

国家自然科学基金项目 (51574154、51474137) 资助出版
山东科技大学学术著作出版基金资助出版

浅埋煤层弱胶结顶板破断 演化规律及保水开采评价

Qianmai Meiceng Ruojiaojie Dingban Poduan
Yanhua Guilv Ji Baoshui Kaicai Pingjia

宁建国 谭云亮 刘学生 王 俊 著

非
外
借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目(51574154、51474137)资助出版

山东科技大学学术著作出版基金资助出版

浅埋煤层弱胶结顶板破断 演化规律及保水开采评价

宁建国 谭云亮 刘学生 王 俊 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以鄂尔多斯地区高家梁煤矿地质及开采条件为背景,采用室内试验、现场探测、数值模拟与理论分析等综合研究方法,开展浅埋煤层弱胶结顶板破断规律研究,探讨了浅埋煤层保水安全开采评价方法,系统介绍了作者多年来在浅埋煤层保水开采理论与实践方面的研究成果。本项研究可以为我国西部浅埋弱胶结顶板煤层保水安全开采评价提供理论支持。全书主要内容有:绪论、矿井概况及工作面概述、浅埋煤层弱胶结岩体细观结构探测、浅埋煤层弱胶结顶板破断演化规律、浅埋煤层弱胶结顶板破断结构力学分析、浅埋煤层工作面保水开采评价方法。

本书可供采矿、地下工程、冶金、水电、矿建等领域科技人员和现场工程人员,以及高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

浅埋煤层弱胶结顶板破断演化规律及保水开采评价/

宁建国等著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2017. 5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3473 - 5

I. ①浅… II. ①宁… III. ①薄煤层—顶板岩层—岩石破裂—研究②薄煤层采煤法—评价 IV. ①TD823. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 055349 号

书 名 浅埋煤层弱胶结顶板破断演化规律及保水开采评价

著 者 宁建国 谭云亮 刘学生 王 俊

责任编辑 何晓明

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 787×960 1/16 印张 8 字数 210 千字

版次印次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定 价 29.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

煤炭是我国的基础能源和重要原料。煤炭工业是关系国家经济命脉和能源安全的重要基础产业。在我国一次能源结构中,煤炭将长期是主体能源。《煤炭工业发展“十三五”规划》中明确提出:“煤炭占我国化石能源资源的90%以上,是稳定、经济、自主保障程度最高的能源。煤炭在一次能源消费中的比重将逐步降低,但在相当长时期内,主体能源地位不会变化。”然而,我国东中部矿井经过长期大规模高强度开采,煤炭资源已逐渐枯竭;西部广泛赋存着浅埋的侏罗纪煤田,其储量十分丰富、煤质优良、构造简单。今后我国煤炭开发总体布局是压缩东部、限制中部和东北、优化西部。

与东中部矿区相比,西部矿区具有煤层埋藏深度较浅、基岩厚度薄、地表覆盖松散层厚度大等典型特点,煤系岩层成岩时期较晚,主采煤层上方以胶结性较差的砂质泥岩为主,煤层开采后覆岩破断结构及演化规律与东中部矿区明显不同,在东中部矿区煤层开采中积累的工作面支护理论与技术已不再有效。另外,虽然西部地区资源丰富,开采条件好,但其地表生态环境脆弱,地下水资源主要位于地表及浅部主采煤层附近,煤层开采后,易导致地表及地下潜水流失,破坏地表生态系统,土地沙化严重。因此,构建“西部浅埋煤层开采顶板支护及保水开采评价”理论与技术体系,对于指导浅埋煤层工作面安全开采、保障地表生态环境意义重大。

本书集中体现笔者多年来在浅埋煤层保水开采理论与实践方面的研究成果,共分为6章:第1章为绪论(由宁建国执笔),介绍了浅埋煤层开采顶板破断结构及保水开采研究现状;第2章为矿井概

况及工作面概述(由宁建国、王俊执笔),主要介绍了西部典型矿井工作面开采及地质条件;第3章为浅埋煤层弱胶结岩体细观结构探测(由宁建国、王俊执笔),重点介绍了西部矿井不同沉积构造的弱胶结岩体细观结构、矿物成分与宏观力学参数;第4章为浅埋煤层弱胶结顶板破断演化规律(由王俊执笔),重点介绍了西部典型矿井工作面开采顶板来压规律,通过数值模拟和相似模拟,探讨了浅埋煤层群开采顶板破断结构演化规律;第5章为浅埋煤层弱胶结顶板破断结构力学分析(由宁建国、刘学生执笔),重点介绍了浅埋煤层顶板破断结构模型,并提出了浅埋煤层工作面合理支护强度;第6章为浅埋煤层工作面保水开采评价方法(由刘学生执笔),重点介绍了浅埋煤层保水开采影响因素,并基于浅埋煤系地层特点提出了浅埋煤层保水开采评价方法。

