

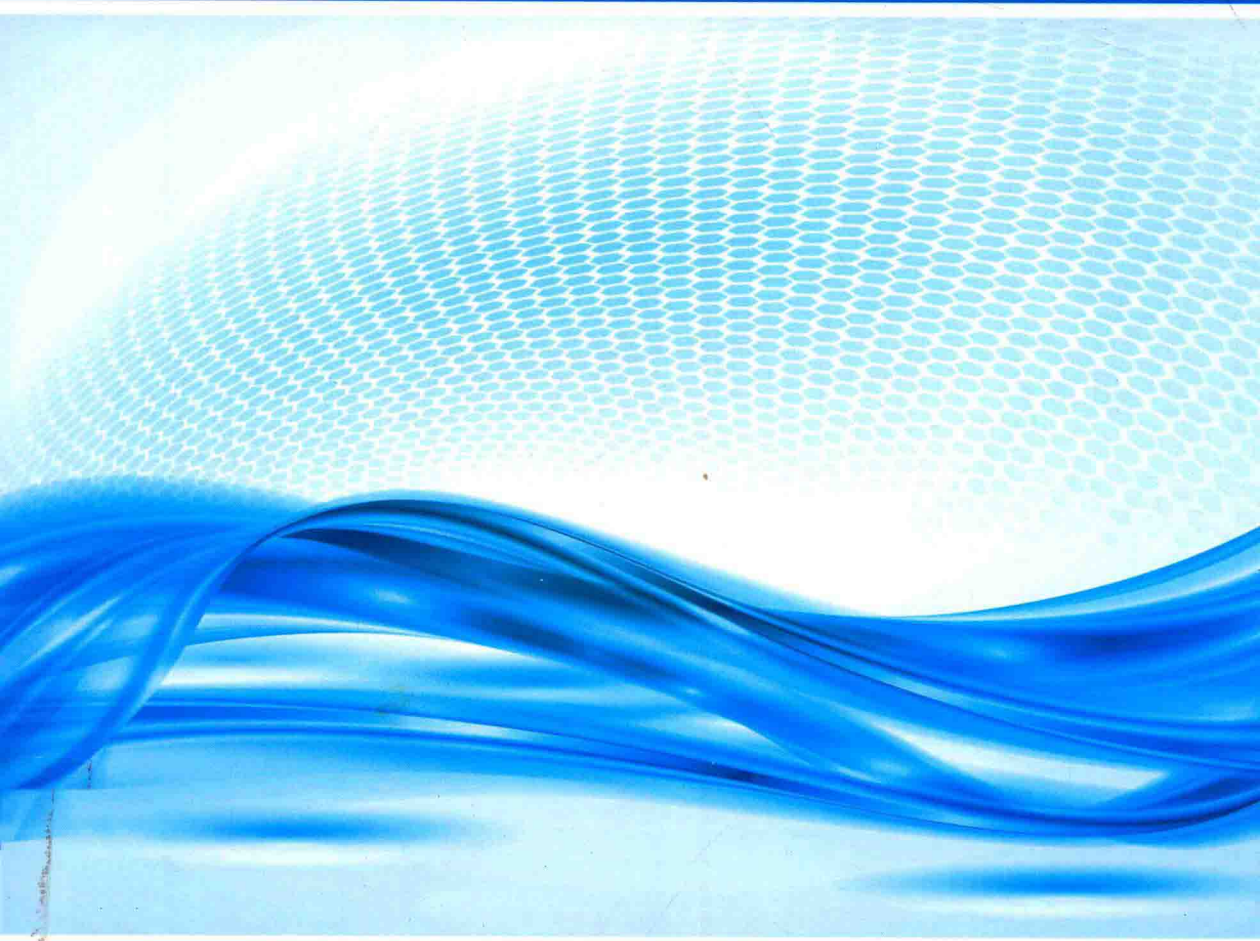
Meixi Yanrong Hanshuiceng

Zhujiang Gaiqiao Canshu Youhua Yanjiu

安徽省高校自然科学研究重大项目(KJ2016SD19)资助

煤系岩溶含水层 注浆改造参数优化研究

周盛全 宋朝望 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

安徽省高校自然科学研究重大项目(KJ2016SD19)资助

煤系岩溶含水层注浆改造 参数优化研究

周盛全 宋朝望 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在分析了目前的注浆理论、注浆材料和注浆方法基础上,通过理论分析、试验研究、数值建模计算等方法对研究区开展浆液配比、注浆参数优化研究。利用优化后的注浆参数进行现场试验,通过分析注浆前后钻窝出水量、浆液扩散半径和钻孔揭示等检验手段,证明优化后的注浆参数的准确性;通过分析各种注浆效果检验方法的原理和特点,提出对煤系岩溶底板注浆改造效果检验的最佳方法为“钻探—物探一体化法”,该评价方法为注浆改造效果检验提供指导意义。

本书可供从事岩土与地下工程专业科研、设计和施工的科技人员参考,也可作为相关专业研究生和教师的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

