

赵固矿区500米以上冲积层 冻结法凿井技术

主 编 盛天宝 陈文豹
副主编 贾明魁 白云来 魏世义

煤炭工业出版社

赵固矿区 500 米以上冲积层 冻结法凿井技术

主 编 盛天宝 陈文豹
副主编 贾明魁 白云来 魏世义

煤炭工业出版社

·北 京·

图书在版编目 (CIP) 数据

赵固矿区 500 米以上冲积层冻结法凿井技术/盛天宝,
陈文豹主编. --北京:煤炭工业出版社, 2011

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3803 - 8

I. ①赵… II. ①盛… ②陈… III. ①矿区 - 冲积层 -
冻结法 (凿井) - 研究 IV. ①TD262.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 015420 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
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 21 插页 6
字数 491 千字 印数 1—1 000
2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷
社内编号 6613 定价 60.00 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

本书重点介绍了赵固矿区 500 m 以上冲积层冻结法凿井 8 个攻关项目的研究内容、测试、试验、应用成果。全书内容包括赵固矿区井田划分、资源条件、开发概况,赵固一矿、二矿井筒地质特征,冻结法凿井在赵固矿区的应用简况,赵固矿区冻结法凿井技术攻关,赵固矿区冻结法凿井主要经验体会 5 部分。

本书可供深厚冲积层冻结法凿井设计和施工人员参考。

编 审 委 员 会

主 任	陈明和	杜工会					
副 主 任	贾学勤	单智勇					
委 员	张永成	邓文芳	黄德发	王俊臣	李功洲	高建中	
	吕振平						
主 编	盛天宝	陈文豹					
副 主 编	贾明魁	白云来	魏世义				
编写人员	盛天宝	陈文豹	白云来	魏世义	陈新明	贾明魁	
	刘民东	陈章庆	田亚军	王世久	张家勋	董俊强	
	慕松利	祁书峰	常建新	姜 军	李永杰	贾安立	
	张四辈	李长青	张耀辉	付玉军	张文新	张建平	
	李振华	李国栋	陈道翀				

组织单位 河南煤业化工集团焦煤公司

编写单位 北京煤科联应用技术研究所

序

煤炭是我国的主要能源。长期以来,煤炭在我国一次能源生产和消费结构中一直占70%以上。我国富煤缺油少气的资源赋存特点决定了在今后较长时期内,以煤为主的能源结构很难改变,且随着煤炭资源开发强度逐渐加大,开采深度不断增加,特别是东部地区厚冲积层、中西部地区复杂地层条件下建井难度加大。为破解这一难题,我国几代煤矿建井工程技术人员通过大量实践,冻结法凿井施工技术不断取得新的突破,煤矿立井穿过厚冲积层凿井工程的安全性得到了有效保障,对我国煤炭安全高效开采及提高全国煤炭长期稳定供应能力具有重要意义。

河南省焦煤集团所属赵固矿区为厚冲积层覆盖下的隐伏煤田,冲积层厚度为518.0~530.5 m,地质及水文地质条件复杂,黏性土层占冲积层厚度的70.6%~88.5%。该矿区于2004年进行开发,立井采用冻结法施工,共施工6个冻结井,冻结深度为575~628 m,冻结段预计涌水量达1430~1560 m³/h。冻结深度和冻结段涌水量创国内同类施工之最,焦煤集团领导和工程技术人员面对巨大挑战,坚持科学设计、精心组织施工,严格执行技术规范,加强与科研单位合作,共同组织技术攻关,6个冻结井安全顺利地通过了冻结段。

焦煤集团为总结赵固矿区立井冻结法施工的技术和经验,组织编纂完成了《赵固矿区500米以上冲积层冻结法凿井技术》一书。书中对赵固矿区冻结法施工技术进行了系统的总结和凝练。冻结法施工技术在该矿区的应用中,形成了许多创新成果,并取得了技术性突破,具有较好的应用推广价值。在冻结设计和施工方面,建立了深厚冲积层冻结壁厚度及安全掘进段高的设计体系和计算方法,系统地提出了多圈孔冻结的布孔方法,较好地解决了深厚冲积层冻结与掘砌的矛盾。在赵固二矿副井施工中,取得外层井壁平均掘砌速度104.9 m/月和成井速度81.4 m/月的新水平,为500 m以上冲积层的冻结设计和安全快速施工提供了实践经验。在井壁设计和施工方面,采用化学外加剂和矿物外加剂双掺技术,成功地配制出适用于深厚冲积层内、外层井壁施工条件的C70~C90低温早强和防裂密实低水化热高性能混凝土,为深厚冲

