查主采煤层底

表 1-1 完成工作量汇总表

序号	名称	勘探工程						测试/实验			理论及数值模拟计算			工程试验 注浆量/ m ³	
		钻 探		井 下		物 探		岩石 力学 测试/ 组	水理 实验/ 组	浆液 配比 试验/ 组	理论 计算/ 组	数值 模拟(算 例/个)	水文 试验/ 层次		
		地 面	进尺/m	进尺/m	进尺/m	直流电法/ km ²	三维地震/ km ²								瞬变电磁/ km ²
1	董家河矿			166	6578.07				11	23		2			93701.75
2	王村斜井			69	1930.28	1.34	1.46	1.53	9	20		2	12		73201.8
3	王村煤矿	9	3220.75	75	2728.4	1.39	1.43	1.62	9	20		2	12		23606.48
4	澄合二矿			83	3156.75	1.53	1.67	1.55				2			93095.1
5	合计	9	3220.75	393	14393.5	5.54	6.11	6.17	29	63	160 (6500 个样 品)	128(含 一般模 型120 组)	13	24	283605.13

- 注：1. 钻探包括常规钻孔、水文孔、检查孔等。
 2. 物探包括直流电法、三维地震、瞬变电磁等。
 3. 岩石力学包括单轴、三轴等。
 4. 水理实验包括含水率、渗透性等。
 5. 数值模拟主要应用 FLCA 软件模拟。
 6. 底板注浆改造工程包括注浆封堵、注浆加固、注浆填充等。

板地质条件；选取合适的浆液及配比，结合主采煤层底板地质条件探查成果与底板破坏深度的研究成果，提出研究区底板注浆加固改造技术；最终选择董家河煤矿为试点，建立地面注浆站，实现承压水体上安全采煤。本书研究的总体技术路线如图 1-1 所示。

1.4 完成的主要研究工作

针对澄合矿区承压水体上安全采煤技术问题，矿区主要生产矿井相继开展了带压开采理论研究、地球物理勘探、煤岩力学测试、煤层开采底板破坏深度数值模拟、煤层底板注浆改造等工作，取得了一系列重要成果。如完成各类地质钻孔 393 个，抽水试验 12 层次，地球物理勘探 17.82 km²，岩石力学测试 29 组，水理实验 63 组，数值模拟实验 128 组（含一般模型 120 组），浆液配比试验 160 组（6500 个样品），理论计算 13 组，水文试验 24 层次，注浆量 283605.13 m³。完成工作量汇总见表 1-1。

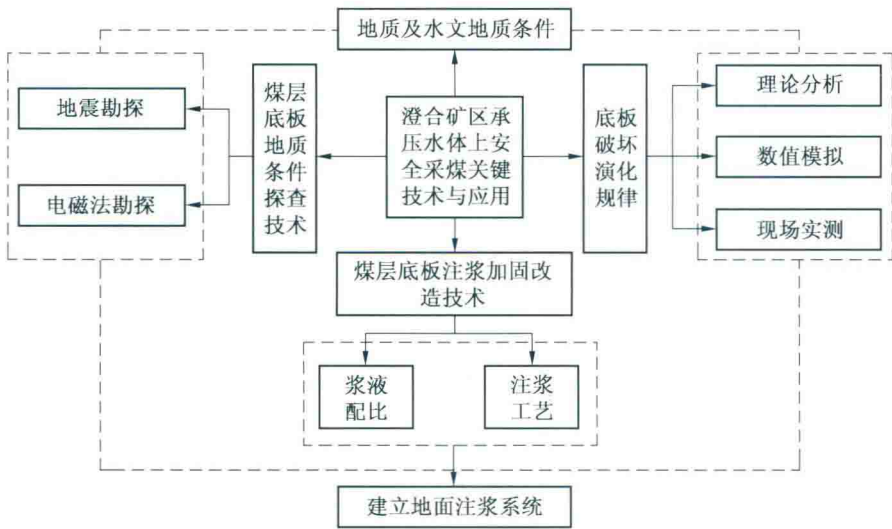


图 1-1 总体技术路线图

2 地质及水文地质条件

2.1 地质条件

2.1.1 地层

澄合矿区位于渭北煤田中段, 该煤田属华北型石炭二叠纪海陆交互煤田。煤田内出露的地层由老至新有太古界涑水群、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系及新生界。