在将此书奉献给采矿界广大同仁之际,需要说明的是本书引用众多专家、学者的成果,在此一并深表感谢。还要感谢顾清恒、史新帅、胡浩、卜滕滕、姜宁、邱鹏奇、王军、徐强等硕士研究生为本书奉献的辛勤劳动,感谢胡善超博士对本书文字的审核和修改。

由于作者水平有限,难免有错误之处,敬请读者给予批评指正。

宁建国

2017年2月于青岛

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 研究内容和技术路线	15
2 矿井概况及工作面概述	17
2.1 矿井概况	17
2.2 矿井地质条件概述	20
2.3 20107 与 20307 工作面概述	34
3 浅埋煤层弱胶结岩体细观结构探测	37
3.1 现场取样地点及方案	37
3.2 试验方法及设备	39
3.3 弱胶结岩体细观结构及矿物成分	42
3.4 弱胶结岩体物理力学参数	47
3.5 浅埋煤层覆岩细观结构及矿物成分对宏观力学性能的影响	55
3.6 本章小结	58
4 浅埋煤层弱胶结顶板破断演化规律	59
4.1 浅埋煤层工作面支架支护阻力变化规律	59
4.2 浅埋煤层工作面覆岩破断规律相似材料模拟	64
4.3 浅埋近距离煤层群覆岩破断规律数值模拟研究	71

5 浅埋煤层弱胶结顶板破断运动规律	83
5.1 浅埋煤层弱胶结顶板破断结构模型概述	83
5.2 弱胶结顶板须控范围及初次垮落分析	86
5.3 弱胶结顶板周期垮落分析	89
5.4 工作面支架-围岩关系	94
5.5 合理支护强度	98
5.6 本章小结	101
6 浅埋煤层工作面保水开采评价方法	102
6.1 浅埋煤层保水开采概况	102
6.2 浅埋煤层保水开采影响因素	103
6.3 浅埋煤层保水开采方法	107
6.4 浅埋煤层保水开采评价方法	109
6.5 现场实例	113
参考文献	115

1 绪论

1.1 研究背景及意义

我国富煤、贫油、少气的能源赋存特点决定了煤炭在我国能源供应中的重要地位。全球范围已探明煤炭资源储量占化石能源的 55%，而我国煤炭占化石能源比重高达 94%。从消费总量上看，我国煤炭消费增长是世界煤炭增长的主要动力。2013 年，我国煤炭消费量 36.5 亿 t，较 2005 年增加 13.3 亿 t，年均增长 5.8%，占世界煤炭消费量的 50.3%，占世界 1980 年以来煤炭消费增量的近 80%。从能源结构上看，我国煤炭消费量占一次能源消费量的 65.7%，高出世界目前平均水平近 40%。我国能源赋存特点及立足国内的能源战略方针决定了未来较长一段时期内煤炭仍将是我国重要的基础能源。

我国西部广泛赋存着浅埋的侏罗纪煤田，其储量十分丰富，约占全国煤炭探明可采储量的 1/4 以上，因可采煤层多、煤层厚、煤质优良、构造简单、开采技术条件优越而为世人瞩目，在我国能源发展战略中具有重要地位，是西部大开发乃至全国经济发展的能源基础。《国家能源局关于促进煤炭工业科学发展的指导意见》(国能煤炭〔2015〕37 号)中提出：“按照‘控制东部、稳定中部、发展西部’的总体要求，依据煤炭资源禀赋、市场区位、环境容量等因素优化煤炭开发布局。今后一段时期，东部地区原则上不再新建煤矿项目；中部地区(含东北)保持合理开发强度……西部地区加大资源开发与生态环境保护统筹协调力度……”

与东部矿区相比，西部矿区具有煤层埋藏深度较浅(一般 100~150 m)、基岩层厚度薄、地表覆盖松散层厚度大等典型特点。煤系岩层成岩时期较晚，主采煤层上方以胶结性较差的砂质泥岩为主，如图 1-1 所示。另外，西部地区地

