

(编号 75—11—02—02)

“七·五”国家科技攻关项目

改革采煤方法和开采工艺 预防突水灾害的研究

——开滦赵各庄矿深部—1200 米以上奥灰承压含水层上
安全开采技术的试验研究报告

山东矿业学院

开滦矿务局

开滦赵各庄矿

一九九一年三月

(编号75-11-02-02)

“七·五” 国家科技攻关项目

改革采煤方法和开采工艺 预防突水灾害的研究

开滦赵各庄矿深部-1200米以上奥灰
承压含水层上安全开采技术的试验总报告

山东矿业学院
开滦矿务局
开滦赵各庄矿



1990年12月

负责单位负责人

沈光寒

项目负责人

山东矿业学院

李白英

开滦矿务局

李成栋

顾文灿

开滦赵各庄矿

冯耀男

参加项目人员

山东矿业学院

李白英 肖洪天 高延法 温兴林 李家祥 张文泉 吴 戈

刘德君 唐孟雄 孙振鹏 刘宗才 于师健 王永红 程久龙

李长城 连传杰 成 枢 郭维嘉 王春瑞

开滦矿务局

顾文灿 李 复 田嘉兴 曹宝良 刘玉成 虞 修

开滦赵各庄矿

冯耀男 张志强 宋恩春 苏勤海 等

报告编辑人员

李白英 肖洪天 李家祥 张文泉 高延法

温兴林（山东矿业学院） 张志强（开滦赵各庄矿）

报 告 审 阅 人

- | | |
|-----|-------------------------|
| 刘刚峰 | 高级工程师，中国统配煤矿总公司 |
| 李成栋 | 教授级高级工程师，局总工程师，开滦矿务局 |
| 康万库 | 高级工程师，局副总工程师，开滦矿务局 |
| 杜文学 | 高级工程师，局副总工程师，开滦矿务局 |
| 周廷奎 | 高级工程师，局副总工程师，开滦矿务局 |
| 马仲三 | 高级工程师，处长，开滦矿务局地测处 |
| 刘启林 | 高级工程师，副处长，开滦矿务局地测处 |
| 元 刚 | 高级工程师，副处长，开滦矿务局地测处 |
| 顾文灿 | 教授级高级工程师，主任工程师，开滦矿务局地测处 |
| 李 复 | 高级工程师，副处长，开滦矿务局科技处 |
| 曹宝良 | 高级工程师，主任，开滦矿务局科技处 |
| 田嘉兴 | 高级工程师，科长，开滦矿务局地测处 |
| 冯耀男 | 高级工程师，总工程师，开滦赵各庄矿 |
| 李光辉 | 高级工程师，副矿长，开滦赵各庄矿 |
| 张志强 | 高级工程师，副总工程师，开滦赵各庄矿 |
| 沈光寒 | 教授，院长，山东矿业学院 |
| 李白英 | 教授，所长，山东矿业学院特殊开采研究所 |
| 谈鸣时 | 副教授，情报站长，山东矿业学院特殊开采研究所 |

总 目 录

1. 开滦赵各庄矿深部—1200m以上奥灰承压含水层上安全 开采技术的试验研究总报告 0-1~6-5
2. 开滦赵各矿1237、2137试采工作面现场观测研究报告（分报告 I ） I -1~ I -32
3. 赵各庄矿12槽煤开采对底板及断层影响的相似材料模拟及有限元电算模拟研究报告（分报告 II ） II -1~ II -31
4. 水力压裂试验研究报告（分报告 III ） III -1~ III -36
5. 关于应用位移反分析和岩石断裂力学研究采场底板岩层变形破坏规律的报告（分报告 IV ） IV -1~ IV -14

序 言

“七·五”期间，山东矿业学院特殊开采研究所承担了国家科技攻关项目“改革采煤方法和开采工艺预防矿井水害的研究”，选择开滦矿务局赵各庄矿作为深部带压开采的试验点，并受开滦矿务局委托与开滦赵各庄矿合作，共同完成“开滦赵各庄矿深部—1200m以上奥灰承压含水层上安全开采技术的试验研究”。

