

倪兴华 许延春 王同福 张刚艳 刘瑞新 官云章 著

厚冲积层立井 破裂机理与防治

煤炭工业出版社



国家自然科学基金资助项目 (50274042)

厚冲积层立井破裂机理与防治

倪兴华 许延春 王同福 张刚艳 刘瑞新 官云章 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

作者简介



倪兴华

男, 1956年10月生, 教授级高级工程师。1996年7月毕业于天津大学系统工程

专业, 硕士。现任兖州煤业股份有限公司总工程师。曾主持兖州矿区重大技术方案的制定与设计审查、兖州矿区技术创新和改造等多项科研项目。获得省(部)级科研成果奖7项, 出版著作3部。

作者简介



许延春

男, 研究员, 博士。自1984年起在煤炭科学研究总院北京开采研究所

长期从事井筒破裂防治、特殊条件下采煤和岩土工程问题的研究。2000年被列为“国家千百万人才工程”煤炭系统专业技术拔尖人才, 2004年被评为年度煤炭科技创新拔尖人才。主持、主参完成了3项国家自然科学基金项目, 先后10次(9项)获国家和省、部级科技进步奖。出版专著1部, 共发表论文50余篇。

内 容 提 要

本书较全面介绍了井壁破裂机理、井壁破裂防治技术（包括：卸压槽、地层注浆、井圈加固和套壁等）和工艺，相关的井筒安全状况评价软件、监测系统、井筒设备的改造方法等知识。通过有效防治，确保了兖州矿区十年来没有因井壁破裂造成的安全生产事故，为矿区生产持续发展提供了可靠保证。本书介绍的研究成果对类似厚冲积层条件的井壁破裂防治有推广应用前景，对井筒煤柱开采以及采空区引起的井筒破坏防治也有借鉴价值。

本书可供采矿、建井、地质、岩土工程及市政建设等领域的生产、科研、设计、教学人员及研究生参考。

前 言

黄淮地区地处黄河、淮河平原，普遍存在着厚新生界含水冲积地层（厚度大于80m）。黄淮地区是我国十分重要的煤炭能源基地，有淮南、淮北、大屯、徐州、枣庄、兖州和邢台等大型矿区，建有数百个井筒，年产煤量数亿吨。然而自1987年以来，淮北临涣矿区、大屯矿区突发立井井壁破裂灾害。1995年以来，兖州矿区部分煤矿井壁也发生破裂。据统计发生过破裂的井筒已达90余个。兖矿集团已有5个矿井的15个井筒遭到破坏。

立井井筒是矿井的咽喉，是人员、煤炭、设备上下井以及动力、通风、灭火材料进入井下的通道。井筒的破裂给矿井安全生产造成很大危害：经济损失严重，包括矿井停产治理影响产量，治理工程费用增加，井筒直径缩小导致井筒提升和通风能力降低；安全威胁严重，包括罐道变形易造成卡罐引发重大伤亡事故，破坏的井壁下落，易损坏设备和伤人，冲积含水层向井筒大量涌水、溃砂，治理工程施工期间诱发安全事故等。因此，对井壁破裂进行深入的研究、合理的防治是十分必要和迫切的。

本书融汇了“厚冲积层立井井筒安全状况评价及破裂灾害防治技术研究”项目（2006年国家安全生产科技进步二等奖）、“多次破坏井壁化学灌浆治理的理论与技术研究”、“兴隆庄矿工业场地巨厚冲积层变形特征及其对重大建筑物的影响”（2004年国家安全生产监督管理局安全生产科技一等奖）、“煤矿濒于破裂井壁的不停产防治研究与工程实践”（1998年山东省科技进步二等奖）和“地层加固法治理井筒破裂灾害技术”（1997年山东省科技进步二等奖）等项目的技术成果，并且获得了国家自然科学基金项目“深部饱和黏土的性质与变形特征”（编号：50274042）的资助。

全书共分为10章。其中，第1章介绍了井壁破裂与防治的情况。第2章介绍了井壁破裂的外部条件，包括冲积层厚度、含水层的水位动态、井筒周围冲积地层内部变形规律。第3章介绍了应用土力学理论和模拟试验对井壁破裂机理进行的研究成果。第4章介绍了利用所开发的专用有限元软件，注重研究了卸压槽、注浆加固地层和套壁治理技术的治理效果。第5章介绍了应用模糊数学、神经网络知识，形成井壁破裂安全评价与预测方法。第6章介绍了立井安全状况评价与预测软件包的主要功能、特点和使用方法。第7章介绍了卸压槽以及井圈、套壁防治技术。第8章介绍了地层加固防治技术，包括：地面

