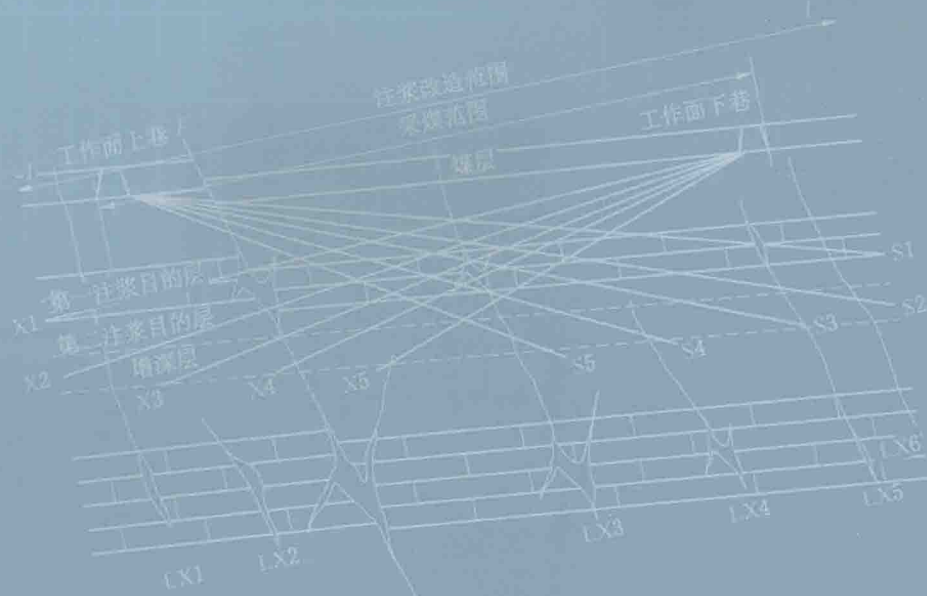


煤层底板含水层 大面积注浆改造技术

于树春 编著



煤炭工业出版社

煤层底板含水层 大面积注浆改造技术

于树春 编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤层底板含水层大面积注浆改造技术/于树春编著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2014

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4563 - 0

I. ①煤… II. ①于… III. ①煤层—含水层—注浆加固
IV. ①TD265.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 127413 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
北京市郑庄宏伟印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 10
字数 236 千字 印数 1—1 000
2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷
社内编号 7428 定价 30.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书在较系统地阐述了含水层大面积注浆改造技术的基本理论知识的基础上,系统、全面地介绍了含水层大面积注浆改造技术,重点介绍了注浆孔的布设及施工工艺、注浆工艺、工程可靠性检查与评价。书中提出了一些新概念、新方法。例如:把主要岩溶裂隙的发育方向作为注浆孔布设的主要依据,用“投影剖面线法”布设注浆孔,注浆孔在垂直主要岩溶裂隙发育方向上按“浆液零扩散”设计,钻孔揭露含水层段在投影剖面线上的投影呈“无缝连接”。

本书可作为煤矿从事防治水工作的工程技术人员的参考用书,也可作为大专院校水文地质、工程地质专业的师生用书和科研院所科研人员的研究参考用书。

前 言

1984年,为治理肥城矿区的水害,作者提出了煤层底板含水层大面积注浆改造技术(开始叫作底板加固)。这项技术对煤层下伏含水层富水性强、煤层到含水层间距小、煤层底板导水裂隙普遍发育的水害治理非常有效,可以说是一项“治本”技术。技术的提出引起了原煤炭部有关领导及受水害威胁严重的矿区有关人员的高度重视,技术得到了积极的推广和应用,目前已在肥城、焦作、永城、邢台、峰峰、淮北等多个受底板岩溶水害威胁的矿区大面积应用。在应用的过程中技术不断地得到发展、提高。但迄今没有一本专著全面系统地介绍这项技术,这在一定程度上制约了这项技术的应用、推广和提高。作者认为自己作为这项技术的主要创始人,一直从事这项技术的应用、推广、研究,有义务编写一本能反映这项技术目前水平的书,奉献给读者。

作者在总结这项技术的工作经验及研究成果的基础上,编著了此书。书中重点探讨了煤层底板含水层大面积注浆改造技术的注浆工艺、注浆孔布设及施工工艺、工程可靠性检查方法及综合评价,提出了许多新概念、新方法。

注浆工艺是这项技术的一个重点。煤层底板含水层大面积注浆与一般的注浆不一样。这项技术一般要求浆液在需要注浆改造的含水层内可以“最大量注浆、最大距离扩散、最大限度充填”。因此主要的注浆方法是用黏度小的、廉价的浆液进行连续注浆,个别情况用间歇注浆,以达到用最少的钻孔实现大面积改造含水层的目的。

注浆孔布设是这项技术的另一个重点,也是难点。书中重点介绍了煤层底板含水层岩溶裂隙发育不均匀型工作面注浆孔的布设方法。在此之前,注浆孔主要用“多向各部均匀密集法”布设。作者经过多年研究,在本书中首次提出:把主要岩溶裂隙的发育方向作为注浆孔布设的主要依据;用“投影剖面线法”布设注浆孔;注浆孔在垂直主要岩溶裂隙发育方向上按“浆液零扩散”设计;钻孔揭露含水层段在投影剖面线上的投影呈“无缝连接”。

