



YONGXIANJINSHIYONGJISHU
GAIZAO
ZHONGXIAOMEIKUANG
**用先进适用技术改造
中小煤矿**

陕西彬县模式
SHANXIBINXIANMOSHI

闫少宏 何万盈 刘建华 宁宇 著

煤炭科学研究总院北京开采研究所
陕西省彬县煤炭有限责任公司

煤炭工业出版社



用光色造型技术改造 中小城市

——

——

——

用先进适用技术改造中小煤矿

——陕西彬县模式

闫少宏 何万盈 刘建华 宁宇 著

煤炭科学研究总院北京开采研究所
陕西省彬县煤炭有限责任总公司

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

用先进适用技术改造中小煤矿：陕西彬县模式/闫少宏等著. —北京：煤炭工业出版社，2005

ISBN 7-5020-2666-5

I. 用… II. 闫… III. 煤矿开采—技术 IV. TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 029650 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 850mm×1168mm¹/₃₂ 印张 10⁷/₈ 插页 3

字数 284 千字 印数 1—1,800

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

社内编号 5437 定价 48.00 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

本书主要总结了陕西省彬县煤炭有限责任公司下沟地方煤矿由年设计生产能力 45 万 t, 采煤方法为分层高档普采, 产量低、事故多、效益差的矿井经过与煤炭科学研究总院北京开采研究所技术与资本合作在 4 年之内进行了三次技术改造, 已达到具备年生产能力为 300 万 t 的大型现代化矿井的主要成果。这种院企优势互补、利益共享的合作方式与所取得的技术经济和社会效益在 2001 年 12 月 20 日第五次全国煤炭科学技术大会上获得肯定, 被誉为用先进适用技术改造传统产业, 以较少的增量激活较大存量, 投资少, 见效快, 效益高的“陕西彬县模式”, 被推荐在全行业借鉴推广。本书主要内容包括: 综放开采技术经济分析与采煤方法选择研究。综放开采总体设计、综放开采设备选型与配套、综放开采工艺研究、煤巷锚杆支护技术、综放开采矿压研究、综放开采煤炭采出率与煤质管理、综放开采灾害防治等。本书为类似条件的地方煤矿的升级改造提供了借鉴。

本书可作为从事采矿工程专业大中专学生的参考教材, 特别是可作为现场工程技术人员的参考用书。

前 言

我国是煤炭储量大国，也是煤炭消耗大国。由于我国煤炭生产集中程度低，所以生产规模偏小，煤炭生产企业非常多。据统计目前我国有 2000 多重点国有煤矿和 23000 多家地方国有、乡镇煤矿。尽管地方国有煤矿和乡镇煤矿由于经济和技术管理等原因存在着诸如布局分散，管理水平低，采煤方法落后，资源采出率低，安全状况差，伤亡事故多的问题，但其产量仍占据着我国煤炭总产量的近一半，对我国国民经济和地方经济的发展有着举足轻重的作用。如 2003 年全国生产原煤 1736Mt，其中国有重点煤矿为 830Mt，占 47.81%，国有地方煤矿生产 294Mt，占 16.94%，乡镇煤矿生产 612Mt，占 35.25%。如果将国有地方煤矿和乡镇煤矿都视为中小煤矿，则中小煤矿 2003 年的原煤产量为 906Mt，占全国原煤产量的 52.19%，因此整合重组，以提高生产规模，改革提升中小煤矿采煤方法以提高开采效率和煤炭采出率，建立安全设施以减少煤矿灾害事故，这对于我国煤炭工业的健康和谐发展，特别是中小煤矿企业安全高效的开采意义是很大的，而且也是必需的。