注浆、壁后注浆以及化学壁后注浆技术。第9章介绍了井筒安全状况监测与报警系统。第10章介绍了井筒设备的相应技术改造措施。

感谢兖矿集团及所属各矿工程技术人员的大力协助。感谢清华大学介玉新副教授在有限元软件开发和计算中的帮助。对参加相关项目的王惠忠、杨维好、陈佩佩、任彦龙、王宗胜、刘成林、隋旺华、张广文、冯增强、徐法奎等同志表示感谢。书中引用了一些单位和个人发表的文献资料，在此对其作者表示由衷的谢意。

目 次

1 井壁破裂与防治概述	1
1.1 井壁破裂基本情况	1
1.2 井壁破裂原因分析	6
1.3 井壁破裂防治方案	7
2 井壁破裂的水文地质、地质条件	12
2.1 黄淮地区冲积层结构特征	12
2.2 冲积层土的工程性质特征	15
2.3 兴隆庄矿土的性质	25
2.4 冲积层含水砂层的水位动态	27
2.5 冲积层内部的三维移动规律	30
3 井壁破裂的机理研究	44
3.1 井壁破裂机理的土力学分析	44
3.2 井壁破裂机理的试验研究	51
4 井壁破裂机理和防治的数值模拟研究	61
4.1 井壁破裂数值模拟方法概述	61
4.2 井壁破裂机理与防治的数值模拟理论	61
4.3 疏水引起地层变形对井壁的影响	66
4.4 卸压槽对井壁应力的影响	68
4.5 注浆加固地层对井壁影响的分析	69
4.6 套壁治理措施的机理	71
5 井筒安全状况评价与破裂预测方法	74
5.1 模糊数学方法评价和预测井壁破裂	74
5.2 人工神经网络方法评价	79
5.3 井筒初次破坏经验法评价与预测	82
5.4 井筒再次破裂的评价预测	84
6 井筒破坏评价与预测系统	89
6.1 安装环境要求	89

6.2 《系统》特点	89
6.3 《系统》功能	93
7 卸压槽以及井圈、套壁法防治技术	98
7.1 卸压槽法治理技术	98
7.2 井圈加固技术	105
7.3 套壁加固技术	110
8 注浆加固地层治理技术	112
8.1 注浆材料	112
8.2 注浆理论	119
8.3 地面钻孔注浆加固地层技术	126
8.4 壁后注浆堵水技术	134
8.5 脲醛树脂化学注浆堵水技术	137
8.6 马丽散壁后注浆技术	141
9 井筒安全状况监测与探测	145
9.1 井筒安全状况监测与报警系统	145
9.2 日常井壁安全状况监测与报警系统	152
9.3 治理施工期间监测与报警系统	157
9.4 重大建筑物损坏监测	164
10 井筒装备技术改造	167
10.1 防治工程前的井筒装备变形与改造	167
10.2 治理工程后的井筒装备改造	171
参考文献	173

1 井壁破裂与防治概述

1.1 井壁破裂基本情况

1.1.1 破裂井筒分布

黄淮地区地处黄河、淮河平原，普遍存在着深厚的新生界含水冲积层（厚度大于80m）。黄淮地区是我国重要的煤炭能源基地，分布有淮南、淮北、永夏、平顶山、大屯、徐州、枣庄、兖州、巨野、肥城等大型矿区，建有数百余个通过厚冲积层的立井井筒，年产煤量超亿吨。1987年淮北和大屯矿区的临涣矿副井和张双楼矿副井井壁相继突发破裂灾害，此后每年均有新的井壁破裂灾害发生，灾害逐步扩展至兖州、徐州、大屯、淮北、淮南矿区，部分井壁破裂情况见表1-1。据统计至2005年底，破裂井筒已经达到90余个。