煤系岩溶含水层注浆改造参数优化研究/周盛全,

宋朝望著. —徐州:中国矿业大学出版社,2017.7

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3483 - 4

I. ①煤… II. ①周… ②宋… III. ①矿山水灾—灾害防治—灌浆—参数最优化—研究 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 055344 号

书 名 煤系岩溶含水层注浆改造参数优化研究

著 者 周盛全 宋朝望

责任编辑 杨 洋

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 9 字数 225 千字

版次印次 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

高效高产是我国煤炭行业发展的方向,也是当今世界上所有发达国家先进煤炭开采水平的一个标志。近年来,随着我国许多矿山浅部煤层开采完毕,逐渐进行深部煤层的开采,采煤综合条件变得极其复杂,在主要产煤地的华北,有数十个矿区受到灰岩岩溶水的影响,煤矿经常发生突水事故。注浆改造煤层底板含水层,无疑是解决突水事故最好的方法之一。注浆使本来强含水层变成弱含水层,或者成为隔水层,消除或降低岩溶突水的发生。

煤系岩溶含水层注浆是一项复杂的隐蔽工程,它的渗流过程和注浆效果是岩体结构特征、岩溶承压水特性、浆液性质以及注浆工艺等方面共同作用的结果。本书在分析了目前的注浆理论、注浆材料和注浆方法基础上,通过理论分析、试验研究、数值建模计算等方法对研究区开展浆液配比和注浆参数优化研究,取得的主要成果有:

通过对研究区内煤层底板的地层岩性和井巷揭露资料的研究,采用趋势面分析法,确定 6(10)煤底板隔水层分布规律;利用分形理论和断裂分维值定量评价底板岩体断裂发育程度,并在此基础上将煤层底板岩体结构划分为完整结构、块裂结构、碎裂结构和松散结构;在系统分析研究区太原组上段灰岩岩性以及岩溶裂隙发育特征的基础上,分析钻孔出水量与注浆量之间的关系,建立了四类太原组上段灰岩岩溶含水层介质空间结构类型:溶孔—溶管网络型、溶隙—溶孔网络型、裂隙—溶隙网络型和单一裂隙网络型。

注浆浆液配比正交试验表明:采用相同比重的浆液,在相同底板条件下注浆,膨胀土—水泥浆液比普通黏土—水泥浆液的结石率更高,能达到更好的堵水效果;从注浆成本方面考虑,水泥含量少的配比较为适用;从堵水加固效果方面考虑,水泥含量大,对底板加固效果影响较为明显,黏土含量大,浆液的堵水效果较为明显。

研制一种能模拟原位裂隙岩体注浆的试验装置——“多功能地质工程模型试验系统”,并利用该系统进行模拟试验,得到在单一因素条件下地下水动水压力对裂隙岩体注浆的影响权重大于围压对注浆的影响;对地下水动水压力和围压共同作用下的裂隙岩体注浆加固改造进行注浆模拟:承压地下水与注浆浆液两相耦合,使得动水压力提高值达 31%,注浆压力应大于动水压力

与初始目标压力之和。

根据研究区底板太灰岩溶裂隙发育程度、岩体特征建立四类太灰岩溶含水层介质空间结构地质概念模型。考虑地下水水压条件下,利用多物理场耦合软件 COMSOL Multiphysics 对浆液扩散过程进行了数值模拟,分别得出了四种结构类型的浆液扩散距离。

利用优化后的注浆参数进行现场试验,通过分析注浆前后钻窝出水量、浆液扩散半径和钻孔揭示等检验手段,证明优化后的注浆参数的准确性;通过分析各种注浆效果检验方法的原理和特点,提出对煤系岩溶底板注浆改造效果检验的最佳方法为“钻探—物探一体化法”,该评价方法在刘桥一矿 663 工作面注浆改造效果检验中得到了很好的验证。

安徽理工大学地球与环境学院翟晓荣博士、博士研究生沈书豪参与了本书的撰写,在此表示感谢!

作 者

2016 年 12 月

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	2
1.3	研究内容和方法	4
2	矿井煤层底板岩体结构特征和含水层结构类型	7
2.1	矿井地质与水文地质条件	7
2.2	矿区山西组 6(10)煤层底板岩层结构特征	11
2.3	太原组灰岩岩溶含水层介质空间结构特征	32
3	注浆材料配比方案优化试验研究	46
3.1	概述	46
3.2	注浆材料与配比方案	46
3.3	浆液物理力学性质指标试验与结果分析	49
3.4	膨胀土—水泥浆液技术指标	67
4	地质工程多功能试验系统研制与注浆试验模拟	71
4.1	多功能试验系统研制	71
4.2	室内注浆模型试验	77
5	底板灰岩岩溶裂隙结构岩体浆液扩散效应研究	88
5.1	岩溶结构对浆液扩散参数的影响	88
5.2	底板灰岩岩溶裂隙结构岩体浆液扩散数值模拟	92
6	底板加固与含水层改造及注浆效果检验评价现场应用	108
6.1	底板加固与含水层改造注浆工艺参数现场试验	108
6.2	底板注浆改造效果检验评价	109