工程可靠性检查与评价也是含水层注浆改造技术的重点及难点。当前在其他方法还不能准确、定量探测地下含水构造的情况下,工程的可靠性检查还是以钻探为主。因此书中重点介绍了钻探检查的地段。工程可靠性评价是在全面掌握地质、钻探、注浆资料的基础上,对工作面进行“地毯式”的排

查、对照标准进行全面的分析，然后得出结论。书中提出了工程可靠性评价的依据、程序、内容、标准。

煤层底板含水层大面积注浆改造技术在生产中提出，在实践中总结，在应用中发展，具有很强的实用性。本书全面、系统地介绍了煤层底板含水层注浆改造各个方面的技术。为便于读者更深入地了解和研究这项技术，书中同时也介绍了这项技术的基本理论，如：岩溶裂隙发育的基本规律，注浆材料的基本性能，浆液在裂隙中充填、固结机理，浆液在单一均匀直裂隙中扩散距离的预计等。

由于作者水平有限，书中错误在所难免。恳请读者多提宝贵意见。将不胜感激。这项技术尽管还有一些不太完善的地方，却是根治煤层底板岩溶水害的一条有效途径。作者相信今后随着物探技术的发展，随着断裂小构造的深入研究，随着岩层注浆动力学的创立、发展，这项技术会不断地提高、完善。

作 者

2014 年 5 月

目 录

绪论	1
第一章 岩层空隙网络体系	10
第一节 小断层发育特征	10
第二节 裂隙的成因及其发育规律	11
第三节 岩溶成因及影响因素	17
第四节 薄层灰岩含水层岩溶裂隙发育基本特征	19
第二章 注浆材料	22
第一节 对注浆材料的一般要求	22
第二节 注浆材料的基本性能及测试方法	22
第三节 水泥及水泥浆	26
第四节 黏土及黏土浆	33
第五节 粉煤灰	47
第三章 浆液在岩层空隙中的运移、充填机理	53
第一节 岩层中空隙的形态	53
第二节 浆液在岩层空隙中的充填方式及充填法则	54
第三节 浆液在空隙中的充填形态	59
第四章 浆液沿程阻力及在岩层空隙中的扩散	62
第一节 浆液流动的两种形态及判别标准	62
第二节 浆液沿程水头损失	63
第三节 浆液在单一直裂隙中的扩散距离	64
第四节 浆液在发育均匀裂隙含水层中扩散半径的预计	66
第五章 造浆、注浆系统及注浆工艺	69
第一节 制浆、注浆系统	69
第二节 井下接力注浆站	77
第三节 制浆、注浆工艺流程	78
第四节 注浆方法及注浆程序	82
第五节 注浆参数	86
第六节 注浆过程中常发生的问题及解决办法	93

第六章 探查注浆孔的布设及施工工艺·····	100
第一节 探查注浆孔的布设依据·····	100
第二节 钻场布设·····	110
第三节 探查注浆孔布设·····	111
第四节 探查注浆孔结构·····	127
第五节 探查注浆孔的施工工艺·····	128
第七章 工程可靠性检查与评价·····	142
第一节 需要布设检查注浆孔的地段·····	142
第二节 工程可靠性评价·····	144
参考文献·····	151

绪 论

一、我国煤矿水害威胁基本情况

我国华北型煤田为石炭纪、二叠纪地层,普遍缺失上奥陶统、志留系、泥盆系及下石炭统,直接沉积于巨厚的中奥陶石灰岩(以下简称奥灰)强含水层之上。上、中石炭统地层有多个薄层石灰岩,往往与下伏奥灰有水力联系,富水性较强,与煤层间距也较小(从十几米到几十米)。过去很多煤矿在开采近灰岩含水层的煤层时,曾发生多起水害事故,造成了重大损失。例如:

河南焦作煤田,位于太行山南麓,断裂构造发育,水文地质条件复杂。主采煤层为二叠系山西组 2_1 煤,受石炭系太原组的 L_8 、 L_2 灰水及奥灰水威胁。奥灰接受大气降水补给面积为 4900 km^2 ,动储量为 $3.85\text{ 亿 m}^3/\text{a}$,静储量为 88.73 亿 m^3 ,单位涌水量 $q=0.01\sim 333\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,为巨厚强含水层,上距 2_1 煤 120 m 左右; L_8 灰厚 10 m 左右,距 2_1 煤 $20\sim 30\text{ m}$, $q=0.0076\sim 2.50\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,渗透系数 $K=0.08\sim 26.94\text{ m}/\text{d}$,九里山矿井下单孔最大出水量约为 $400\text{ m}^3/\text{h}$,为强含水层; L_2 灰厚 15 m 左右,最厚 20 m ,上距 2_1 煤 $60\sim 80\text{ m}$, 6002 孔 $q=0.2\sim 7.18\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,为强含水层(图0-1)。过去在开采 2_1 煤的过程中发生突水近千次,其中底板突水淹井 17 次,淹采区 14 次。最大的一次突水是1979年3月9日演马庄矿二水平二一轨道掘进遇断层发生特大突水,突水量达到 $14454\text{ m}^3/\text{h}$ 。这次突水淹设备 1853 台件,演马庄矿经过近3年的治理才恢复生产,少生产煤炭 130 万 t 。