陕西省彬县煤炭有限责任总公司也属地方国有煤矿，是一个国家控股、部分职工参股的股份合作制企业，拥有百子沟四矿，百子沟五矿和下沟矿三对矿井，设计生产能力为 96 万 t。由于百子沟四、五矿建于 20 世纪 50~60 年代，建矿时间早，资源逐渐枯竭，四矿年产量由 30 万 t 降到 10 万 t 左右，成为亏损矿井，2004 年已经报废停产，五矿资源所剩无几，效率低，负担重，也在亏损边缘上挣扎，公司为生存和发展，1991 年破土动工，1997 年 10 月建成投产了年产 45 万 t 的下沟矿。该矿地处陕西省第二大煤田——彬长煤田边缘，地质储量 1.5 亿 t，煤层厚度平

均 16.7m, 煤质属低灰、低硫、高挥发分、高热量的优质环保煤, 但由于建设期间受资金和当时采煤技术的制约, 设计的采煤方法为分层高档普采, 顶板事故多, 火灾事故频频发生, 生产成本低, 效益差, 使得得天独厚的资源优势未能转化为经济优势, 投资效益得不到充分回报。

2001 年 3 月 21 日彬县煤炭有限责任总公司与煤炭科学研究总院北京开采研究所利益共享, 风险共担, 优势互补, 真诚合作的原则签订了《下沟矿综合机械化放顶煤技改项目合同书》, 确定采用技术与资本投入共同合作经营的方式, 以先进适用的综采放顶煤技术改造下沟煤矿, 将矿井由年生产能力为 45 万 t 改造提升为 90 万 t, 全面实现综合机械化。

合同生效后, 双方经过周密的安排, 有计划按步骤地投入精干人力付诸实施, 在有序中赢得时间, 以技术赢得效益。经过不到 1 年时间的辛勤努力, 终于将下沟煤矿改造成了年产 90 万 t 的现代化矿井, 矿井的生产变成了“一井一面一头”的格局。2001 年投产, 当年达产, 2002 年又进行了 30°主斜井大倾角皮带和大巷运输系统的第二次技术改造, 使矿井达到了 150 万 t 的生产能力, 2004 年又进行了第三次技术改造, 使矿井具备了年产 300 万 t 生产能力的大型矿井。2001~2003 年, 矿井生产原煤共计 351.76 万 t, 实现工业产值 34804.6 万元, 实现利润 12741.19 万元, 完成税收 4524.6 万元。在陕西省地方煤矿中实现了“四个第一”: 第一个采用综合机械化放顶煤技术, 第一个采用综合机械化掘进技术, 第一个采用全煤巷锚杆支护技术, 第一个采用 30°斜井皮带运输, 为地方煤矿的升级改造起到了很好的示范作用。在 2001 年 12 月 20 日, 第五次全国煤炭科学技术大会上将下沟煤矿的技改工程确立为用先进适用技术改造传统产业, 以较少的增量激活较大存量, 投资少, 见效快, 效益高的“陕西彬县模式”, 并号召全行业借鉴推广。

本书作者的主要目的通过归纳整理下沟煤矿综放开采技改技术, 为我国类似条件的地方煤矿的升级改造提供借鉴。

本项目属陕西省咸阳市重点技改工程，得到了陕西省经贸委、陕西省煤炭工业管理局、陕西省煤炭工业协会、咸阳市经贸委、咸阳市政府、彬县县委、县政府和中国煤炭工业协会、煤炭科学研究总院等各级领导的关心和支持，作者在此深表感谢。

作者要感谢为此项目付诸实施的彬县煤炭有限责任总公司的技术人员和管理人员、下沟煤矿的管理干部和工人师傅们。

作者还要感谢北京开采研究所彬县项目组的所有工作人员。

作者

2005.5.10

目 录

§ 1	下沟煤矿地质条件·····	1
1.1	井田自然地理环境·····	1
1.2	下沟煤矿开拓方式与巷道布置方式·····	3
1.3	地层·····	4
1.4	煤层·····	7
1.5	煤层顶底板·····	19
1.6	其他地质条件·····	20
1.7	井田储量·····	23
§ 2	下沟煤矿 8 号煤层采煤方法选择·····	25
2.1	概述·····	25
2.2	炮采放顶煤开采工艺·····	26
2.3	高档普通机械化采煤工艺·····	32
2.4	1804 高档普采工作面矿压观测 ·····	38
2.5	综采放顶煤工艺的可行性研究·····	80
2.6	下沟煤矿 8 号煤层综放开采的优越性、 必要性和迫切性·····	93
§ 3	下沟煤矿综放开采设计·····	96
3.1	综放工作面设计·····	96
3.2	综放工作面设备选型·····	99
3.3	综放工作面设备配套 ·····	117
3.4	综放工作面巷道支护设计 ·····	123
3.5	综放工作面采煤工艺设计 ·····	172