积层冻结段减薄井壁厚度和防止外层井壁压坏、内层井壁开裂提供了实践经验。

该书总结了赵固矿区冻结法施工的实践经验，该工程创新了多项施工方法，研制了多项新技术和新材料，取得了较好的效果。该书理论与实践相结合，内容丰富、数据翔实、简明适用，对我国深厚冲积层冻结法凿井的设计和施工具有较高的参考价值。

2010年7月7日

前言

我国从2003年开始进入500 m以上冲积层冻结凿井阶段,国内外尚无成熟的经验可供借鉴。赵固矿区于2004年进行开发,先后施工了6个冻结井,冲积层厚518.0~530.5 m,冻深575~628 m,冻结段预计涌水量达1430~1560 m³/h,地压大,水头高,黏性土层占冲积层总厚度的70.6%~88.5%,且深部黏性土层多数呈不均匀的半固结状态,含水量小(10%左右),起始冻结温度和冻土强度低,蠕变特性显著,容易导致冻结管断裂、外层井壁压坏、内层井壁开裂和漏水,对“两壁”设计,以及打钻、冻结、掘砌、检测监控技术提出更高的要求。

焦煤集团领导对赵固矿区开发遇到的技术难题十分重视,强调技术攻关,与科研单位合作,开展井壁设计与冻结设计优化、冻结信息化施工、>C70高性能混凝土试验应用、冻结段快速施工,以及冻结壁径向位移、井壁温度及壁后冻土融化回冻特性、深部黏性土层冻结压力实测等技术攻关。

在中国煤炭协会、焦煤集团领导的关怀支持下,通过技术攻关小组和科研、设计、冻结、掘砌、监理、建设等单位的共同努力攻克了一系列技术难题,6个冻结井安全顺利地通过冻结段,实现一次套壁,取得一批令人瞩目的科技成果和技术创新:在冻结设计和施工方面,结合赵固矿区冲积层埋藏特点,建立起深厚冲积层冻结壁厚度和安全掘进段高的设计体系与计算方法,系统地提出了多圈孔冻结的布孔方法,较好地解决了深厚冲积层冻结与掘砌的矛盾,在赵固二矿副井628 m冻结段取得了外层井壁平均掘砌速度104.9 m/月和成井速度81.4 m/月的新水平;在井壁设计和施工方面,将赵固一矿、二矿的混凝土强度最高等级分别提高至C80和C90,并采用化学外加剂和矿物外加剂双掺技术,成功地配制和应用了适用于深厚冲积层冻结段外层井壁和内层井壁施工条件的C70~C90低温早强和防裂密实低水化热高性能混凝土,施工性能好,后期强度增长幅度大,耐久性好,为深厚冲积层冻结段减薄井壁厚度和防止外层井壁压坏、内层井壁开裂提供了实践经验;科技成果的综合技术达到国际先进水平,赵固一矿、二矿的科技成果分别于2008年、2009年获得煤炭工业科技进步二等奖、一等奖。

焦煤集团的领导十分重视科技成果向生产力的转化,委托北京煤科联应用技术研究所组织编纂《赵固矿区500米以上冲积层冻结法凿井技术》一书。

本书简述了我国冻结法凿井的发展历史、技术现状和当前深厚冲积层冻结凿井的技术关键与发展方向,着重介绍了赵固矿区 500 m 以上冲积层冻结法凿井 8 个攻关项目的研究内容、测试、试验、应用成果。

本书作者多为赵固矿区 500 m 以上冲积层冻结凿井科技攻关小组成员,他们根据多年的实践经验及体会,对工作中积累的资料加以系统的总结提高,数据翔实可靠,可供深厚冲积层冻结法凿井设计和施工参考。

本书在编写过程中得到中煤五公司三处、兖煤新陆公司、中煤特殊工程公司、河南煤炭建设集团公司、河北第四建井工程处等单位,以及高木福、汤志斌、刘文民等同志的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中难免有不妥之处,恳请读者、专家批评指正。希望本书的出版对从事冻结法凿井的科研、设计、教学和施工等人员有所裨益。