山东肥城煤田,位于鲁西台背斜肥城断陷盆地内,为第四系全覆盖的隐蔽式煤田。盆地四周为中、低山,奥灰大面积出露,奥灰厚约 800 m ,接受大气降水补给量大,含水十分丰富,其静储量为 3.15 亿 m^3 、动储量平均为 $28000\text{ m}^3/\text{h}$ 。煤田内奥灰与下组煤(石炭系太原群)的8煤、9煤、10煤间有五灰。五灰厚约 10 m ,到8煤、9煤、10煤的平均间距分别为 35 m 、 25 m 、 18 m ,到奥灰间距平均为 12 m (图0-2), $q=0.112\sim 16.12\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$, $K=1.769\sim 255.47\text{ m}/\text{h}$ 。肥城矿区过去在开采9煤、10煤的过程中曾发生过300多次底板突水,其中造成淹井5次,淹没采区、工作面多次。最大突水是1989年国家庄矿-210 m水平北大巷在掘进过程中发生的隐伏陷落柱突水,突水量达到 $32970\text{ m}^3/\text{h}$,仅 4 h 淹没了年产 60 万 t 、开采近20年的中型矿井。

河北峰峰煤田,地处太行山东麓中段,呈南北向狭长的地段,煤田中部有鼓山横贯南北,将煤田分为东西两块。煤田内褶皱、断层都很发育。煤田水文地质条件极为复杂,下组煤开采严重受大青、奥灰水的威胁。大青灰岩一般厚 $5\sim 6\text{ m}$,为大青煤层直接顶板,上距小青煤层 $20\sim 25\text{ m}$,距山青煤层 40 m 左右,下距下架煤层 3 m ,距奥灰约 30 m ,与奥灰水力联系密切,富水性强,井下单孔最大水量达 $840\text{ m}^3/\text{h}$ 。奥灰厚约 600 m ,为巨厚强含水层,上距小青煤层约 60 m ,距大青煤层约 32 m ,上距下架煤层约 25 m 。奥灰水正常水位为 130 m ,水质为 $\text{HCO}_3\text{SO}_4-\text{CaMg}$,矿化度为 $0.5\text{ g}/\text{L}$ 。石炭系煤层在开采过程中