澄合矿区众多钻孔揭露及各沟系出露的地层由老到新有: 中~下奥陶统马家沟组($O_{1-2}m$)、中石炭统本溪组(C_2b)、上石炭统太原组(C_3t)、下二叠统山西组(P_1s)及下石盒子组(P_1x)、上二叠统纸坊组(T_2z)和新生界(KZ), 其中下二叠统山西组及上石炭统太原组为含可采煤层的煤系地层。

(1) 中~下奥陶统马家沟组($O_{1-2}m$)自上而下, 中奥陶统峰峰组分为一段、二段; 下奥陶统分为冶里组、亮家山组、下马家沟组、上马家沟组。

(2) 中石炭统本溪组(C_2b)为一湖相沉积的黑色泥岩及灰色铝质泥岩, 含较多的植物及昆虫化石。本组厚0~3.5 m, 与下伏马家沟组假整合接触。

(3) 上石炭统太原组(C_3t)为一套海陆交互相含煤沉积, 厚15~65 m, 含煤6层, 自上而下编号为6、7、8、9、10、11, 仅6、10号两煤层在区内达局部可采。岩性以石英砂岩、粉砂岩、碳酸盐岩及煤层为主, 并有少量的铝质泥岩及石英砾岩等。按它们在柱状上的组合特征可分成三段: 下段为杂色铝质泥岩、灰白色石英砂岩、深灰色粉砂岩及11号煤层; 中段为深灰色碳酸盐岩、粉砂岩及9、10号煤层; 上段为深灰色粉砂岩、灰白色石英砂岩及6、7、8号煤层, 与下伏奥陶系为假整合接触。

(4) 下二叠统山西组(P_1s)为一套近海的陆相含煤沉积, 厚40~70 m, 平均51 m, 含煤5层(组), 自上而下编号为1、2、3、4、5, 其中5号煤层较稳定且全区可采, 为主要可采煤层。岩性以各类砂岩、粉砂岩、砂质泥岩为主, 还有少量的砂质灰岩及石英砂岩。按各类岩石组合及煤层发育情况可分为两段: 下段由石英砂岩、深灰色粉砂岩及稳定的4、5号煤层组成; 上段由砂岩、粉砂岩及薄而不稳定的1、2、3号煤层及泥岩有规律地交替组成。

2.1.2 煤层

澄合矿区煤层赋存于上石炭统太原群和下二叠统山西组地层中, 自上而下编号为1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11号, 煤层总厚8.72 m。可采煤层5层, 其中普遍可采一层(5号煤层), 局部可采层为4层, 其余煤层均为不可采煤层。

5号煤层及大峪河以东4号煤层确认为较稳定煤层, 3、6、10号及大峪河以西4号煤层确认为不稳定煤层。

3号煤层位于山西组中部, 矿区西部较为发育, 仅安里附近开采, 煤厚一般为0.8 m。

4号煤层位于山西组底部, 西部薄不可采, 东部较厚, 局部可采, 煤厚为1.0 m。

5号煤层位于太原群上部、整个煤系的中部,厚度稳定且可采,并呈近南北向分带,厚薄相间分布。安阳、合阳一带煤层最厚,钻孔揭露最厚点为10.54 m。县西河一带因古河流冲刷,厚度减小。大峪河一带因分叉及下分层尖灭,致使煤层不可采。煤层厚度一般为4.0 m。

6号煤层位于太原群中部,西部大部不可采,东部较发育,西卓子以东一带有大片可采区,煤厚一般为0.70 m。

10号煤层位于太原群下部,全区发育,厚度变化大。西部煤厚及结构变化较大,特厚煤点孤立、零星出现,不可采区与可采区参差分布,东部厚度薄而稳定,一般不可采。一般厚度为0.70~2.0 m。

澄合矿区煤系及各组含煤系数见表2-1,煤层特征见表2-2。

表2-1 澄合矿区煤系及各组含煤系数情况表

地层名称	厚度/m	含煤层数	煤层总厚/m	含煤系数/%
山西组 (P _{1s})	51.50	5	6.07	11.79
太原组 (C _{3t})	30.61	6	2.65	8.66
山西组+太原组	82.11	11	8.72	10.62