7 结论与展望	126
7.1 主要结论	126
7.2 展望	127
参考文献	128

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

我国 60% 的重要煤产地的煤矿都受到底板岩溶承压水的威胁。虽然威胁程度不同,但其受水害的面积、严重程度均居世界各主要产煤国家的首位。在主要产煤地的华北型矿区,东起徐州、淄博,西至陕西渭北,北至辽宁本溪,南至淮南、平顶山一带,有数十个矿区受到灰岩岩溶水的影响。我国南方的一些主要矿区,如涟邵、南桐、天府、中梁山、合山、韶关、萍乡、丰城等地,在主要开采煤层的底板下面有 110~220 m 厚的含水丰富的茅口灰岩,对煤矿开采构成严重的威胁,而且这种威胁随着采深的加大越来越严重。据统计,曾发生在我国煤矿的百余起重大淹井事故中,底板突水引起了 55% 以上的水害,随着煤矿开采深度的增大,采掘工作面底板承受的地压、水压越来越大,底板水的威胁日趋严重。

经过多年的研究证明,造成煤层底板突水的主要因素是岩溶承压水,诱发因素是采动,内在通道是地质构造。除此之外,影响煤层底板突水的因素还包括开采方式、底板隔水层厚度及强度等。目前采用两种防治水措施:若含水层富水性相对较弱、疏降过程中不会造成地面沉降并且含水层的补给边界及水量已经查明,可以合理疏降到一定的安全水平,则采用疏水降压的方式;若想改善底板的岩体强度,使本来的强含水层变成弱含水层或成为隔水层,则采用底板注浆加固与含水层改造的方式。实践证明,“深降强排”法既会增加吨煤排水费用,又会破坏环境与地面资源;而承压水体上开采煤层不仅会降低吨煤成本,还对地面资源和环境的破坏小。

位于华北聚煤区南部的煤矿为华北型石炭二叠纪煤系地层,其中山西组 6(10)煤层,为厚度稳定的中厚煤层,煤质优良。但开采该煤层受到底板太灰水的直接影响,存在底板突水的威胁。目前各矿所采用的相关注浆参数和工艺为参考相邻矿区结果以及经验值,虽然取得了一定的效果,但也存在一些不足。特别是深部开采,处于复杂的地质和水文地质条件下,现有裂隙渗透注浆材料及注浆理论将难以满足现场注浆工艺要求。因此,针对皖北矿区地质和水文地质特点,开展浆液配比、注浆参数、注浆工艺及其优化研究,进一步完善底板改造注浆水害防治技术体系,指导煤矿安全生产,具有重大的理论意义和实际应用价值,特别是深部矿井防治水工作。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 注浆技术发展历史

注浆开始于1802年,法国人查理斯·贝里尼在修理 Dieppe 冲刷闸时,利用自制的木制冲击筒装置和人工锤击方法将石灰和黏土向地层注入;1846年,美国的沃森成功地在溢洪道陡槽基础下灌注水泥砂浆;1856~1858年,英国的基尼普尔利用水泥作为注浆材料,成功实现了用水泥材料注浆;1864年,巴洛在伦敦、巴黎地铁中利用水泥浆液在隧洞衬砌背后充填注浆;1864年,阿里因普润(Arinpring)首次将水泥注浆技术成功应用于矿山竖井中;1876年,美国的托马斯·霍克斯莱利用浆液下流方式将硅酸盐水泥浆液注入腾斯托尔水坝的岩石地基;1886年,英国成功研制出压缩空气机和类似于压力注浆泵的注浆设备,为注浆技术的进步开辟了新条件;1880~1905年,罗伊曼克斯等人通过改进注浆材料、注浆泵和注浆工艺,成功地在涌水量大的立井施工中进行了硅盐水泥注浆试验;1884~1887年,英国和德国先后在建桥固沙工程中应用化学药品固沙和硅化注浆;1914年,比利时的阿尔伯特·弗兰克伊斯和德国的汉斯耶德先后利用水玻璃和硫酸铝浆材注浆,并成功研制了水玻璃和水泥浆一次压注法;1920年,荷兰工程师乔斯顿(Joesyon)为水玻璃注浆法的广泛应用做出了很大贡献,论证了化学浆液的可靠性,创造出水玻璃—氯化钙双液系统两次压注的“乔斯顿注浆法”。

20世纪40年代,英国成功研制出 Geoseal 树脂浆,苏联提出在黏土水泥浆中加入特制附加剂的综合注浆法,日本成功研制出聚氨酯—塔克斯(Tacss)注浆材料。1964年我国成功研制出 MG—646 新型化学浆液;水利部华东勘测设计院对丙凝、改性水玻璃和 LW 型水溶性聚酯化学材料进行了相应的研究;东北大学等单位为了降低毒性,扩大应用范围对改性铬木素进行了研究;为了满足三峡水利工程的需要,科学家们先后研究了用于砂性土固结、岩基和结构裂缝的防渗透与补强的材料,如环氧树脂、甲基丙烯酸酯(甲凝)类材料、脲醛树脂、铬木素、聚氨酯、木铵、改性水玻璃、中化-798等。