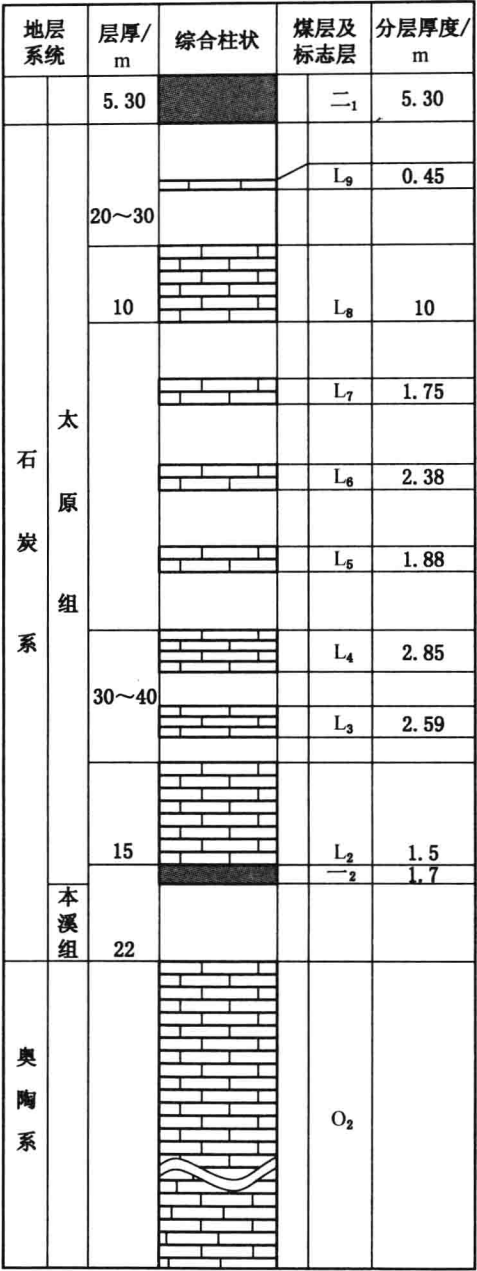


图 0-1 焦作煤田煤系地层综合柱状图

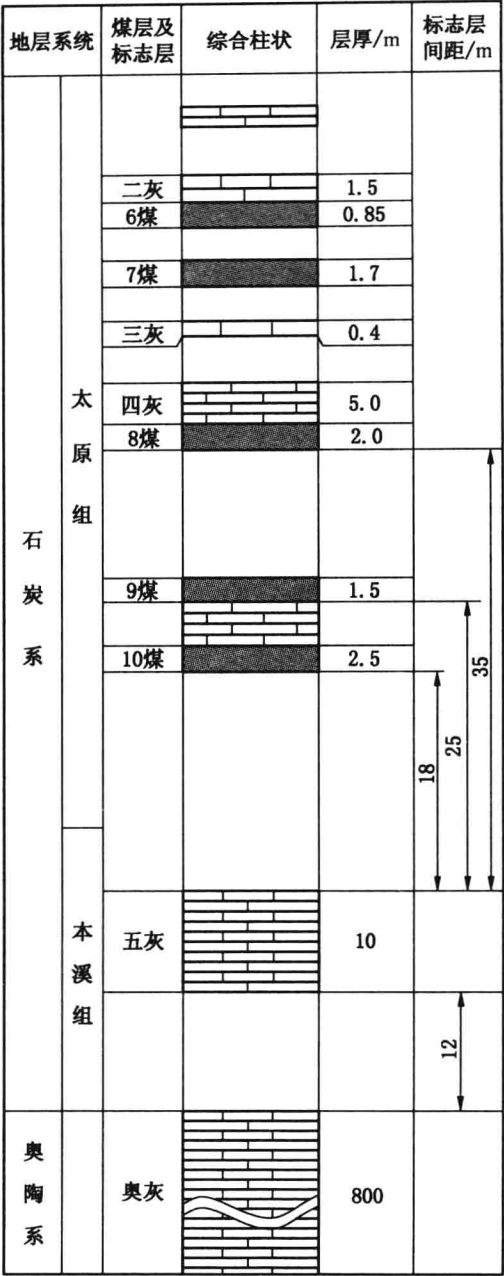


图 0-2 肥城煤田煤系地层综合柱状图

曾多次发生突水，最大突水量达 3316 m³/h。

河北开滦煤田，为一北东向的向斜构造，称为开平向斜，东北端翘起，向西南倾斜。整个向斜被第四系覆盖，由北东向西南逐步加厚，最厚达 800 m。煤田含煤地层为石炭二叠系，含煤 20~23 层，其中二叠系大苗庄组的 5 煤、7 煤、9 煤及石炭统赵各庄组的 12 煤为主采煤层。煤田地质条件中等，水文地质条件较复杂。威胁煤层安全开采的有 5 个含

水层,其中主要是奥灰岩溶裂隙含水层。过去在生产过程中多次发生突水,其中1982年6月2日范各庄矿2171工作面,在回采过程中遇到了一隐伏陷落柱,发生了世界采矿史上罕见的突水,突水量高达 $123180\text{ m}^3/\text{h}$ 。突水后不但本矿被淹,而且相邻的林西矿也被迫停产,唐家庄矿、赵各庄矿被迫半停产。这次突水造成4个矿少出煤炭1141.7万t,堵水及矿井恢复费用按当时的价格计算为4.95亿元,9名工人遇难。

安徽淮北煤田,含煤地层为二叠系,5、6层为主采煤层,3、4层为局部可采煤层。该煤田主要含水层有4个:①第四系砂砾层孔隙水组;②煤层顶板砂岩裂隙水组;③太原组多层薄层灰岩岩溶裂隙含水组;④厚层奥灰岩溶裂隙含水组。影响6煤安全开采的主要是③④。其中③含灰岩12层,累计厚60m。对矿井安全构成严重威胁的主要是第3、4层灰岩,其厚度为8~15m,富水性强, $q=0.032\sim4.63\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$, $K=0.015\sim12.25\text{ m}/\text{d}$,水质为 HCO_3-CaMg 型。奥灰在东西低山有出露,在煤田内为隐伏,厚约500m,由灰岩、白云质灰岩、泥灰岩、大理岩组成,垂深90~200m,岩溶裂隙发育,含水丰富,水源充沛, $q=0.019\sim45.56\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$, $K=0.0072\sim60.24\text{ m}/\text{d}$,水质为 HCO_3-CaMg 型。杨庄矿在1988年10月2日回采6煤的2617工作面时发生突水,到24日最大突水量为 $3153\text{ m}^3/\text{h}$ 。这次突水淹没了4个采区、4.9万m巷道、511台件设备、一套综采设备,经济损失按当时的价格计算高达1.5亿元。

山西霍州煤田,下组煤的10煤、11煤下距中奥陶灰岩约为31m和25m,中奥陶灰岩峰峰组上段厚约39m,为强含水层。2007年白龙矿在350m水平开采10煤、奥灰水压为1.3MPa的地段发生底板突水,突水量为 $1100\text{ m}^3/\text{h}$ 。

除此之外还有一些矿区。例如河北的邢台、井陘、邯郸,河南的新密、鹤壁、平顶山、豫西、永城,山东的莱芜、新汶、淄博、兖州,江苏的徐州、大屯,安徽的淮南、皖北,山西的轩岗,陕西的渭北等,在建设及生产过程中都不同程度地受到地下水害的威胁。当灰岩含水层水压高、隔水层隔水能力不足,或采掘工作直接揭露了导水构造(断层、陷落柱、裂隙)时,常常发生突水事故,造成重大经济损失,甚至人员伤亡。尤其是许多矿区已转入深部开采,水压高(6~8MPa)、隔水层薄(18~30m),断裂构造发育,底板条件复杂,发生突水的危险性更大。