开滦矿务局赵各庄矿作为深部带压开采试验点具有课题研究的代表性、必要性和紧迫性，并对其他条件类似矿井防治水害有重要的借鉴意义。赵各庄是一个开采80多年历史的老矿，目前开采深度已达1056.8m，开拓深度已达1154.5m，年产量200万吨，水文地质条件极为复杂，是我国开采最深并且有严重突水危险的矿井之一。矿井水害主要来自强含水层——奥陶系石灰岩，1972年曾发生九水平东翼底板奥灰突水事故，突水量高达 $52.7\text{m}^3/\text{min}$ ，突水系数为0.65，按“矿井水文地质规程”取突水系数0.69，全矿受水患威胁的地质储量达4813.5吨（—1200m以上），占可动用储量的49.24%。如不能妥善解决，必将影响矿井的安全生产和持续发展。由于该矿是全国开采最深和受水患威胁严重的矿井，项目的研究成功也必将为其他矿解放深部受承压水威胁的煤炭储量提供科学依据。

通过试验研究要求获取不同开采条件下采动矿压对底板导水破坏深度的系列数据；底板隔水层阻抗水能力的系列数据；确定—900m～—1000m水平开采底板“下三带”的划分及其依据；对—1200m以上安全开采进行评价和分区规划，同时提出多回收煤炭资源实现安全开采的采煤方法和开采工艺。

为达到上述目的，进行了以下试验研究：

1. 研究不同开采条件对底板岩层的破坏影响和受采动影响底板围岩的移动特征，以及顶底板岩层矿压时空分布规律；
2. 研究奥灰水的原始导高带及采动对原始导高带的影响；
3. 确定试采区底板隔水岩柱中完整带的厚度，并分层、分岩性进行水力压裂试验，评价其阻水能力；

4. 根据“下三带”理论和试验结果对-1200m水平以上进行安全性开采评价并分区安全开采规划。

为完成攻关任务, 自1986年开始, 先后开展了包括钻孔岩移测量、钻孔压水试验、顶板矿压观测、水力压裂试验及电算模拟、相似材料模拟在内的现场和室内多项试验研究。共投入人力30余人, 完成的主要工作量列入表0—1、0—2。

经过5年的艰苦努力, 按时达标地完成了国家科技攻关项目所确定的任务。通过赵各庄矿深部带压开采试验, 安全采出受水威胁煤量128.80万吨, 创工业产值4334.54万元, 创利税759.40万元。赵各庄矿深部带压开采试验成功, 不仅为赵各庄矿深部开采提供了安全预测和规划, 也为其他矿井解放深部受水威胁的煤炭储量提供了科学的依据。通过局、矿、院的密切协作共同努力, 该项研究已圆满达到了预期的技术经济指标, 并获得了显著的经济效益, 同时, 对社会和环境效益也具有重要意义。

表0-1 完成现场开采观测试验主要工作量表

试采面 编号	名 称	开 始 日 期	结 束 日 期	测 试 点 数	测 试 次 数	取 得 数 据	备 注
1237面 第一分层	钻孔岩移测量	1987.6.8	1988.1.29	13	622	2500	9.10号孔
	钻孔压水试验	1987.7.28	1988.1.29	8个孔	87	2000	
	顶板动态观测	1987.2.10	1987.5.25		101	3500	
	超前支承压力测量	1987.2.14	1987.4.24	7	80	640	
1237面 第二分层	钻孔岩移测量	1989.12.10	1990.6.18	5	32	480	10号孔
	钻孔压水试验	1990.3.16	1990.6.18	8个孔	29	609	
2137面 第一分层	钻孔岩移测量	1988.6.15	1989.1.27	5	32	160	
	钻孔压水试验	1988.6.15	1987.1.27	7个孔	41	861	
	超前支承压力测量	1988.6.3	1989.1.31	4	47	135	
1237和 2137面	观测硐室工程量	66m					
	钻孔进展	885.9m					