1.2.2 注浆材料的发展历史与应用

化学浆液,其主要优点包括较好的稳定性、较强的可注性、较低的黏度、易控的凝胶时间等,此外岩土中的较细小的裂隙或孔隙也能顺利注入。常见的有丙烯酰胺类、木质素类、脲醛树脂类、聚氨酯树酯类和环氧树脂浆液,但是其具有较低的试件强度、较差的耐久性、对周围环境污染较大等缺点。这类浆液逐渐被酸性水玻璃浆材、丙烯酸盐浆材、高强木质素浆材、水下快速固化的 PBM 混凝土等材料所取代。

水泥类浆液,其中水泥单液、水泥粉煤灰浆液、水泥黏土浆液和水泥水玻璃双液浆等应用较为广泛。其主要优点包括原料来源广泛、价格较低、试件强度较高等,但其缺点有凝胶时间长而不易准确控制、析水率较高、稳定性较差且强度的增长速度较慢、在大孔隙地层中容易漏浆、较难注入小孔隙地层中等,因此,很难保证注浆质量。为改善水泥类浆液性能,国内外采用各种化学添加剂来缩短和控制水泥类浆液的凝胶时间及提高其稳定

性和可注性。

1.2.3 注浆理论研究现状

1857~1902年的原始黏土浆液阶段,1854年W. R. 奎尼普尔(M. R. Kiniple)使用黏土水泥浆成功地阻止了尼罗河的罗萨塔坝基的渗流;1858~1900年初级水泥浆液注浆阶段,1864年开始在注浆技术中应用水泥;1901~1969年的中级化学浆液注浆阶段,1900年,荷兰人尤斯登(joosten)成功发明了水玻璃氯化钙浆液,其瞬间凝固的特性决定其必须采用双液双系统的注入方式,这种注浆方法是化学注浆的开端;1960年以后的现代注浆阶段,这个阶段是注浆技术发展较完善的阶段,期间不断涌现大量的高性能复合注液材料,注浆过程监控和注浆效果检测技术也得到很大的完善。

注浆技术从渗透、劈裂、挤密、置换到浆液与土粒混合搅拌,期间产生了很多的注浆理论。渗透注浆理论,在压力作用下浆液渗入到土体的孔隙和岩体的裂隙并硬化固结,渗入过程中不能改变岩土体的原有结构,能改善岩土体的物理性能及力学性能。劈裂注浆理论,注浆压力需要先克服地层的应力与抗拉强度,迫使岩体沿垂直于最小应力的平面发生劈裂,而后使浆液顺着劈裂面渗入和挤密;浆液固结后产生的加固作用形成试件脉,起到骨架的作用;劈裂注浆在均质软弱地层中产生纵向裂隙,而在层状软岩中产生水平裂隙。高压喷射注浆理论,利用特殊的喷嘴将浆液以高压流的形式射出,冲击破坏土体,高压流切割搅拌土体的同时会随着浆液凝固,形成具有一定强度和抗渗性的试件。注浆前后的主要差别在于孔隙和颗粒的排列方式,注浆前主要是架空孔隙,容易发生变形失稳;而注浆后的孔隙比较小,不轻易受振动的影响而变形。振动注浆理论,振动力作用下饱和砂土的动力响应方面的研究较多,但是仅局限在机理方面,缺少对振动注浆液扩散规律及数值模拟的深入研究。电化学注浆理论,在电渗作用下水先在岩土体的孔裂隙中形成渗流,接着浆液随水渗入到岩土体的孔裂隙中并固结。

苏联学者以模拟注浆试验为基础,并结合回归分析成功获得了浆液的扩散半径、注浆的时间、注浆的压力、土的空隙性以及浆液性质之间的关系;杨秀竹等以广义达西定律、球形扩散理论模型为基础,成功推导出了宾汉体浆液在砂土中渗透注浆的有效半径的数学表达式;李哲、张建山等以活塞式驱替注浆渗流模型、高压注浆渗流模型为基础,分析了高压注浆过程中浆体区和原水体区的压力分布与停止注浆后井底压力的消退过程;邹金峰等推导出了劈裂注浆的初始起劈注浆的压力求解公式,解答了压密注浆极限注浆压力并获得了劈裂注浆过程中注浆压力沿裂缝长度的衰减规律和裂缝扩散规律。

1.2.4 注浆模拟试验的发展

1956年,美国利用混凝土砖构成的人工裂隙对单裂隙中浆液流动过程进行了模拟试验,单裂缝分为表面光滑和表面粗糙两种。试验过程中检测了包括沿裂隙长度方向上不同部位在内的对浆液压力和流速有影响的因素。奥地利同样对单裂隙中浆液流动过程进行了模拟试验,试验得出了注浆的流量、压力与扩散半径之间的关系,不同裂隙宽度的条件下,浆液的流量、压力和黏度之间的关系。除此之外,还对裂隙面的粗糙程度对注浆流量和扩散距离的影响进行了研究。1985年,Houlsby利用一对混凝土板构成的人工裂