我国约有60%的煤矿不同程度地受到岩溶水害的威胁。据统计,全国已探明的受水害威胁的煤炭储量占总保有储量的21%以上。这些煤矿若没有有效的防治水害措施,开采时会有极大的突水危险,若不开采,国家资源被白白浪费。因此对水害的有效治理,不但直接关系到矿井的安全及企业的经济效益、社会效益,而且也关系到国家资源能否被利用及煤炭工业能否持续发展。

二、底板突水三要素

底板突水是由多种因素造成的,但最主要的因素是水、水压、突水通道,即底板突水三要素。

(1) 水是底板突水的基础。煤层底部没有水就不可能发生底板突水。煤层底板的水必须储存在储水空间中,没有储水空间也不可能有水。储水空间主要是由岩溶、裂隙、断裂构造及砂砾石间的孔隙构成。

(2) 水压是底板突水的动力。有水不承压不可能发生突水。水压越高,突水动力越

大,突水概率越高。

(3) 突水通道是承压水通过煤层底板进入矿井的路径,是发生底板突水的必备条件,没有突水通道承压水不可能进入矿井。突水通道分两种:一种是原生通道,另一种是后生通道。原生通道主要有断层、裂隙、陷落柱。后生通道是矿压及水压对底板破坏产生的裂隙。

以上三要素是发生底板突水的根本原因,缺一不可。

三、历史上煤层底板水害预治理主要方法

水害预治理就是为防止水害发生而实施的预先治理。在没有含水层大面积注浆改造技术之前采用的水害治理方法主要有:①疏干;②降压;③封堵通道;④帷幕截流。

1. 疏干

在含水层的水全部是静储量或动储量很小的条件下实施疏干,将含水层的水全部疏干或疏干到无压状态,消除了底板突水的基础,就不会发生底板突水。

2. 降压

当含水层的水动储量不大、水压大幅度下降后也不会接受水源层大量补给时,可以采取降压措施,将含水层的水疏放到“安全水头”,实现安全采煤。但“安全水头”很难确定,往往是“安全水头”不安全。只要有水、有水压,当有通道时,照样可以出水。目前的带压开采有些是没有安全保障的。但有些情况下降压采煤是有安全保障的。例如:

(1) 威胁煤层安全开采的下伏承压含水层富水性小,即便发生突水,对采煤也没有很大影响,水压降低后可以大大减少突水概率。

(2) 把水压降到煤层底板处“零水头”,为“真安全水头”(其实不带压),采煤肯定是安全的。

(3) 能把煤层底板导水构造的赋存情况、导水高度查明,煤层底板能确保除去矿压破坏深度后,剩余的有效隔水层厚度能抵抗水压。但在目前的技术条件下这些资料是很难查明的。有些因素即便是在静态条件下查明了,条件发生变化以后它也会发生变化。例如:有的断裂构造在天然状态下不导水,但采煤后,遭到矿压的破坏就可能导水,成为突水通道,就可能发生突水。再就是矿压对底板的破坏深度受很多因素的制约,尤其受断裂构造的影响。当前很多矿区测得的底板破坏深度都是在底板完整的条件下测得的。受断裂构造破坏的底板,在矿压作用下破坏深度是多少,到现在还没有一个矿区进行过这项工作。矿压破坏深度确定不了,就无法确定有效的隔水层厚度。

3. 封堵通道

这里所说的通道是指集中、孤立的一个导水点。通道分两种:一种是天然的陷落柱;另一种是人为的封孔质量不合格的钻孔。通道若是陷落柱时,首先要查明陷落柱的范围及导水性,然后才能打钻注浆实施封堵。实施封堵时可以封堵充水通道,也可以直接封堵水源(一般为奥灰)。通道若是封孔质量不合格的钻孔,首先要查明钻孔终孔层位、钻孔坐标、穿过含水层的基本情况,然后在地面或井下找到钻孔,实施先启封后重封,或采用直接封堵水源等措施进行封堵。

4. 帷幕截流

当含水层接受外来侧向集中补给,水量很大,难以疏降时,可以进行帷幕截流。帷幕

截流按工程施工地点不同分为地面帷幕和井下帷幕。帷幕前必须具备以下条件:

(1) 查明帷幕区的地层及接触关系、地质构造、含水层富水性、补给水源、补给水量、补给地段。

(2) 帷幕区内不存在垂向越流补给,甚至受补含水层水位大幅度下降与水源层水位差很大时,也不会产生垂向越流补给。

(3) 帷幕线的两个端点能落在隔水边界上或帷幕线能自身闭合。

已有很多资料对于地面帷幕作过详细的介绍,在此不再赘述。下文对井下帷幕作简要介绍。

井下帷幕是作者在实际防治水工作中创立的一项新技术,连同本书的“煤层底板大面积注浆改造技术”以及在本书中介绍的“井下注浆堵水技术”,合称为肥城矿区“三大治水创新技术”。