编著者

2010 年 7 月

目 次

1 赵固矿区的井田划分、资源条件、地质及水文地质条件、开发简况	1
1.1 井田划分	1
1.2 资源条件	1
1.3 矿区地质、水文地质条件	12
1.4 矿区开发简况	23
2 赵固一矿、二矿井筒地质及水文地质特征	25
2.1 井筒地质特征	25
2.2 井筒水文地质特征	32
3 冻结法凿井在赵固矿区的应用	34
3.1 我国冻结法凿井技术简况	34
3.2 冻结法凿井在赵固矿区的应用简况	53
4 赵固矿区冻结法凿井技术攻关	83
4.1 技术关键与攻关内容	83
4.2 井壁设计	86
4.3 冻结方案设计	102
4.4 冻结信息化施工	140
4.5 C40~C90 高性能混凝土试验应用研究	208
4.6 赵固矿区冻结段安全快速施工	243
4.7 冻结壁径向位移实测	265
4.8 井壁及壁后冻土温度变化特性实测	274
4.9 深厚黏性土层冻结压力实测	295
5 赵固矿区冻结法凿井主要经验体会	306
5.1 冻结设计与信息化施工的经验体会	306
5.2 井壁设计与施工的经验体会	314
5.3 冻结壁位移、井壁及壁后温度、冻结压力实测的经验体会	317
5.4 ≥ 500 m 冲积层冻结段安全快速施工的经验体会	318
5.5 冻结壁解冻出水前进行井壁夹层注浆是提高注浆封水效果和 改善井壁受力条件的重要措施	319

1 赵固矿区的井田划分、资源条件、地质及水文地质条件、开发简况

1.1 井田划分

河南省焦作煤田是我国著名的优质无烟煤产地,赋存有丰富的华北型石炭、二叠系煤层,几十年的开发利用,对河南省的经济发展起到重要的作用。近年来,随着一批老矿井的相继报废,焦作煤业(集团)有限责任公司的煤炭生产能力逐年下降,为解决后备资源严重不足的问题,于2003年6月依法从河南省煤田地质局取得了赵固矿区的探矿权转让手续,并依据资源分布和建井规划布局,将原赵固矿区以 F_{17} 、 F_{17-1} 为界,分为赵固一矿和赵固二矿,如图1-1-1所示。

赵固一矿设计年生产能力为 240×10^4 t。采用立井开拓方式,井底水平标高-520 m,主井井深603.8 m,副井井深603.1 m,风井井深603.1 m。先期开采地段: $F_{16} \sim F_{17}$ 断层之间,-350 m水平至 F_{20} 、 F_{23} 断层;首采区位置: $F_{16} \sim F_{17}$ 断层之间,-425 ~ -550 m水平。

赵固二矿设计年生产能力为 180×10^4 t。采用立井开拓方式,井底水平标高-626 m,主井井深707.5 m,副井井深707.5 m,风井井深707.5 m。先期开采地段: $F_{17-1} \sim F_{18}$ 断层之间,-550 ~ -950 m水平;首采区位置: $F_{17-1} \sim F_{18}$ 断层之间,-550 ~ -800 m水平。

矿区煤层上覆基岩较薄,冲积层厚,建井条件较复杂,需要采用冻结法凿井。随着冲积层厚度的增加,地压和水压增大,特别是深部黏土层的冻土扩展速度慢和强度低、冻结壁的蠕变位移大,成为冻结管断裂、井壁破裂及井壁漏水的主要因素,轻则延长工期和增加工程造价,重则导致淹井和危及施工安全,造成重大损失。因此,冻结法凿井技术在矿区内应用中须进行技术创新。

1.2 资源条件

赵固矿区煤炭资源丰富,属于一个新开发的矿区,主采煤层是二叠系山西组二₁煤层,区内煤层倾角一般为 $2^\circ \sim 6^\circ$,属近水平煤层,二₁煤层煤厚4.73 ~ 6.77 m,平均6.16 m,赋存稳定,属稳定型厚煤层,煤层生产能力为 $7 \sim 10$ t/m²,是理想的高产煤层。开采技术条件较好,煤质优良,产品畅销,符合区域经济发展的需要。煤炭的开发能够拉长区域经济增长能源产业“短腿”,为区域经济的发展提供支持。