3.6	工作面生产系统设计	180
3.7	工作面水害分析与“一通三防”设计	191
§ 4	下沟煤矿综放开采实践研究	217
4.1	综放开采工艺可靠性研究	217
4.2	综放工作面矿压观测研究	226
4.3	综放支承压力观测研究	235
4.4	综放回采巷道矿压监测研究	243
4.5	工作面采出率与煤质管理研究	254
4.6	综放工作面瓦斯涌出及分布规律	260
4.7	综放工作面煤层自燃规律及防治	283
4.8	综放工作面最佳风量的确定	306
§ 5	技术经济分析	313
5.1	生产技术分析	313
5.2	矿井安全分析	327
5.3	经济分析	332
	主要参考文献	336

§ 1 下沟煤矿地质条件

下沟煤矿为彬县煤炭有限责任公司最大的生产矿井，于1991年动工建设，1997年10月建成，设计生产能力45万t/a。1999年达到设计年产量，产煤47万t。下沟矿井田东西走向长度2.45~3.42km，南北倾斜宽度2.02~2.78km，井田面积7.49km²。下沟煤矿在使用综合机械化放顶煤采煤方法之前，采用落后的高档普采采煤方法，井下共布置一个炮采工作面和一个高档普采工作面。

1.1 井田自然地理环境

下沟煤矿位于陕西省彬县县城以西约5km的水帘乡境内，属陕西省咸阳市彬县所辖的地方煤矿。井田北部有西（安）—兰（州）公路穿过，向东南方向可达关中西部各县市，距西安150km，向西至长武35km，与宝（鸡）—庆（阳）公路相接，可通达宝鸡、庆阳及甘肃陇东各县，公路交通十分方便。

图1-1为下沟煤矿的交通位置图。

下沟煤矿的地理坐标为东经108°01′~108°03′，北纬35°04′~35°05′。该矿西以彬长矿区37号孔与157号孔连线东推1000m与大佛寺井田为界；南以长4号孔与水帘洞煤矿为界；东以CK₁₂号孔东推600m，经过1号孔至泾河与火石嘴煤矿为界；北以泾河河道中心线为界。

彬县属华北黄土高原丘陵沟壑区，地势西南高、东北低，泾河自西北向东南斜贯中部，将全县分割成东北、西南两塬夹川道的地貌格局。两个塬体均由塬上部向塬边及泾河河川倾斜，塬面破碎，沟壑密布，有大小沟壑4089条，其中干沟12条，占全县总面积的54.1%。下沟矿井田属陇东黄土高原东南部。井田内