井下帷幕是在井下的巷道中打孔注浆建造帷幕。井下帷幕必须有能在帷幕线上打钻注浆的巷道,这个巷道称为帷幕截流巷。为降低工程造价帷幕截流巷尽可能利用已有的巷道。若要专门掘进巷道,要尽可能地在煤层中施工,并且井下帷幕一般要有地面注浆站及直通井下帷幕注浆孔的管路。在井下的巷道中施工帷幕注浆孔既可以节省钻探工程量,又可以方便地施工倾斜钻孔,增加了钻孔揭露补给通道的概率,可以大大提高帷幕截流的效果。2001年10月至2002年12月肥城矿区国家庄矿在浅部四灰(8煤直接顶板,厚度为5 m,下距奥灰约55 m)中建造了一个帷幕截流工程。建造这项工程的目的是为了堵截奥灰水通过 F_{7-1} 断层(落差135 m)补给井田四灰的充水通道,直接解放国家庄矿浅部的8煤,也为解放9煤、10煤创造条件。这项工程帷幕线长1587 m,帷幕上端点与过去完成的地面帷幕线相接,下端点与落差8 m的阻水断层($F_{隆}$)相接;帷幕巷及辅助巷工程长1949.5 m,主要在下距四灰约20 m的7煤中施工;帷幕注浆孔间距一般为10 m,局部达到2.5 m,注浆孔倾角为 $11^{\circ} \sim 65^{\circ}$,一般为 15° ;注浆孔方位与帷幕巷夹角一般为 20° ,在帷幕内向上倾斜。这项工程共施工帷幕注浆孔206个,完成钻探进尺10840.5 m;用较浓的黏土水泥浆注浆,单孔注浆终压为水压的2~3倍,共注入水泥2557.4 t,黏土25940 t;投入资金854.6万元;工程效果达到95.4%,创国内帷幕工程领先水平。

四、煤层底板含水层大面积注浆改造技术的提出与发展

肥城矿区是煤层底板含水层大面积注浆改造技术的发源地。这项技术会在肥城矿区诞生,是由矿区复杂的地质、水文地质条件决定的。

肥城煤田内断裂构造发育,石炭系本溪组的五灰下距奥灰间距小,五灰、奥灰在有的块段实为一个含水层,五灰通过断层、裂隙、陷落柱大量接受奥灰水的补给,致使五灰水量大、水压高。煤田下组煤(石炭系太原组)的8煤、9煤、10煤下距五灰、奥灰间距小,受五灰、奥灰承压水的严重威胁,到1984年肥城矿区受水害威胁的煤田储量占60%以上,其中大封矿、陶阳矿中一井、国家庄矿、杨庄矿、查庄矿已没有或基本上没有上组煤(二叠系山西组),已全部或绝大部分转入下组煤开采。曹庄矿、白庄矿也已向下组煤转移。但下组煤在开采的过程中频繁发生突水,尤其是1985—1986年在不到一年的时间内发生了3次大型、特大型突水,淹了两个半矿井:一是杨庄矿9101上回风巷探巷发生小断层滞后突水,突水量为 $4409 \text{ m}^3/\text{h}$,造成淹井;二是陶阳矿9507采煤工作面在宽缓的

小向斜轴部,在回采过程中发生突水,突水量为 $17940 \text{ m}^3/\text{h}$,造成淹井;三是大封矿西翼 10204 工作面,没有断层、褶皱,在回采过程中发生裂隙突水,突水量为 $2035 \text{ m}^3/\text{h}$,西翼被淹。因此如何治理水害成为肥城矿区当时最重要的科研课题。若采用疏水降压,经济上极不合理,如陶阳矿中一井五灰单位疏降水量为 $533 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$,在 -100 m 水平采煤,五灰水头至少要降 100 m (五灰正常水位为 $50 \sim 60 \text{ m}$),按年产量 30 万 t (矿井设计能力)设计,仅排水电费吨煤约 933 元。如此高的费用是企业无法负担的,而且水位大幅度下降,将破坏地下水资源,严重影响工农业及人畜用水。由于井田内存在大量的垂向导水构造(断层、裂隙、陷落柱),即便堵截了边界的补给通道,井田内的导水通道照样补给五灰。如果再对边界导水大断层实施帷幕截流,再疏降五灰水压,将毫无意义。针对肥城矿区复杂的水文地质条件,亟须探索符合肥城矿区实际情况的、有效的水害治理方法。在这种情况下,1984 年作者提出了含水层注浆改造技术。这项技术得到了原山东煤炭局、煤炭部地测处的支持,并在肥城矿务局的陶阳矿、大封矿进行了初步试验。1986 年肥城矿务局连续淹了两个半矿井后,这项技术也引起了矿务局有关领导的重视,改进后进行了大面积试验,在试验中又不断改进,直到 1989 年基本形成了一整套煤层底板含水层大面积注浆改造技术,后在多个矿区推广应用。随着相关技术的发展,这项技术也在不断提高。这项技术从提出到现在大致经历了以下 5 个阶段。