1.2.1 煤炭储量

1.2.1.1 赵固一矿二₁煤层资源储量

在赵固一矿井田范围内,二₁煤层总资源储量为373.49 Mt。其中,探明的经济基础储量(121b)为104.15 Mt、占27.9%,控制的经济基础储量(122b)为107.88 Mt、占28.9%,推断的内蕴经济资源量(333)为161.46 Mt、占43.2%。

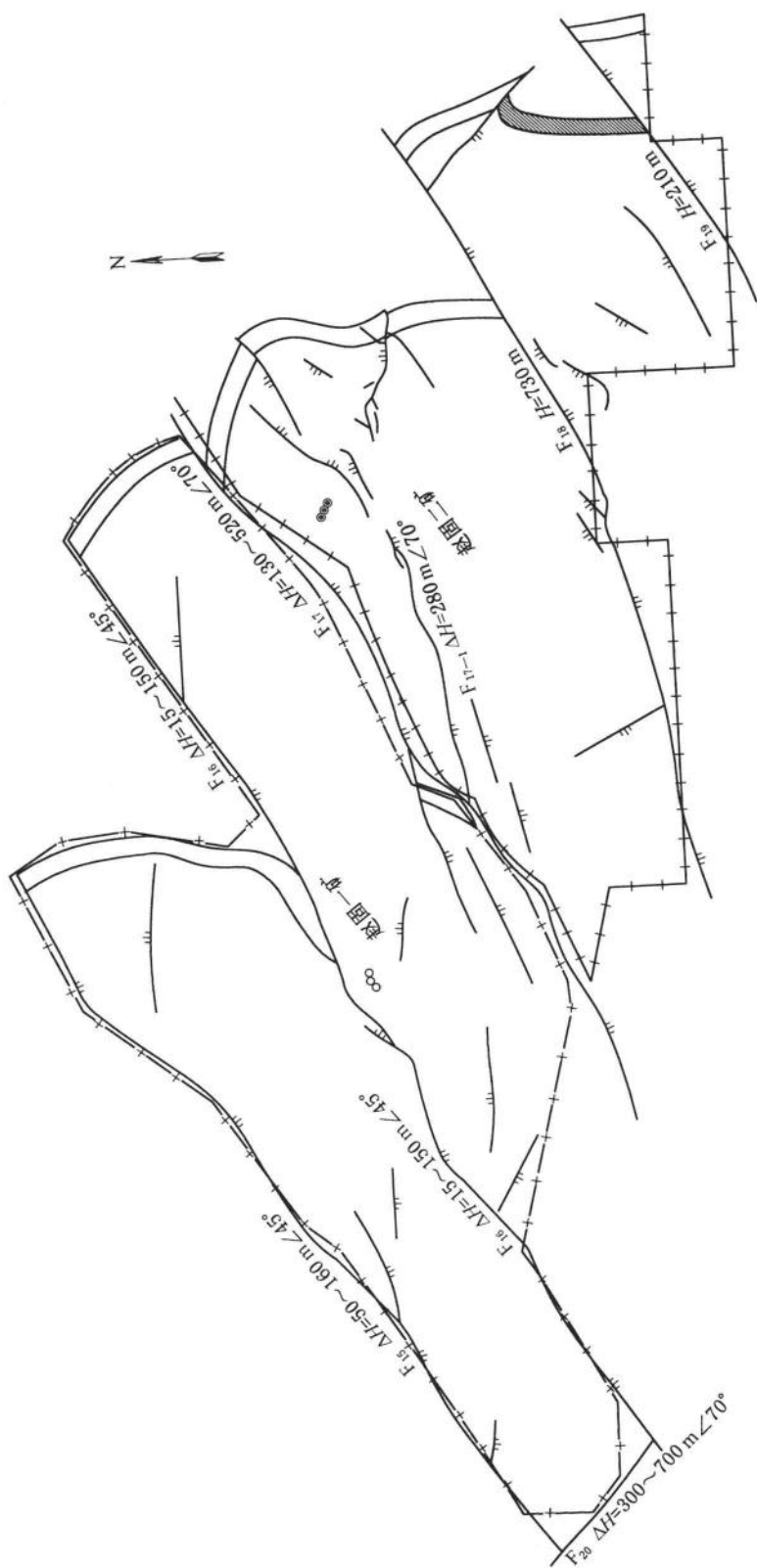


图 1-1-1 赵固矿区井田的划分

根据赵固一矿全井田地质资源储量，扣除浅部安全煤岩柱、断层煤柱及井田境界煤柱等各类永久性煤柱损失量后，矿井设计二₁煤层资源储量为 274.94 Mt。矿井设计资源储量减去井筒及工业场地的保护煤柱、井下主要巷道保护煤柱后乘以采区回采率 75%，并考虑回收 50% 主要巷道煤柱，矿井设计二₁煤层可采储量为 177.47 Mt。

1.2.1.2 赵固二矿二₁煤层资源储量

在赵固二矿井田范围内，二₁煤层总资源储量为 339.34 Mt。其中，探明的经济的基础储量（121b）为 85.55 Mt、占 25.2%，控制的经济基础储量（122b）为 76.15 Mt、占 22.4%，推断的内蕴经济资源量（333）为 177.64 Mt、占 52.3%。

根据赵固二矿全井田地质资源储量，扣除浅部安全煤岩柱、断层煤柱及井田境界煤柱等各类永久性煤柱损失量后，矿井设计二₁煤层资源储量为 213.07 Mt。矿井设计资源储量减去井筒及工业场地保护煤柱、井下主要巷道保护煤柱后乘以采区回采率 75%，并考虑回采 50% 主要巷道煤柱，矿井设计二₁煤层可采储量为 139.86 Mt。

1.2.2 煤层特征

赵固矿区内含煤地层为石炭系太原组、二叠系山西组和下石盒子组。山西组和太原组为主要含煤地层，山西组下部的二₁煤层和太原组底部的一₂²煤层、一₂¹煤层为主要可采煤层（表 1-2-1），其中一₂²煤层和一₂¹煤层因距奥陶系石灰岩含水层近、水压高等原因，目前尚不具安全开采条件。