隙对单裂隙中浆液流动过程进行了模拟试验,裂隙宽度分为 1.5 mm 和 3.0 mm 两种,试验检测分析了浆液从混凝土板中心注入时注浆的压力、流量和其他参数。我国水利水电科学院研制开发了平板型注浆实验台,建立了非牛顿流体在水平光滑裂隙面内的扩散方程,得出了注浆压力、黏度、时间与扩散半径之间的关系。1998 年杨米加模拟了单裂隙和裂隙网络的注浆试验,在不同的注浆压力和水灰比条件下,对张开度为 1 mm、2 mm 的光滑裂隙进行了单裂隙模拟注浆试验,研究了注浆压力、扩散半径、裂隙宽度、水灰比、注浆量等各个参数之间的关系;裂隙网络的注浆试验研究了裂隙网络中不同裂隙组张开度的差异性,以及不同裂隙组间的交叉角度和压力梯度对水泥渗流过程的影响。

在多孔介质模拟注浆试验方面,苏联学者曾进行了细砂层中浆液扩散参数的试验研究,以恒定注浆压力为条件,得出了注浆压力、浆液流量、渗流速度、注浆时间和浆液扩散半径之间的关系;东北大学研究了多孔介质中注浆渗流过程的压力分布及其随扩散距离衰减的规律;杨坪进行了砂卵石地层中的注浆模拟试验,试验装置是结合实际情况自行研制的,优化回归得到扩散半径与水灰比、渗透系数、注浆时间之间的关系。

1.3 研究内容和方法

1.3.1 主要研究内容

本书以淮北矿区山西组下部煤层底板及灰岩含水层为主要研究对象,开展了如下工作:

(1) 山西组 6(10)煤层底板岩层岩体结构特征研究

① 煤层底板沉积岩体的工程地质条件研究。

详细研究了研究区范围内 6(10)煤层底板的地层、岩相、岩性、成层条件、韵律特征、组合与划分特性,确定 6(10)煤底板隔水层分布规律。

② 煤层底板沉积岩体的工程地质综合特性研究。

对底板抗突水岩体的地质组构特征进行了详细的描述,对底板抗突水岩体的物理、力学和水理性质以及其在地应力、地下水和工程作用下的效应和特征进行了定性的评估。

③ 分析了底板岩体断裂发育程度,对底板岩体结构类型进行划分与评价。

(2) 煤层底板太灰含水层水文地质结构特征研究

对研究区太原组各层灰岩沉积特征、太原组各层灰岩岩溶(溶隙、溶洞)发育特征、各层灰岩富水性及灰岩含水层空间结构类型划分及注浆改造可行性评价。

(3) 注浆材料配比优化研究

① 注浆原材料性质研究,原材料包括水泥、黏土、粉煤灰及其他添加剂等。

② 进行浆液配比试验,分析不同配比浆液的黏度、析水率、结石率、抗压强度等参数的变化特征,确定最优配比方案。

(4) 底板改造注浆参数优化研究

① 在考虑了注浆压力、浓度和水压的条件下,对不同底板结构岩体的浆液流动场特

征进行模拟。

② 浆液扩散半径现场试验研究。

分析了浆液成分、浆液浓度、注浆压力、含水层水压及含水层结构对扩散半径的影响。

③ 黏土—水泥浆物理力学性质测试。

④ 实验室模型注浆试验验证。

(5) 工作面底板注浆加固与改造工程效果检验和评价方法研究

利用优化后的注浆参数对研究区内的刘桥一矿 663 工作面进行底板注浆改造,利用钻探法和物探法对煤层底板注浆加固与含水层注浆改造进行注浆效果检验和评价。

1.3.2 采用的研究方法

(1) 理论分析

根据现有的注浆理论,结合研究区内不同特性的灰岩含水层,导出裂隙型、溶洞型、裂隙与溶洞组合型等不同特征对象的注浆模式。

(2) 室内试验

实验室进行各种浆液配比试验,掌握纯水泥浆液、普通黏土—水泥浆液、膨胀土—水泥浆液、水泥—粉煤灰浆液等的黏度、比重、稳定性、筛余量、凝胶时间、结实率、抗压强度等。

利用自行研制的“地质工程多功能试验系统”室内模拟水—固—压耦合条件下各种研究:

① 注浆实施与注浆效果检验方法研究;

② 注浆量与注浆模型试件的裂隙宽度、注浆压力、浆液浓度的关系;

③ 浆液扩散半径与注浆模型试件的裂隙宽度、注浆压力、浆液浓度的关系。

(3) 数值模拟

利用 COMSOL Multiphysics,结合深部岩体注浆的本构模型,得出不同类型加固对象在多场耦合条件下的浆液流动场特征;根据研究区工作面底板的水文工程地质特点建立工程地质模型,对底板改造注浆参数优化数值模拟。

(4) 现场测试

利用优化后的注浆参数现场进行注浆,利用各种测试手段,综合分析总结最佳注浆参数,结合多种测试手段,包括钻探、电法、电视成像等技术对改造体注浆前后进行观测和分析。

1.3.3 技术路线

资料收集→煤层底板岩石样品的采集及实验室试验→底板太灰含水层岩溶发育特征评价→建立底板结构模型→注浆材料配比优化试验→底板注浆改造室内模型注浆模拟试验→底板改造注浆参数优化数值模拟→底板改造注浆参数优化现场试验→综合分析优选出最佳注浆参数→注浆施工工艺优化研究→注浆效果监测方法与评价。