表1-1 部分井壁破裂情况

序号	井筒名称	施工方法	竣工时间 破坏时间	表土深度/m 破坏深度/m	破坏情况描述	破坏段层位
兖州 矿区	鲍店副井	冻结法	$\frac{1979-11}{1995-6}$	$\frac{148.6}{126.9}$	井筒环向完全断裂，混凝土脱落，钢筋裸露	砂砾层
	鲍店主井	冻结法	$\frac{1979-5}{1995-5}$	$\frac{148.6}{136\sim 144}$	在垂深126.7m处东北方向有6.5m长破裂带，混凝土脱落，钢筋裸露	砂土层及与基岩交界面
	鲍店北风井	冻结法	$\frac{1979-10}{1996-8}$	$\frac{202.5}{168.4\sim 204}$	混凝土剥落，出现裂缝	土层与基岩交界面
	鲍店南风井	冻结法	$\frac{1979-8}{1996-8}$	$\frac{157.9}{158.1\sim 159.3}$	混凝土剥落，局部渗水	风化砂岩
	兴隆庄主井	冻结法	$\frac{1977-8}{1997-6}$	$\frac{189.3}{150\sim 200}$	160~208m罐道相对钢梁发生位移，垂深180m附近罐道弯曲变形，影响提升，且井壁有爆皮、渗水现象	砂砾层及与基岩交界面
	兴隆庄副井	冻结法	$\frac{1978-12}{1997-2}$	$\frac{190.4}{154.0\sim 200}$	罐道轻微变形，井壁变形不明显	
	兴隆庄西风井	冻结法	$\frac{1976-8}{1995-10}$	$\frac{183.9}{165.5\sim 171.6}$	裂缝呈水平环向分布，局部混凝土井壁片状脱落，偶见钢筋外露，部分裂缝出水	
	兴隆庄东风井	冻结法	$\frac{1977-5}{1997-6}$	$\frac{176.45}{157\sim 184}$	裂缝呈水平环向分布，局部混凝土井壁片状脱落，偶见钢筋外露，部分裂缝出水	

续表

序号	井筒名称	施工方法	竣工时间 破坏时间	表土深度/m 破坏深度/m	破坏情况描述	破坏段层位
兖州 矿区	杨村主井	冻结法	$\frac{1984-12}{1997-2}$	$\frac{185.4}{176.5 \sim 196}$	罐道缝压实、罐道、管路压缩弯曲, 出现水平裂缝	风化基岩交界面
	杨村副井	冻结法	$\frac{1985-1}{1997-12}$	$\frac{184.4}{160 \sim 212}$	160m、176m、212m 垂深处出现破裂, 但不严重	
	杨村北风井	冻结法	$\frac{1984-10}{1997-12}$	$\frac{173.4}{150 \sim 179.0}$	罐道缝压实, 罐道、管路压缩弯曲, 出现水平裂缝	
	太平主井	冻结法	$\frac{1987-12}{1989-3}$	$\frac{166.92}{123 \sim 166.9}$	深度 123m、153m、166m 处出现水平裂缝, 渗水 15m ³ /h	流砂层、基岩交界面
	太平副井	冻结法	$\frac{1987}{2003-12}$	$\frac{166.9}{166.9}$	裂缝呈水平环状, 渗水 10m ³ /h	
	济宁三号 矿风井	冻结法	$\frac{1992-12}{2004-8}$	$\frac{176.96}{165 \sim 170}$	深度 165~170m 处出现水平裂缝, 渗水 36m ³ /h	基岩交界面
	南屯白马河 风井	冻结法	$\frac{1989-2}{2003-8}$	$\frac{140.5}{134}$	裂缝呈水平环状, 渗水 5m ³ /h	黏土层基岩交界面
徐州 矿区	张小楼副井	冻结法	$\frac{1973-5}{1983-10}$	$\frac{103.5}{104.2 \sim 108.5}$	井壁压裂、掉块、渗水	风化页岩
	张集主井	冻结法	$\frac{1973-6}{1981}$	$\frac{105.3}{101 \sim 102.6}$	缩径 100mm	黏土、砂层
	张集副井	冻结法	$\frac{1973-12}{1981}$	$\frac{105.25}{104 \sim 105}$	缩径 100mm	黏土、砂层
	张双楼副井	冻结法	$\frac{1982-12}{1987-7}$	$\frac{243.15}{229.3 \sim 230.6}$	涌水 60m ³ /h, 井壁下降 48mm, 井壁压裂, 掉块	黏土、砂层
	张双楼主井	冻结法	$\frac{1983-6}{1987-8}$	$\frac{242.95}{240 \sim 244}$	井壁压裂, 局部掉块, 渗水	砂层风化砂岩
	张双楼风井	钻井法	$\frac{1979-11}{1992-6}$	$\frac{252}{245 \sim 247}$	缩径 300mm, 2m × 1.8m × 0.8m 混凝土剥落	黏土、砂层
	夹河矿主井		$\frac{1968}{1982}$	$\frac{78.6}{100 \sim 104}$	不规则破裂	风化页岩
	韩桥副井		$\frac{1955}{1977-3}$			
	大黄山副井		$\frac{1956}{1988-4}$			