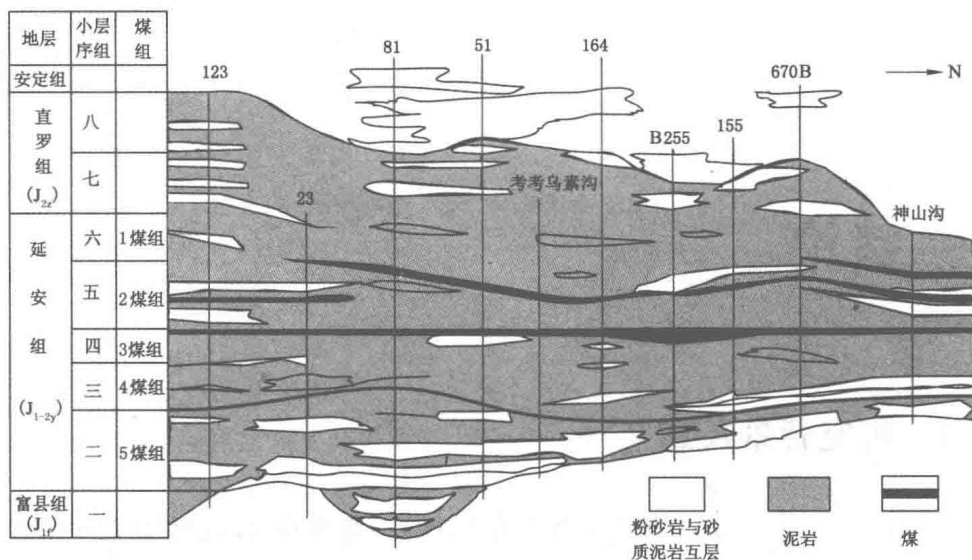


图 1-1 鄂尔多斯地区侏罗纪煤系地层分布

下水资源主要位于地表及浅部主采煤层附近,对西部脆弱的地表植被生长起着至关重要的作用,也是影响开采区生态环境的关键因素。西部矿区浅埋工作面开采后,普遍存在煤层上覆岩层破断后直接波及地表,导致地表及地下潜水流失、地表生态系统破坏、土地沙化严重等现象。因此,对于西部矿区,煤层保水开采防治水害与保护地表(下)水源开采俨然已成为一对相互矛盾的问题。

制约浅埋煤层保水安全开采的根本原因是对煤层开采覆岩破断规律缺乏深入的认识,特别是对于西部普遍存在的弱胶结顶板破断规律及其裂隙导通性还不清楚。因此,开展西部矿区浅埋煤层覆岩破裂演化规律及保水开采评价研究既具有重要的理论研究意义,又具有实际应用价值。

本书以鄂尔多斯地区高家梁煤矿地质及开采条件为背景,采用室内试验、现场探测、数值模拟与理论分析等综合研究方法,开展了浅埋煤层弱胶结顶板破断规律研究,探讨了浅埋煤层保水安全开采评价方法。首先,使用 SEM 和 MTS 伺服试验机研究浅埋弱胶结砂质泥岩细观结构和成分及其对砂质泥岩力学性能的影响;其次,采用现场观测和数值模拟的方法研究浅埋工作面覆岩破断运动演化规律,构建浅埋弱胶结顶板破断结构模型,推导工作面导水裂隙

带分布及对演化规律进行探测;最后,建立浅埋煤层开采覆岩裂隙导通性评价方法,研究一次及多次采动时覆岩裂隙导通性、近距离煤层间隔岩层导通性和断层对覆岩裂隙导通性的影响。该项研究可以为我国西部浅埋弱胶结顶板煤层保水安全开采评价提供理论支持。

1.2 国内外研究现状

对于浅埋煤层的定义,不同的专家学者给出了不同的概念,其中比较有代表性的如下:

(1) 1998年,在中国岩石力学与工程学会第五次学术大会上,黄庆享、石平五教授等首次概括了浅埋煤层的定义:① 赋存特征——埋藏浅,一般不超过100 m;② 基本顶岩层的结构特征——工作面基本顶为单一关键层结构类型,基本顶关键层上部岩层直至地表均为载荷层,关键层的破断运动直接波及地表,表现为顶板岩层由工作面至地表的整体切落;③ 顶板结构稳定性——顶板破断后的岩块不易形成稳定的砌体梁结构,基岩厚度与载荷层厚度之比小于1。

