

陕西府谷矿区冯家塔煤矿建设工程

地质灾害危险性评估报告

二〇〇五年六月

目 录

0. 前 言	1
0.1 任务由来	1
0.2 目的任务	1
0.3 评估依据	2
0.4 前人研究程度及主要参考资料	2
0.5 评估工作方法	2
0.6 工作概况及完成的工作量	3
0.7 评估质量综述	4
1. 建设工程概况	5
1.1 建设工程位置及交通条件	5
1.2 井田区社会经济概况	6
1.2 井田区社会经济概况	7
1.3 建设工程概况	9
2. 地质环境条件	13
2.1 气象、水文	13
2.2 地势地貌	14
2.3 地层岩性及煤层特点	15
2.4 地质构造与地震	24
2.5 水文地质条件	26
2.6 矿井充水因素分析	29
2.7 工程地质特征	30
2.8 人类活动对地质环境的影响	32
3. 评估级别及评估范围	36
3.1 评估级别的确定	36
3.2 评估范围	36

4. 地质灾害危险性现状评估.....	38
4.1 崩塌.....	38
4.2 滑坡.....	44
4.3 采空区地面塌陷.....	45
4.4 小结.....	45
5. 地质灾害危险性预测评估.....	46
5.1 煤矿开采区地质灾害危险性预测评估.....	46
5.2 工业场地地质灾害危险性预测评估.....	60
5.3 排矸场地质灾害危险性预测评估.....	62
5.4 场外道路地质灾害危险性预测评估.....	62
5.5 小结.....	63
6. 地质灾害危险性综合评估.....	65
6.1 地质灾害危险性综合评估原则和评估方法.....	65
6.2 地质灾害危险性综合分区评估.....	67
6.3 工程建设适宜性评估.....	67
6.4 小结.....	68
7. 地质灾害防治措施.....	69
7.1 地质灾害防治级别.....	69
7.2 地质灾害防治措施.....	69
8. 结论与建议.....	73
8.1 结论.....	73
8.2 建议.....	74

附图：

- | | |
|----------------------|----------|
| I 冯家塔井田环境地质图 | 1: 2.5 万 |
| II 冯家塔煤矿地质灾害危险性综合评估图 | 1: 2.5 万 |

0. 前 言

0.1 任务由来

冯家塔煤矿位于陕西省府谷县境内，地处府谷矿区中部，是陕西府谷清水川电厂配套供煤矿井，由陕西煤业集团有限责任公司投资建设。

冯家塔井田位于晋陕峡谷西侧沿黄土石丘陵区，地形切割强烈，水土流失严重，生态环境脆弱，根据《陕西省府谷县地质灾害调查与区划报告》，井田范围属地质灾害中易发—高易发区。为确保矿山建设工程安全，遵照国务院第 394 号令《地质灾害防治条例》第二十一条“在地质灾害易发区内进行工程建设必须进行地质灾害危险性评估”的规定，陕西煤业集团有限责任公司委托陕西地质工程总公司对冯家塔煤矿建设工程进行地质灾害危险性评估工作。

评估工作起止时间为：2005 年 4 月 30 日～2005 年 6 月 10 日。

0.2 目的任务

本次评估工作目的是：通过对区内地质环境条件和现有地质灾害发育特征的调查、分析，对煤矿建设和运行过程中可能遭受、加剧和引发的地质灾害危险性做出评价，并提出地质灾害防治措施建议，为建设项目地质灾害防治提供初步依据，避免人类不合理工程活动造成的地质灾害，从源头上减轻地质灾害造成的生命财产损失，达到有效保护煤矿建设项目的安全运行。具体任务是：

1. 全面了解工程概况，搜集并分析前人资料，开展环境地质调查，初步评价冯家塔矿井范围地质环境条件；
2. 查明拟建项目区内的地质灾害类型、分布、规模、发育特征、诱发因素，评价其稳定性、易发性及危害程度，对地质灾害危险性做出现状评估；
3. 对拟建项目可能遭受的地质灾害危险性、项目建设与运行期间可能引发、加剧地质灾害的危险性做出预测评估和综合评估，进而对煤矿建设工程适宜性做出评价；
4. 对拟建项目可能遭受、加剧、诱发的地质灾害提出防治措施建议和进一步工作的建议。

0.3 评估依据

1. 《地质灾害防治条例》（国务院令第 394 号），2004 年 3 月 1 日；
2. 国土资源部《关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发[2004]69 号文）及附件《地质灾害危险性评估技术要求》（试行），2004 年 3 月 25 日；
3. 国务院办公厅转发国土资源部（国办发[2001]85 号）《关于进一步治理整顿矿产资源管理秩序意见的通知》；
4. 《陕西省地质环境管理办法》（陕西省人民政府令第 71 号），2001 年 9 月；
5. 《陕西省矿产资源管理条例》；
6. 冯家塔煤矿地质灾害危险性评估委托书。

0.4 前人研究程度及主要参考资料

自上世纪 70 年代以来，在冯家塔煤矿建设范围及附近区域，地质、煤炭等部门从不同角度做过大量区域地质、煤田地质、水文地质、环境地质等多项工作，本次评估工作全面收集了相关资料，这些资料的分析利用为本次灾害评估工作的顺利开展打下了坚实的基础。本次评估主要参考资料有：

- 1、《陕西省府谷矿区冯家塔煤矿可行性研究报告》
北京华宇工程有限公司，2004.12；
- 2、《陕北石炭二叠纪煤田府谷矿区总体规划》
煤炭工业西安设计研究院，2003.4；
- 3、《陕西省府谷县石炭二叠纪煤田冯家塔井田详查地质报告》
陕西省地矿局西安地质矿产勘查开发研究院，2003.2；
- 4、《陕西府谷地区黄甫幅区域地质调查报告》
陕西省地质矿产局，1987 年；
- 5、《陕西省府谷县地质灾害调查与区划报告》
陕西省地质矿产勘查开发局第十三地质队，2003.2；

0.5 评估工作方法

根据矿井建设工程的特点，本次工作在广泛收集区内已有煤田地质勘查和水文地质、灾害地质等成果资料的基础上，对评估区现场进行了较详细的地质灾害调查，经室内研究分析，对区内地质灾害作出评估。具体的工作方法如下：

1、开展工作前，组织项目有关技术人员认真学习国土资源部《地质灾害危险性评估技术要求》(试行)，统一认识，熟悉工作程序，明确各项工作的重点和相关技术要求，确保评估工作的顺利开展和评估质量。

2、在调查前，搜集并详细阅读有关资料，了解区内地质环境条件和煤矿建设规模。明确本次工作的目的、任务和工作重点。

3、野外调查采用 1: 10000 地形图做手图，调查点采用 GPS 定位和地形地物校核，对灾点或灾害地质特征进行详细调查，并对灾害地质现象和典型地貌特征等进行拍照记录。野外调查工作方法主要采用路线穿越法和地质环境点追索相结合的方法进行。

4、明确调查内容。由于井田已完成煤田勘查地质报告及初步设计方案，且其资料翔实、全面、可靠。所以本次调查的重点是各类地质灾害的分布现状、规模及稳定程度等，另外对评估区已有小煤窑分布、开采现状及采空区的地面塌陷也做为一项重点调查内容。

5、室内资料综合整理。在综合分析研究既有资料和实地调查资料的基础上，按照《地质灾害危险性评估技术要求》(试行)工作程序，进行地质灾害危险性现状评估、预测评估及综合评估，并提出相应的防治工程措施和建议。最终编制提交《陕西府谷矿区冯家塔煤矿建设工程地质灾害危险性评估报告》及“冯家塔井田环境地质图”和“冯家塔煤矿地质灾害危险性综合评估分区图”等附图。本次地质灾害评估的技术路线见框图 0—1。

0.6 工作概况及完成的工作量

我公司接受任务后，立即组织专业技术人员充分搜集和研究分析已有的区域地质、煤田地质、环境地质以及水文、气象等资料，编制工作计划；于 2005 年 5 月 3 日～5 月 20 日进行野外综合调查，历时 13 天；并于 5 月 21 日～6 月 10 日进行资料整理和报告编制。完成的工作量详见表 0-1：

工作量完成一览表

表 0-1

项目	单位	工作量
调查面积	km ²	75.46
调查线路	km	72
地质环境调查点	点	56
调查照片	张	97
收集已有资料	份	11
最终成果报告	份	15

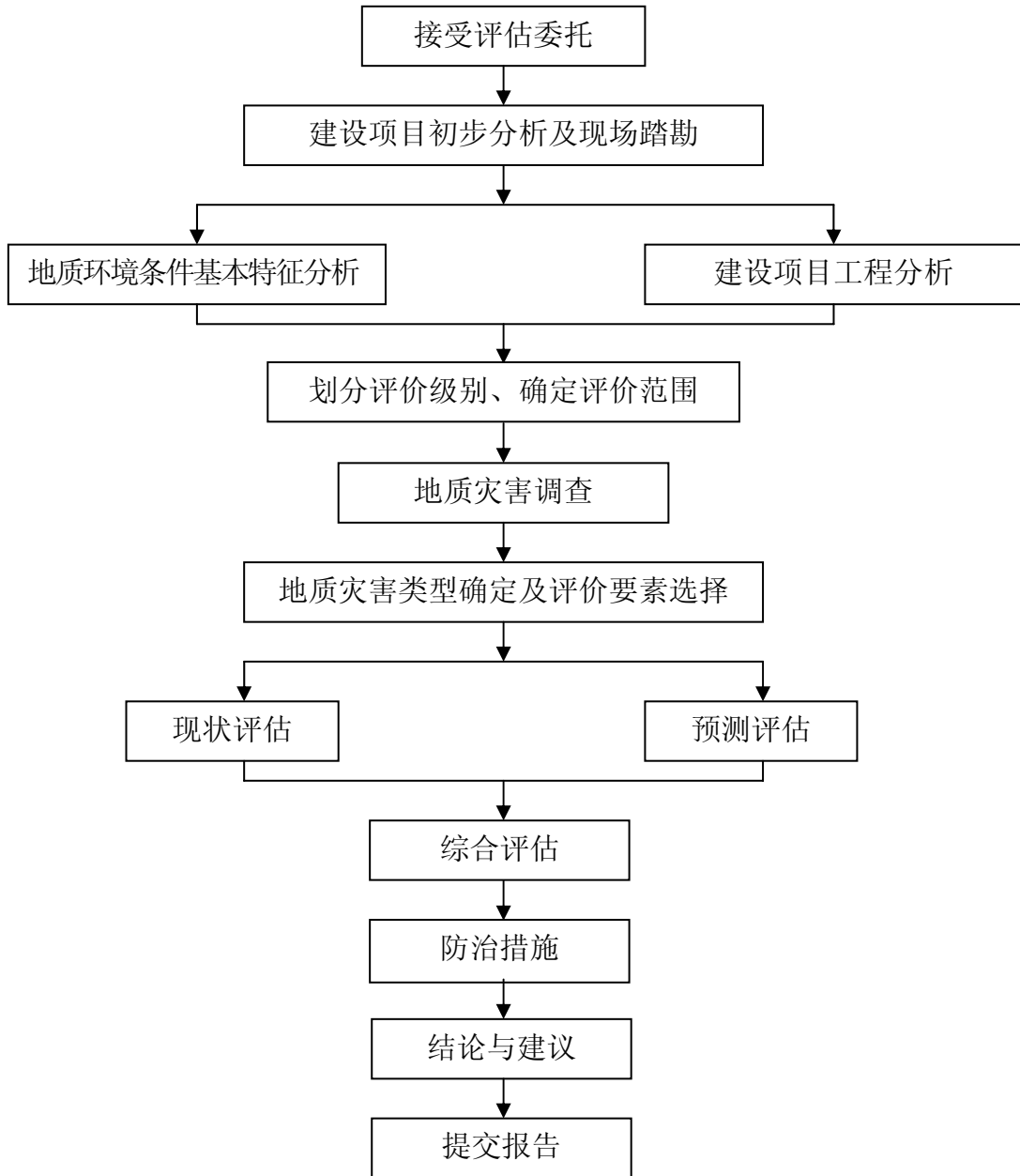


图 0—1 地质灾害危险性评估技术路线框图

0.7 评估质量综述

整个评估工作严格按照部颁技术要求的程序与我省主管部门的具体指导意见进行。报告基本阐明了区内地质环境背景，查明了地质灾害及地质灾害隐患的类型、分布、发育特征及其对拟建工程的危害情况，划分了地质灾害的危险性等级，提出了具体可操作的防治对策和措施建议。报告内容齐全，文图真实，评估结论符合实际，成果质量可信，评估工作达到预期目的，符合国土资源部国土资发〔2004〕69 号文件及附件《地质灾害危险性评估技术要求》（试行）的要求。

1. 建设工程概况

1.1 建设工程位置及交通条件

冯家塔煤矿地处府谷矿区中部，在府谷县城北东方向 15km 处（图 1-1），行政区划隶属府谷县清水川乡和海则庙乡管辖，其地理坐标东经 $110^{\circ} 05' 35'' \sim 110^{\circ} 09' 40''$ ，北纬 $39^{\circ} 05' 42'' \sim 39^{\circ} 12' 30''$ 。根据批准的《陕北石炭二叠纪煤田府谷矿区总体规划》，井田北以清水川地堑为界与西王寨井田相邻，东以黄河为界，南以海则庙沟为界与海则庙井田毗邻，西以矿区勘探边界线为界（见图 1-2），井田东西宽约 7.5km，南北宽约 9.0km，面积 59.9km^2 。