续表

序号	井筒名称	施工方法	竣工时间 破坏时间	表土深度/m 破坏深度/m	破坏情况描述	破坏段层位
大屯 矿区	龙东主井	冻结法	$\frac{1983-3}{1987}$	$\frac{212.0}{162.6 \sim 246.9}$	井壁混凝土剥落, 原注浆孔出水	黏土层
	龙东风井	冻结法	$\frac{1983-3}{1988}$	$\frac{159.2}{150.0 \sim 160.0}$	井壁变形扭曲, 混凝土剥落	黏土、砂层
	孔庄副井	冻结法	$\frac{1975}{1989-3}$	$\frac{158.07}{142.0 \sim 145.0}$	环向出现破坏裂纹, 混凝土掉块	黏土、砂层
	孔庄风井	冻结法	$\frac{1983-3}{1987-8}$	$\frac{156.4}{151.7 \sim 155.8}$	井壁多处破坏, 掉块, 钢筋外露, 梯子间壁板弯曲	黏土、砂层
淮北 矿区	临涣副井	冻结法	$\frac{1979-3}{1987-7}$	$\frac{239.10}{229 \sim 245}$	井壁高 2m 范围内混凝土环状破裂, 钢筋外露反弯, 破裂处涌水, 井塔错位	黏土、砂层风化岩层
	临涣西风井	钻井法	$\frac{1979-4}{1993-7}$	$\frac{244.4}{227}$	井壁混凝土环状破裂, 钢筋外露弯曲, 破裂处渗水	黏土、砂层
	海孜主井	冻结法	$\frac{1982-8}{1988-10}$	$\frac{247.2}{211.7 \sim 219.7}$	井壁多处破裂, 钢筋外露, 井壁多处出现淋水并出现卡罐现象	黏土层
	海孜中风井	冻结法	$\frac{1980-6}{1988-6}$	$\frac{245.0}{226.8 \sim 236.5}$	井壁正北方向弯曲, 混凝土呈圆状剥落, 高度达 3m	黏土、砂层
	海孜副井	冻结法	$\frac{1983-4}{1987-8}$	$\frac{247.2}{232.8 \sim 237.5}$	井壁多处破裂, 最长裂缝 7.5m, 侧筋外露, 卡罐	黏土、砂层
	海孜西风井	冻结法	$\frac{1980-11}{1989-5}$	$\frac{240.0}{231.5 \sim 237.5}$	混凝土剥落严重, 深度约 250mm, 钢筋外露反弯且扭转, 破坏处涌水量 47m ³ /h	黏土、砂层
	童亭主井	钻井法	$\frac{1986-9}{1991-4}$	$\frac{230.4}{230.4}$	井壁仅有少量掉皮, 破坏不严重	土层与基岩交界面
	童亭副井	钻井法	$\frac{1983-12}{1991-4}$	$\frac{230.5}{160 \sim 270}$	井壁 185.8~245.8m 段破坏严重, 深度 100mm	黏土、砂层风化带
	童亭风井	冻结法	$\frac{1982-3}{1991-4}$	$\frac{225.3}{240}$	裂缝宽度不大, 破坏不严重	风化带砂页岩
	芦岭主井	冻结法	$\frac{1963-9}{1987-8}$	$\frac{203.4}{202.5 \sim 209.5}$	有大块的混凝土剥落, 在西南位置渗水严重	黏土、砂层风化带
	芦岭副井	冻结法	$\frac{1964-12}{1987-8}$	$\frac{203.6}{212.3}$	裂缝高达 2m, 深度 80mm, 钢筋外露, 向井内弯曲	风化页岩