(2) 2002年,黄庆享教授在总结前期研究成果的基础上,根据实测结果将浅埋煤层分为两类:① 基岩比较薄、松散载荷层厚度比较大的浅埋煤层,其顶板破断为整体切落形式,易出现顶板台阶下沉现象,称为典型的浅埋煤层;② 基岩比较厚、松散载荷层厚度比较小的浅埋煤层,其矿压显现规律介于普通工作面与浅埋煤层工作面之间,表现为有两组关键层,存在轻微的顶板台阶下沉现象,称为近浅埋煤层。浅埋煤层可以采用以下指标判定:埋深不超过150 m,基载比小于1,顶板体现单一主关键层结构特征,来压具有明显的动载现象。

(3) 李凤仪博士将神东矿区浅埋煤层工作面矿压观测结果与普通埋深工作面矿压数据对比,从煤层上覆岩层组成、长壁工作面回采覆岩活动规律、煤层埋藏深度三个方面,提出界定浅埋煤层的三个主要指标:① 煤层上覆岩层由薄基岩及松散载荷层组成,基岩厚度30~50 m;② 基岩呈一同步运动的组合岩层(单一关键层),松散载荷层随基岩层移动垮落至地表,顶板来压剧烈,来压时间短,动压现象明显;③ 煤层埋藏深度小于100 m。

(4) 任艳芳认为在长壁开采条件下,确定某一煤层是否为浅埋煤层,关键

在于工作面正常回采阶段上覆岩层能否存在“承压拱”结构,且这个“承压拱”结构是否始终保持稳定。

1.2.1 浅埋煤层开采覆岩运动规律研究现状

例如,印度巴兰布矿开采5号煤层,煤层埋深47.5~50.1 m,基岩为41.2 m厚砂岩(单轴抗压强度为13.96 MPa,单轴抗拉强度为1.32 MPa)。开采期间矿压显现异常,主要特点有:①顶板大面积来压(垮落面积为12 600 m²);②来压强度大,动载系数最大达2.5;③来压速度快,立柱刚性支撑而损坏;④全工作面顶板来压不均(后柱受载高于前柱,工作面中部支架受载高于两端);⑤大块岩石断裂转动,使得支架推向煤壁;⑥顶板来压时地表产生裂缝,地表平均下沉系数平均为0.42。

对于浅埋煤层开采覆岩运动规律,国外普遍认为:在埋深为100 m且基岩较薄、黏土层较厚的条件下,工作面顶板破断角较大且几乎沿采空区边缘垂直断裂;顶板活动剧烈且断裂时出现动载现象;顶板破断期间支架以很快的速度达到甚至超过额定工作阻力,来压迅猛且难以控制;顶板破断会直接影响到地表,从煤层到地表成“瓶塞”状切落,地面下沉速度快。以上规律表明,浅埋煤层与普通埋深工作面直接顶依次垮落及基本顶回转下沉所形成的比较缓和的顶板结构存在明显差异。

也有学者提出了浅埋煤层开采顶板台阶下沉假说,假设上覆岩层为均质材料,顶板以斜方六面体形式沿煤壁斜上方垮落至地表,因此支架所受载荷应考虑整个上覆岩层重力的作用;当有坚硬基本顶时,基本顶在煤壁内破断,支架载荷按控顶区跨度计算上覆岩层全部重量。

再如,神东矿区大柳塔煤矿1203工作面埋深50~60 m,长壁工作面开采,采高3.5~4.0 m,使用YZ3500-23/45型液压支架支护顶板。初次来压期间,工作面中部91 m范围顶板出现大范围台阶下沉现象,其中中部31 m范围顶板台阶下沉量高达1 000 mm,部分支架立柱被压死,并出现溃沙现象,大量地面风积沙进入机尾。周期来压时,不少支架的立柱因动载强烈而出现胀裂,支架损坏严重。

我国浅埋煤层广泛分布于神府、东胜煤田,其煤层赋存具有埋深浅、基岩薄、表土覆盖层较厚等特点。因此,国内学者最早通过现场工程实测和实验室相似材料模拟试验,提出了工作面覆岩破断结构模型,如图1-2所示,煤层上