井田交通运输较为便利，包神府二级公路及神朔铁路从井田南部通过，在建的府谷至准格旗的二级公路从井田西侧通过，对外通过神木

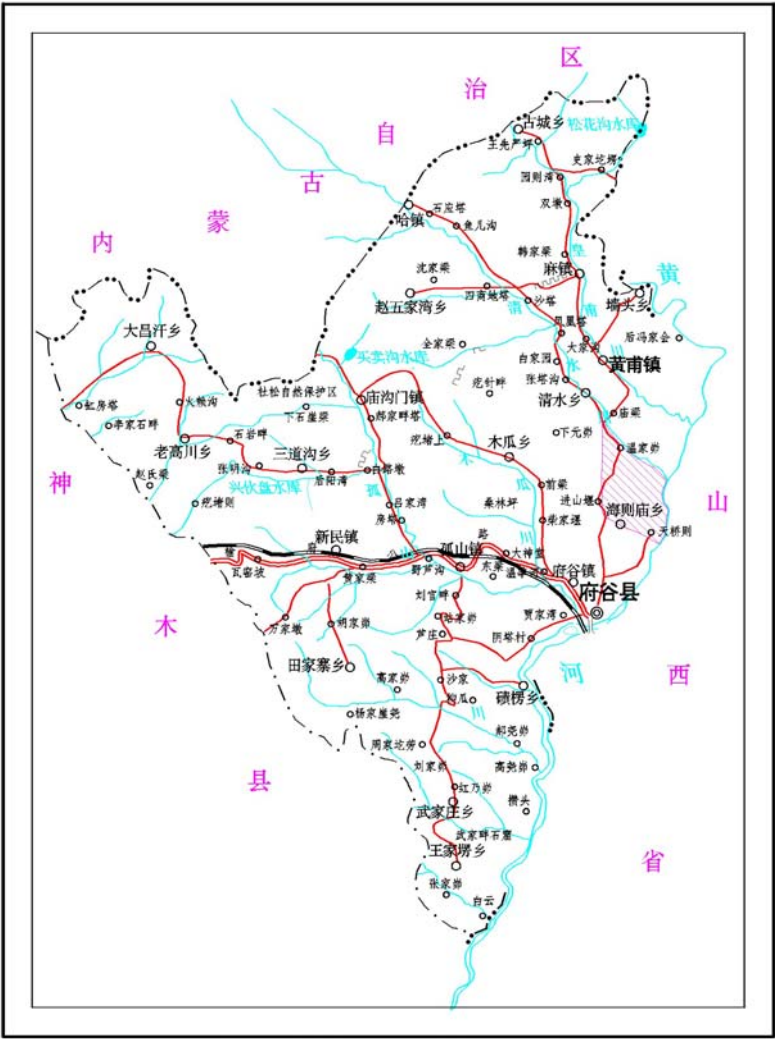
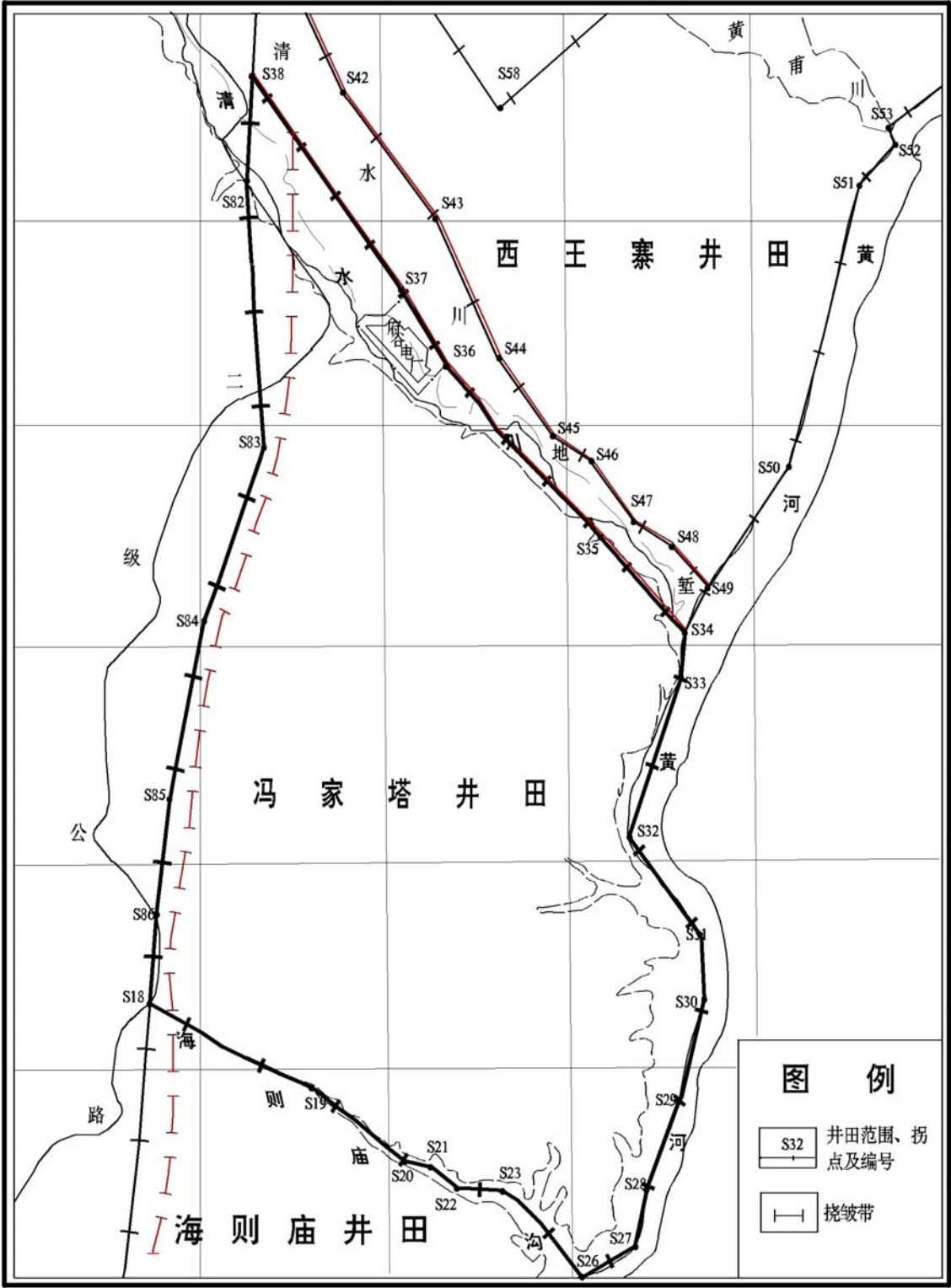


图1-1 工作区交通位置图

- 1.铁路 2.公路 3.简易公路 4.省界 5.县界 6.冯家塔井田范围
7.水系 8.县政府所在地 9.乡镇、居民地

（大柳塔）～黄（骅港）铁路、包（头）～西（安）铁路可通达全国各地，井田及其附近各乡镇之间均有简易公路相通，为井田开发建设提供了十分便利的交通条件。



1.2 井田区社会经济概况

1.2.1 经济

区内经济以农业经济为主，除沿河川有少量人工修造的高产良田外，大部分地区土地贫瘠，农作物产量较低，经济以农业为主，畜牧业次之，农作物主要有玉米、高粱、谷子、小麦和豆类等。经济作物有小麻、烟叶等。畜牧业有羊、牛、马和毛驴。工业以皮毛加工业、水泥制造为主，煤炭开发程度低。人均 GDP 值不足 1000 元，经济较为落后。

1.2.2 村庄、学校、道路等公共设施

评估区隶属清水川乡和海则庙乡管辖，据统计共有行政村 18 个，包括 35 个自然村和乡政府驻地 1 处，约 1600 住户，人口 6498 人，人口密度 108 人/km²，共有窑房约 4300 间（见表 1—1）。区内村庄多位于丘陵顶部，并有沿沟居住的习惯。井田内村庄分布稀疏不均，井田西部和中部一带村庄较为稀少，人口密度 75 人/km²，但村民居住较为集中，自然村面积较大，大的村庄有下魏寨、温家峁、铺则坪、赵寨、冯家塔、王家焉、尖堡则等，人口多在 150 人以上，以赵寨和王家焉最多，分别为 532 人和 317 人；在清水川、海则庙沟以及井田东部村庄分布密度较大，人口密度 130 人/km²，约占全区人口的 70%左右，但自然村面积一般较小，居住较为分散。

区内的学校主要有海则庙初级中学和 18 所小学（每个行政村 1 所），在校学生约 2000 名，校舍 400 余间，校址均位于村庄附近。

井田内三级以上道路有府准公路和清水川一段寨沿黄公路。府准公路是府谷至准格尔旗主要交通要道，公路等级为二级，2003 年建成通车，跨井田西北和西南角通过，区内长度 6.3km；在建的清水川一段寨沿黄公路，公路等级为二级，沿清水川右岸修建，紧贴井田北部边界，区内长度 7.2km。

冯家塔井田范围住户情况一览表

表 1-1

盘区	村 名	住 户	人 口	窑 房
1 采区	清水乡赵寨村冯家塔组	24	106	78
	海则庙乡刘家坪村王来家沟	47	215	164
	海则庙乡寨峁村柏林店组	48	210	158
	海则庙乡寨峁村狄家畔	33	150	104
	海则庙乡寨峁村寨峁组	38	151	112
	清水乡赵寨村段家塬组	21	80	60
	清水乡石窑院村	58	210	165
	海则庙乡刘家坪村刘家坪组	26	104	65
2 采区	清水乡温家峁村铺则坪组	27	120	86
	清水乡温家峁村温家峁组	43	170	131
	清水乡温家峁村川根底组	32	138	110
	清水乡温家峁村陈家畔组	21	82	67
	海则庙乡王家焉村	92	317	210
	清水乡下魏寨村	45	200	135
	清水乡赵寨村一、二、三组	125	532	390
3 采区	海则庙乡尖堡则村尖堡则组	63	274	195
	海则庙乡尖堡则村张崖尧组	39	163	124
	海则庙乡寺畔村寺畔组	35	142	110
	海则庙乡寺畔村庄则梁组	46	174	147
	海则庙乡寺畔村贾家咀组	14	59	41
	海则庙乡高粱沟村高粱沟组	71	286	223
	海则庙乡高粱沟村青阳沟组	18	66	52
	海则庙乡杨庄则村杨庄则组	89	420	266
	海则庙乡刘家坪村关路塬组	23	74	35
	海则庙乡王家畔村	65	210	143
下阶段采区	海则庙乡磁窑沟村上下磁窑	95	375	200
	海则庙乡磁窑沟村河峁组	30	109	45
	海则庙乡沙塔则村	82	335	160
	海则庙乡天桥则村后花尔寨	18	62	32
	海则庙乡天桥则村前花尔寨	21	92	46
	海则庙乡天桥则村天桥则组	56	212	105
	海则庙乡石道洼村西峁组	61	234	135
	海则庙乡石道洼村杨秋峁组	18	64	30
	海则庙乡石道洼村刘家峁组	27	91	41
	海则庙乡石道洼村石道洼组	49	186	90
	海则庙乡乡政府		85	45
合计		1600	6498	4300

1.3 建设工程概况

1.3.1 建设工程规模

拟建冯家塔煤矿井田面积 59.9km^2 ，井田内赋存可采煤层 12 层，地质储量 1195.18Mt，可采储量为 610.09 Mt。设计矿井年生产能力 6.0 Mt（初期 3.0 Mt/a），矿井服务年限 72.6 年。建设总投资 8.3 亿元。

1.3.2 井田开拓

设计采用斜井开采方式。以三条斜井开拓全井田，即主斜井、副斜井和一号回风斜井，三条井筒平行布置。主斜井倾角 14° ，落底在 4 煤+780m 标高处；副斜井倾角 6° ，落底在 2 煤中；回风斜井 22° ，落底在 2 煤中。

井田分煤组设两个开采水平：前期开采一水平上组煤（2、3、4 号煤），后期采用暗斜井延深开采二水平下组煤（5、6、7、8、9⁻¹、9⁻²、10⁻¹、10⁻²、11 号煤）。一水平标高+780m，沿 4 号煤层布置集中运输大巷，辅助运输大巷及回风大巷分煤层布置；二水平标高+750m，沿 8 号煤层布置主要大巷。

全矿井划分为三个采区，主要大巷以东为一采区，采区走向长 3800~4200m，倾斜宽 2500~2800m，利用主要大巷单翼条带式开采；大巷以西为二采区，走向长 4700~5700m，倾斜宽 2000~3000m，为双翼采区；南侧为三采区，走向长 2700~2900m，倾斜宽 2800~4000m，为单翼采区（见图 1—3）。各采区各布置一个工作面。各采区开采顺序为：先开采一、二采区，后开采三采区。

根据《可行性报告》提供的井田开拓方案设计图，煤矿本次开采范围北、西两侧至井田境界，东、南两侧以 2 号煤地表出露位置为界，即乱石塔~厂房沟~柏林店~王来家沟~前坟焉~海则庙一线，开采面积 39.33km^2 。在此线以南井田东南角区域，面积约 12km^2 ，煤炭储量 307.12Mt，由于 2、4、5、6、7 号煤大范围缺失，8 号以下煤层大多地表出露，且分布较为凌乱不稳定，本次可行性设计煤矿开采范围未及此区域，有待设计开采方案进一步完善。

本井田 2 号煤层平均厚度 3.08m，煤层分布稳定，为该煤矿首采煤层。设计采用长壁综合机械化开采，全部垮落法管理顶板。

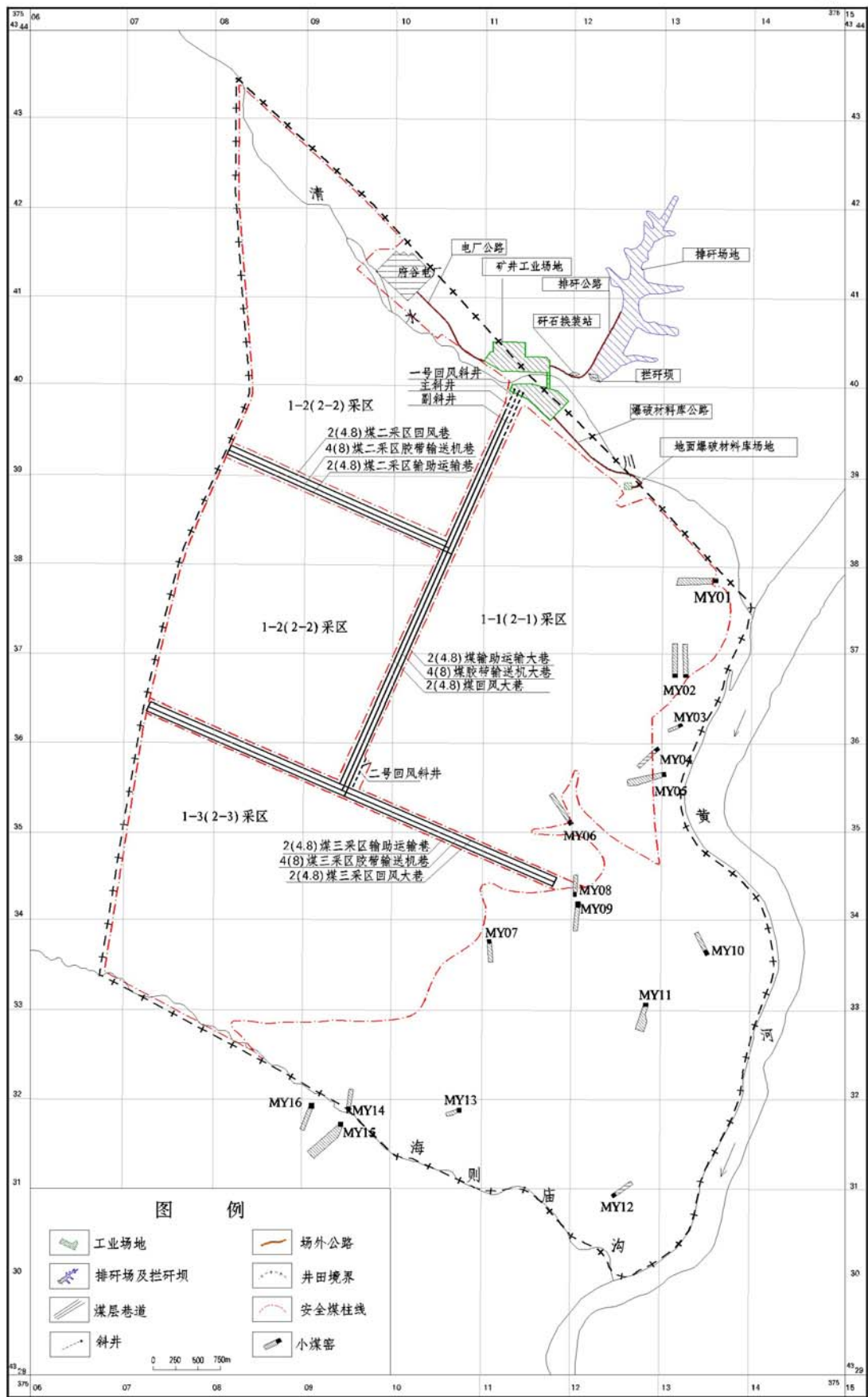
1.3.3 工业场地及场外道路工程

1、工业场地

冯家塔煤矿工业场地包括矿井工业场地、排矸场地、矸石换装场地、地面爆破材

冯家塔煤矿工程布置图

图1-3



料库场地。

①矿井工业场地

矿井工业场地位于冯家塔以东清水川两岸，场地被清水川一分为二：位于清水川左岸的筛选厂场地（照片 1-1）和清水川右岸的矿井场地（照片 1-2）。

矿井场地主要布置：主斜井井口房、副斜井井口房、对旋轴防爆通风机、35kv 变电站、办公楼、消防站、救护队、单身宿舍及运动场地、训练场地、井下排水处理站、污水处理站等设施；筛选厂场地主要布置：原煤储存仓、块煤排矸车间、矸石仓、地销煤仓、分选车间（预留）、浓缩池及事故浓缩池（预留），并布置消防水池及泵房、煤样室及高压配电室、输煤综合楼等。矿井场地与筛选厂场地以横跨清水川的公路桥及带式输送机械桥相联系。