表 1-2-1 赵固矿区煤层特征

煤层编号	可采厚度（ $\frac{\text{变化范围}}{\text{平均值}}$ ）/m	煤层间距（ $\frac{\text{变化范围}}{\text{平均值}}$ ）/m	结构情况		可采程度	稳定性
			夹矸层数/层	类型		
二 ₁	$\frac{4.73 \sim 6.77}{6.16}$		0 ~ 3	较简单	全区可采	稳定
— ₂ ²	$\frac{0.29 \sim 1.79}{1.21}$	$\frac{98.67 \sim 110.72}{104.95}$	0 ~ 2	较简单	大部可采	较稳定
— ₂ ¹	$\frac{0.64 \sim 3.06}{1.54}$	$\frac{101.72 \sim 113.55}{108.27}$	0 ~ 3	简单 ~ 较复杂	大部可采	较稳定

1.2.2.1 二₁煤层

二₁煤层赋存于山西组下部，上距砂锅窑砂岩（Ss）45.64 ~ 81.25 m，平均 60.18 m；下距 L₈ 石灰岩 19.65 ~ 40.24 m，平均 27.01 m，层位稳定。煤层的直接顶板以砂质泥岩和泥岩为主，间接顶板为细—粗粒砂岩（大占砂岩）；底板多为砂质泥岩和粉砂岩，局部为细粒砂岩，偶见炭质泥岩。煤层厚度为 4.73 ~ 6.77 m，平均厚度为 6.16 m，煤层厚度主要集中在 6.00 ~ 6.50 m 之间。

区内局部有夹矸 1 ~ 3 层，夹矸厚度为 0.10 ~ 0.53 m，平均厚度为 0.19 m。夹矸多为泥岩，居于煤层中下部，煤层总体结构较简单。

二₁煤层厚度大,变化小,结构比较简单,煤质变化很小,煤类单一,层位稳定,全区可采。二₁煤层平均厚度为6.16 m,可采性指数 $K_m=1$,标准差 $s=0.51$,变异系数 $r=8.27\%$,属稳定型厚煤层。