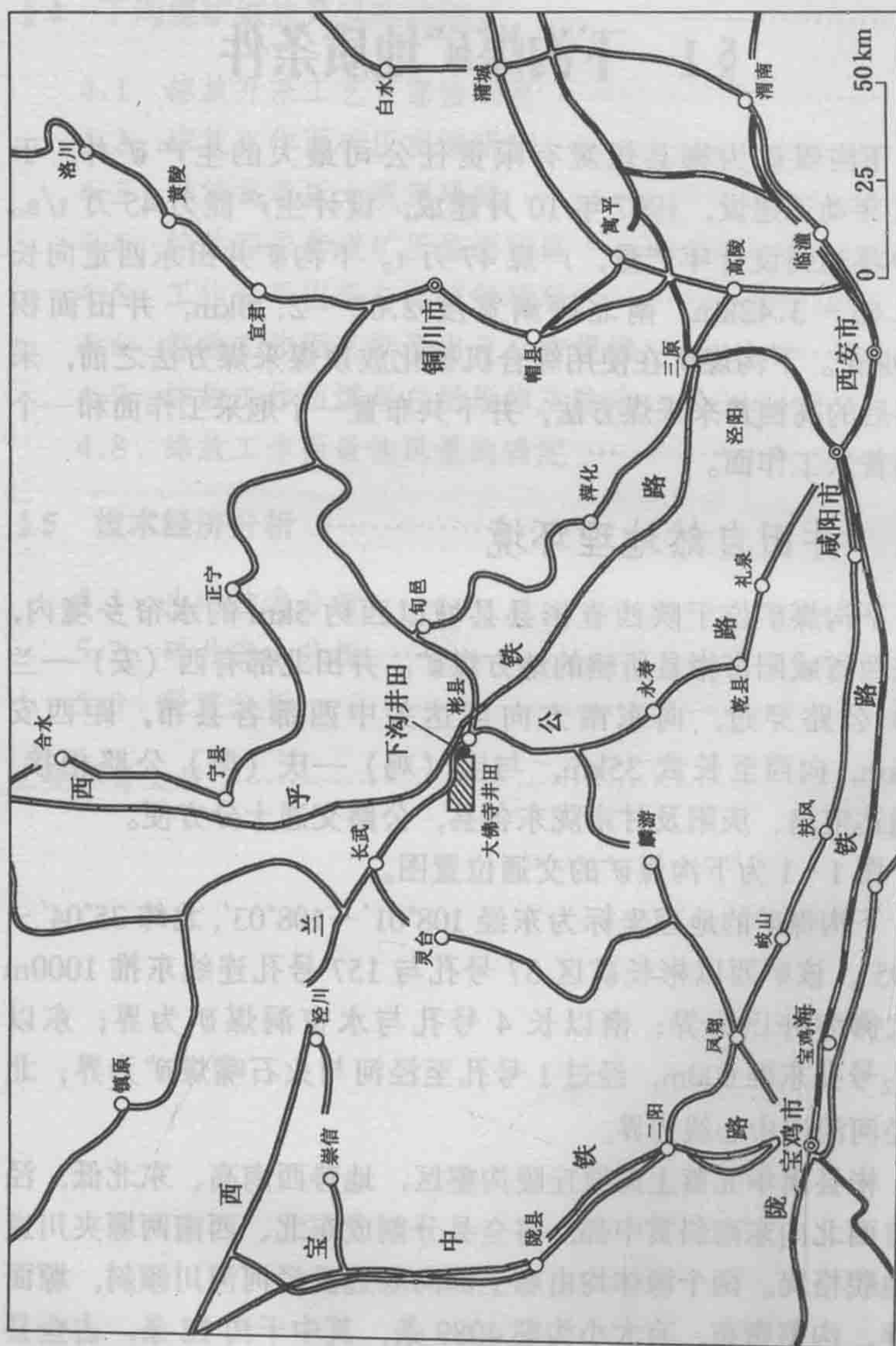


图 1-1 下沟煤矿交通位置

南高北低，南部为沟谷割的原梁地貌，北部为泾河台地与河川。原面海拔 1040~1060m，河川海拔 830m 左右，相对高差 180~200m。区内最大河流为流经井田北部边界的泾河，流量 1~8150m³/s。水帘沟自南而北穿越井田东部，为长年流水河道，流量 0.014~2.400 m³/s。

该地区为大陆性半干旱气候，据彬县气象站最近 14 年资料，年平均气温 11.1℃，1 月份最低平均 -9.1℃，7 月份最高平均 31.5℃，霜冻期为 10 月至次年 4 月，冻土层厚度最大约 57cm；年平均降雨量 576mm，7 月份最多平均 128.66mm，12 月最少为 3.5mm；3~5 月有西北季风，最大风速为 12m/s；据史料记载历史上无破坏性地震发生，地震烈度为 6 度。