本书研究工作具体技术路线如图 1-1 所示。

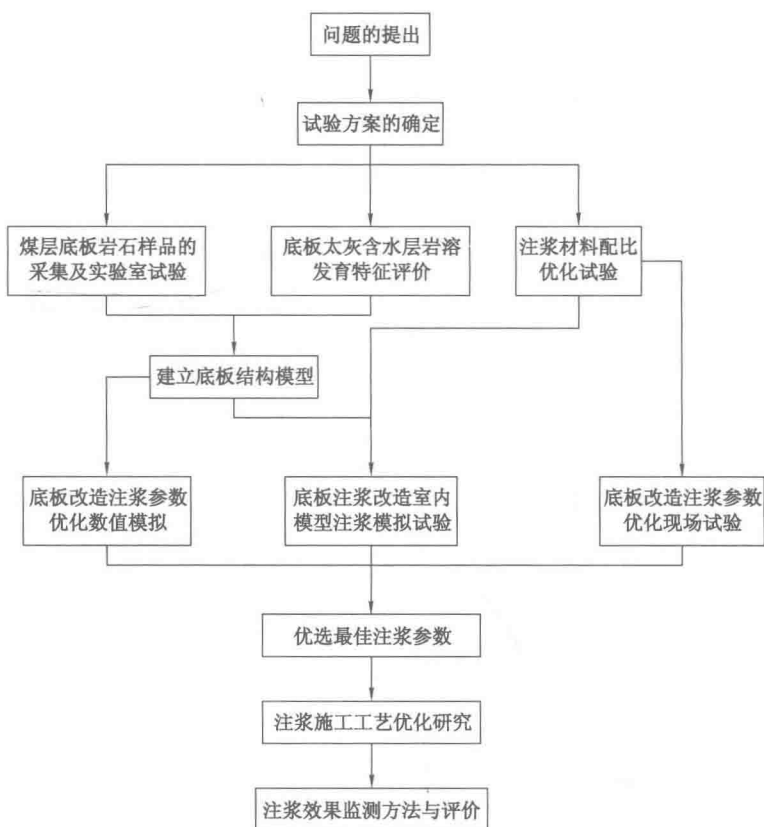


图 1-1 研究技术路线图

2 矿井煤层底板岩体结构特征和含水层结构类型

研究区淮北煤田处于华北聚煤区南部,区内现有皖北煤电集团公司和淮北矿业集团公司两个特大型煤炭企业,是安徽省乃至华东地区重要煤炭生产基地。淮北煤田主要含煤层组为二叠系山西组和下石盒子组,煤田水文工程地质环境具有华北煤田的基本特征,水文地质条件相当复杂,山西组下部煤层的开采普遍受到下伏太原组灰岩水和奥陶系灰岩水的威胁严重,曾发生多次重、特大底板突水导致的淹井事故。本章在分析矿区水文工程地质特征基础上,通过淮北矿区山西组下部煤层底板沉积特征及水害与底板岩体结构的相互关系的研究,对底板岩体稳定性进行了分类,在此基础上结合钻孔单孔出水量和注浆量对三矿的太原组灰岩岩溶结构进行了概化分类。

2.1 矿井地质与水文地质条件

2.1.1 矿区地层组成

根据区域资料,淮北矿区内发育地层由老至新分别为:太古宇五河群,新元古界青白口系、震旦系,早古生界寒武、奥陶系下统、中统,晚古生界石炭系下上统,中生界三叠、侏罗、白垩系,新生界古近系、新近系及第四系地层。根据钻探资料及生产过程中实际揭露,淮北矿区内所见地层由老到新分别为:奥陶系、石炭系、二叠系、古近系、新近系和第四系,由老到新简述如下:

① 奥陶系——在矿区范围内为埋藏型,仅在山区有部分出露,根据区域资料地层总厚在 500 m 以上,由厚层灰岩、白云岩局部夹燧石条带组成,是煤系地层的基地,习称“奥灰”。尤其中统马家沟组岩溶发育较好,富水性强,是构成区域地下水系统的主要水源,也是矿井充水的间接水源。

② 下石炭统本溪组——厚度为 30~40 m,且由南向北厚度逐渐变薄,上部为紫红色砂泥岩,下部为灰白色铝质泥岩,为弱透水层。

③ 上石炭统太原组——厚约 130 m,其中发育薄层灰岩 11~14 层,其中 3、4 灰厚度大,局部 9 灰、11 灰较厚,上部 1~4 灰岩溶发育,富水性较好,称为“太灰”。第 1 层灰岩为“标志层(K_1)”。

④ 二叠系下统山西组——本组厚 85~135 m,主要由砂岩、粉砂岩、泥岩及煤层组成。含主采煤层 1~2 层,濉萧矿区称为 6 煤,在涡阳、临涣、宿县区称为 10 煤,涡阳矿区局部发育 11 煤,该煤组在淮北矿区称为下组煤,如图 2-1 所示。