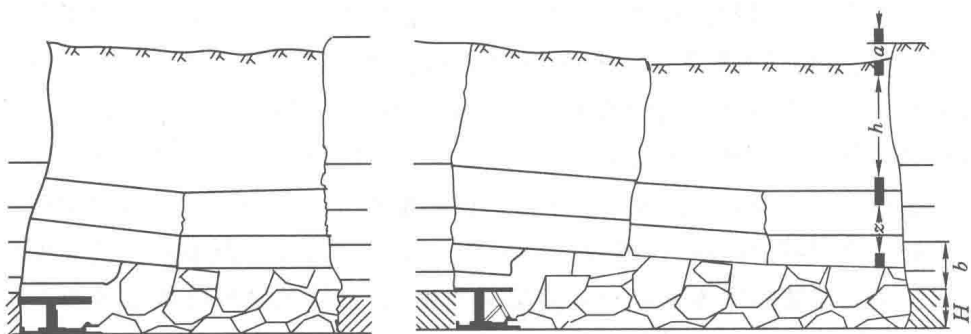


图 1-2 浅埋煤层顶板全厚切落形式

覆基岩全厚切落。基于浅埋煤层复合关键层理论建立了判别浅埋煤层覆岩是否全厚切落的条件:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \rho_i g h_i}{\sum_{i=n+1}^m \rho_i g h_i + q} \times \frac{\sum_{i=n+1}^m E_i h_i^3}{\sum_{i=1}^n E_i h_i^3} \leq 1 \quad (1-1)$$

式中 ρ_i ——第 i 岩层的密度, kg/m^3 ;
 h_i ——第 i 岩层的厚度, m ;
 E_i ——第 i 岩层的弹性模量, Pa ;
 q ——地表松散层(风积沙)载荷, kg ;
 m ——从第一层基本顶算起的岩层总层数;
 $n+1$ ——第二层关键层;
 n ——第二层关键层之下的岩层层数。

有研究认为:我国西部浅埋煤层覆岩松软、微裂隙发育、软弱层(如泥岩层)多、整体强度低,浅埋煤层采动形成的顶板结构和来压特征与普通埋深煤层存在明显的区别,难以形成稳定结构,表现出明显的动压和台阶下沉特性。由此提出了薄基岩浅埋煤层的顶板“台阶岩梁”结构,建立了顶板破断后台阶下沉的判据,并给出了台阶下沉量的计算式。而有些研究则认为:基岩厚度小于 60 m 时,顶板破断形式为台阶下沉,并引起地表的相应下沉;基岩厚度小于 35 m 时,会出现顶板的整体垂直切落,造成地面突垮;随着基岩厚度的增加,顶板来压步距逐步增加,顶板垮落与地表下沉越来越缓和;基岩厚度大于 60 m 时,顶板来压不再出现台阶下沉,地面下沉量较小。

众多专家学者根据具体的工程实践,采用不同的力学分析方法,借助各种模拟监测手段,对浅埋煤层顶板关键层结构运动开展了深入研究。将浅埋煤层覆岩关键层结构类型划分为单一关键层和多层关键层结构。其中,单一关键层又可分为厚硬单一关键层结构、复合单一关键层结构和上煤层已采单一关键层结构三种类型。浅埋煤层单一关键层结构完全控制了上覆基岩与砂砾岩层的运动,基岩与砂砾岩层的运动随着主关键层的破断出现相应的周期性变化。关键层破断块体承担的载荷层厚度大,是导致关键层破断块体滑落失稳的主要原因之一。浅埋煤层开采过程中采空区顶板悬露面积大,当弯曲应力值超过其强度极限时,将出现断裂裂缝或使原生的微裂缝隙扩展,并断裂演化直至动力失稳破坏。从时空过程分析,采空区的失稳破坏可分为两个阶段:① 岩层在重力和冲击荷载作用下的从微观到宏观不断演化发展的断裂、离层阶段;② 断裂后冒落及动力冲击失稳阶段。

对于近距离浅埋煤层群开采,有学者将煤层群覆岩关键层结构分为上煤层已采单一关键层(包括厚硬和复合单一关键层两种)、上煤层已采无典型关键层结构和上煤层已采多层关键层结构三类四种。结合长壁开采岩层移动特点,建立了浅埋煤层开采时和采后的力学模型,分析研究了厚煤层分层重复开采和煤层群重复开采岩层移动的规律,指出了煤层群重复开采“活化”以层间距为零时最大,随层间距的增大而减小,但“活化”系数的递减速度较层间距的增加速度要缓慢得多。而有的学者对重复条采时上层煤柱应力变化及其稳定性进行了试验研究,当下煤层开采通过邻近上煤层所留设煤柱对应位置时,留设煤柱所承受的载荷最大,在回采过程中可产生很大的应力释放,导致上覆岩层有大范围的离层,并由此引发地表大面积沉陷。也有学者建立了飓风冲击理论预测模型,分析预测了浅埋煤层开采顶板整体切落时呈现的采空区飓风灾害程度。