1.2 下沟煤矿开拓方式与巷道布置方式

下沟煤矿矿井为斜井开拓，共布置 3 个斜井，分别是主斜井、副斜井和回风斜井。矿井通风方式为中央分列式抽出式通风方式，主副斜井进风，回风斜井回风。该井田在开采初期划分为 4 个采区，分别为 401 采区、402 采区、403 采区和 404 采区。技改后，该井田重新划分采区，采区个数变为 2 个，原 401 采区和 402 采区归并为一个采区，并沿袭原来名称叫做 401 采区，原 403 采区和 404 采区归并为一个采区，并沿袭原来名称叫做 404 采区。由于矿井轨道大巷南部为急倾斜煤层，平均倾角 50°以上，所以暂不开采，待开采技术成熟以后再行开采。矿井首采区为 401 采区，为下山开采，此区共布置 3 条下山，分别为皮带下山、轨道下山与回风下山，前两条下山进风，回风下山回风。401 采区目前的开采方式为下山单翼开采，另一翼考虑到使用综放开采时的走向长度以及该区域煤层的走向，拟采用 401 采区二水平开采，工作面布置准备南北布置。而 404 采区则作为 401 采区的接续采区。其具体的矿井开拓及巷道布置如图 1-2 所示。

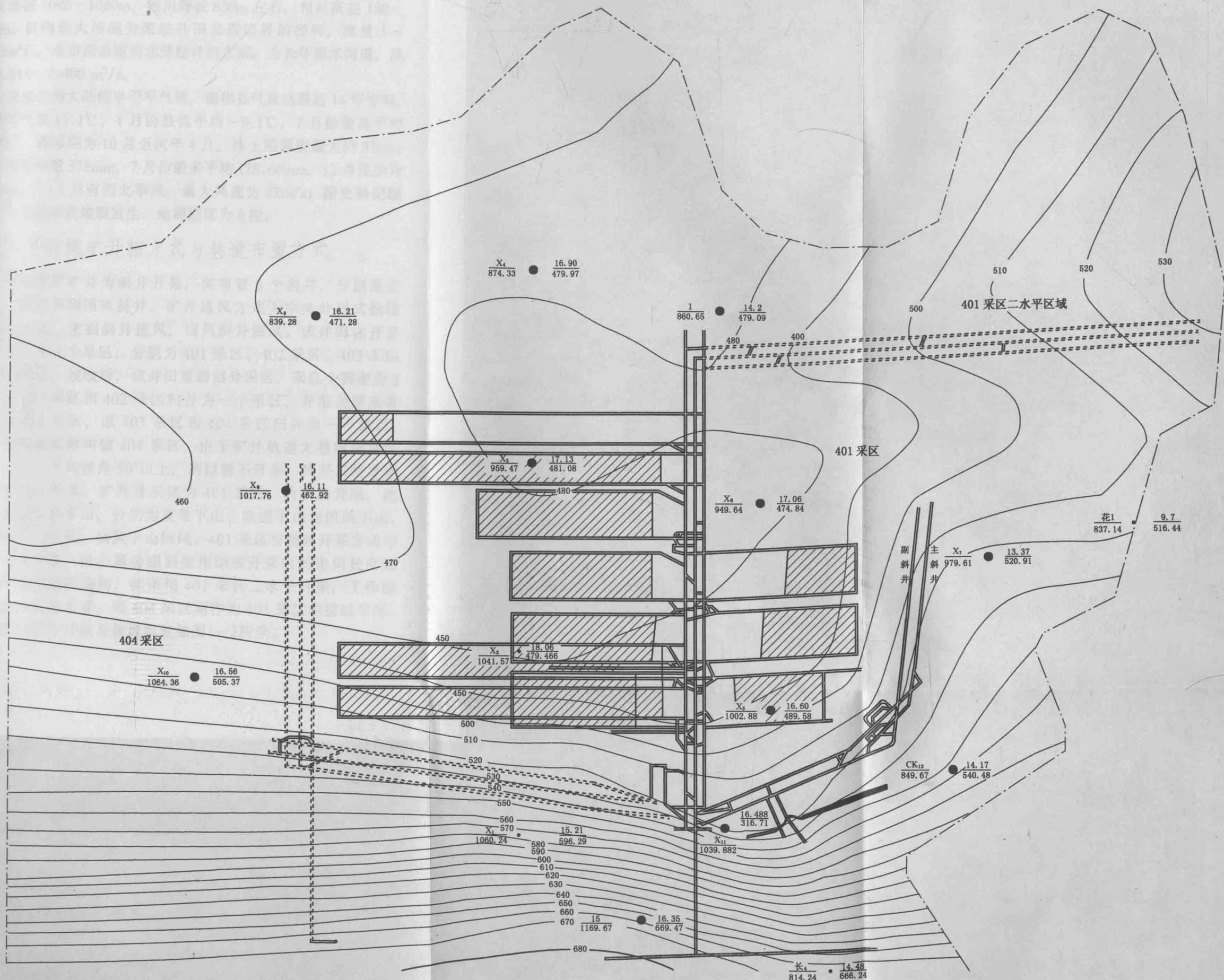


图 1-2 矿井开拓及巷道布置

1.3 地层

1.3.1 各地层描述

下沟井田地层自上而下为第四系、第三系、白垩系、侏罗系、三迭叠。