1. 初步试验阶段

1984 年在肥城矿务局大封矿的 9312 工作面、9314 工作面和陶阳矿的 9507 工作面进行了试验。具体做法是:在工作面内重点布孔,只在工作面初次矿压显现地段相对的地面向五灰打垂直注浆孔,并在地面注水泥浆。每个工作面打一个孔,每个孔注水泥 $40 \sim 60 \text{ t}$ 。虽然这次试验没有取得实际的工程效果,但提出了一个主动治理水害的全新思路,是采煤工作面水害防治方法的一次突破。通过这次试验也发现地面打孔工程量大、费用高,钻孔揭露的裂隙少,技术上不合理,很难实现大面积注浆改造含水层的目的。

2. 改进注浆孔施工工艺阶段

在当时现有的技术方法都无效的情况下,含水层注浆改造技术得到了有关领导的高度重视,并组织大规模改进、试验。在第一个淹井的杨庄矿 9306 工作面进行试验。此次试验针对前一阶段存在的问题,改变了过去只在工作面的局部地段重点布孔的方法,采用了工作面内全面均匀、密集布孔。在工作面的轨中巷向工作面底板的五灰中打斜孔,在井下建临时注浆站注纯水泥浆。该工作面共施工注浆孔 21 个,注水泥约 500 t 。采煤时没有发生出水。

此次试验得到以下结论:

- (1) 对含水层打孔注浆,可以较大程度地改造含水层的含水性,实现安全采煤。
- (2) 井下打孔注浆:一是减少钻探工程量,降低工程费用,缩短工期;二是钻孔揭露含水层段长,穿过的岩溶裂隙多,有利于提高注浆改造的效果。
- (3) 方便检查注浆效果。
- (4) 井下造浆注浆粉尘多,工人劳动强度大,保证不了连续注浆,并且注浆材料运输困难。

3. 改进注浆工艺阶段

总结以上两个阶段的经验教训,对注浆工艺进行了根本性改进,采用了井上下结合的

注浆工艺。具体做法是：在地面建注浆站、打注浆管路孔，井下敷设注浆管路。地面注浆站由泥浆泵、散装水泥罐、泥浆搅拌池、注浆池等组成。地面注浆站制造的水泥浆用泥浆泵通过注浆管路孔、井下注浆管路压入工作面注浆孔，对含水层进行注浆改造。

这次对注浆工艺的改进，改善了工人的劳动条件，减轻了劳动强度，实现了大量连续注浆。注浆工艺改进后，含水层大面积注浆改造技术在肥城全局各矿推广应用。截至1991年底肥城全局已注浆改造59个工作面，解放受水害威胁的煤炭储量500.9万t，安全采出360余万t，取得了明显的效果。但用纯水泥注浆，注浆材料费用高，而且纯水泥浆析水率高，在裂隙内运移的过程中易沉淀。因此对岩溶裂隙充填不实，扩散距离短，影响了注浆改造的效果。

4. 改进注浆材料阶段

1991年肥城矿务局参考了乌克兰制浆机示意图自行研制了NL12型黏土制浆机，与煤炭科学研究总院北京建井研究所合作，经国内外考察、调研，确定用水泥黏土浆作为含水层注浆改造的材料。在肥城矿务局大封矿的9206工作面、9208工作面进行了工业性试验。试验证明黏土水泥浆作为注浆材料优于纯水泥浆。黏土水泥浆不但费用低，而且效果好。

5. 技术充实提高阶段

1991年以后含水层注浆改造技术已在全国多个矿区推广应用，并根据实际工作中出现的问题，不断改进，不断提高。这一阶段做的主要工作如下：

- (1) 为杜绝人为因素，确保计量准确，研制安装了注浆量自动计量系统。
- (2) 为提高浆液质量，研制了高速制浆机及浆液振动筛，改进了黏土浆制浆工艺。
- (3) 为扩大浆液的扩散距离，提高含水层注浆改造质量，成功试验了高压注浆技术。

(4) 针对复杂的地质条件，不断改进注浆孔布置方式。为保证工作面底板含水层注浆改造的质量，注浆孔要对工作面底板含水层的主要裂隙实现立体全覆盖，即全揭露。根据这一思路，提出了在工作面需要改造的范围内，根据主裂隙发育方向与工作面走向的关系，用“投影剖面线法”布设注浆孔。

(5) 在深入分析研究浆液扩散距离、含水层需要改造的深度的基础上提出了一些确定方法。

- (6) 针对注浆过程中破碎底板处跑浆问题发明了固料添加器及井下注固料工艺。

(7) 针对注浆管路过长、阻力大、故障多的问题，试验了井下接力（加压）注浆站。

肥城、焦作、永城、郑州、邢台、峰峰、淮北、皖北等矿区应用煤层底板含水层大面积注浆改造技术，不但采出了受水害威胁的煤炭数亿吨，而且逐步形成了注浆孔布设及施工工艺、注浆材料及注浆工艺、质量检查及效果评价等一系列较为成熟的成套技术。但是任何一项技术在任何时候都不能达到尽善尽美，它总是随着相关理论、技术、工艺的发展不断提高，煤层底板含水层改造技术也不例外。随着物探技术的不断提高，这项技术将使注浆孔的布设更趋合理，更有针对性；随着定向钻进技术的不断提高，这项技术将使注浆孔的布设、施工更简单。