1.2.2.2 -2^2 煤层

-2^2 煤层赋存于石炭流太原组底部,上距二₁煤层98.67~110.72 m,平均104.95 m,下距奥陶系顶界面8.13~16.28 m,平均11.35 m。煤层的直接顶板为石灰岩,局部为泥岩和砂质泥岩;底板多为泥岩或砂质泥岩,局部为砂岩,偶见炭质泥岩伪顶、伪底,层位稳定。煤层厚度为0.29~1.79 m,平均厚度为1.21 m,煤层厚度有一定变化。夹矸1~2层,夹矸厚度为0.25~0.41 m,平均厚度为0.34 m。夹矸多为泥岩,居于煤层中部。煤层总体结构比较简单。

-2^2 煤层结构比较简单,煤质变化很小,煤类单一,层位稳定,全区大部可采。 -2^2 煤层平均厚度为1.21 m,可采性指数 $K_m=0.78$,标准差 $s=0.46$,变异系数 $r=38.01\%$,属较稳定型中厚—薄煤层。

1.2.2.3 -2^1 煤层

-2^1 煤层赋存于太原组底部,上距二₁煤层101.72~113.55 m,平均108.27 m,下距奥陶系顶界面4.48~12.63 m,平均7.70 m。煤层的直接顶板为泥岩和砂质泥岩,局部为砂岩;底板多为本溪组铝质泥岩,局部为砂质泥岩,偶见炭质泥岩伪顶、伪底,层位稳定。煤层厚度为0.64~3.06 m,平均厚度为1.54 m,煤层厚度有一定变化。夹矸1~3层,夹矸厚度为0.10~0.50 m,平均厚度为0.23 m。夹矸多为泥岩,居于煤层中部。

-2^1 煤层结构简单—较复杂,煤质变化很小,煤类单一,层位稳定,全区大部分可采。 -2^1 煤层平均厚度为1.54 m,可采性指数 $K_m=0.9$,标准差 $s=0.61$,变异系数 $r=39.61\%$,属较稳定型中厚—薄煤层。

从厚度来看, -2^1 煤层和 -2^2 煤层均属可采煤层,但由于 -2^1 煤层和 -2^2 煤层下距奥陶系灰岩仅有10 m左右,其直接顶板又为 L_2 强灰岩含水层,处于两强含水层之间,水文地质条件极复杂,且煤质属中灰、高硫煤,为环保政策限采煤层,因此在目前条件下设计暂不考虑开采。

1.2.3 煤质特征

1.2.3.1 煤的物理性质及煤岩特征

二₁煤层以块煤为主,夹有少量粒状煤,灰黑至黑灰色,条痕为灰黑色,似金属光泽,以贝壳状断口为主,局部为参差状。内生裂隙发育。块煤强度大,坚硬。据钻孔煤芯资料统计,块煤产率达到80%。视相对密度为1.52。

二₁煤层的煤岩组分以亮煤为主,暗煤次之,含少量丝炭透镜体,属光亮煤—半亮煤。

1.2.3.2 煤的化学性质

主要可采煤层的钻孔取芯煤样分析成果见表1-2-2。

1.2.3.3 煤类

依据我国煤炭分类国家标准 GB/T 5751—2009,以浮煤干燥无灰基挥发分(V_{daf})、氢

表 1-2-2 二₁煤层主要煤质特征

水分 $M_{ad}/\%$	灰分 $A_d/\%$	挥发分 $V_{daf}/\%$	发热量 $Q_{gr,v,d}/(MJ \cdot kg^{-1})$	硫分 $S_{t,d}/\%$	磷分 $(\times 10^{-6})P_t/\%$
$\frac{0.37 \sim 4.21}{1.54(21)}$	$\frac{11.37 \sim 18.65}{13.78(21)}$	$\frac{5.28 \sim 10.91}{7.37(21)}$	$\frac{27.74 \sim 31.57}{30.03(21)}$	$\frac{0.28 \sim 0.46}{0.34(21)}$	$\frac{0.004 \sim 0.089}{0.035(16)}$

含量 (H_{daf}) 为主要指标, 辅以镜质体最大反射率进行确定。本区二₁ 煤层煤类属无烟煤二号, 判定指标见表 1-2-3。

表 1-2-3 二₁煤层煤类确定结果

煤层编号	指标特征/ $\%$			焦渣特征	类 别	符 号
	V_{daf}	H_{daf}	R_{max}^0			
二 ₁	$\frac{4.85 \sim 9.13}{5.55(17)}$	$\frac{2.72 \sim 3.33}{2.90(17)}$	$\frac{2.47 \sim 3.46}{2.99(7)}$	2	无烟煤二号	WY2