表0-2 完成现场水力压裂及室内实验主要工作量表

项 目 名 称		工 作 量
现场水 力压裂	钻孔进尺	进尺131.5m（ 4 个孔 ）
	试验内容	9 次成功压裂， 6 次成功印模
	获得数据	90多个
室内水 力压裂	试验内容	压裂岩石试块37块，模拟试样13块
	获得数据	试验数据100多个，收集数据190多个
室内模 拟研究	电算模拟	模型30个，上机所需机时300小时
	相似模拟	综合模型一个
原始导高带分析		分析100多个钻孔水文资料

第一章 矿井及试采工作面的地质和开采条件

第一节 矿井地质及开采条件

一、地质条件

开滦赵各庄矿地处开平主向斜东北边缘,井田面积15.96平方公里(围1—1)。煤系地层为石炭二迭系,主要开采上石炭系太原群赵各庄组的11、12煤层和下二迭系唐家庄组的5、7、8、9各煤层。煤系地层总厚度为401.20—507.80m。可采煤系地层总厚度(5—12煤层)为109.19—140.39m。其中,可采煤层总厚度为20.90m,含煤系数16.62%。煤层顶底板岩性主要为砂岩、泥岩、薄层灰岩和腐泥质粘土岩(图1—2)。

赵各庄矿地质构造复杂。开采煤田形成过程中受西北挤压力的作用,西部地层倒转且形成压扭性断裂,东翼形成张扭性断裂。井田划分为四个构造块段:1)井田东翼倾斜区(包括井口和东翼),倾角 25° — 35° ,区内有三条主要断层,即东Ⅲ、东Ⅶ和东Ⅷ,其中东Ⅲ断层水平错距50—80m,由5—7个平行小断层组成,对开采影响较大;2)井口缓斜—倾斜区(指大井保安煤柱线以西至16号剖面),倾角 20° — 45° ,区内有三条断层,即西Ⅰ、东Ⅰ和东Ⅱ断层;3)井口西翼急斜区(16号剖面至20道石门),煤层倾角 45° — 90° ,西Ⅲ断层发育;4)井田西翼金庄倒转区(指20道石门以西),煤岩层北倾,倾角 70° — 90° ,断裂构造复杂,反Ⅳ、反Ⅴ、反Ⅶ和反巍Ⅰ断层在本区通过,地层倒转奥灰掩覆于煤系地层之上,断层将煤系地层切割成三个构造块且小构造特别发育。

赵各庄矿水文地质条件极其复杂、主要含水层为奥陶系石灰岩裂隙岩溶含水层,厚度达700m,出露好,面积大,大气降雨入渗补给条件好,岩溶发育,富水性强,单孔涌水量 $6\text{m}^3/\text{min}$ 。1972年九东奥灰突水达 $52.70\text{m}^3/\text{min}$ 。奥灰水对开采的威胁反映在两个方面:一是深部水压增高,底板突水危险性增大,二是地层倒转奥灰掩覆于煤系地层之上形成水体下采煤,前者影响更大,更具普遍性。

二、开采条件

赵各庄矿开采80多年,开采深度已达1056.8m。目前开采水平为10(—822m)、

11（-905m）和12（-1002m），11、12水平也为开拓水平，13水平（-1100m）为延深水平。矿井为主斜井、副立井、阶段石门开拓方式，巷道阶段垂差90—100m，石门间距西翼220—250m，东翼500—600m，矿井一直靠多水平、多区域开采，保持现有生产能力。

赵各庄矿缓斜和倾斜煤层一直使用单一长壁和倾斜分层采煤法，放炮落煤，顶板全部冒落充填采空区；急倾斜煤层因煤厚、倾角不一，采煤方法比较复杂（表1-1）。

表1-1 目前几种主要采煤方法及适用条件

采煤方法	适用条件	1987年产量比重
单一长壁	煤层厚度小于3.2m，倾角小于50°	23%
倾斜分层	煤层厚度大于3.2m，倾角小于50°	7.96%
伪斜 柔性掩护支架	煤层厚度1.30-10m，倾角大于50°	46.12%
落 垛	边角煤及不适于上述方法的局部范围	22.92%