在地形地貌对浅埋煤层开采影响方面,有学者研究了冲沟采动坡体不同采动活动时基岩型和沙土质型煤层工作面覆岩运动规律,认为坡角越大、基岩厚度越小,采动坡体的“多边块”铰接结构就越易滑落,并对冲沟坡体进行了采动敏感性分类。也有学者揭示了过沟谷地形时下煤层顶板关键层结构失稳机理,指出上坡时活柱急剧下缩、片帮冒顶严重、地面台阶大等动载矿压明显,而其他地段一般不会出现动载矿压,且动载程度随沟深加大而增强,沟谷上坡段坡角越大、采高越大、层间距越小,越易发生动载矿压。沟坡走向投影线与工

工作面推进方向夹角越小,沿沟谷地形倾向开采,工作面过沟谷地形上坡时越易发生动载矿压。沟谷地形覆岩主关键层被侵蚀缺失是引起工作面动载矿压的根本原因。而有的学者对山体下浅埋煤层开采覆岩活动规律及矿压显现进行了研究,指出了山体浅埋煤层条件下基本顶初次断裂具有不对称性,周期来压步距随埋深变化较大,提出了应力变化梯度和载荷系数的概念,并将研究成果应用于工程实践。

综上所述可知,当前有关浅埋煤层开采覆岩运动规律及破断结构研究较多,但对于西部普遍存在的弱胶结顶板破断规律以及工作面开采覆岩动压冲击产生的机理还需深入研究。

1.2.2 浅埋煤层工作面支架-围岩关系研究现状

例如,巴兰布矿5号煤P-1首采工作面,开采深度40~55 m,煤厚平均2.41 m,倾角 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。上覆岩层从下向上依次为:薄层页岩平均厚0.24 m,比较稳定;砂岩平均厚41.5 m,RQD平均为62.4%~77%,个别分层RQD达100%,RMR为48%,单向抗压强度为3.22~13.96 MPa,单向抗拉强度为0.91~1.32 MPa;表土层平均厚9.5 m,底板为砂岩及砂页岩。在工作面推采过程中,上覆岩层两次垮至地表,顶板大面积垮落,活柱急速下缩,工作面矿压显现剧烈,使工作面中部部分支架被压死并遭破坏。其根本原因在于:对浅埋煤层工作面支架-围岩关系不清楚,缺少浅埋煤层工作面支架工作阻力计算方法。

20世纪90年代初,我国西部浅埋煤层开发初期对厚松散风积沙表层薄基岩浅埋煤层覆岩活动规律认识不足,导致当时支架工作阻力估算偏小,当工作面来压时不少支架的立柱因受力过猛而发生胀裂,造成压架事故。随后我国许多学者开展了浅埋煤层工作面“支架-围岩”关系方面的研究。有的学者基于“砌体梁”结构理论建立了浅埋煤层基本顶切落的短块“砌体梁”结构模型,提出了风积沙的载荷传递系数的概念,并据此提出了浅埋煤层工作面支架阻力计算公式;他们认为,浅埋煤层工作面关键层载荷层厚度大(直达地表),但并非所有载荷层的重量都传递于基本顶岩块,作用于基本顶岩块的载荷不能简单取 $P_{01}=\rho g(h+h_1)l_{01}$ 。鉴于载荷层为地表松散层,顶板岩块载荷的构成如图1-3所示。对于浅埋煤层工作面支架额定工作阻力较高时,工作面矿压显现不明显,有学者建立了相应的液压支架受载力学模型。