第四系 ($Q_1\sim_4$): 平均厚度 125.60m, 岩性以黄土、砂质粘土、亚粘土为主, 局部含姜石。第四系上部 Q_4 厚度为 4~12m, 为土层及含泥砂的卵砾石层, 富水性中等。中上部 Q_3 厚度为 4~8m, 为渗透性强的马兰黄土。中下部 Q_2 厚度约为 61m, 为黄土 (老黄土) 夹不连续的姜石层。下部 Q_1 厚度约 40m, 为含姜石砂质粘土层 (古黄土)。与下伏地层呈不整合接触。

第三系 (上新统 N_2): 最大厚度 182m 左右, 上部岩性以棕红色砂质粘土为主, 为良好的隔水层; 下部岩性以半胶结的棕色砂砾石为主, 富水性弱。与下伏地层呈不整合接触。

白垩系 (下白垩统 K_1z): 厚度为 59.70~198.50m, 平均厚度为 173.69m 左右。上部为洛河组 (K_1z^2), 最大厚度为 134.89m, 地表出露广泛, 下沟以北、泾河两岸及其支沟均有出露。岩性主要以棕红色块状中粗砂岩为主, 夹 4~5 层砂砾岩; 下部为宜君组 (K_1z^1), 最大厚度为 38.80m, 岩性为紫色砾岩或砂砾岩, 钙质胶结, 砂质充填, 岩层表面稍有风化现象, 具有裂隙。两组地层为统一的富水性较强的含水层。

侏罗系 (中侏罗统安定组 J_2a): 厚度 70.25~131.00m, 岩性主要为棕红、紫红、灰紫等杂色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及含砾粗砂岩。含钙质结核, 分选差, 胶结疏松, 遇水膨胀。