矿井场地用地 12.4hm^2 （185.9 亩），筛选厂场地用地 16.1hm^2 （241.4 亩），高位水池用地 0.04hm^2 （0.6 亩），矿井工业场地共占地 28.54hm^2 （427.9 亩）。

矿井工业场地挖高填低，总挖方量 $95.8 \times 10^4\text{m}^3$ ，总填方量 $93.2 \times 10^4\text{m}^3$ 。

②排矸场地

排矸场地位于西王寨东侧的冲沟内，距筛选厂约 1km，在沟口建拦矸坝。煤矿年矸石总量为 98.82 万吨。排矸场用地 30.79hm^2 （461.62 亩），计算容积 $356.96 \times 10^4\text{m}^3$ ，使用年限 6.5 年。

③矸石换装场地

换装场地设在筛选厂场地东门外，排矸公路旁，用地面积 1.5hm^2 （22.4 亩）。

④地面爆破材料库场地

位于矿井场地东南 1.33km 的石窑沟口左侧山凹内。厂址地势隐蔽，有较好的自然屏障，库址距周围设施的安全距离均符合规定要求。该库用地 1.2hm^2 （18 亩），与矿井场地有专用公路相通。

2、场外道路工程

共设计三条厂外公路：矿井至电厂公路、排矸道路、爆破材料库道路，共用地面积 6.62hm^2 （99.30 亩）。其技术特征见表 1-1。

冯家塔煤矿地面建设工程总占地面积 68.85hm^2 （1032.75 亩）。

场外道路技术特征表 表 1-2

名 称	长度 (m)	道路等级	路基宽度 (m)	路 面	挖方 (10 ⁴ m ³)	用地面积 (hm ²)
矿井至电厂公路	1022	山岭重丘 三 级	7.5	沥青贯入 碎石面层	0.95	2.2
排矸道路	1322	山岭重丘 三 级	7.5	沥青贯入 碎石面层	1.90	2.86
爆破材料库道路	1324	山岭重丘 四 级	6.5	泥结碎 石面层	1.60	1.56
合计	3668				4.45	6.62(99.30 亩)

1.3.4 矿区供水

冯家塔煤矿系陕西省府谷清水川电厂配套矿井，工业场地生活、消防用水由电厂供水水源统一解决，电厂水源地可采储量 24000m³/d，完全可以满足矿井需要。矿井建成后，井下排水处理后分别用作选煤厂的生产补充用水、井下消防洒水等。

2. 地质环境条件

2.1 气象、水文

2.1.1 气象

评估区属温带大陆性半干旱季风气候，总的特点是：春季多风沙，夏季炎热干旱，秋季凉爽多暴雨，冬季长而寒冷。

根据府谷气象站1986～2003年资料：该区多年平均气温9.6℃，极端最高气温38.9℃，极端最低气温-24.0℃；多年平均降水量421.7mm，年最大降水量849.6mm（1967年），年最小降水量227.7mm（1972年）；多年平均蒸发量2450.8mm，是降水量的5.8倍（表2-1）。

府谷气象站气象要素统计表

表2-1

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均	年最大	年最小
温度(℃)	-7.8	-2.9	3.7	11.5	18.4	22.5	24.3	22.2	17.1	9.9	1.4	-5.4	9.6	38.9	-24.0
降水量 (mm)	4.0	8.0	14.5	22.5	29.6	51.8	117.5	94.8	55.4	17.9	11.1	3.9	421.7	849.6	227.7
蒸发量 (mm)	36.4	65.3	156.7	292.4	415.7	388.1	348.2	260.2	204.4	153.2	79.1	41.2	2450.8	2760.7	2136.2
相对湿度 (%)	53	45	41	35	37	47	58	64	61	54	52	53	50	78	19

年内降水量变化大，主要集中在7～9月，占总量的60%，尤以8月份最多，平均为132.5mm，约占总量的25%，且多以暴雨的形式降落。区内最大日降水量181.8mm，小时最大降水量53.5mm，10分钟最大降水量16.7mm。此外，连阴雨最多次数3次。暴雨及连阴雨易引发崩、滑、流灾害。

该区十月中旬开始霜冻，翌年三月解冻，季节性冻土最大冻深186cm；冬季至春末夏初多风，最大风速18.7m/s，风向多为北西。

2.1.2 水文

冯家塔井田被黄河及其支流清水川、海则庙沟所包围。除黄河常年流水外，清水川及海则庙沟均为季节性河流。

黄河自北向南纵贯井田东部，区内流长约6.0km，河床宽度600～800m（照片2-1）。

据府谷水文站多年观测资料：多年平均流量 $836.77\text{m}^3/\text{s}$ ，最大洪峰流量为 $11100\text{m}^3/\text{s}$ ，最小 $4.60\text{m}^3/\text{s}$ （系天桥水库蓄水造成），天然最小流量 $36.4\text{m}^3/\text{s}$ 。洪峰期为八、九、十月份，其径流量占年径流量的 43.08%，一个水文年的水位最大变幅为 4.24~6.77m，洪峰具陡起陡落的特点。黄河多年平均含沙量为 $5.96\text{kg}/\text{m}^3$ ，最大含沙量 $1070\text{kg}/\text{m}^3$ ，最小仅 $0.003\text{kg}/\text{m}^3$ ，五、六月份黄河水清沙净，含沙量随流量增大而增大。

清水川为季节性河流，自西向东从井田北部流过，构成井田北部境界。具有雨季暴涨，旱季断流的特点，断流多出现于一、二、五、六月份。清水川多年平均流量 $1.65\text{m}^3/\text{s}$ ，最大洪峰流量为 $2610\text{m}^3/\text{s}$ （1989 年 7 月 21 日），最小流量为零。

海则庙沟也为季节性河流，自西向东流经井田注入黄河，除雨季和解冻期外，大部分时间断流，平均流量 $0.0017\text{m}^3/\text{s}$ 。

此外，清水川、海则庙沟两侧及黄河西岸发育大小沟谷 20 余条，呈树枝状分布，其中较大的有：全寨沟、常疙尖峁沟、石家河沟、西王寨沟、石窑沟、高粱沟、油磨嘴沟和浪湾沟等。沟谷长度多在 2.5~4.0km，流域面积 2~5km²。以石窑沟规模最大，流域面积约 15km²，长 10.5km，贯穿全井田。这些沟谷平常干涸无水，但在暴雨时洪流汇集迅速，洪流暴涨暴落，因含沙量高，冲蚀力极强，不仅造成严重的水土流失，也常引发崩塌及滑坡。

本区尚建有温家峁、王家塬和高粱沟等小型水库 3 座(表 2—2)。分布于井田西部边界附近。由于水土流失使水库长年淤积，有效库容很小。随着时间推移，水库将失去其功能，成为淤地。

冯家塔井田水库调查表

表 2—2

编号	位置	建库时间	汇水面积 (km ²)	淤积量 (m ³)	有效库容 (m ³)
1	清水乡温家峁	1986 年	0.53	43750	16000
2	海则庙王家塬	1982 年	0.75	22500	21000
3	海则庙高粱沟	1990 年	2.1	226800	45000

2.2 地势地貌

评估区地处陕北黄土高原北部沿黄河土石丘陵区，地形破碎，沟壑纵横。总的地

势表现为中、西部高，向北、东、南三个方向渐低，海拔一般在 1000~1100 m 之间，最高点在井田北部姚谷畔附近，海拔 1153.0m；最低点为黄河谷地，海拔 810m；谷岭最大相对高差 300m 左右。本区第四纪以来气候温寒干湿相间，地壳运动主要表现为震荡性上升运动，在内外地质营力的长期作用下，塑造了本区的堆积、堆积—侵蚀形成的河谷阶地区及构造剥蚀形成的土石丘陵区两种地貌景观。

I. 河谷阶地区

主要分布于黄河及较大支流清水川，为侵蚀堆积地貌，发育有河漫滩及阶地。

漫滩：沿河呈带状展布。枯水期宽度：黄河 100~300 m，清水川 50~100 m，海则庙沟 30~80 m。漫滩前缘一般高出河水面 0.3~0.5 m，滩面较平坦，微向河床倾斜，倾角 1° ~ 2° 。高程：黄河 828~829 m，清水川 830~832 m。岩性：黄河为冲洪积中细砂、砂砾卵石；清水川为冲洪积砾卵石。

阶地：呈长条状分布于清水川两岸，一般分布不对称，凸岸保存相对完整，发育有三到四级阶地。低阶地阶面平坦，以 1° ~ 3° 倾角向河床倾斜，前缘一般高出漫滩 1~2 m，宽度 20~100 m。岩性：表层为粉土、粉细砂，底部为砾卵石，具二元结构。高阶地因受后期切割侵蚀破坏，堆积物大多被剥蚀殆尽，基岩大片裸露，实为基岩丘陵地形。

II. 土石丘陵区

在全区大面积分布，主要为梁峁相间地貌，沟谷纵横狭窄，谷坡陡峻。受流水等外力作用，地表侵蚀强烈，黄土仅披覆于中生界碎屑岩顶部，形成特殊的丘陵地貌，并发育疏密不等的小冲沟（照片 2-2）。中生界碎屑岩裸露于沟谷两侧，其岩性主要为泥岩、砂岩互层，冲沟走向受岩层走向控制，沿较软弱的泥岩发育，多呈北北东向，切深 50~100m，如石窑沟、全寨沟、常疙尖峁沟、石家河沟、西王寨沟等，两沟之间展布有与岩层走向一致的山脊，山脊两坡不一致，一般北坡陡而延伸短，坡角一般 50° ~ 60° ，南坡坡角较缓。在山脊两侧切沟也较发育，切深一般 10~30m。

在清水川附近，陷落地层经侵蚀切割而形成“U”形谷。谷坡多为断面，断面经剥蚀后退缩形成，基本保持了断面的倾角。

2.3 地层岩性及煤层特点

2.3.1 地层岩性

评估区出露地层自东向西由老至新依次为：古生界奥陶系、石炭系、二叠系；中

生界三叠系和新生界第三系、第四系。古生界和中生界沿河流及较大沟谷两岸呈北东向或南北向带状展布，新生界于较大沟谷沟脑及土石丘陵顶部披覆于这些老地层之上，现由老至新分述如下（表2-3）：

评估区地层岩性特征简表

表 2-3

界	系	统	组	代号	厚度 (m)	岩 性
新生界	第四系	全新统		Q ₄	0~35	砂砾石及粉土
		上更新统		Q ₃	15~25	黄土，均一松散、发育垂直节理及大孔隙，局部见有褐色古土壤。沟谷中及黄河二级阶地为冲积物。
		中、下更新统		Q ₁₋₂	35~60	黄土，夹成组出现的古土壤。
	第三系	上新统		N ₂	43~90	红粘土夹钙质结核层，淡灰色砂岩、砂砾石、半胶结砾岩。与下伏地层成不整合接触。
中生界	三叠系	下统	刘家沟组	T ₁ L	>760	包括：下统刘家沟组，岩性为砂岩、泥岩互层。
古生界	二迭系	上统	石千峰组 上石盒子组	P	300~702	包括：下统山西组、下石盒子组，上统上石盒子组、石千峰组。砂岩、页岩互层
		下统	下石盒子组 山西组			
	石炭系	上统	太原组	C ₃ t	52~142	包括：中统本溪组，上统太原组。岩性为砂岩、泥岩、煤层、生物碎屑灰岩、页岩、铁铝矿。与下伏地层成假整合接触。
		下统	本溪组	C ₂ b		
	奥陶系	中统	上马家沟组	O ₂ s	172~41	灰岩与泥灰岩互层为上段，灰岩与豹皮灰岩互层为中段，下段为泥灰岩及角砾状泥灰岩。
			下马家沟组	O ₂ x	82.6~126.4	上为灰岩与泥灰岩互层，中为灰岩及白云质灰岩，下为泥灰岩及砂岩。

2.3.1.1 古生界

(1) 奥陶系马家沟组 (O₂m)

在评估区的府谷县天桥则零星出露。岩性为一套碳酸盐岩类夹少量陆源细碎屑岩组合：上部为浅灰、灰黄色角砾状灰岩及白云质灰岩，中部为灰黄色白云质灰岩与泥灰岩互层，下部为青灰色灰岩。岩溶发育一般，在断层、裂隙密集带附近岩溶发育程度高，主要为溶隙，局部可见小溶洞。揭露厚度大于 100 m。

(2) 石炭系本溪组 (C₂b)

出露于井田东部浪湾及海则庙沟孙店煤矿以东的黄河沿岸及其支沟中，向西主体深埋地下。为一套含铁铝质岩和少量碳酸盐岩的陆源细碎屑岩组合。下部为紫色铁质泥岩、含铁细粒石英砂岩或赤（褐）铁矿层；中部为灰色、灰白色块状铝土矿、铝土质泥岩；上部为灰色、深灰色泥岩、炭质泥岩，夹石英砂岩、生物碎屑灰岩和煤线。厚度0~40m，与下伏奥陶灰岩呈平行不整合接触关系。