续表

序号	井筒名称	施工方法	竣工时间 破坏时间	表土深度/m 破坏深度/m	破坏情况描述	破坏段层位
淮北 矿区	前岭北风井	冻结法	$\frac{1978-12}{1987-8}$	$\frac{96.2}{112.6 \sim 113.9}$	剥落高度达 1m, 深度 80mm, 钢筋外露, 向井内弯曲	风化带
	任楼矿主井	冻结法	$\frac{1978}{1993-10}$	$\frac{386}{217 \sim 272.8}$	呈水平破裂, 裂缝环向闭合	黏土砂层
	祁南矿主、副、风井	冻结法	$\frac{1995}{1996}$	$\frac{330}{250 \sim 330}$	在建井过程中出现环状破裂	风化带
淮南 矿区	潘三西风井	钻井法	$\frac{1984-11}{1988-8}$	$\frac{440.8}{444.4 \sim 447.9}$	井壁鼓包, 鼓起 180mm	风化砂质页岩
	潘一东风井	冻结法	$\frac{1991-11}{1992-7}$	$\frac{292.5}{292.5}$	井壁混凝土表面开裂炸皮, 开裂最大宽度 1.3m, 深度 100m, 钢筋外露, 局部有渗水	土层与基岩交界面
	谢桥东二风井	冻结法	$\frac{1989-7}{1991-6}$	$\frac{421.0}{475.0 \sim 478.5}$	井壁有混凝土剥落, 掉块	砂质页岩
	孔集风井	钻井法	$\frac{1975-7}{1987-8}$	$\frac{156.4}{151 \sim 155.8}$	不规则非连续块状	黏土砂层

1.1.2 井壁破裂的主要现象

井壁破裂有以下主要现象:

(1) 地域相对集中。主要集中在我国华东地区黄淮平原。

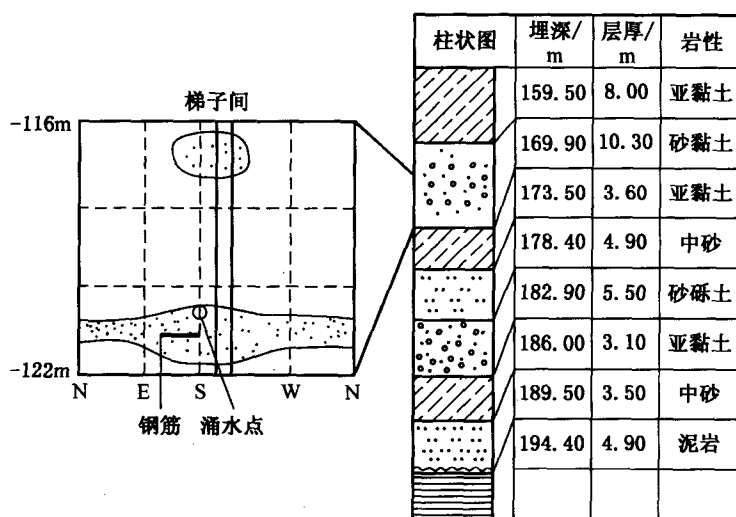


图 1-1 兴隆庄矿西风井井壁破坏示意图

(2) 破裂条件类似。破坏井壁处于厚冲积层地区，冲积层厚度大于 80m，其底部含水层受采矿影响水位持续大幅度疏降，地下水位下降 10~100m。工业广场地面均有沉降，累积沉降量大于 200mm。

(3) 破坏时间多集中在 4~9 月。

(4) 破裂现象类似。井壁破坏带在冲积层与基岩界面附近。井筒罐道纵向弯曲变形影响提升，甚至造成卡罐事故。井壁均为横向断裂，破裂带内混凝土成片剥落，井壁内纵向钢筋向井内弯曲，横筋出露。井壁破裂处呈近于水平的裂缝，破裂带在水平方向交圈。破裂处漏水，有时带砂。破坏情况如图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示。