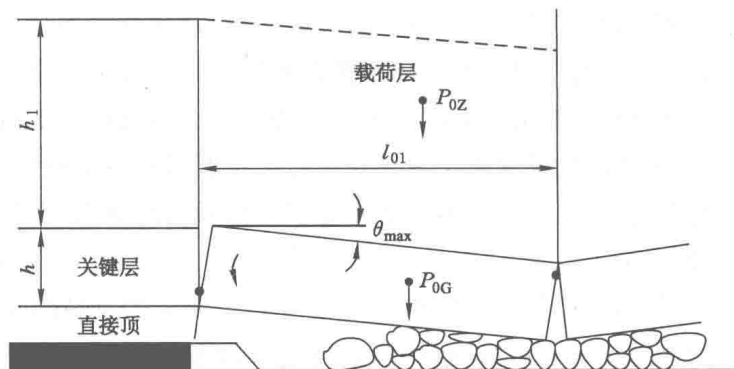


图 1-3 浅埋煤层支架荷载计算图

随着实践的不断推进,浅埋煤层综采工作面的液压支架额定工作阻力不断提高,目前大部分额定工作阻力在 8 000 kN/架以上,最大的甚至超过 16 800 kN/架。液压支架在综采工作面装备中占有重要份额,约占工作面总投资的 2/3,因此,液压支架选型既牵涉到工作面安全,又影响生产效益,是浅埋煤层采煤方法中的关键要素。

采煤工作面支架阻力的确定受控于顶板运动,特别是基本顶的断裂、回转等运动。同时浅埋深长壁工作面合理支架选择不仅与煤层赋存等客观地质条件有关,还与采高、工作面长度、工作面推进速度等人为可控因素有关。煤层工作面支架可以限定基本顶的下沉量,还可以改变基本顶的运动状态并直接影响采高,而改变采高其实是改变了顶板破断后岩块在回转失稳状态下的回转量,然而在一定程度上降低采高并不一定能实现工作面安全,只有合理的采高才能保证基本顶破断后形成铰接体系的稳定性。采高对承压拱结构的临界高度及结构稳定性影响十分显著,当采高达到一定值后,上覆岩层中不能形成稳定的承压拱结构。采高在单一关键层中影响系数为 1.3,而在组合关键层中影响系数为 0.92。工作面长度对承压拱结构的稳定性具有很大影响,当工作面达到一定临界长度时,再加长工作面则对覆岩结构稳定性影响程度降低。当推进速度较快时,上覆岩层在基本顶破断初期并不附着在其上同步下沉,而是在滞后回采空间一定距离后才发生下沉运动,这保证了工作面支架在推进过程中不用承担上覆岩层全部重量,而只需承受基本顶周期性断裂岩块失稳所形成的载荷。工作面基本顶最大周期下沉量对确定工作面采高及支架最小可缩量具有重要作用。如果能使工作面来压滞后基本顶断裂,避免初次大面

积来压,可以在一定程度上“甩掉”工作面来压的不利影响,对开采松散表土坚硬薄基岩浅埋煤层中避免发生压架、溃沙事故具有良好的效果。

国内学者还研究了在刀柱采空区下极近距离煤层进行长壁开采时的矿山压力显现特征、支架-围岩控制关系、回采巷道布置特点及支护方式,针对房柱式采空区下煤层开采条件,将一定采高范围内覆岩简化成叠合梁结构,发现了上下位悬臂梁失稳的不同周期性是导致周期来压不等距和来压强度不等强性的主要原因。

事实上,同样是浅埋煤层,由于覆岩岩性、结构组合关系的不同,工作面支架所需的支护阻力也不同。对于西部矿区而言,目前对于浅埋煤层矿压显现规律已基本掌握,但工作面支架工作阻力合理确定的问题仍然没有完全解决,同时,在支架额定工作阻力达 12 000 kN 时,工作面强烈的矿压显现仍时有发生,对矿井的安全生产构成了威胁,需要对此类问题进行深入研究。