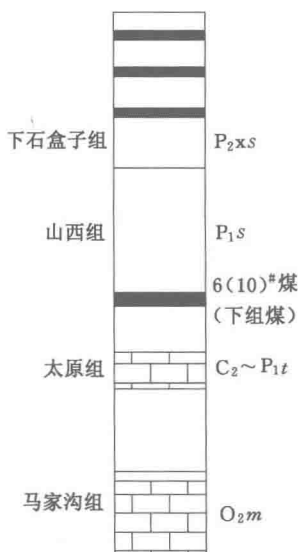


图 2-1 主采煤层柱状图

二叠系下统下石盒子组:本组厚约 300 m,主要由砂岩、泥岩、铝质泥岩(K_2)及煤层组成。含五个煤层(组),其中 3、4、5 煤层为矿区局部可采煤层。

二叠系上统上石盒子组:该组厚度约为 730 m,岩性以杂色细碎屑岩为主,含两个煤层(组),均不可采。

古近系、新近系、第四系(松散层):新生界厚 40~400 m,主要由河湖相的砂层、黏土组成。局部地段的最底部发育有厚度不等的洪积(泥石流)相沉积层,由黏土、砂砾混合物构成。覆盖于二叠系之上,使整个煤田为隐伏式煤田。

2.1.2 矿区地质构造背景

淮北矿区位于华北地台东南缘的豫淮凹陷东部,安徽省北部。淮北矿区包括濉萧矿区、涡阳矿区、临涣矿区及宿县矿区四个赋煤亚区,矿区主体属于鲁西—徐淮隆起区中南部的徐宿凹陷。矿区夹持于近东西向构造区内,北以丰沛断裂为界与丰沛隆起连接,南以板桥—固镇断裂为界与蚌埠隆起相接;矿区东部以郯庐断裂带为界,西与河淮沉降相接。总体来讲,淮北矿区构造格架具有南北分异与东西分带的特点,即淮北矿区内部以近东西向的宿北断裂为界,将矿区分为两个区,其中北区南以宿北断裂为界,北以丰沛断裂为界,处于徐宿弧形推覆构造体的主体部位前缘;南区位于宿北断裂与板桥—固镇断裂带之间,包括涡阳、临涣、宿县三个亚区,其中涡阳矿区与临涣矿区以近 SN 向丰涡断裂为界,临涣与宿县矿区以 NNE 向南坪断层为界,南区为第四系松散层覆盖的全隐伏区域。

淮北矿区自加里东构造运动之后,接受了从下石炭世以来的连续地层沉积,在区内石炭—二叠纪沉煤之后,从晚三叠世起,矿区基地先后经历了印支、燕山、喜山三期主要构造运动。由于各期构造运动方向、性质、强度不同,造成淮北矿区内部不同方向构造相互叠加、切割,形成了淮北矿区复杂的地质构造格局,严重破坏了地层的完整性。

淮北矿区内构造的形成、发展与板内机板块边缘构造演化密切相关。煤系基地形成之后,最先受到晚三叠世开始的印支运动影响,受到华北、扬子板块碰撞对接影响,形成了强大的南北向挤压力,在其作用下,华北地台南缘结束了长期地层沉积作用,形成了区内最早东西向的构造;燕山期随着华北、扬子板块挤压作用的减弱,区域构造作用开始由南北分异向东西分异转化。侏罗纪以来,中国大陆受太平洋板块俯冲作用,区内应力场方向由原来的近南北向转为NW—NWW向,区内构造格局产生了明显变化,形成了一系列NNE向的断裂及轴向NNE向的褶曲构造,同时该期次构造切割了印支期近EW向的构造。中晚侏罗世,受更强烈燕山运动影响,致使徐宿地区形成由东向西的盖层推覆,徐宿弧形推覆构造就形成于此时期。燕山中晚期,中国东部地区伸展构造发育活跃,形成了许多独立的断陷盆地,并发育大规模NNE向拉张性断裂构造,如丰涡断裂,进一步切割早起EW向断裂。晚白垩世晚期以来,中国大陆主要受喜山运动影响,区内产生近SN向拉伸作用,使区内一些近EW向及NNE向的断裂分别产生拉张和平移滑动,形成了一系列走向近EW向的正断裂。这一时期伸展构造运动的重要体现就是宿北断裂由早期具平移性质的调整断层转化为正断层,其不仅造成了徐宿推覆构造的不连续,且对煤层的赋存有重要影响,使得宿北断裂以南煤层埋深加大,而北部相对埋深较浅。

综上所述,淮北矿区独特的地理位置致使矿区受到了独特的构造作用。淮北矿区现今构造格架是经历了漫长地质历史中多期次构造运动的产物,区内断裂、褶曲等构造极为发育,整体表现为EW向构造被NNE向构造所改造。淮北矿区内复杂的地质构造条件,破坏了矿区煤系地层岩体岩体结构的完整性,各种断层、节理、裂隙遍布煤层底板,下组煤6(10)煤的开采过程中受采动影响容易造成断层构造的活化,与下伏太灰承压含水层导通,形成沿断裂带的集中导水通道,造成下组煤底板突水事故。此外,从生产揭露来看,淮北矿区部分位置陷落柱发育,如濉萧、宿县、临涣矿区均有发现,陷落柱构造也是造成突水的原因之一。因此,开展对下组煤底板岩体结构特征的研究对于揭示突水机理与突水事故的防治具有重要的意义。