从表2-1可知,该区煤系地层含煤系数较高(达10.62%),其中又以山西组最高(达11.79%),该组的5号煤层厚度大、较稳定、煤质好,故含煤性较好。太原组含煤系数为8.66%,煤厚、煤质及稳定性均不及山西组,含煤性稍差。

煤种以瘦煤和贫煤为主,局部出现焦煤。现西区3个生产矿井均为瘦煤,王村矿东部为贫煤。中深部煤种按分布可分为3个地段:安里、王庄以西属贫煤区;安里至金水沟之间的地段是瘦煤分布区,其内有零星的焦煤;金水沟以东属贫煤区。

2.1.3 顶底板条件

1. 3号煤层

直接顶板分为两类:一类为砂质泥岩和粗、细粉砂岩,深灰或黑灰色,含较多茎、叶植物化石及黄铁矿结核,裂隙不发育,厚度一般为1~3 m,也有大于4 m的,厚度变化受上覆中粒砂岩冲刷的影响较大;另一类为砂岩,以中粒为主,部分为细粒,呈灰或灰褐色,泥质或泥钙质胶结,较坚硬,具裂隙。直接底板多为深灰色细粉砂岩或砂质泥岩。3号煤层顶板岩石物理力学性质试验结果见表2-3。

2. 4号煤层

顶板岩石组合随基本顶砂岩发育情况变化,在砂岩很薄或粉砂岩中夹砂岩薄层的地段,直接顶板由细粉砂岩、砂质泥岩或粗粉砂岩夹砂岩薄层组成。在砂岩发育的地段可分两种情形:一是细粉砂岩为煤层直接顶板,砂岩为基本顶;另一种是砂岩直覆于煤层之上,有的与煤层有冲刷关系。该砂岩为灰色,细或中粒,泥质或泥钙质胶结,较坚硬,具裂隙。少数孔见0.13~0.5 m的炭质泥岩伪顶。

直接底板为砂质泥岩及粉砂岩,厚度一般为3~5 m,由于本煤层与5号煤层的间距变化较大,岩性组合不一,间距较大处变化较大。

表 2-2 澄合矿区煤层特征一览表

层号	厚度/m 最小-最大 一般	结构(夹矸 层数)	发育地区及可采情况	层位	间距及变化	对比可靠程度
1	$\frac{0-0.78}{0.30}$	0	西部及合阳以北 发育不可采	$K_{中}$	4~8 m, 一般 6 m (稳定)	较差
2	$\frac{0-1.09}{0\sim 0.40}$	0~2	西部及合阳以北 发育不可采	$K_{岩}$	10~27 m, 一般 16 m (有变化)	较差
3	$\frac{0-3.03}{0.80}$	0~2	西部发育, 仅安里 附近可采	山	西部 $\frac{0.5\sim 4\text{ m}}{1\text{ m}}$, 东部	较可靠
3号单层	0~1.84		西部发育, 不可采, 东部零星发育	西 K_4	一般 8 m (变化大)	煤组可靠 单层较差
4	$\frac{0-3.56}{1.00}$	0~2	西部薄, 不可采; 东部 厚, 可采, 较稳定	K_{4-1} K_3	1~20 m, 与 K_4 砂岩 发育有关 (变化大)	东部可靠, 西部较可靠
5	$\frac{0.40-10.54}{4.00}$	0~4	全区发育及 可采, 较稳定		西部 1 m, 东部 4~9 m, 一般 5 m	
6	$\frac{0-2.06}{0.70}$	0~1	大部地区发育 仅东部局部可采		1~12 m, 一般 6 m (稳定)	可靠 较可靠
7	$\frac{0-2.62}{0.40}$	0~1	局部发育, 大部不可采		1~12 m, 一般 3 m (变化大)	较可靠
8	$\frac{0-1.48}{0.40}$	0~1	零星发育, 不可采	$K_{2上}$	一般 5~6 m	较差
9	$\frac{0-1.11}{0.30}$		全区发育 厚度稳定, 但不可采	太 原	$K_{2下}$	可靠
10	$\frac{0-7.39}{0.7-2.0}$	0~4	全区发育仅西部 部分地区可采	组 下层石 英砂岩	由西而东逐渐加大 (0.2~9 m)	可靠
10 _下	$\frac{0-11.02}{-0.50}$	0~7	全区发育仅西部 部分地区可采		1~2 m	煤组可靠 单层较差
11	$\frac{0-4.55}{0.60}$	0~2	仅东部部分地区发育, 大部不可采		仅东部有 11 号煤, 7 m 左右	较差