（3）石炭系太原组（ C_3t ）

出露于厂房沟、浪湾、海则庙沟及其上部支流沟谷中，是井田主要含煤地层。岩性为一套含煤及少量碳酸盐岩的陆源碎屑岩组合，厚度52.03~101.34m，可分为三个岩性段，自下而上为：

①第一岩性段（ C_3t_1 ）

底部为灰白色细一中粗粒石英砂岩，石英含量高，碎屑磨圆度好，发育低角度的板状交错层理、羽状层理，分布广，厚度1~5m，层位稳定；中上部为黑色、灰色泥岩、炭质泥岩、粉砂岩、薄层中细粒砂岩、高岭土矿层及煤层（12和11号）；顶部为灰黑色生物碎屑灰岩，局部地段相变为含生物碎屑的泥灰岩或泥岩。总厚度为7.25~36.00 m。

②第二岩性段（ C_3t_2 ）

底部是灰黑色泥岩或煤层（ 10^{-1} 、 10^{-2} 号）；下部为灰白色中—粗粒石英砂岩；中上部为黑色泥岩、炭质泥岩及1~2层煤层（ 9^{-2} 号和 9^{-1} 号）。厚度4.43~49.91m。

下部的灰白色中—粗粒石英砂岩遍布全井田，厚度变化大，从0.80m到45.80m，厚度由中部向东西两侧变薄。

中上部 9^{-2} 和 9^{-1} 号煤层之间一般为灰黑色泥岩，局部地区夹薄层迭锥灰岩或菱铁矿层等，也是本区对比标志层。

③第三岩性段（ C_3t_3 ）

下部为灰色、灰白色中粗粒长石石英砂岩，局部为细砂岩、粉砂岩或含砾砂岩；中上部为灰黑色泥岩、炭质泥岩夹4层可采煤层（即8、7、6和5号煤层）。泥岩中夹泥灰岩和菱铁矿薄层或结核。厚度11.90~55.55m。

底部的灰色、灰白色中粗粒长石石英砂岩，除东北部相变为泥岩外，其余各处均可见到。厚度为0.99~34.73m不等，平均10~15m。

（4）二叠系山西组（ P_1S ）：井田的主要含煤地层之一。为一套含煤的陆源碎屑岩组合，由2~4个沉积旋回组成。每个旋回底部为灰白色中粗粒—中细粒长石石英砂

岩、含砾砂岩、砾岩；中上部为灰黑色、灰色泥岩、炭质泥岩、高岭石粘土岩，含菱铁矿结核；顶部常为煤层或煤线。厚度37.55~94.08m。与下伏太原组呈整合接触关系。底部砂体为中粗粒长石石英砂岩、细砾岩、砂砾岩，南部厚度最大可达47m。

(5) 二叠系下石盒子组 (P_{1x})：具有含煤沉积向内陆河湖环境“红层”沉积过渡的特点，为一套陆源碎屑岩的组合，一般由两个沉积旋回组成。每旋回的下部为灰绿色、黄灰色含砾砂岩夹砾岩透镜体，向上为同色细—粗粒长石砂岩、泥岩。厚度37~64m。

(6) 二叠系上石盒子组 (P_{2s})：为一套紫杂色陆源碎屑岩夹少量火山碎屑岩组合（照片2-3）。下部以粗碎屑岩为主，上部以细碎屑岩为主夹硅质条带。厚度170~260m。

(7) 二叠系石千峰组 (P_{2sh})：为一套以砖红色、紫红色为特征的陆源碎屑岩夹少量碳酸盐岩和硅质岩组合（照片2-4）。底部为黄绿色厚层块状含砾钙质长石砂岩，局部为细砂岩；中下部为灰白色中粗粒长石砂岩与紫红色、砖红色泥岩呈不等厚互层；上部为紫红色、砖红色泥岩夹钙质条带或结核及薄层砂质灰岩或藻迹灰岩、硅质条带或薄层。厚度120~180m。

2.3.1.2 中生界

三叠系刘家沟组 (T_{1L})：主要在勘查区的西部边缘零星出露，岩性为一套泥砂岩、砂岩、泥岩互层。

2.3.1.3 新生界

包括上第三系 (N_2) 和第四系。主要为一套半固结—松散状堆积物，与前新生界呈角度不整合接触，厚 130~150m。

第三系 (N_2)：仅在较大支沟的沟脑部位零星分布，岩性主要为红粘土夹钙质结核层，局部夹淡灰色砂岩、砂砾石、半胶结砾岩，厚 43~90m。

第四系更新统 (Q_{1-3})：主要分布在土石丘陵区的顶部或表层，岩性主要为风积黄土，土质均一松散，发育垂直节理及大孔隙，局部见有褐色古土壤，厚 10~85m。

第四系全新统 (Q_4)：主要分布于河谷阶地及较大沟谷底部，岩性主要为冲积、冲洪积砂砾石及粉土，厚 2~35m。

2.3.2 含煤地层与可采煤层特征

1、含煤地层

冯家塔井田含煤地层主要为二迭系下统山西组和石炭系上统太原组，石炭系下统本溪组仅含一层薄煤层（13 号煤层）或煤线。井田内山西组和太原组总厚度平均 120m 左右，共含煤层 19 层，其中可采煤层 12 层。单孔含煤层总厚为 6.05～30.27m，平均 17.57m，含煤系数为 5.04～25.23%，平均 14.64%。

山西组平均厚度 40m，含煤层 1～6 层，其中可采煤层 3 层，自上而下编号为 2、3、4 号煤层。单孔可采煤层累加厚度平均 8.93m，含煤系数平均 22.33%。

太原组平均厚度 80m，含煤层 3～14 层，其中可采煤层 9 层，自上而下编号为 5、6、7、8、9⁻¹、9⁻²、10⁻¹、10⁻²、11 号煤层。单孔可采煤层累加厚度平均 9.40m，含煤系数平均 11.75%。

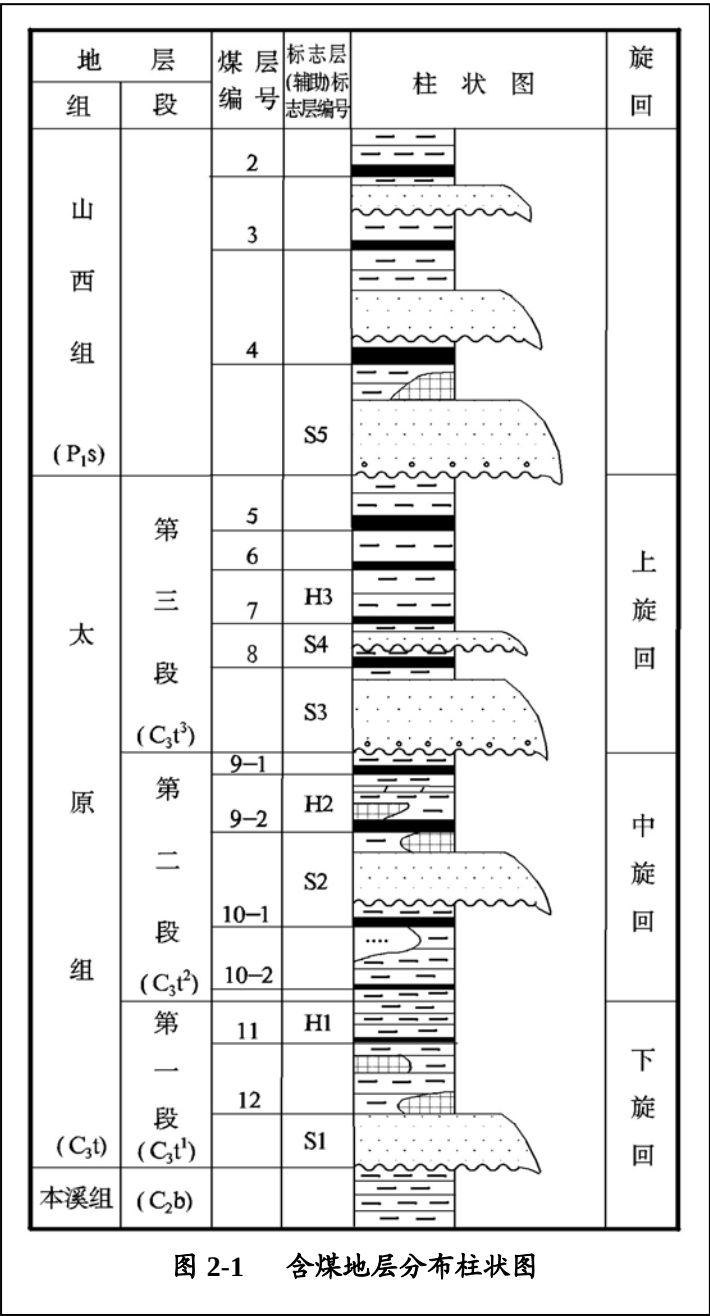
从平面上看，无论是太原组，还是山西组，井田中、东部含煤性均优于西部。就太原组而言，中上部含煤性好于下部。井田可采煤层垂向分布见图2-1；

2、可采煤层特征

井田内可采煤层12层，其中主要可采煤层为2、4、8、9⁻²号煤层；次要可采煤层为7、11号煤层；其余3、5、6、9⁻¹、10⁻¹、10⁻²号煤层为局部可采煤层。分述如下：

2 号煤层

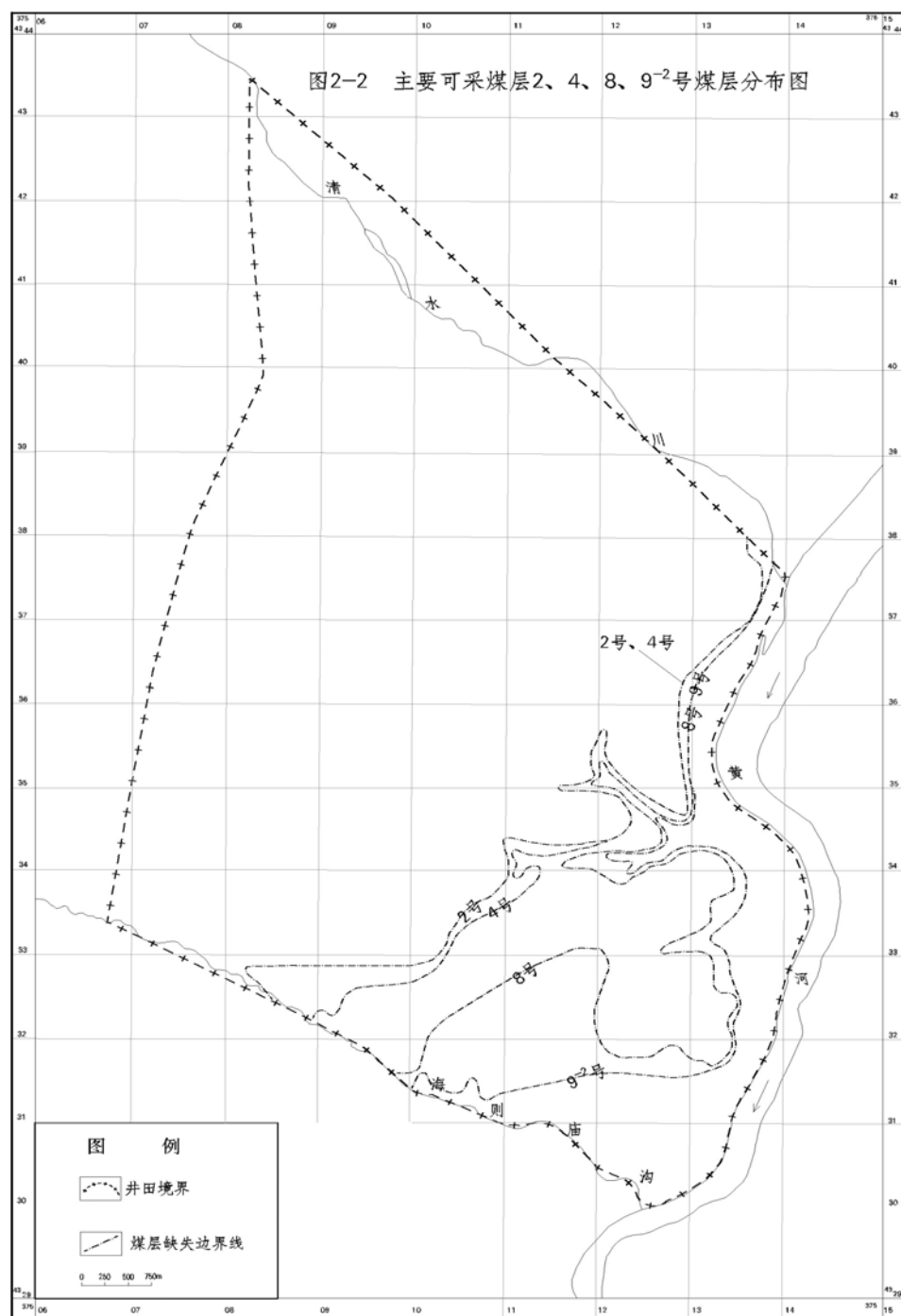
位于山西组上部，大面积分布，为主要可采煤层，在清水川乱石塔～柏林店～王来家沟～磁窑沟～海则庙一线东南煤层遭受剥蚀缺失（图 2—2），乱石塔～柏林店一带煤层出露并局部自燃。



可采厚度 1.20~5.30m，平均 3.08m。中部为厚煤层，向南、北两个方向煤层厚度变薄至中厚煤层，厚度变化规律较明显，可采面积 41.2km²。

煤层结构较简单，最多含 3 层夹矸，一般含 1~2 层厚度 0.20~0.72m 的泥岩、粉砂岩或炭质泥岩夹矸。煤层顶板主要为泥岩、粉砂岩，少数中一粗砂岩；底板主要为泥岩、粉砂岩、少量炭质泥岩。

该煤层层位及厚度较稳定，属全区大部分可采的较稳定中厚一厚煤层。



3 号煤层

呈层状赋存于山西组中部，在井田东南部遭剥蚀，东北部出露并局部自燃。该煤层可采区主要分布于井田的中部及西北部。可采见煤点厚度 0.85~4.23m，平均 2.31m。煤层厚度变化较大，由西南向东北变厚的规律较明显，以中厚煤层为主。

煤层最多含 2 层夹矸，一般不含或含 1 层厚 0.15~0.70m 的泥岩、粉砂岩夹矸。煤层顶板主要为粉砂岩及中—粗砂岩，部分为泥岩；底板以泥岩、粉砂岩及细砂岩为主。

该煤层属局部可采的不稳定中厚煤层。

4 号煤层

呈层状产于山西组下部，为井田内主采煤层之一。主要分布于井田的中部—北部，在乱石塔~厂房沟~王来家沟~前坟焉~海则庙一线东南煤层遭受剥蚀（图 2—2），浪湾—厂房沟口—清水川沟口一带煤层出露并小范围自燃。