三、受水害威胁情况

本矿历史上曾发生的突水事故中，以1972年九东突水损失最大。突水发生在采深-730m的9水平井口以东440m的岩石风道内，东Ⅲ断层在此通过，受其影响突水点距奥灰垂距80m。当9132面开采第二分层时发生突水，最大涌水量52.70m³/min，稳定涌水量23.80m³/min，直接损失366万元。九东突水的原因是东Ⅲ断层在该区通过，使12煤层到奥灰强含水层的距离只有110m（正常150m），奥灰水压为6.7MPa，采动矿压和高压水的共同作用，破坏了12煤层至奥灰含水层之间的断裂带的原隔水性，从而形成断层突水。

目前赵各庄矿9水平以上已采完，10水平已开采至东西两翼边界，矿井必须向深部11.12水平转移，现生产水平标高为-1002m（12水平），开拓延深已达-1100m（13水平）。奥灰水位按±0计算，水压为10—11MPa，而12煤层至奥灰之间的岩柱厚度一般只有120—140m，该区域的突水系数大于0.7，局部大于1.0。全矿-1200m水平以上突

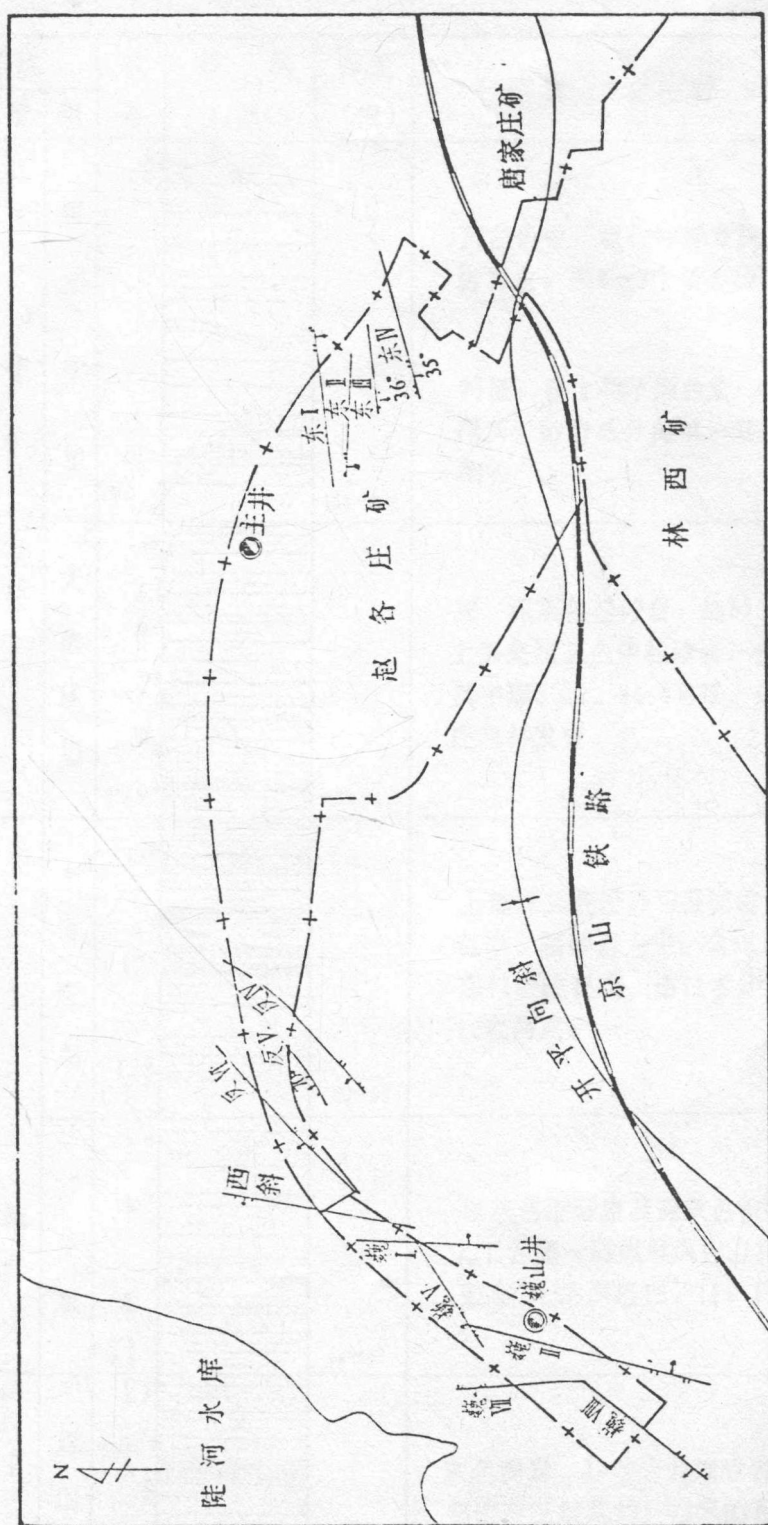


图 1-1-1 开深赵各庄矿井田位置示意图

地层系统				代 号	柱 状 1:2000	厚度 (米)	岩 性 特 征
界	系	统	组				
古 生 界	二 迭 系	下 统	唐 家 庄 组	A		150—220	灰白色中，粗粒砂岩及灰紫、灰色粉砂岩为主。夹2—3个极不稳定的薄煤层。 特征：自上而下颜色紫—灰紫杂—灰、深灰；砂岩成分简单—复杂；粒度粗—细。