表 2-3 3 号煤层顶板岩石物理力学性质试验结果

相对密度	重度/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗压强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	抗剪强度/ MPa	内摩擦角	普氏系数
2.64	25.87	2378	—	1306	$10^{\circ}18'$	3.56

3. 5 号煤层

直接顶板分为粉砂岩和砂岩两类。粉砂岩包括粗、细粉砂岩及砂质泥岩、泥岩，就全矿区来说此类顶板的分布范围较大。粉砂岩多为深灰、黑灰色，含较多的云母和植物化石碎片，时夹细粒砂岩薄层，具水平、缓波状层理或层理不显，裂隙不发育，但易破碎，俗称“五尺渣”。砂岩顶板主要分布在县西河附近，其他地段呈零星小块分布。此类顶板一般为中粒砂岩，沿层面含较多云母片和炭屑，具斜层理和斜波状层理，泥质和泥钙质胶结，比较坚硬，厚度较大，有的达 20 m。砂岩顶板较易管理，一般不需密集的支架支护。由岩石物理力学试验可知，抗压强度为 4143 ~ 8102 MPa，抗剪强度为 939 ~ 1194 MPa，抗拉强度为 429 MPa。另外在少数孔见炭质泥岩伪顶。

直接底板分为粉砂岩和石英砂岩两类。粉砂岩包括砂质泥岩及泥岩，为深灰色，近煤层处含大量的植物根化石，往下逐渐减少。此类底板厚度多在 1 m 左右，层薄处下方为石英砂岩或硅质粉砂岩。石英砂岩直接底板主要分布在安里、王庄附近和合阳县城两侧，厚度一般小于 1 m，少数层厚能达 4 m。该类底板的主要特点是坚硬。由岩石物理力学试验可知，抗压强度为 2439 ~ 3643 MPa，抗拉强度为 102 MPa。5 号煤层顶底板岩石物理力学性质试验结果见表 2-4。

表 2-4 5 号煤层顶底板岩石物理力学性质试验结果

煤层 层位	岩石 名称	相对 密度	重度/($\text{kN} \cdot$ m^{-3})	抗压强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	抗剪强度/ MPa	内摩 擦角	普氏 系数
5 号煤层顶板	中粒砂岩	2.70	26.46	7102	507	2245	$27^{\circ}33'$	7.99
5 号煤层底板	粉砂岩	2.68	26.264	2031	—	1531	$14^{\circ}02'$	3.34

4. 10 号煤层

直接顶板分石灰岩和石英砂岩两类。石灰岩包括泥灰岩，分布最广，厚度为 0.20 ~ 5.01 m，多数在 2 m 左右，有时在石灰岩与煤层之间夹一薄层炭质泥岩或砂质泥岩构成伪顶，少数孔达 1 m 左右。石英砂岩顶板分布于县西河两侧，厚度变化很大，范围在 1.55 ~ 25.32 m。通过分析可知这两类岩层与煤层是冲刷关系。

直接底板：本煤层底板岩性受 10 号煤之下至奥陶系石灰岩之间一段的沉积环境和古地形控制。在侵蚀凹陷处，10 号煤与铝质泥岩之间有一套湖沼棚沉积，故底板为粉砂岩或炭质泥岩。当 10 号煤沉积在铝质泥岩上，该底板一般具有可塑性，遇水易膨胀。

由岩石物理力学性质试验可知，抗压强度：石灰岩为 2571 ~ 11204 MPa，石英砂岩为 12735 MPa；抗拉强度：石灰岩为 327 ~ 363 MPa，石英砂岩为 1071 MPa。