可采煤层厚度 1.65~8.60m，平均 4.22m。厚度较稳定，以中厚—厚煤层为主，其中中厚煤层主要分布于井田中南部，约占其分布区的 30%；厚煤层主要分布于井田北部，约占其分布区的 55%，薄煤层主要分布于井田南部，占其分布区的 15%。煤层由西南向东北厚度增大，且变化规律较明显。

该煤层最多含夹矸 4 层，一般含 1~2 层厚 0.05~0.75m 的泥岩、粉砂岩夹矸。煤层顶板主要为粉砂岩、泥岩，少部分为中—细砂岩，偶见砾岩；底板主要为泥岩、粉砂岩、少量为炭质泥岩。

该煤层属结构较简单—较复杂，全区大部分可采的较稳定中厚—厚煤层。

5 号煤层

呈层状赋存于太原组第三段上部，在井田东部零星出露且偶见自燃，东南部普遍遭剥蚀，北部及中西部局部缺失。

煤层厚度 0.11~2.75m，平均 0.93m。煤层可采区不连续，有南、北两个可采区，可采面积 22.5km²，煤层厚度变化不大，以薄煤层为主，仅东部分布有中厚煤层。

煤层含矸最多 2 层，一般不含夹矸。煤层顶板以细砂岩、泥岩为主，底板以泥岩、粉砂岩为主。

该煤层属结构简单、局部可采的不稳定薄煤层。

6 号煤层

呈层状赋存于太原组第三段上部，在井田东部浪湾—清水川一带出露且局部自燃，大面积缺失，可采面积仅 8.1 km²，煤层厚度 0.15~1.86m，煤层厚度变化不大。

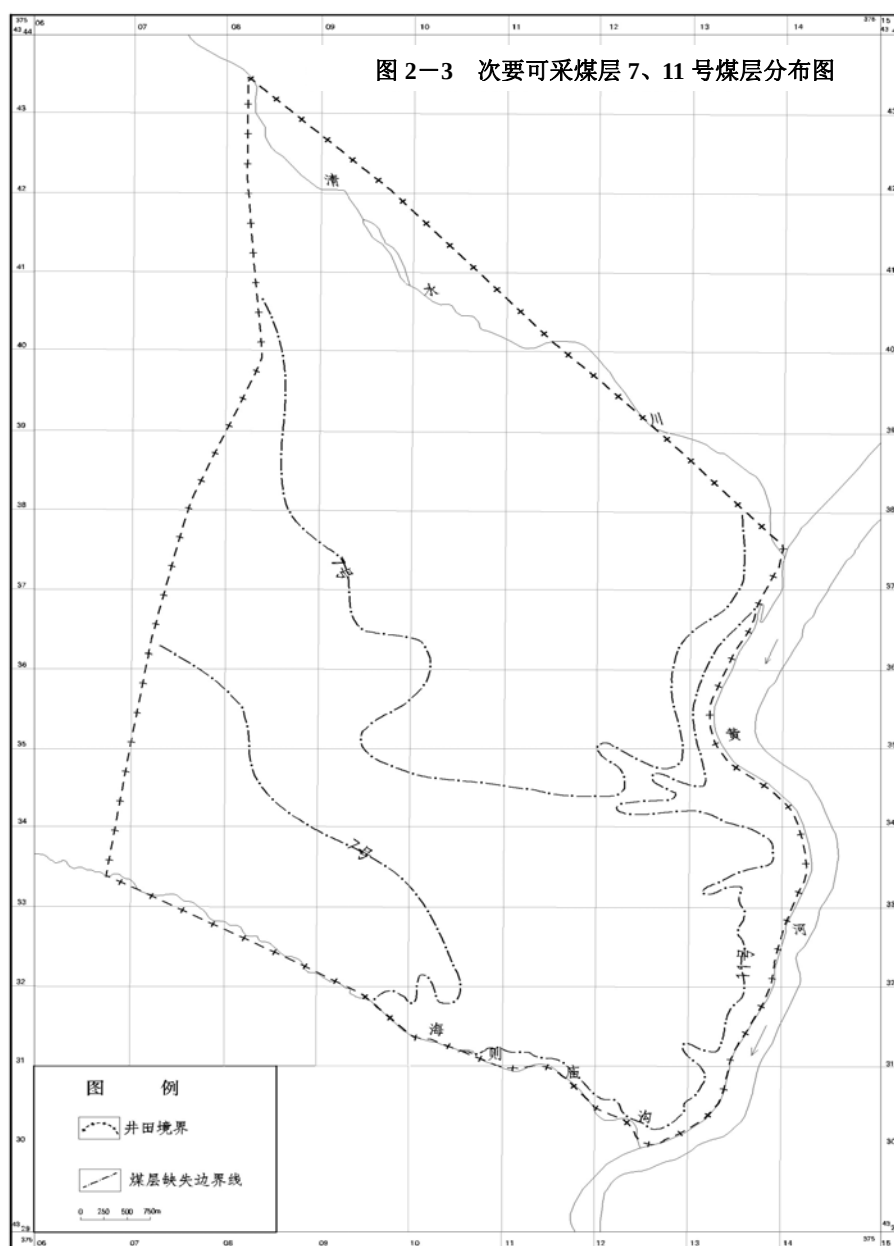
煤层一般不含夹矸，局部含一层厚 0.31~0.50m 的泥岩夹矸。煤层顶板以泥岩、粉砂岩为主，少量中砂岩；底板岩性主要为泥岩、粉砂岩。

该煤层属结构简单，局部可采的不稳定薄—中厚煤层。

7 号煤层

呈层状赋存于太原组第三段中部，浪湾—清水川沟口一带出露偶自燃，沿铺则坪—前坟焉一线缺失，分布区分为南、北两个部分（图 2-3），一般不含夹矸，局部地段含 1 层厚 0.20~0.30m 的泥岩夹矸。煤层顶板主要为泥岩、粉砂岩；底板主要为泥岩、细砂岩，少量粉砂岩、中砂岩。

该煤层属结构简单，接近大部分可采的较稳定薄—中厚煤层。



8 号煤层

呈层状赋存于太原组第三段下部，东南部缺失(图 2—2)，煤层厚度 0.25~6.56m，可采厚度 0.87~6.56m，平均 2.15m。除东北部和西南角为厚煤层外，其余大部分地段以中厚煤层为主，少量薄煤层。

该煤层一般不含夹矸，局部地段含 1~2 层厚度 0.01~0.66m 的泥岩、粉砂岩夹矸。煤层顶板主要为泥岩、粉砂岩，少量炭质泥岩；底板主要为泥岩、高岭土矿层、炭质泥岩，少部分为细砂岩。

该煤层结构较简单，厚度变化不大，属全区大部可采的较稳定中厚—厚煤层。

9¹号煤层

呈层状赋存于太原组第二段上部，北、东及东南部边缘及西部中段均有不同程度的剥蚀或缺失，煤层连续性差。以薄—中厚煤层为主，可采区面积约 21km²，可采煤层厚度 0.8~5.25m，平均 1.89m。

一般不含或含 1 层夹矸，局部含 2~3 层夹矸，夹矸厚 0.20~0.77m，以泥岩、炭质泥岩为主。煤层顶板主要为粉砂岩、泥岩，底板主要为泥岩、粉砂岩。

该煤层分布不稳定，厚度变化较大，结构较复杂，属局部可采的不稳定煤层。

9²号煤层

呈层状赋存于太原组第二段中上部，东部及东南部边缘被剥蚀(图 2—2)，偶见自燃露头，西南部有小面积的缺失。井田内大部分地段可采。可采厚度 0.83~9.34m，平均 3.07m，以中厚—厚煤层为主，次为薄煤层及特厚煤层，煤层厚度变化大。由该煤层区向西北和东南两个方向，煤层由薄变厚规律较明显。

该煤层结构简单—较简单，一般不含或含 1 层夹矸，局部地段含 2~3 层，夹矸厚 0.25~0.65m，以粉砂岩、泥岩为主。煤层顶板主要为泥岩、粉砂岩，少量泥灰岩；底板以粉砂岩、泥岩为主，部分细—中粒砂岩，少量炭质泥岩。

该煤层属全区大部可采的较稳定中厚—厚煤层。

10¹号煤层

赋存于太原组第二段中部。沿黄河西岸遭剥蚀缺失，西部成片缺失，主要分布于井田中部，可采煤层厚 0.88~9.12m，平均 2.17m，厚度变化较大，由西向东增大的变化规律较明显，厚煤层主要分布于中东部，中部以中厚煤层为主，西部为薄煤层分布区。

一般不含或含 1 层夹矸，煤层露头因风化作用含矸 2~4 层，夹矸厚 0.04~0.79m，

主要为泥岩。煤层顶板主要为粉砂岩、泥岩，底板为泥岩、粉砂岩。

该煤层属结构较简单，局部可采的不稳定煤层。

10²号煤层

赋存于太原组第二段底部，东部及东南缘遭后期剥蚀缺失，西部尖灭。可采厚度 0.80~3.25m，平均 1.40m。

一般不含夹矸，局部含 1 层厚 0.04~0.70m 的泥岩夹矸。煤层顶板以粉砂岩、泥岩为主，少部分为细砂岩或粗砂岩；底板主要为生物碎屑灰岩、泥岩，次为粉砂岩。

该煤层厚度变化较小，结构简单，属局部可采的不稳定煤层。

11 号煤层

呈层状赋存于太原组第一段下部。东部及东南部边缘遭受剥蚀缺失（图 2—3），可采区近南北向分布于井田中部及东南部，西北角有小面积分布。可采厚度 0.80~4.30m，平均 1.54m。煤层厚度变化较大，由中部向东、西两边变薄，变化规律较明显。中部为中厚煤层，向东、西两边递变为薄煤层。

煤层一般不含夹矸，局部含 1 层厚 0.24~0.78m 的泥岩夹矸。煤层顶板主要为生物碎屑灰岩、泥岩；底板以泥岩，铝土质泥岩为主。

该煤层为薄—中厚煤层，结构简单，可采范围大，接近大部分可采的较稳定薄—中厚煤层。

2.4 地质构造与地震

2.4.1 地质构造

本区位于鄂尔多斯台向斜外缘断褶带与盆地内部西倾单斜构造的过渡地带，总体为一走向近南北，向西缓倾的单斜构造。由于受多期次级构造应力作用，形成了不同序次不同方向的褶皱带和断裂构造形迹，如北西走向的张性断裂以及近南北走向的褶皱带（图 2-4）。该区构造总体较为简单。

1、褶皱：主要是鄂尔多斯盆地东缘区域性大褶皱“墙头—高石崖挠褶带”。挠褶带宽约 1.5~2.0km，呈 12°~13° 方向近南北向展布，区内延伸长 25km。挠褶带地层产状东缓西陡，东侧地层倾角 4°~8°，西侧地层倾角 25°~43°。挠褶带以西碳酸盐岩埋深加大，顶面埋深大于 800m，为岩溶地下水滞流区，是鄂尔多斯盆地东缘天桥岩溶水系统的西部边界。井田基本位于挠褶带以东的地层平缓区，地层呈单斜，倾向北西，倾角 3°~12°，仅西部少部分位于挠褶带内，地层倾向北西西，倾角 15°~35°。

2、断裂：

区内查明的断裂主要有沿清水川两岸发育的F1(照片 2-6)和 F4 断裂，F1、F4 断裂在挠褶带以西走向 295° ~300°，以东约为 315°，F1 产状 200 ~ 220° ∠60 ~ 85°，F4 产状 20~ 40° ∠62~80°，为近于平行展布的张性断裂，略有水平方向的扭动，断裂带一般宽度 20~50m，最宽达百余米，影响带宽度 300~400m，延展长度约 24km。主体为牵引构造，存在碎裂岩带及角砾岩带。它们构成清水川地堊的南北边界，在地貌上

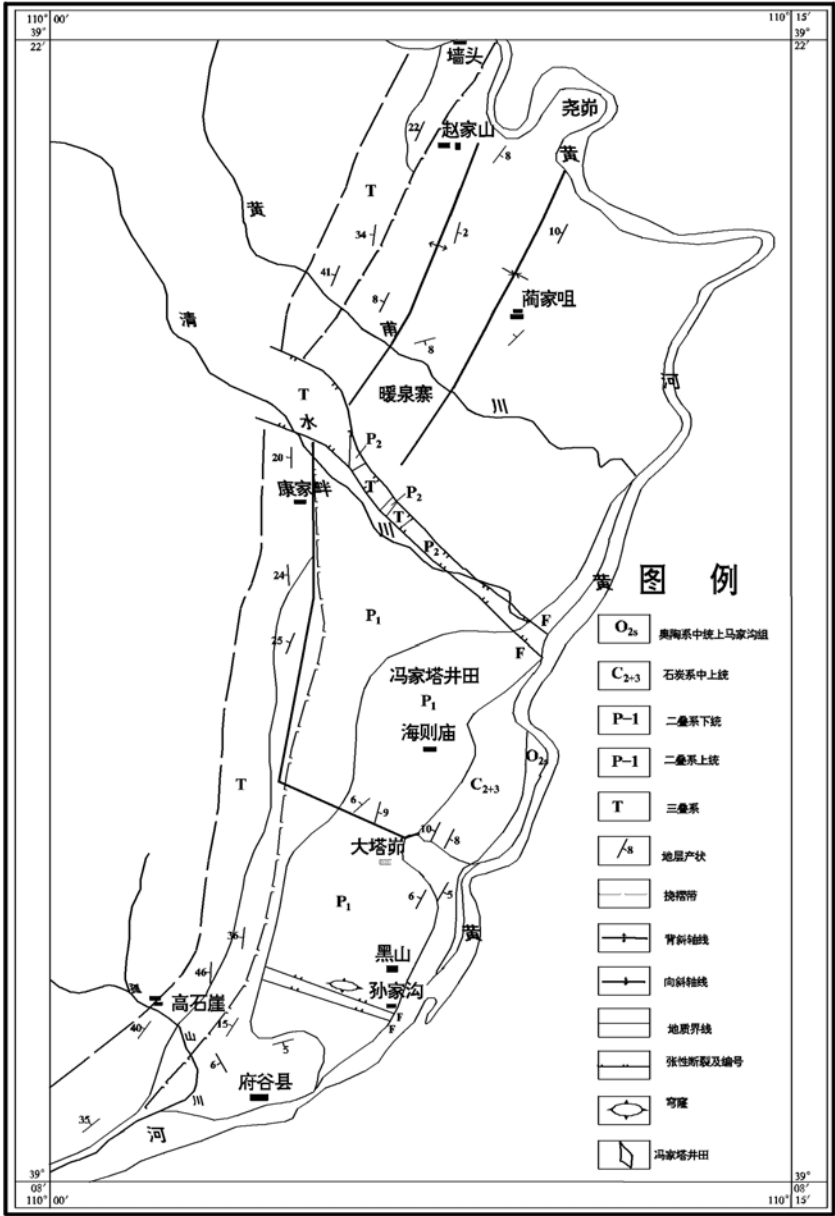


图 2—4 冯家塔井田构造图

显示为负地形。根据地堊内部及外部相同层位对比，断裂的垂直落差西部相对较大，约 300m，东部较小，约 150m。

2.4.2 新构造运动与地震

区内新构造运动整体表现为振荡性上升，西部地壳上升幅度明显大于东部，在地势上表现为西高东低，北高南低。这种振荡性上升伴随着河流下切，塑造了该区千沟万壑的地貌格局，并沿大河形成了三级或四级阶地以及基岩峡谷。新构造运动对地质灾害的形成影响较大，特别是该区地形支离破碎，沟谷切深大，披覆黄土剥蚀殆尽，基岩出露位置相对较高，形成了该区地质灾害以基岩崩塌为主的特征。