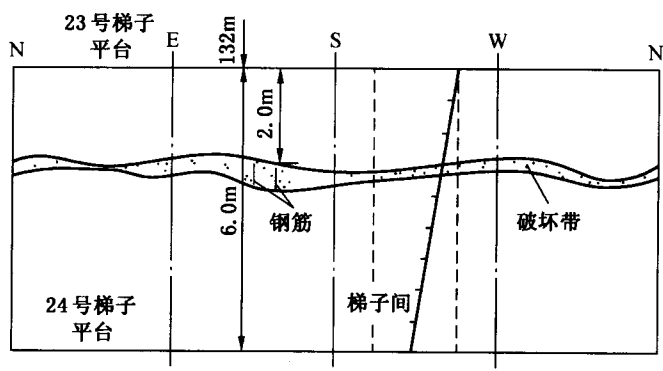


图 1-2 南屯矿白马河风井井壁破坏展开示意图

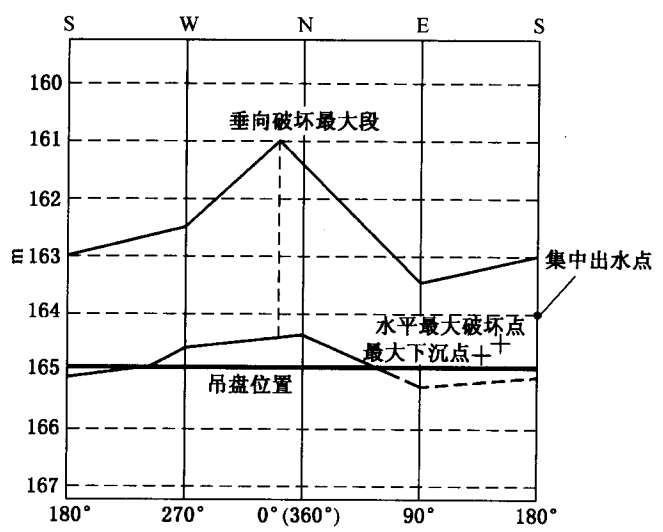


图 1-3 济宁三号矿风井井壁破坏示意图

(2004 年 9 月 27 日)

注：吊盘位置为从安全通道底板以下 165m，标高为 -131m；安全通道底板标高为 +34m。

1.2 井壁破裂原因分析

1.2.1 井壁首次破裂原因分析

根据观测与研究,井壁首次破裂主要有三个方面的原因。

(1) 井壁内产生附加压应力。采矿引起新生界冲积层底部含水层水位下降,导致深部土层固结压缩,其上面的地层不断沉降。地层在沉降过程中,对井壁有向下的相对运动,在井筒外表面产生向下的摩擦力,其摩擦力在井壁内又产生竖直向下的压应力。该压应力在井筒的设计规范中没有考虑到,因此又称“附加应力”。该附加应力在冲积层段随埋深和地层压缩量增大而增大,一般在冲积层底部达到最大。当井壁应力增大到超过井壁强度时,井壁出现突发破裂,并且造成井筒内的设备严重变形。

(2) 井壁设计的原因。黄淮地区的矿井,位于冲积层中的井壁多为双层井壁结构。内、外壁共同承压按 1.3 倍静水压力设计。在各种侧压力作用下的内力计算,没有考虑竖向应力,所以尽管在侧压力验算中考虑了一些安全系数,但由于厚冲积层沉降形成的竖向附加应力大,因此仍然出现了大量的井壁破裂。

(3) 井壁结构与施工质量。冲积层厚度大,地层持续压缩、沉降的情况下,井筒一般均出现了破裂。但破裂的具体位置、时间以及严重程度则与井壁结构和施工质量密切相关。一般情况下井壁强度低,井壁厚度小,则井壁容易破裂。

1.2.2 井壁多次破裂原因分析

多数井壁破裂第一次治理后经过一段时间又出现了再次破裂,分析认为主要因素如下:

(1) 第四系下组水位持续大幅度下降。该类型井筒主要是含水层水位高,首次治理后,水位继续下降,地层随之压缩,井壁应力再次集聚,导致再次破裂。例如,兴隆庄矿主井 1997 年 6 月第一次治理至 2001 年 9 月进行第二次扩大卸压槽施工期间, Q_F-11 孔水位下降 16.31m。2004 年 5 月 30 日,兴隆庄矿 Q_F-11 孔的水位为 -83.604m,距冲积层底界面尚有 57m 的水头余量。据此预测,兴隆庄矿主井筒以后还需进行 3~4 次治理。与兴隆庄矿井筒情况类似的鲍店和杨村矿的井筒以后也需进行多次治理。

(2) 一次治理卸压槽位置不佳。首次井壁破裂治理时,考虑到开卸压槽的安全性和方便施工,部分井筒将卸压槽布置在基岩风化带(第四系底界面以下 1.0~6.55m)。由于卸压槽相对偏离了冲积层下部的井壁应力集中区(井壁第一次破裂严重区),致使卸压槽的卸压效果受到一定的影响,导致井筒第二次发生破裂。如兴隆庄矿东风井井壁破裂一次治理卸压槽位于第四系底界面以下 4.9m,缺压槽高为 350mm。1998 年 4 月至 2003 年 5 月卸压槽压缩量仅 14.5mm。而同期主井井壁破裂一次治理卸压槽位于第四系底界面以上 6.58m,缺压槽高为 400mm,自 1998 年 7 月至 2001 年 7 月压缩量达 107mm。两者比较效果差别显著。表明东风井卸压槽位置不佳,卸压作用没能得到充分的发挥。