五、含水层大面积注浆改造技术的基本概念

煤层底板含水层大面积注浆改造技术就是通过合理布设的大量的注浆孔向直接威胁煤

层安全开采的含水层大量灌注浆液，浆液的固结体充填于含水层的岩溶、裂隙中，改变含水层的含水性，变强含水层为弱含水层或隔水层，同时加固强化底板、堵塞含水层接受补给的通道（图0-3）。之所以冠以“大面积”是区别于含水层小面积的预注浆。含水层小面积预注浆，在建井时经常采用，我国在20世纪50年代开始应用这项技术，在国外1864年就开始应用这项技术。为井筒开挖对含水层进行预注浆，注浆面积小，一般是几十平方米。而为工作面采煤对含水层进行预注浆，注浆面积很大，从几万平方米到几十万平方米。这么大的面积不管是国内还是国外过去都没有人作过。

煤层底板含水层大面积注浆改造技术内容包括注浆孔的布设、注浆孔施工工艺、注浆材料的选取及制浆工艺、注浆系统及注浆工艺、单孔注浆结束标准、工程质量检查方法及标准、工程效果评价方法及标准。

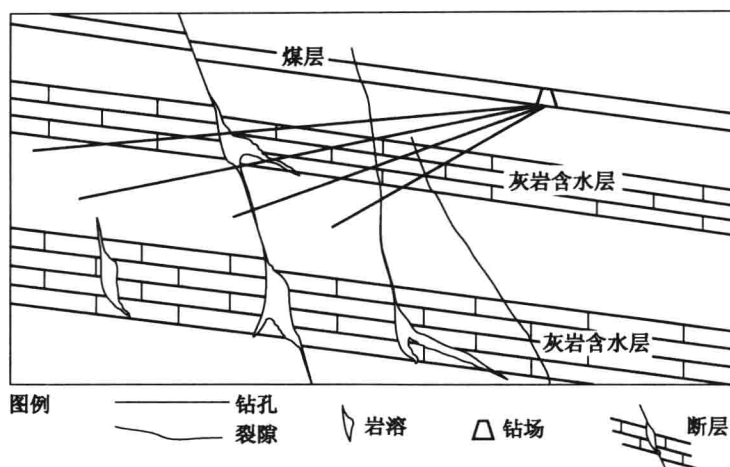


图0-3 含水层注浆改造示意图

六、含水层注浆改造的作用

含水层注浆改造可以消除煤层底板突水三要素中的两要素，即消除“直接突水水源”及“突水通道”。含水层注浆改造主要有以下3个作用：

（1）充填作用。含水层的岩溶、裂隙中储存着承压水，这是煤层开采过程中底板突水的基础。含水层注浆改造就是把浆液通过注浆孔压入含水层的岩溶、裂隙中。浆液在注浆压力的作用下在岩溶、裂隙中扩散、充填，在注浆压力及水化作用下固结，把含水层原有的水排挤、置换到不需要被注浆改造的地段中去，使含水层被注浆改造地段的岩溶、裂隙被充充实或基本被充充实，消除或削弱了突水的基础。

（2）加固作用。煤层底板往往不是完整的，而是发育着大量的裂隙。这些裂隙有的与岩溶承压含水层连通，把岩溶承压含水层的水导入煤层底板。下伏岩溶承压含水层的水导入煤层底板的高度叫导入高度。导入高度有的几米，有的几十米，有的接近或达到甚至超过了回采煤层底面。在煤层开采过程中，直接揭露了导水裂隙或矿压产生的裂隙与原生的导水裂隙沟通，就发生出水。底板含水层注浆改造就是在含水层中注浆，浆液不但在岩

溶含水层中扩散,而且在煤层底板与岩溶含水层沟通的裂隙中向上扩散、充填、固结,把破碎的底板胶结成较完整的底板,提高了底板抗突水的能力,同时堵塞了突水的天然通道。

(3) 堵塞作用。华北型煤田有的矿区石炭系薄层灰岩水通过断层、裂隙、陷落柱与巨厚的奥灰水发生密切的水力联系,水位难以疏降,治理困难。在对薄层灰岩含水层进行注浆改造时,浆液除在注浆压力的作用下在含水层及底板裂隙中扩散外,也在水源层与薄层灰岩联系的通道中向下扩散、充填、固结,堵塞水源层与薄层灰岩含水层的水力联系的通道,减少薄层灰岩的动水量。

从以上3个作用可以看出,含水层注浆改造可以消除或削弱煤层底板突水的基础及突水的必备条件;加强加厚底板隔水层,提高底板抗突水的能力;切断直接威胁煤层安全开采的含水层与水源层的水力联系,能有效地防止底板突水。可以说含水层注浆改造是防止底板突水的治本措施。