本区地处长期相对稳定的地台区，构造变动微弱，地震出现频率小而且强度低。据《府谷县志》记载，从 1542 年至现在，共发生地震 6 次，平均 76.7 年一次。震级最大达 5 级。周边地区地震波及府谷即有感地震 10 次。按照《中国地震动参数区划图》（GB18306—2001），本区抗震设防烈度为 VI 度第二组，设计基本地震加速度值为 0.05g。

2.5 水文地质条件

2.5.1 井田水文地质概况

根据地下水的埋藏条件及含水介质，将区内地下水划分为三种类型，即：松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水和碳酸盐岩类岩溶水。

2.5.1.1 松散岩类孔隙水

1、冲洪积层孔隙水

主要分布于清水川的高漫滩、一级阶地及其它较大沟谷底部，多呈串珠状分布。含水层为砂砾卵石层，厚度一般 5~30m，水位埋深 0.5~5m。因其厚度相对较大，富水性也相应较强，其余支沟内的冲洪积层厚度多不足 5m，富水性较弱。与黄河交汇部位含水层厚度大，粒度较粗，富水性较好，单孔涌水量多大于 1000m³/d 左右；其余支沟中冲洪积层单孔涌水量多小于 100m³/d。矿化度 485~1239mg/l，水化学类型为 HCO₃—Na·Ca 型水，水质一般较好，对砼无侵蚀性。

2、黄土层孔隙裂隙水

广布于土石丘陵区之上。因黄土层厚度薄加之受地形切割控制，使含水层薄且不连续，仅在下伏有第三系粘土岩隔水层时，才形成局部的潜水体。沿沟边可见到少量泉水出露，流量多小于 0.1L/s。其水位埋深多大于 20m，单井涌水量 12.062m³/d。水化学类型一般为 HCO₃—Ca·Mg 型及 HCO₃—Ca·Na 型水，矿化度小于 500mg/l，水质较好，对砼无侵蚀性。

2.5.1.2 碎屑岩类孔隙裂隙水

碎屑岩类孔隙裂隙水区广布，受地形及裂隙发育程度控制，平、剖面上差异较大。主要接受降水入渗补给，径流和排泄受地形控制。按水力特征及与煤系的关系，从上至下划分为三个含水岩组，即：碎屑岩类风化壳孔隙裂隙潜水、煤系地层以上碎屑岩类孔隙裂隙承压水、碎屑岩类（煤系）孔隙裂隙承压水。

1、碎屑岩类风化裂隙带孔隙裂隙潜水

全区均有分布，含水层为风化砂岩、泥岩，厚 10~50m 不等。因区内地形破碎，基岩切割较深，在梁峁及山坡地段基岩风化带潜水多被疏干，所以泉水出露稀少，流量仅 0.01~0.5L/s。位于黄河及清水川的漫滩、阶地之下的风化裂隙带由于受上覆松散岩类孔隙潜水的下渗补给，故富水性相对较强。水化学类型以 $\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水和 $\text{HCO}_3-\text{Mg}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型水，矿化度一般在 250~925mg/l，局部地段可达 1801.88mg/l，可能局部地段对砼有侵蚀性。

2、煤系地层以上碎屑岩类孔隙裂隙承压水

含水层主要为二迭系中统上石盒子组和下统下石盒子组各砂岩段，由东向西随着埋深增大，厚度逐渐加大，并由东部的风化裂隙带潜水向西部逐渐变为承压水。岩性以中粗粒长石砂岩、长石石英砂岩为主。据钻孔抽水试验，水位埋深 7.87~96.32m，涌水量 0.12~175.39m³/d，富水性弱。水化学类型包括 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Na}$ 及 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Ca}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Na}$ 型水，矿化度 1000~2000mg/l，水质较差，局部地段对砼有侵蚀性。

3、煤系地层碎屑岩类孔隙裂隙承压水

含水层主要由石炭系上统太原组和二迭系下统山西组的 5 层砂岩组成，埋深由南向北、由东向西逐渐增大，厚度 120m。含水层分别夹在煤层及泥岩中，构成煤层的直接充水含水层。

①山西组（P_{1s}）

全区分布，其主要含水岩段为底部的中粗粒长石石英砂岩、细砾岩、砂砾岩，构成 4 号和 5 号煤层间的直接充水含水层。区内段家塬、清水沟、赵寨一带厚度最大，达 27m，向东北及东南方向逐渐变薄为 0~5m。根据勘探孔抽水试验资料，水位埋深 94.91~173.98m，当水位降深 12.83~40.40m，涌水量 13.910~187.661m³/d，富水性弱—中等。水化学类型为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型及 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水，矿化度为 1271.93~1791.14mg/l。

②太原组第三岩性段（C_{3t3}）

含水段主要为底部的灰白色中粗粒长石石英砂岩，构成 8 号和 9 号煤层的直接充水含水层。厚度变化较大，由北向南、由东向西逐渐增厚，最厚达 44.24m，厚度变化较大。在 8 号和 7 号煤层之间夹有厚约 2m 左右的中粒石英砂岩或长石石英砂岩。据混合抽水试验，水位埋深 14.23~46.77m，涌水量 2.33~381.63m³/d，富水性弱至中等。水化学类型 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}$ 型水及 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型水，矿化度 480~2350mg/l。

③太原组第二段（C_{3t2}）

含水层主要为夹于 10 号煤层和 9 号煤层之间的灰白色中粗粒石英砂岩，除井田东南隅及北部局部地段相变为泥岩外，其它各处均有分布，总趋势由东向西厚度增大，从 1.00m 增到 34m，构成 10 号煤层的直接充水含水层。其裂隙不发育，富水性较弱。

④太原组第一段（C₃t₁）

含水层主要为底部的灰白色细一中粗粒石英砂岩，石英含量 95%以上，胶结紧密，厚度较薄（1.50~5.00m），加之该段以泥岩类为主，埋深较大，故富水性很弱。

2.5.3 碳酸盐岩岩溶裂隙水

主要分布于黄河近岸地带，含水岩组为奥陶系中统上马家沟组的灰岩、白云质灰岩，岩溶发育以溶隙、小型溶洞为主。黄河谷地低洼处，岩溶含水层被河流切割，隔水顶板被破坏，而溢出成泉，由东向西埋深则逐渐增大，至挠褶带深埋达 654m。钻孔揭露含水岩组厚 150m 余，水位埋深 20.66~104.08m。岩溶水富水性与构造密切相关，同时又受岩性及埋藏条件控制。在断层附近，裂隙发育，岩石较破碎，透水性好，在地下水长期循环溶蚀作用下，发育了溶孔及溶隙，溶孔一般 2cm 左右，大者达 5cm，连通性一般较好，有利于地下水的储存、富集和运移。单孔涌水量一般在 3.89~1337.64m³/d，矿化度小于 500mg/L，水质较好。尤以清水川断裂与黄河河谷交汇处富水性最强，单井涌水量可达 5000~7000m³/d；远离断层的地段岩层完整，透水性弱，溶隙及溶孔不发育，富水性较差，单孔涌水量多小于 1000m³/d 左右，矿化度小于 1g/L；在远离构造带的埋藏区，地下水循环滞缓，水动力作用微弱，岩溶不发育，富水性差。另据勘探孔抽水试验资料，顶部 30~50m 范围内岩溶溶隙不发育，降深 75.26~122.88m，涌水量 7.86~22.205m³/d，富水性弱，水化学类型为 HCO₃·Cl·SO₄—Na·Mg 型及 Cl·SO₄—Na·Mg 型水，矿化度为 1268.84~1740.60mg/l，说明地下水运动缓慢，交替不畅。

评估区建有岩溶水水源地 1 个，为清水川电厂水源地，位于清水川入黄河的河口地带，面积约 0.5km²，开采奥陶系岩溶裂隙水，探明 B 级储量 24000m³/d。由该水源地供水解决冯家塔矿井工业场地日用消防用水。

2.5.4、地下水的补给、径流、排泄条件

井田内地下水的补给、排泄条件，因各含水层的分布范围，埋藏赋存条件，水化学作用的不同而有所差异。

1、冲洪积孔隙含水层以大气降水补给为主，与地表水存在互补关系，洪水期接受地表水补给，平水期地下水泄出补给地表水。地下水严格受季节控制，雨季水量丰

沛，涸水期水量剧减，补给区与排泄区一致。

2、黄土层孔隙裂隙水多分布在梁峁处，大气降水是唯一的补给来源，由于受地势地貌控制，就地补给，就地排泄，径流途径短，交替循环迅速。

3、基岩风化裂隙带潜水除接受大气降水补给之外，在沟谷地带还接受地表水及不同类型地下水的补给，流向受地势影响，一般由高向低运移，以下降泉的形式排泄及向下渗入下伏岩层。

4、碎屑岩类基岩裂隙承压水在井田东侧的裸露地带接受大气降水、地表水及上覆不同类型地下水补给，流向大致沿岩层倾向向西缓慢径流，上部的含水层段在局部地段受到沟谷切割后以泉的形式排泄，下部的含水层段多向西运移后受到挠褶带的阻隔，形成了较为封闭的储水空间，矿化度增高，水质变差。

5、碳酸盐岩类岩溶裂隙承压水除在井田东侧接受大气降水及地表水补给外，主要补给区位于井田东侧及东北侧的远距离的大面积灰岩裸露区，其流向大致由北、东、南三面向天桥泉域径流。墙头一高石崖膝折带既形成了地下水的阻水边界，又形成了脆性灰岩的裂隙密集带，使井田内灰岩岩溶地下水的补给多由北面龙口泉域沿地层走向及裂隙密集带向南运移，部分直至天桥泉域排泄，部分至井田西南侧后逆岩层倾向流至天桥一带黄河谷地排泄，形成了承压水头西北高、东南低的态势。

2.6 矿井充水因素分析

根据评估区水文地质条件和煤层结构特征，矿坑充水直接受地表水、地下水、老窑积水和岩溶水等四个因素控制，且有一定的水力联系，对矿井的开采有一定的影响。

1、地表水

井田被黄河、清水川、海则庙沟等地表水体包围，以及井田内分布的温家峁、王家塬和高梁沟 3 个小水库，无疑地表水对区内煤层开采有密切关系。

黄河、清水川、海则庙沟等地表水体与含煤地层承压水沟通情况，是井田煤矿开采重要问题之一。由于靠近黄河、清水川、海则庙沟的地段，煤层埋藏往往较浅，煤层开采冒裂带多已穿过地表与这些水体及风化裂隙带水沟通，采煤时矿井充水强度较大，但不同地段差别很大。由于所有靠近黄河的可采煤层基本高出黄河水面，并且煤层可采范围大多距黄河较远，故黄河水对煤层开采基本没有直接影响，仅通过补给“奥灰水”对煤层造成“间接”影响。

清水川地堑是导水断裂带，地堑（断裂带）内水量大，但清水川岸边 500m 范围

内，除第四系及基岩风化裂隙带与地表水有所沟通而水量较大外，含煤地层中水量很小，至少在清水川断裂两侧 500m 范围之外地表水与含煤地层中的承压水联系微弱，清水川地表水不会对 500m 范围之外的煤层开采造成严重影响。

海则庙沟水量本身不大，该处无断裂构造，含煤地层中水量也不大，表明地表水对煤层的影响仅限于煤层冒裂带与其水体及风化裂隙带水的沟通问题。当煤层开采后形成的冒落带沟通地表水时，使地表水成为矿坑的直接充水水源。当导水裂隙带沟通地表水时，使其成为间接充水水源。

2、地下水

本区含煤地层以上地下水富水性弱至中等，含煤地层含水层基本上是煤层的直接充水含水层，侵蚀基准面以上的煤层顶板砂岩含水层，水量小，富水性弱，平硐开采易于排水。侵蚀基准面以下煤层顶板含水层均为承压水，富水性弱至中等，易于疏干，对开采影响较小。

3、岩溶水

岩溶水伏于煤层以下，全区均有分布，其水头高、水量大，是开采煤层最具威胁性的间接充水水源，其承压水头西北高东南低，标高约 835.29~859.72m，平均 840m。所以井田东南部黄河沿岸附近岩溶水水头低于煤层底界，对煤层开采不会造成影响；西部岩溶水头高出煤层底界达 101.53~264.93m，据此分析，岩溶水对 6 号煤层及其以下各煤层（6~11 号煤层）开采都可能造成影响，只是不同煤层影响各异。

4、老窑积水

区内共调查小煤矿及老窑 16 个，废弃矿井多有一定的积水，积水量一般 1000~2000m³。而该井田地层产状向西倾斜，今后煤层开采临近老窑时，老窑积水对矿坑有一定威胁。

2.7 工程地质特征

2.7.1 岩（土）体工程地质类型

根据岩土体工程地质特征,可将本区岩土体分为三大岩类八大岩组,详见表 2—4。

岩土体工程地质分类表

表 2-4

工程地质分类		岩层组	饱和单轴 抗压强度 (MPa)	空间分布	岩体 结构
岩类	岩石质量				
松散岩类	极劣的	松散 砂层组		分布于河谷地区阶地 地区及各大支沟底部， 冲积成因	散体 结构
		土层组		区内绝大部分面积分 布	
软弱岩及 较硬岩	劣的	风化岩组	6.02-14.1	基岩顶部 30-60m	碎裂 结构
	劣的	煤岩组	4.7-20.5	可采煤层和不可采煤 层	层状 结构
	劣的-中等的	泥岩及粉砂 岩组(含高岭 土矿层)	15.-28.3	煤系及煤层顶、底板 及非煤系中,高岭土 矿层主要在煤层顶、 底板	
较坚硬-坚 硬岩	中等-好的	钙质及硅质 岩组	31.2-66.2	煤层直接顶板及底 板	块状 结构
	中等-好的	砂岩组	37.5-47.4	煤层基本顶板	
	中等-好的	灰岩组	55.0	煤层顶板及奥陶系 灰岩	