(3) 井壁破裂处套壁效果不佳。1995 年兖矿集团井壁突发破裂,借鉴其他矿区经验在部分风井的破裂处采用套壁治理。当时其他矿区井筒套壁时间短尚未破裂,并且对套壁治理机理尚缺乏理论研究。几年后破裂处套壁相继破坏,表明在破裂处套壁不能达到较好的治理效果。

(4) 卸压槽的压缩量达到了限度。井壁破裂首次治理时,卸压槽的高度一般为 200~400mm。当卸压槽的压缩量约占槽高的 30%~40%时,压缩木被压实,卸压槽就失去卸

压作用,需要进行再次治理,如不及时治理,就会出现再次破裂。如上述的兴隆庄矿主井卸压槽槽高 350mm,自 1998 年 7 月至 2001 年 7 月卸压槽压缩量为 107mm,占整个槽高约 30%。之后,在卸压槽的上部井壁发生了二次破裂。

1.3 井壁破裂防治方案

1.3.1 井壁破坏的治理措施和类型

通过研究和实践,探索出多种井壁破坏后治理措施。在实际治理工程中,经常是多种治理措施组合使用。

1.3.1.1 治理措施

1) 井圈加固井壁

初始阶段井壁破坏具有突发性,为尽快控制破坏的发展,一般采用槽钢井圈对井壁破坏段进行加固。该方法可以对破坏起控制作用,并可保障短期内的提升安全运行。

2) 卸压槽治理

井壁卸压槽就是在附加压应力较大的井壁段,在井壁上沿环向开一个槽,在槽内放置压缩性较好的材料,一般为木材。通过人为降低该处井壁的强度,增大压缩量,以达到减小井壁应力的目的。实践证明,在适当位置开设卸压槽可有效降低井壁应力,起到防治井壁破坏的效果。卸压槽是目前最常用的措施,但一般卸压槽的服务期较短,存在需要反复扩槽施工的问题。

3) 套壁加固

套壁加固就是在附加压应力大的井壁段和破裂井壁段,在井筒内再套一层混凝土内壁加强井壁的强度,一般套壁厚度 250~300mm。套壁措施需要原井筒有富余的断面积。原认为套壁可长期治理井壁破坏,但近年来一些套壁井筒在原破裂处又出现了再次破裂。

4) 地层注浆

地层注浆措施按施工方法分为“壁后注浆”和“地面注浆”两种:

(1) 壁后注浆。在井筒内打钻穿过井壁对地层进行注浆。探测和观测表明,破壁注浆的地层加固范围一般为壁后 5m 以内,减小井壁压缩变形不显著,难以作为长期治理的方法。但破壁注浆可有效减少井壁漏水量,施工费用较低,因此也是常用的措施。

(2) 地面注浆。为加大注浆加固地层的范围或井筒内部没有施工的条件,可采取在地面打钻对冲积层的主压缩层注浆加固,目的是减少地层的压缩量,从而减小井壁的附加应力。

1.3.1.2 井壁破坏治理类型

1) 井壁破坏后治理

大多数井壁破坏治理属该类型。该治理类型存在以下主要缺点:

- (1) 安全隐患已经形成。
- (2) 需进行破坏段加固、堵水,治理难度加大。
- (3) 治理工序多,费用高。

2) 井壁破坏前治理

针对上述类型的缺点,通过评价和论证,对有井壁破裂必然性的井筒进行预防性治理。例如,兴隆庄矿主、副井,杨村矿南风井进行了濒于破坏井筒的不停产防治取得了很

好的效果。

3) 建井时期防治

在穿过深厚含水冲积层有可能发生井壁破坏的井筒建设期间,可采用在井壁上安装可压缩层,在内、外井壁之间设置滑动层等措施防止井壁破坏。

1.3.2 井壁破裂防治方案

1) 井壁防治工程方案

井壁破裂防治,主要采用以下防治方案(表1-2)。常用的方法是对井壁破裂进行评价和预测,然后对有破裂可能性的井筒采用以卸压槽为主的治理。对提升强度大的井筒,则可考虑采用地面注浆加固地层的方法。