侏罗系 (中侏罗统直罗组 J_2z): 厚度 18.85~38.81m。岩性主要为灰绿、紫红等杂色泥岩、砂质泥岩、粗砂岩和含砾粗砂岩。砂岩分选差, 胶结不均匀。

侏罗系 (中下侏罗统延安组 $J_1\sim_2y$): 厚度 50.50~94.21m, 岩性主要为灰色泥岩、砂质泥岩和厚层状中粗砂岩。砂岩胶结不

均匀。含煤 1~2 层, 是该井田主要含煤地层。

侏罗系 (下侏罗统富县组 J_2f): 厚度 0~38.73m, 岩性主要为浅灰色泥岩、铝土泥岩、砂质泥岩和粉细砂岩等。

三叠系 (上三迭统延长群 T_3y): 岩性以绿色砂质泥岩、粉细砂岩互层等为主。

下沟井田地层特征见表 1-1。

表 1-1 地层特征表

地 层				厚度/m	地 质 特 征
系	统	组	代号		
第四系			Q_4 Q_1	125.60	以黄土、砂质粘土、亚粘土为主, 局部含姜石。 Q_4 下部为含泥砂的卵砾石层, 富水性中等。 Q_1 、 Q_2 为隔水层, Q_3 为透水层
第三系	上新统		N_2	182	上部岩性以棕红色砂质粘土为主, 为良好的隔水层; 下部岩性以半胶结的棕色砂砾石为主, 富水性弱
白垩系	下白垩	洛河	K_1z^2	134.89	岩性主要以棕红色块状中粗砂岩为主, 夹 4~5 层砂砾岩, 富水性强
		宜君	K_1z^1	38.80	岩性为紫色砾岩或砂砾岩, 钙质胶结。富水性强, 与上覆洛河组为统一含水层
侏罗系	中侏罗	安定	J_2a	70.25~131.00	岩性主要为棕红等杂色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及含砾粗砂岩。富水性极弱
		直罗	J_2z	18.85~38.81	岩性主要为灰绿、紫红等杂色泥岩、砂质泥岩、粗砂岩和含砾粗砂岩。富水性极弱
	中下侏罗	延安	J_{1-2y}	50.50~94.21	岩性主要为灰色泥岩、砂质泥岩和厚层状中粗砂岩。含煤 1~2 层, 是本井田主要含煤地层。富水性极弱。8 号煤层处于本组底部
	下侏罗	富县	J_2f	0~38.73	岩性主要为浅灰色泥岩、铝土泥岩、砂质泥岩和粉细砂岩等, 为隔水层
三叠系	上三迭	延长	T_3y		煤系基底, 岩性以绿色砂质泥岩、粉细砂岩互层等为主, 为相对隔水层

1.3.2 主要含水地层描述

下沟煤矿含水层主要包括第四系、第三系含水砂层和基岩含水层。

1.3.2.1 第四系、第三系含水层

第四系依据岩性和含水性不同,分为 Q_4 、 Q_3 、 Q_{2-1} 3 组。

(1) Q_4 厚度 4~12m 左右,上部以砂质粘土为主,下部为含泥砂的卵砾石层。

民用井出水量 30~65m³/h,富水性中等,以大气降水补给为主。

(2) Q_3 厚度为 4~8m,由渗透性较强的马兰黄土组成,本层不含水。

(3) Q_{2-1} 厚度为 110m 左右,由含砂姜老黄土和古黄土组成,为相对隔水层。

第三系在本井田最大残留厚度为 182m 左右,广泛赋存于基岩之上,各沟谷两岸均有出露。第三系上新统孔隙、裂隙含水层,依据其岩性和含水性不同,可分为 $N_{2上}$ 、 $N_{2下}$ 两组。

(1) 第三系上部 $N_{2上}$ 厚度约 50m,以砂质粘土为主,致密、塑性强,为较好的隔水层。

(2) 第三系下部 $N_{2下}$ 赋存一层厚约 30m 的半胶结砂砾石层,富水性弱,沟谷内多见下降泉,流量一般为 0.1~0.2m³/s,个别上升泉流量较大,为 0.5m³/s 左右,以大气降水补给为主。

1.3.2.2 基岩含水层

基岩含水层主要有白垩系洛河组、宜君组裂隙承压含水层和侏罗系裂隙承压含水层。

(1) 白垩系洛河组 K_1z^2 、宜君组 K_1z^1 裂隙承压含水层

白垩系洛河组、宜君组地层总厚度为 59.70~198.50m,各沟谷广泛出露。洛河组以中粗砂岩为主,夹 4~5 层砂砾岩。宜君组以砾岩和砂砾岩为主。两组地层为统一的含水层,受大气降水和泾河河水补给。据井田附近抽水试验,单位涌水量 $q = 0.0574 \sim 0.234 \text{ L/s} \cdot \text{m}$, $Q = 1.350 \sim 6.279 \text{ t/s}$ 。该含水层分布广、