1.2.3.4 煤的工艺性能

1. 抗碎强度、可磨性、煤的热稳定性

二₁ 煤层抗碎强度、可磨性指数、热稳定性测试结果见表 1-2-4。

表 1-2-4 二₁煤层抗碎强度、可磨性指数、热稳定性测试结果

煤层编号	可磨性指数		热 稳 定 性					抗碎强度试验	
	HGI	分级	$TS_{+6}/\%$	$TS_{6-3}/\%$	$TS_{-3}/\%$	平均残焦率/ $\%$	分级	SS	分级
二 ₁	$\frac{26 \sim 77}{39(7)}$	难磨煤	$\frac{65.0 \sim 85.1}{79.7(4)}$	$\frac{13.9 \sim 15.3}{14.6(3)}$	$\frac{0.7 \sim 1.0}{0.9(3)}$	$\frac{89.6 \sim 91.0}{90.5(3)}$	较高热稳定性煤	$\frac{57.6 \sim 87.4}{77.5(6)}$	高强度煤

2. 煤对二氧化碳反应性及结渣性

试验温度为 950℃ 时, 二₁ 煤层对二氧化碳的还原率 α 为 29.5% ~ 39.8%。随着温度的增高, 二₁ 煤层对二氧化碳的还原率 α 增大。

根据试验结果, 二₁ 煤层的结渣强度属弱结渣性。

3. 熔融性

二₁ 煤层的灰分以二氧化硅和三氧化二铝为主, 两者含量为 61.70% ~ 78.86%, 次为氧化钙, 含量为 1.13% ~ 18.88%, 三氧化二铁含量为 4.01% ~ 7.95%, 三氧化硫含量为 3.24% ~ 6.09%, 氧化钾和氧化钠合计含量为 0.99% ~ 2.42%。二₁ 煤层灰分中难熔的二氧化硅和三氧化二铝含量较高, 其软化温度在 1350 ~ 1500℃ 之间。二₁ 煤层属较高软化温度灰、中等流动温度灰。

1.2.3.5 煤的工业利用方向

二₁ 煤层各项指标分级统计结果见表 1-2-5。

表 1-2-5 二₁ 煤层各项指标分级统计结果

灰分	硫分	发热量	磷分	砷	抗碎强度	可磨性	热稳定性	灰熔融性	结渣性	可选性
低中灰	特低	特高热值	低磷	一级含砷	高强度	难磨	较高热稳定性	较高软化温度	弱	较难选—易选

本区二₁ 煤层为低中灰、特低硫、低磷、一级含砷、较高软化温度、较高热稳定性、高强度、弱结渣性、易选—较难选的无烟煤，其块煤产率较高，可作化工用煤、合成氨、高炉喷吹、动力配煤、水煤浆用煤，粉煤可作动力或民用燃料、动力配煤。

1.2.3.6 煤的风化、氧化带深度

由钻孔的岩石资料可知，风化、氧化带厚度为 14.70 m 左右。据此推定二₁ 煤层风化、氧化带下限距基岩面垂深为 10 m。

1.2.4 开采条件

1.2.4.1 松散覆盖层工程地质特征

本区第四系为山前冲积相沉积，第三系为河湖相沉积，厚度为 375 ~ 1180 m。第四系底部为一套山前冲洪积卵石层，富水程度较强。第三系大部分为黏土、粉砂质黏土和黏土夹砾石，其次为中、细砂。由于受上覆土层自重压力的影响，部分呈半固结状态，据在垂深 200 m 以下采取土工样进行的物理力学性质指标分析来看，快剪黏聚力为 0.0097 ~ 0.2588 MPa，内摩擦角为 9.7° ~ 45.4°，属较软弱者，其颗分、物理力学指标见表 1-2-6 和表 1-2-7。