1.2.3 浅埋煤层开采导水裂隙带发育与保水开采研究现状

长壁工作面开采后,上覆岩层会形成三个不同区域:垮落带、裂隙带和弯曲下沉带,如图 1-4 所示。

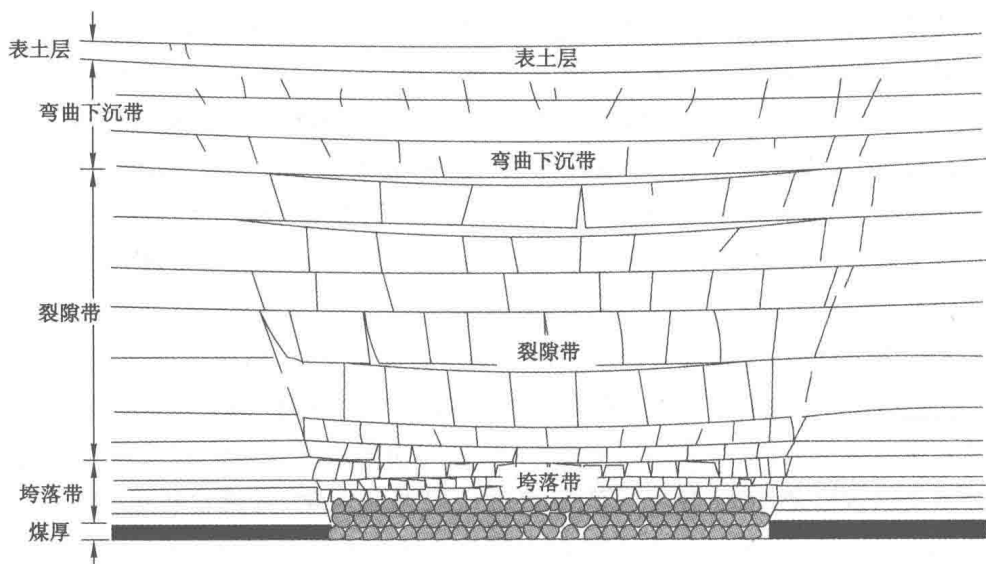


图 1-4 长壁开采引起的上覆岩层移动

煤层开采后,随着工作面的推进,直接顶在采空区垮落。直接顶破碎成不

规则的形状,直到垮落的岩层有足够的高度支撑基本顶。岩层垮落后有效孔隙度和容纳空间大大高于原有空间,煤层上方2~8倍垮落带中的水全部流入采空区内。裂隙带位于垮落区之上,岩层断裂成规则的块段,岩层存在弱面分离而出现水平裂缝,而岩层的相互分离出现弯曲,导致了垂直和水平渗透系数的增大以及岩层蓄水能力的降低。较低的破碎地层垂直和水平渗透系数通常大于上层,这一区域的水位往往由于重力沿横向的离层区域流到垮落区域。

表土层-岩层破裂区包括两种类型的裂缝:一种是因地质活动(如体积收缩、温度变化和沉降量)引起的构造应力而产生的原有表面裂纹,在本研究区域它延伸到地表15 m以下;另一种是引起地表塌陷的二次裂纹,引起下沉的深度和裂纹的模式取决于岩体自身性质和上覆岩层厚度。

在断裂区和地表之间是连续变形区,在此区域的地层变形轻微,没有裂隙。地下水沿层床水平流动,岩石的渗透率变化很小,因此只有非常少的水渗流到了下部地层。

浅埋煤层开采遇到的采动损害是采动导水裂隙带的发育高度和地下水资源的破坏与工作面涌水溃沙事故的主要原因。西部矿区大多地处毛乌素沙漠与黄土高原丘陵沟壑区的过渡地带,属于干旱半干旱地区,常年蒸发量大于年降雨量。沙漠覆盖层之下、基岩之上第四系的萨拉乌苏组含水层蕴藏着宝贵的潜水,对脆弱的地表植被生长起着关键作用。同时,该含水层水量丰富,矿化度小于0.5 g/L,是西部沙漠草滩地东缘地区居民生活和工业优质用水水源,也是矿区唯一的含水层。潜水水位接近地表或溢出地表时,不仅可以促进植物的生长,而且由于土的含水量较大,风难以吹起沙尘,对减少水土流失具有一定的积极作用,环境质量比较好;当潜水水位降低到草本植物及灌木、乔木植物直接或间接(通过毛细现象)吸收的位置时,环境质量往往比较好;当潜水水位继续降低,或致部分草本植物因缺水而逐渐死亡,但耐旱酷热的草本植物仍能残存,而对根系较为发达的灌木也没有大的影响;当水位持续下降,则灌木也难以幸免,乔木植物也会死亡,此时即使仍有未死掉的残艾野草,也抵挡不住风沙侵袭,因而最终导致环境质量的彻底恶化,荒漠化扩大就不可避免。所以,加强地下水环境保护(即保持地下潜水水位不降低),对预防西部矿区荒(沙)漠化具有十分重要的作用。但是由于煤层顶板基岩一般比较薄,随着矿区大规模的开发,采动裂隙将直接影响和波及该含水层,造成水源地的直接破坏,并导致原来接受该含水层补给的井泉、河流和水库干涸,加剧了地表