2.1.3 矿区水文地质特征分析

根据前述淮北矿区构造格局,淮北矿区水文地质单元可划分为北区和南区,北区以萧西向斜为界分为闸河矿区与濉萧矿区;南区以丰涡断裂、南坪断裂为界分为涡阳、临涣及宿县矿区。淮北矿区主要含水层有4个,分别为新生界松散层孔隙含水层、煤系砂岩裂隙含水层、太原组灰岩岩溶含水层及奥陶系灰岩含水层。其中下组煤距太原组岩溶承压含水层一灰顶之间距离43.76~70 m,是淮北矿区开采下组煤6(10)煤时的主要威胁含水层。正常情况下奥灰距下组煤距离较远(200 m左右),奥灰不会对下组煤的开采造成直接威胁。但是,若存在断裂构造或岩溶陷落柱时,可能造成奥灰与太灰具有较好水力联系,成为突水的间接水源;或由于受采动影响,造成断裂及陷落柱的“活化”,使奥灰水沿上述集中通道直接进入矿井,成为下组煤开采底板突水的直接充水水源。

对研究区三矿主要含水层组分述如下:

(1) 刘桥一矿主要含水层

井田内主要含水层有第四系孔隙水含水层组、煤系砂岩裂隙水含水层组、太灰岩溶

水含水层组、奥灰岩溶水含水层组。其中对 6 煤安全开采存在较大威胁的含水层组情况如下:

① 煤系砂岩裂隙水含水层组。

从上到下分为五、六、七、八含水层。五含为上石盒子组砂岩裂隙含水层,厚 17.10~59.30 m,裂隙发育,富水性强。六含为下石盒子组上部顶板砂岩裂隙含水层,厚 0~20 m,裂隙发育,含水丰富。七含为下石盒子组 4 煤顶、底板,主要是砂岩裂隙含水层,厚 15~36.5 m,裂隙发育,含水比较丰富。八含主要为山西组 6 煤层底板砂岩裂隙含水层,厚 0~30 m,裂隙发育。

② 太灰岩溶水含水层组。

本区太灰地层厚约 130 m,由泥岩、粉砂岩及 13 层灰岩组成。自上而下 L_1 和 L_2 为薄层状灰岩,厚度 2~3 m,含水性弱。 $L_3 \sim L_4$ 灰岩的厚度平均达 8~12 m。裂隙溶洞发育、含水丰富、富水性较强,是矿井充水的主要含水层及充水水源。一般把 1~4 层灰岩视为一个含水层组,为中等富水含水层组。据本矿及邻矿资料显示,该层富水性较强。

③ 奥灰岩溶水含水层组。

奥陶系地层是矿区的主要含水层,总厚度为 420~560 m。可分为五组七段,由厚层灰岩、白云质灰岩、白云岩局部夹燧石条带组成。该地层内裂隙发育,在矿区范围内为埋藏型。岩溶裂隙发育,连通性强,水量丰富。据 1999 年邻矿恒源煤矿 65 采区放水试验水。孔观测资料,奥灰含水层的水已部分补给太灰含水层。

(2) 恒源煤矿主要含水层

井田内主要含水层有第四系孔隙水含水层组、煤系砂岩裂隙水含水层组、太灰岩溶水含水层组、奥灰岩溶水含水层组。其中对 6 煤安全开采存在较大威胁的含水层组情况如下:

① 煤系砂岩裂隙水含水层组。

该含水层砂岩厚度为 5.20~49.87 m,平均为 21.50 m 左右。岩性以灰白色中、细砂岩为主,夹灰色粉砂岩及泥岩。砂岩裂隙发育不均,局部多发育垂直裂隙。6 煤上下砂岩裂隙含水层是开采 6 煤层时矿井直接充水含水层。

② 太灰岩溶水含水层组。

井田见太原组石灰岩总厚 115.55 m。由石灰岩、泥岩、粉砂岩及薄煤层组成,以石灰岩为主,有 12 层石灰岩,厚 53.87 m,占全组总厚的 46.6%。自上而下分为四层,其中 L_1 和 L_2 为薄层状灰岩,厚度 4~6 m,含水性弱; $L_3 \sim L_4$ 灰岩的厚度平均达 9~18 m。裂隙溶洞发育、含水丰富、富水性较强,是矿井充水的主要含水层及充水水源。一般把 1~4 层灰岩视为一个含水层组,总厚约 20 m。

③ 奥灰岩溶水含水层组

区域厚度 500 多米,本矿仅水。孔揭露厚度 118.89 m,为浅灰色厚层状石灰岩,具有不同规则灰色、浅灰白色斑纹,局部含有白云质。质纯性脆、微晶结构,高角度裂隙发育。据区域水文地质资料,该层(段)浅部岩溶裂隙发育,富水性强。

(3) 五沟煤矿主要含水层

井田内主要含水层有第四系孔隙水含水层组、煤系砂岩裂隙水含水层组、太灰岩溶