			大 苗 庄 组	P ₂ ¹ 3 ⁹ 5 ³ 6 ³ 7 ⁸ 8 ⁹ Pi ⁹ ⁸		100—170	灰、深灰色粉砂岩、细砂岩及泥岩。中、上部夹浅灰色中粒砂岩，含煤5—8层，其中煤5、7、8、9可采。煤10仅于荆各庄向斜发育。
		上 统	赵 各 庄 组	11 ⁸ 12 ⁸ 12 ⁸ C ₂ ³ _下		50—90	上部深灰色粉砂岩及泥岩，下部以浅灰色中、粗砂岩为主。含煤11、12、12下煤11层位稳定。煤12常分为煤12顶、煤12底两层。
			开 平 组	k ₆ k ₅ k ₄ C ₁ ¹ ₃		48—83	以灰色细砂岩及深灰色粉砂岩为主。k ₆ 、k ₅ 下各覆一薄煤层煤14、13。k ₆ 至k ₄ 间尚贮存3个薄煤层15、16、17。
石 炭 系	中 统	唐 山 组		k ₃ k ₂ k ₁ C ₂ C ₁		50—87	灰色泥岩、粉砂岩及细砂岩。顶部及中部贮存三层厚约1—3米的石灰岩，局部夹3—4个不稳定的薄煤层。

图 1-2 开平煤田煤系地层综合柱状图

水系数大于0.69的地质储量就有4813.5万吨,突水系数大于1.0的地质储量1077.9万吨。
如果受水威胁的煤炭储量得不到解放,必将影响到矿井的安全生产和持续发展。

第二节 试采工作面地质及开采条件

一、1237、2137工作面地质及开采条件

根据试验要求和生产条件,现场试验点选在1237西面和2137东面。

1237工作面位于十一水平西翼二石门十二煤层(图1-3),标高-904m,煤层倾角 25° ,厚度10m,工作面走向长200m,阶段高86.09m,地质储量55.28万吨,地质条件较为简单,12煤层到奥灰的底板岩层厚度140m,实际突水系数0.85。