表 1-2-6 黏土、粉砂质黏土样颗分指标

土层类别	颗粒百分数/%				抗压强度/MPa
	砾 10 ~ 2 mm	砂粒 2 ~ 0.075 mm	粉粒 0.075 ~ 0.005 mm	黏粒 < 0.005 mm	
黏土		1.70 ~ 19.20	35.9 ~ 47.3	38.6 ~ 61.7	0.147 ~ 1.812
粉土		35.3	39.4	25.3	1.414
粉砂	0.4 ~ 5.9	55.7 ~ 69.7	19.6 ~ 40.3	3.4 ~ 19.6	
粉砂质黏土		9.1 ~ 29.7	29.2 ~ 53.5	31.9 ~ 55.6	0.314 ~ 2.373
中砂	1.9	84.7	10.3	3.1	

表 1-2-7 黏土、粉砂质黏土样物理力学指标

含水量/%	相对密度	孔隙比	液限/%	塑限/%	黏聚力/MPa	膨胀率($p=0$)/%	膨胀力/MPa
9.4 ~ 21.2	2.66 ~ 2.76	0.31 ~ 0.65	22.4 ~ 43.5	10.6 ~ 22.7	0.0039 ~ 0.481	1.15 ~ 35.03	< 0.262

地震勘探成果显示在 F_{15} 、 F_{16} 、 F_{17} 、 F_{18} 、 F_{17-1} 、 F_{19} 、 FS_3 、 FS_{11} 、 F_{31} 等断层存在新生界活动迹象，断层已经切入新近系内，其他小断层尚没有明显迹象。结合区域资料分析，本区存在北东向新构造活动迹象，在布置采掘工程、开采和场地建设时应引起注意。

1.2.4.2 煤层顶板工程地质特征

二₁ 煤层伪顶主要为 ≤ 0.5 m 的泥岩、炭质泥岩，本区仅零星分布，一般随采随落。直接顶厚度一般为 1~6.5 m，以泥岩顶板为主，占赋存煤面积的 70%，其砂岩分布面积约占含煤面积的 20%，砂质泥岩占含煤面积的 15%。岩石质量指标（RQD）：砂岩为 22.7%~95.7%，一般 $> 65\%$ ；砂质泥岩、泥岩为 33.8%~100%，一般 $> 80\%$ ；属完整性较好的岩石。岩石相对密度为 2.60~3.02，含水量为 0.2%~1.4%，孔隙率为 0.7~19.5，属中等—较坚硬岩类，稳定性较好。基本顶大多是厚度为 0.94~19.85 m、平均厚度为 7.46 m 的粗、中、细粒砂岩（大占砂岩）。岩石坚硬，稳定性较好。岩石样品的抗压强度为 39.1~161.5 MPa。

二₁ 煤层顶板的岩石力学性质指标详见表 1-2-8 和表 1-2-9。

表 1-2-8 二₁ 煤层直接顶的岩石力学性质指标

岩 性	黏聚力/MPa	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	软化系数
砂岩(吸水)	8.0~13.5	39.1~161.5	1.8~3.4	0.72~0.91
泥质岩及粉砂岩(吸水)	2.2~14.8	5.9~118.4	0.3~3.6	0.30~0.84

表 1-2-9 二₁ 煤层基本顶的岩石力学性质指标

相对密度	含水量/%	吸水抗压强度/MPa	黏聚力/MPa	内摩擦角	软化系数
2.63~2.90	0.4~0.6	39.1~161.5	8.0~13.5	37°53′~40°12′	0.72~0.91

1.2.4.3 二₁ 煤层底板工程地质特征

二₁ 煤层底板以泥岩、砂质泥岩为主，到 L_9 灰岩顶面之间的岩层组合厚度较薄，为 9.1~17.27 m，平均厚度为 12.84 m。岩石质量指标（RQD）：泥岩 4.3%~66.8%，砂质泥岩、粉砂岩为 31.9%~100%，底板岩层完整性较好。

二₁ 煤层底板的岩石力学指标见表 1-2-10。

表 1-2-10 二₁ 煤层底板的岩石力学指标

岩 性	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	软化系数	内摩擦角	黏聚力/MPa
砂岩	18.1~42.7	1.6~2.4	0.45~0.65	35°10′~36°47′	5.5~8.1
泥质岩	7.9~20.4	0.8~1.6	0.31~0.54	32°06′~36°07′	4.5~8.5

另据焦作矿区隔水层厚度为 0.7~1.0 m 承受 0.1 MPa 的经验及赵固矿区底板岩石物理力学条件，如果带压开采需要进一步研究。

1.2.4.4 巷道围岩稳定性评价