表1-2 煤矿立井破坏防治方案

方案数	方 案 内 容		适合井筒条件	工 程 条 件
	主要措施	辅助措施		
1	井圈加固		主井、副井、风井	井筒已破坏,井筒涌水量小
2	卸压槽	井壁破裂评价+监测+设备改造	主井、副井	井筒尚未破坏,卸压槽位置为隔水层
3	卸压槽+壁后水泥注浆	井壁破裂评价+监测系统+设备改造	主井、副井、风井	井筒尚未破坏,卸压槽位置为含水层
4	卸压槽+壁后化学注浆	井壁破裂评价+监测系统+设备改造	主井、副井、风井	井筒再次治理,卸压槽位置为含水层
5	卸压槽+壁后注浆+槽钢井圈加固	监测系统+设备改造	主井、副井、风井	井壁已经破裂,在含水层破裂处设卸压槽
6	卸压槽+壁后注浆+钢板井圈加固	监测系统+设备改造	主井、副井	井壁已经破裂,提升安全间隙不足
7	地面注浆加固地层	井壁破裂评价	主井、副井	井壁未破裂,预防性治理
8	地面注浆加固地层+井圈加固	监测系统	主井、副井	井壁已经破裂,没有井筒内施工时间
9	套壁+卸压槽	监测系统	风井	破裂处套壁,上面或下面开卸压槽
10	套壁+壁后注浆	监测系统	风井	破裂处漏水大
11	套壁+壁后注浆+卸压槽+井圈加固	监测系统	风井	破裂处井圈加固,然后套壁,上面或下面开卸压槽

2) 井筒治理方案应用情况

多年来,各矿区根据井壁破裂情况制定防治工程方案,实施防治工程,取得了良好的效果。其中,兖矿集团部分矿井井壁破裂及治理情况见表1-3。其他矿井井壁破裂防治工程情况见表1-4。由表1-4可见,井壁破裂往往需要多次治理,并且采用多种治理技术。

表 1-3 兖矿集团部分井筒破坏及治理情况

项 目	单位	兴隆庄矿主井		兴隆庄矿副井			
破坏治理次数	次	1	2	1	2		
破坏时间	年-月-日	1997-6-22	2001-7-11	1997-6-26	2002-9-26		
治理时间	年-月-日	1997-8-24～ 1997-11-12	2001-9-13～ 2002-5-25	1997-7-10～ 1997-9-9	2002-12-5～ 2002-12-29		
井圈加固数	道		90				
壁后注浆	t	506	化学浆 52.18	323.3	化学浆 46.6m³		
卸压槽高度	mm	400	400	400	500		
套壁厚度	mm	—	—	—	—		
项 目	单位	兴隆庄矿东风井		兴隆庄矿西风井			
破坏治理次数	次	1	2	1	2		
破坏时间	年-月-日	1997-4-5	2002-2	1995-10-25	2002-1-11		
治理时间	年-月-日	1997-12-12～ 1998-3-31	2003-5-23～ 2003-8-14	1996-8～ 1996-9	2002-9-5～ 2002-11-27		
井圈加固数	道	73	18	108	38		
壁后注浆	t		水泥 916.6 水玻璃 19.8	420	化学浆 127.3m³ 147.7t		
卸压槽高度	mm	350	400	400	400		
套壁厚度	mm	250		250			
项 目	单位	鲍店矿主井			鲍店矿副井		
破坏治理次数	次	1	2	3	1	2	3
破坏时间	年-月-日	1995-7-12	1999-10-1	2002-4-7	1995-6-28	1999-10-2	2002-4-3
抢险加固 治理时间	年-月-日	1995-7-17～ 1995-8-3			1995-7-17～ 1995-8-3		
治理时间	年-月-日	1996-1-27～ 1997-5-24	2000-3-20～ 2000-11-25	2003-6-26～ 2004-5-30	1996-1-27～ 1997-5-24	2000-3-20～ 2000-11-25	2003-6-26～ 2004-5-30
井圈加固数	道						
地面注浆	水泥/t	4210.5	736.0	浆液 6981m³	5737.9	614.7	浆液 6390m³
	粉煤灰/t		2605.0			2455.4	
	速凝剂/t		313.0			187.5	
项 目	单位	鲍店矿南风井		鲍店矿北风井		南屯矿白马河风井	
破坏治理次数	次	1	2	1	2	1	
破坏时间	年-月-日	1996-8-9	2004-5	1996-8-2	2004-5	2003-8-20	
治理时间	年-月-日	1998-1～ 1998-7-30	2004-12-2～ 2005-1-14	1997-6～ 1997-11-5	2004-6～ 2004-11-12	2003-11～ 2004-3	