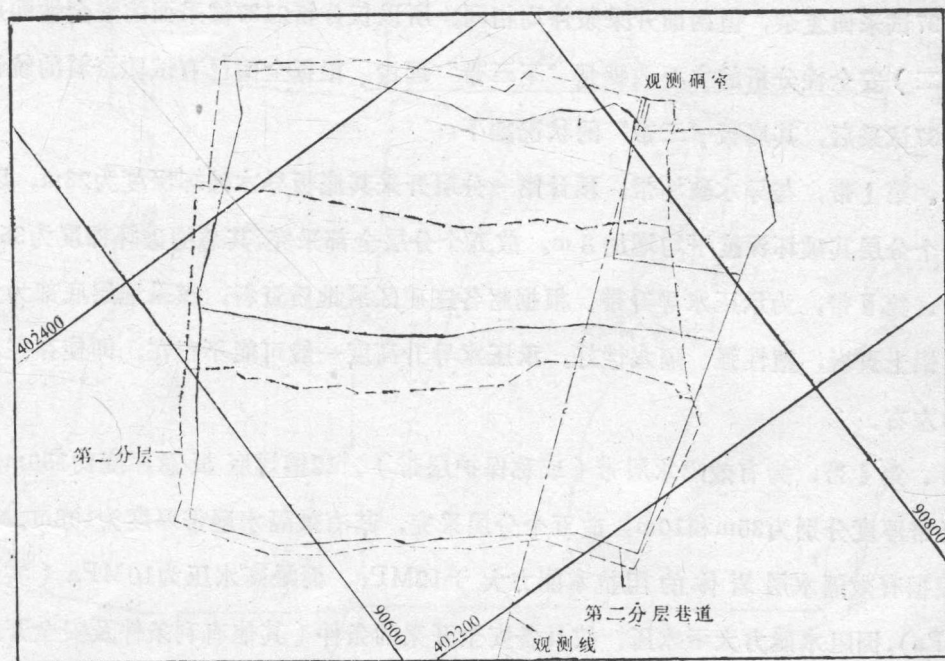


图1—3 1237工作面一、二分层平面图(比例1:2000)

该工作面于1987年1月10日开采,采用倾斜分层走向长壁采煤法,每分层采高2.0m,分五层开采。第一分层沿倾斜方向分三个面:上面面长65m、中面65m、下面70m,上下拉茬距离6—10m。第二分层分两个面,面长均为100m,工作面采用挂金属网假顶,支

架为1 m顶梁2 m大板配合U型铁柱支护,排距1 m,柱距0.6 m。顶板管理采用全部跨落法,控顶距5—6排。

2137工作面位于十二水平西翼一石门第十二煤层,东边界为井口煤柱,侧下方为东Ⅲ断层下盘防水煤柱(图1—4),标高-999.0 m,煤层倾角 21° ,厚度10 m。工作面走向长200 m,阶段高88.0,地质储量70.85万吨,本区位于井口褶曲一翼,走向由正常转折成 180° ,掘进回采过程中,小断层、小褶曲发育,煤层底面到奥灰的岩层厚度为140—150 m,突水系数为0.97。工作面于1988年6月10日投入回采,支护方式和顶板管理与1237面相同。

二、1237面和2137面的安全开采论证

(一) 1237试采面位于11水平。2137试采面位于12水平,承受水压及水文地质条件均比1237试采面复杂,但两面开采条件均相同,所以仅分析2137试采面的安全性即可。

(二) 安全性分析的主要依据是“下三带”理论。根据全国已有试验资料的统计分析,2137试采后,其底板“三带”的状况如下:

1. 第Ⅰ带,与导水破坏带。预计第一分层开采其底板导水破坏深度为23 m,以后每采一个分层其破坏深度平均增加3 m,故五个分层全部采完,其总的破坏深度为35 m,

2. 第Ⅲ带,为承压水导升带。根据赵各庄矿区域地质资料,煤系地层底部为大于10 m的铝土页岩,塑性强、隔水性好,承压水导升高度一般可能不存在,即使存在,也仅10 m左右。

3. 第Ⅱ带,为有效隔水层带(或称保护层带)。12槽煤底板总厚度约150 m,第Ⅰ、Ⅲ带厚度分别为35 m和10 m,故五个分层采完,其有效隔水层带厚度为105 m。

根据有效隔水层岩体的阻抗水能力大于12 MPa,而最高水压为10 MPa(实际为8.5 MPa),因阻水能力大于水压,故具备安全开采的条件(其他有利条件及安全开采措施略)。

(三) 试采后的对比检验

1. 1237试采面已实现了第一分层和第二分层安全开采;2137试采面也已实现了第一分层安全开采。

2137试采面第一分层开采实测第Ⅰ带破坏深度为30 m(预计时无深部开采实测资