2.7.2 岩土工程地质特征

1、松散砂砾层组

分布于河谷的阶地和漫滩区及较大沟谷底部，岩性为冲、洪积砂及砂砾卵石层，厚度变化大，孔隙率大，承载力低，稳定性差。

2、土层组

包括黄土和新近系静乐组红粘土。

黄土广布全井田，孔隙度大，结构疏松，垂直节理发育，多具湿陷性，易被地表水流冲蚀而引起坍塌，浸水易失稳。承载力低，稳定性差。

静乐组红粘土多分布于冲沟的上游及沟脑部位，结构致密，半坚硬，遇水易软化，力学强度低，属软弱层。当位于自然斜坡和人工边坡处，其上覆有黄土时，其界面常有地下水活动，具吸水膨胀，塑性增强的特点，成为软弱结构面，使之上覆土体失稳，易形成崩塌、滑坡等。

3、风化岩组

指基岩顶部 10~50m 深度范围内已风化的岩石，由上到下风化程度逐渐减弱，强风化者原岩结构破坏，疏松破碎，孔隙度大，含水率增高，强度减少，其干燥状态

下单轴抗压强度 41.2~45.96MPa，饱和单轴抗压强度 6.20~14.10MPa，软化系数 0.17~0.33。该区风化岩组属劣质的软弱岩石，岩体稳定性差。

4、煤岩组

包括区内 12 层可采煤层，2 号煤层单轴饱和抗压强度 3.6~37.4MPa，为抗水、抗风化性强的煤层；4 号煤层单轴饱和抗压强度 6.9~12.0MPa；7 号煤层单轴饱和抗压强度 4.7MPa；8 号煤层单轴饱和抗压强度 2.7~17.2MPa。

5、泥岩、粉砂岩及互层岩组

本岩组是与煤层开采有直接关系的岩组之一，由泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及粉砂岩等组成。多出现于煤层直接顶板及底板。岩石含有一定的粘土矿物，以发育较多的水平层理、小型交错层理、节理裂隙等结构面为特征。干燥单轴抗压强度 37.8~98.9Mpa，单轴饱和抗压强度 4.7~28.7Mpa，软化系数 0.17~0.52，岩石质量为劣的至中等的，岩体完整性差至中等。

6、砂岩组

以细、中、粗粒石英砂岩、长石石英砂岩为主，局部为细砾岩，钙质、硅质胶结，多形成煤层的基本顶板。单层厚度大，构造结构面不太发育，主要为节理。干燥状态下单轴抗压强度 44.5~88.2MPa，单轴饱和抗压强度 21.3~47.4MPa，软化系数 0.49~0.69，为抗水、抗风化和抗冻性较好的岩石，工程地质性质较好。岩石质量为中等及好的，岩体较完整。

7、钙、硅质泥岩组

多处于煤层的直接顶板及底板，岩石致密坚硬，岩体质量中等至好，干燥状态下单轴抗压强度 49.4~127.4MPa，单轴饱和抗压强度 31.2~66.2MPa，软化系数 0.30~0.66。岩石质量为中等及好的，岩体较完整。

8. 灰岩组

以奥陶系灰岩为主，局部地段为煤层顶板，岩石致密坚硬，饱和单轴抗压强度 55.0MPa，软化系数 0.81，为抗水及抗风化较好的岩石。

2.8 人类活动对地质环境的影响

冯家塔井田位于黄河西岸的土石丘陵地区，自然环境条件差，地广人稀，经济欠发达，历史上人类工程活动较弱。建国以后，特别是 80 年代以来，随着社会的发展，人口的增加，人类工程活动较为频繁，伴随着种种不合理的开发和建设，使地质环境受到的破坏较为严重，致使地质灾害的发生呈现上升趋势。区内人类工程活动对地质

环境的影响，主要表现在以下两方面。

1、地方小煤窑（井）开采

井田范围附近共调查小煤窑 16 个，这些小煤窑主要分布于井田东部及海则庙沟、清水川河口地带（见图 1—3、附图 I，照片 2—7、2—8、2—9），全部为三证不全矿井，基本被当地矿管部门关闭，仅个别存在小规模偷采现象。其开采对象有 4、5、6、7、8、9⁻¹、9⁻²、10⁻¹号煤层，开采面积一般为 800~35000m²，年产量 500~12000 吨不等。多为平硐巷道式开采，个别斜井开采，设备简陋，生产技术落后，露天堆放。矿井岩层稳定性好，涌水量小，煤层顶底板稳固，瓦斯含量极微，未发生过煤尘、瓦斯爆炸及矿井突水、冒顶事故。各小煤窑的具体情况见表 2—5。

这些小煤窑生产技术极为落后，在经济利益的驱动下，往往是只开发不保护，大量弃渣直接堆放沟道中，给汛期防洪造成障碍，且极易成为引发泥石流的物源条件；在采煤过程中形成大小不等的采空区，是一种潜在的采空塌陷，由于其无序开采，采空区规模、具体分布位置较难确定，给下一步大规模煤炭开发带来一定影响。欣喜的是，目前这些小煤窑基本被关闭，对地质环境的破坏将趋于停止和减弱。

2、陡坡种植及削坡修路

区内农业生产水平低下，以广种薄收的原始粗放耕作方式为主，由于耕地稀少，当地农民陡坡垦植，过度采伐，使植被遭到严重破坏，加剧了水土流失。

井田范围内已有的府准老公路、沿黄简易公路、海则庙沟公路以及在建的清水川至段寨延黄公路的修建，由于地形条件限制，在公路施工过程中，都不同程度的对斜坡进行爆破开挖，破坏了原有地质环境，使斜坡稳定性变差，加之区内砂岩、泥岩软硬相间，岩体破碎，易引发崩滑灾害。位于海则庙沟公路桥北崩塌（B17）即以此原因而引发。

冯家塔井田范围煤窑（井）调查成果表

表 2-5

煤窑 编号	位 置	洞口坐标			方向 (°)	开采 煤层	采厚 (m)	开采深度 (m)	覆岩厚度 (m)	采空区面积 (m ²)	顶板岩性	顶板破碎 程 度	地面变形 情 况	备 注
		X	Y	H										
MY1	清水川河口南侧沟 子门村西 150m	4337860	37513610	870	270	4	2.4	400	50~100	26000	粗粒砂岩	较完整	无变形	现已关闭, 存在小 规模偷采现象
MY2	黄河西岸厂房沟内 300m (厂房沟煤矿)	4336740	37513240	880	5	9 ⁻¹	1.5~2.0	400	60~120	12000	粗粒砂岩	较完整 (有局部 塌落)	无变形	80 年代已关闭, 无 偷采现象。
		4336740	3751360	855		9 ⁻²								
MY3	寨峁村东黄河西岸 小沟内 60m	4336135	37513340	891	255	9 ⁻²	3.0	150	60~80	1800	泥岩	较完整	无变形	已关闭, 未见偷采 迹象。
MY4	柏林店村北 500m	4335917	37512840	945	255	8	2.5	300	70~120	5400	粉砂岩	较完整	无变形	已关闭, 未见偷采 迹象。
MY5	柏林店村东北 350m	4336670	37513020	902	260	9 ⁻²	3.0	450	40~120	21000	泥岩	较完整	无变形	已关闭, 存在小规 模偷采现象。
MY6	王来沟村南 350m 沟 中	4335140	37512020	945	335	5	2.0	400	50~80	12000	泥岩	较完整	无变形	已存在 50 余年, 供村民用煤, 年开 采 200~300 吨。
MY7	前坟焉村南	4333770	37511047	1012	12	2	0.80	240	40~70	4500	细砂岩	较完整	无变形	已存在 50 余年, 供村民用煤, 年开 采 150 吨。
MY8	下王家畔村南沟中	4334308	37512010	960	12	8	1.7	200	60~120	3000	泥岩	较完整	无变形	已关闭, 未见偷采 迹象。

冯家塔井田范围煤窑（井）调查成果表

表 2-5

煤窑 编号	位 置	洞口坐标			方向 (°)	开采 煤层	采厚 (m)	开采深度 (m)	覆岩厚度 (m)	采空区面积 (m ²)	顶板岩性	顶板破碎 程 度	地面变形 情 况	备 注
		X	Y	H										
MY9	磁窑沟	4334238	37512010	928	190	9 ²	1.7	300	50~110	6500	泥岩	较完整	无变形	已关闭，未见偷采迹象。
MY10	河峁村东南 150m 沟底	4333630	37513450	941	315	9 ¹	3~4	240	15~50	3500	碳质泥岩	较完整	无变形	已存在 40 年，村民年开采 200~500 吨。
MY11	河峁村南 500m 沟底（私人煤矿）	4333160	37512900	940	210	9 ¹	3.0	300	45~100	15000	砂岩	较完整	无变形	1997 年修建，2004 年关闭，原有产量 100t / d。
MY12	天桥则村南沟中	4330950	37512420	975	50	10 ¹	3.0	260	50~70	3000	泥岩	较完整	无变形	已存在 40 余年，村民自发年开采 200~400 吨。
MY13	西峁村中沟底	4332150	37510210	990	220	5	1.4	180	20~70	800	泥岩	较完整	无变形	已关闭，洞口已不存在。
MY14	海则庙乡刘家峁村	4331775	37509450	960	10	7	1.7	250	>50	1500	泥岩	较完整	无变形	已关闭，无偷采现象。
MY15	海则庙乡孙家庄（广源煤矿）	4331365	37509589	970	220	8	4~6	500	60~120	35000	砂岩	较完整	无变形	已关闭，原有产量 200t / d，存在一定规模偷采现象。
MY16	海则庙乡石道洼村	4331990	37509100	962	190	6	1.6	300	40~70	2800	泥岩	较完整	无变形	已关闭，无偷采现象。

3. 评估级别及评估范围

3.1 评估级别的确定

3.1.1 评估区地质环境复杂程度

冯家塔井田位于黄河西岸的土石丘陵区，沟壑纵横，地形支离破碎，沟谷深切，水土流失严重，生态环境脆弱；区内前新生界由东往西依次出露奥陶系、石炭系、二叠系和三叠系，以二叠系出露面积最大，构成岩性主要为砂岩、泥岩软硬相间。新生界不整合于一切老地层之上，大面积分布于梁峁顶部和沟谷底部，岩性以风积黄土为主，冲洪积粉土、砂砾卵石次之；评估区总体为一走向近南北，向西缓倾的单斜构造，在此基础发育有北西走向清水川断裂和近南北走向的“墙头—高石崖挠褶带”，岩石的节理、裂隙极为发育，岩体破碎，岩土体结构类型变化频繁，岩土体工程地质性质较差，井田内煤层顶底板岩性多为泥岩、粉砂岩，除 10^{-1} 、 10^{-2} 煤属难冒落顶板，其余煤层均属中等～易冒落顶板；区内赋存有松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水等三种类型地下水，直接充水含水层为碎屑岩类孔隙裂隙水含水层，富水性弱～中等，矿井最大涌水量为 $132\text{m}^3/\text{h}$ ，大部分井田属水文地质条件简单的矿床；区内小煤窑开采、坡地耕种、削坡修路等人类工程活动较为强烈。

综上所述，评估区地质环境条件属复杂类型。

3.1.2 建设项目重要性

冯家塔煤矿是府谷清水川电厂的配套供煤矿井，是陕北煤电基地的重要组成部分，该煤矿建设，对榆林电网安全、经济的运行，促进陕北煤炭资源的开发，加快榆林地区经济发展具有十分重要的意义。冯家塔煤矿设计生产能力 6.0Mt/a ，属大型矿山，依据《地质灾害评估技术要求》（试行）综合分析判断，该建设项目属重要建设项目。

3.1.3 评估级别

拟建的冯家塔煤矿井田区地质环境条件复杂，工程属重要项目。依据《地质灾害危险性评估技术要求》，确定本项目评估级别为一级评估。

3.2 评估范围

井田开采的最下部 11 号煤层采深一般在 $210\sim 310\text{m}$ ，最大采深在西部边界一带可达 600m ，上覆岩性以基岩为主，土层厚 $20\sim 50\text{m}$ 。经过初步计算地表变形影响宽

度大部分地区为 100~200m，西部边界一带最大可达 260m。因此井田评估范围为井田开采范围各向外扩展 200~300m，地面工业广场和排矸场评估范围向外扩展 50~100m，总计评估面积 64.778km²。在此说明，位于井田内东南角约 12km²的区域，由于 2、3、4、5、6、7 号煤层大面积缺失，煤层分布不稳定，可行性设计煤矿开拓方案未及此地区，对此区块本次暂按综合机械化开采进行评估，待设计方案确定后必须重新进行评估，以便准确评价其危险性。

调查范围井田范围外延 300~500m，其中排矸石沟调查至整个沟谷流域，共计调查面积 75.46km²。

4. 地质灾害危险性现状评估

《地质灾害危险性评估技术要求》（试行）中规定，地质灾害危险性评估的灾种主要包括：崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷（含岩溶塌陷和矿山采空塌陷）、地裂缝和地面沉降等与地质作用有关的灾害。经本次地面调查并结合已有资料成果，初步确定评估范围内现状地质灾害类型主要是崩塌、滑坡、采空区地面塌陷等三种灾害。现分别阐述各类型地质灾害的特征，并对其危险性及危害程度进行现状评估。

4.1 崩塌

4.1.1 概述

崩塌是评估区最为发育的现状地质灾害，共调查崩塌 17 处，其具体分布位置、规模、特征及危险性现状评估详见附图 I、表 4-1。

对崩塌现状评估结果表明：17 处崩塌依据崩塌规模划分标准《县（市）地质灾害调查与区划基本要求》划分，中型 5 处（B3、B5、B6、B9、B17），小型 12 处；根据物质组成划分仅有 1 处黄土崩塌（B12），其余 16 处均为基岩崩塌，崩塌物质以砂岩块体、碎石为主；从现状稳定性来分析，本次调查的 17 处崩塌中，仅有 1 处（B16）现状稳定，其余 16 处现状稳定性差或较差，高大临空面依然存在，并有危岩体分布，坡脚可见随处崩落的巨石，无植被或植被较差，再次发生崩塌的可能性较大；危险性现状评估：危险性大的 2 处（B4、B9），危险性中等的 6 处（B3、B10、B12、B13、B15、B17），其余 9 处危险性小。以上评估结果汇总于表 4-2。

崩塌评估分类汇总表 表 4-2

分类因素		数量（处）
规模	中型	5
	小型	12
组成物质	基岩	16
	黄土	1
稳定性	稳定性好	1
	较差	5
	差	11
危险性现状评估	危险性小	9
	危险性中等	6
	危险性大	2

崩塌现状评估表

表 4-1

编号	位置	规模			体积 (m^3)	崩塌特征	现状评估
		长	宽	厚			
B1	清水川左岸拟建工业场地北侧	7	80	2~3	1400	小型基岩崩塌，斜坡高 25m，坡度 40~50°，直立后壁高 5~7m。组成岩性上部为中厚层状砂岩，厚 6m，下部为泥岩。由于清水川断裂作用，砂岩体节理裂隙发育，加之卸荷裂隙切割，形成大小不等的危岩体。坡脚可见崩落的石块，直径 1~2m 不等（照片 4-1）。	有新近崩落的痕迹，现状稳定性较差，无直接威胁对象，现状评估危险性小。
B2	清水川左岸拟建工业场地北侧		30		540	为一潜在基岩崩塌隐患，直立岩壁高 20m，岩性为砂岩、泥岩互层，顶部砂岩层厚 5~7m，节理裂隙发育，有大量危岩体分布，单个体积 3~5 m^3 ，坡脚可见数个崩落巨石，直径 1~2m。	稳定性较差，在外力和长降雨作用下，有向下崩落趋势，无威胁对象，现状评估危险性小。
B3	排矸石沟沟口左侧	20	200	2~3	10000	中型基岩崩塌，崩落方向 195°，斜坡高 50 余米，上陡下缓，组成岩性为中厚层砂岩与泥岩互层，砂岩层分布高度距地面 25m 以上，节理裂隙发育，岩体被切割成块体，在卸荷裂隙作用下失重向下崩落。崩落体物质大小混杂，大者可达 1.5m，其上的大石块随时有滚落之危险，部分崩积物被清除。	崩塌堆积体和后壁稳定性均较差，影响已有沿河公路安全，现状评估危险性中等。
B4	排矸石沟沟口左侧	20	40	4	3200	小型基岩崩塌，崩落方向 200°，崩落堆积体物质为砂岩块体、碎石等组成，大小混杂，无植被覆盖。崩塌后壁高 30m，近于直立，有大量危岩体分布。在长降雨和外力作用下，再次发生崩塌可能极大。	稳定性差，崩塌体前缘为一处正建民房，危险性大。
B5	排矸石沟沟口往里 50~650m 右侧	8~12	600	3~5	24000	为一基岩崩塌群，由 15~20 个小崩塌连成一体。崩落体倒锥外形特征明显，由砂岩块体、碎石夹粉土组成，表面植被较差，随处可见滚落的巨石，最大直径 2~3m。直立后壁高 20m 左右，为 P _{2s} 厚层砂岩，由于节理发育，加之卸荷裂隙切割，有危岩体分布。	稳定性差，尤其是直立后壁分布的危岩体再次向下崩落可能性极大。无直接威胁对象，现状评估危险性小。

崩塌现状评估表

表 4-1

编号	位置	规模			体积 (m ³)	崩塌特征	现状评估
		长	宽	厚			
B6	排矸石沟沟口往里 70~650m 左侧	10~15	580	4~6	3.6×10 ⁴	为一中型基岩崩塌群（照片 4-2），约 20 个小崩塌几近连成一体，塌体物质大小混杂，倒锥地形特征较明显，表面植被差，并可见新近崩落的巨石分布，直径 1~3m，最大达 4m。后壁高 40~50m，近于直立，岩性为P ₂ s砂岩、泥岩互层，2 层砂岩厚 8~10m，距沟底垂距分别为 30 和 50m，由于差异性风化，砂岩层凸出临空，加之节理裂隙切割，有大量危岩体分布，摇摇欲坠。	稳定性差，大量危岩体加之高大临空面，再次发生崩塌可能性极大。无直接威胁对象，现状评估危险性小。
B7	排矸石沟内 800m 左侧				1000	为一小型基岩崩塌，新近形成，崩落的巨石最大直径 4~5m，直立后壁高 15~20m，为P ₂ s厚层状砂岩，节理裂隙发育，有危岩体分布。	稳定性差，无威胁对象，现状评估危险性小。
B8	排矸石沟内 900m 右侧				1500	小型基岩崩塌，堆积体大小混杂，块石直径 1~2m，最大 3~4m，具倒锥外形特征。后壁高 20m，近于直立，有危岩体分布。	稳定性差，无威胁对象，现状危险性小。
B9	寨崖湾村	15	200	5~10	2.25×10 ⁴	中型基岩崩塌（照片 4-3），塌体物质由巨石、碎石夹粉土混杂组成，呈倒锥外形，可见崩落的巨石直径 4~5m，堆积体表面植被一般发育，树木已生长多年，在低洼处有地下水渗出。据访该崩塌形成年代久远。后壁斜坡高 50~60m，坡度 60° 左右，局部近于直立，岩性为P ₂ s中厚层砂岩夹泥岩、页岩，由于构造作用，岩体破碎，加之卸荷裂隙切割，形成大小不等的危岩体，最大直径达 5m之多，有的危岩体已剥离母岩，随时有向下崩落之可能。	稳定性差，对斜坡坡脚居住的 13 户人家（50 人，40 间房）构成威胁，现状评估危险性大。
B10	冯家塔村东小冲沟沟口	10	60	3~5	2400	小型基岩崩塌，由于修山中便道开挖边坡而引发，塌体大多被清除，零星可见新近崩落的巨石，直径 2~3m。后壁高 40~50m，坡度 50° 左右，局部直立，有危岩体分布。	稳定性较差，威胁山区便道安全，危险性中等。
B11	冯家塔村东 1km 清水川右岸	14	60	5~8	5000	基岩崩塌，此处为河流凹岸，由于河水长期侵蚀，形成 15~20m高直立岩壁，构成岩性上部为中厚层状砂岩，厚 14m，下部在近河水面附近为泥页岩，泥页岩质软破碎，抗侵蚀能力差，不断被侵蚀掏空，上部砂岩体临空在重力作用下向下崩塌。可见西北向贯穿裂缝宽 30~80cm，单个危岩体体积达 100~500m ³ ，个别危岩体已经倒塌（照片 4-4）。	稳定性差，由于规模不大，对河流行洪不构成威胁，现状评估危险性小。

崩塌现状评估表

表 4-1

编号	位置	规模			体积 (m³)	崩塌特征	现状评估
		长	宽	厚			
B12	在建清水川电厂东北角	15	20	5	1500	小型黄土崩塌，由于电厂整平场地开挖边坡施工不当而引发，塌体呈倒锥外形，后壁高 8~10m，近于直立，可见新近崩落之痕迹。据访无人员伤亡和设备损害。	稳定性较差，应注意施工方法，现状评估危险性中等。
B13	石窑沟内 1.5km		40		2400	为一基岩崩塌隐患，斜坡高 50m，坡度约 60°，上部直立段高 15~20m，构成岩性为 P 中厚层砂岩与泥页岩互层，节理发育，共有 3 组：35°∠85°（6 条/4m）、278°∠73°（1 条/1.5m）、115°∠80°（2 条/1.5m）。由于 3 组节理的相互切割，加之差异风化作用，形成大小不等的危岩体，摇摇欲坠。	稳定性差，在外力和长降雨作用下，发生崩塌可能性极大，对沟底便道通行构成一定安全隐患，现状评估危险性中等。
B14	柏林店村东北 800m 黄河西岸小煤洞上方	25	20	3	1500	小型基岩崩塌，塌体物质块石、碎石、粉土混杂，表面植被较差，有新近崩落的巨石，直径 1~2m，崩塌后壁斜坡高 50~60m。有危岩体和独立巨石分布。	稳定性差，由于小煤窑现已关闭，无人员进出，现状评估危险性小。
B15	河峁村西小煤窑南侧		35		2000	小型基岩崩塌，崩落的巨石 1~3m。直立后壁高 20m，厚层状砂岩节理发育，并可见宽 20~30cm 宽裂缝贯穿，形成巨大危岩体，随时有倒塌可能，主要由于沟谷流水大量灌入裂缝而引发。	稳定性差，影响小路通行安全，危险性中等。
B16	西峁村中沟首部位				1200	小型基岩崩塌，10 多年前发生。物质为砂岩块体，直径 1~3m，直立后壁高 15m 左右，基本无危岩体分布。	现状稳定，坡顶上方为村中小路，评估危险性小。
B17	海则庙沟贾家沟村东南公路桥北	30	120	3~4	1.26×10 ⁴	为一中型基岩崩塌隐患(照片 4-5)，此处为修公路形成之人工边坡，高 50~60m，坡度 50°，岩性为砂、页岩互层，由于节理裂隙切割，加之差异风化作用，形成大量危岩体，在较缓处有独立巨石分布，坡脚公路旁有撒落的碎石等。据访，在雨季有大的石块向下滚落。	稳定性差，影响 70m 公路安全，危险性中等。

控制区内崩塌形成的主要因素主要有以下几个方面：

1、地形条件：冯家塔井田位于黄河西岸沿黄土石山区，地貌以黄土披覆的构造剥蚀土石丘陵为主，沟壑纵横，地形切割强烈，形成许多坡度在 60° 以上的基岩陡坡，高度 30~100m，为崩塌发育提供了良好的临空面。

2、地层岩性条件：评估区出露基岩地层主要是石炭、二叠系中厚层状长石石英砂岩、泥岩，二者互层出现，中厚层状长石石英砂岩坚硬、较坚硬，抗风化的能力强，是形成崩塌的主要物质基础，泥岩质软易风化，二者差异性风化，往往形成砂岩层凸出临空，为崩塌发育提供了充足的物质基础。

3、构造条件：评估区内基岩节理裂隙发育，并相互切割，使岩石呈块状结构，在沟谷两侧斜坡地带受降雨渗入或卸荷裂隙作用，结构面强度降低，形成危岩体分布，稍受外力即发生崩落。尤其在清水川两侧斜坡地带，由于受清水川断裂作用，岩体极为破碎，形成大量危岩体和独立巨石，是崩塌发育的有利地段，据统计，16 处基岩崩塌，有 12 处崩塌位于清水川两侧地带。

4、主要引发因素：大强度持续性降雨和冻融作用是引发形成崩塌的主要因素，区内崩塌大多发生在雨季和春冬之交；另外如地震、雷击、人工削坡、河流侵蚀等作用力也对崩塌的形成起促进作用，有时为首要因素。

4.1.2 典型崩塌特征

现对评估区 2 处具有代表性的崩塌详述如下：

1、矸石沟 B6 崩塌

①分布位置及发育特征

位于西王寨村东侧沟谷口往里 70~650m 沟谷左侧（东），为一中型基岩崩塌，由 15~20 个小崩塌几近连成一体，分布宽度 580m 左右，崩塌体长 10~15m，厚 4~6m，体积 $3.6 \times 10^4 \text{m}^3$ ，为评估区最大崩塌。堆积体呈倒锥外形特征，植被较差。崩塌物质为砂岩碎块，大小混杂，并可见新近崩落的巨石分布，直径 1~3m，最大达 4m 以上。后壁高 40~50m，近于直立，有大量危岩体分布，摇摇欲坠（图 4-1）。

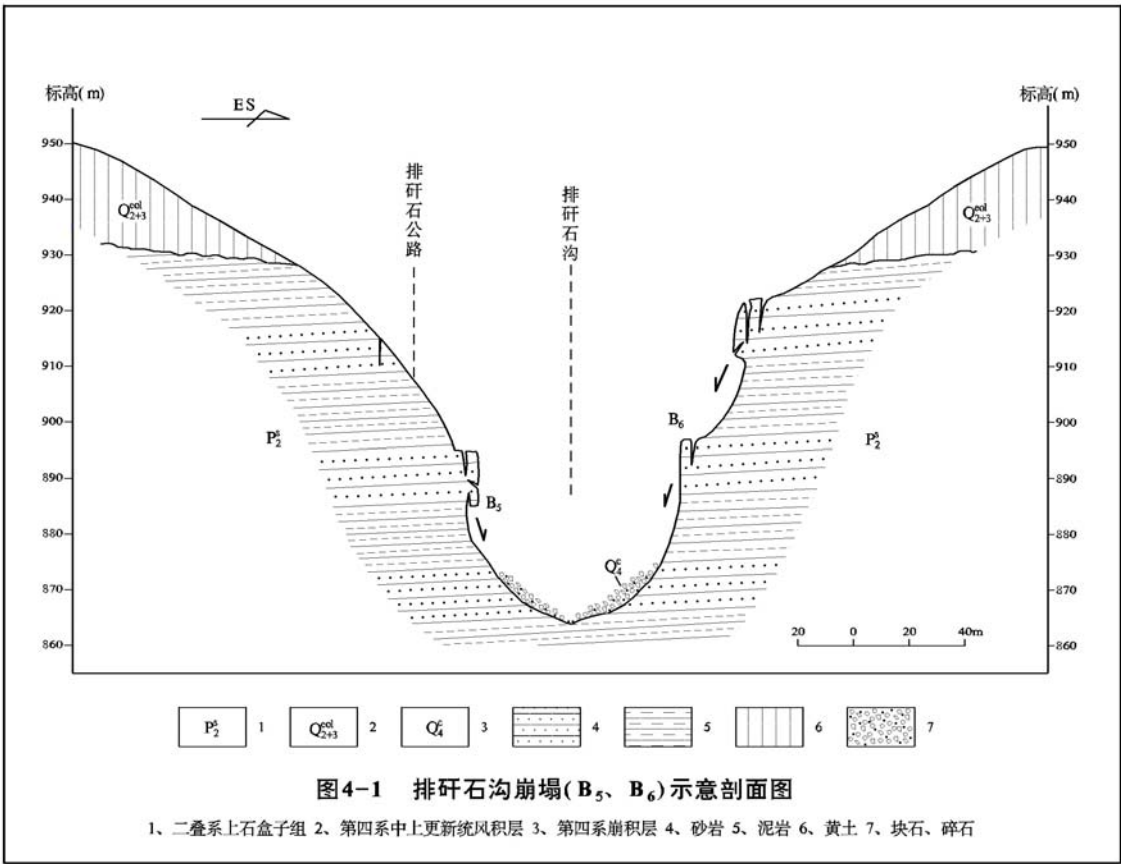
②形成条件分析

此处斜坡高度 80~100m，下陡上缓，下部陡坡高 50~60m，坡度 50° 以上，局部直立。构成岩性为 P_2s 中厚层状长石石英砂岩、泥岩互层，陡坡段出露 2 层砂岩，厚 8~10m，距沟底垂距分别为 30m、50m，由于差异性风化作用，砂岩层凸出临空。共发育 3 组节理： $35^{\circ} \angle 85^{\circ}$ ，密度 6 条/4m； $27^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，密度 1 条/1.5m； 120°

∠80° 密度 2 条/1m; 3 组节理相互切割, 砂岩体呈块状、碎块状。受降雨渗入、冻融作用和同坡向卸荷裂隙作用, 块状岩体重力增加, 结构面强度降低, 沿陡峭山坡向下崩落。

③现状评估

形成崩塌的高大临空面依然存在, 分布大量危岩体, 摇摇欲坠, 坡脚可见新近滚落的巨石, 分析现状稳定性差, 再次发生崩塌可能性极大。沟内无道路和耕种农田, 现状评估危险性小。



2、寨崖湾 B9 崩塌

①分布位置及发育特征

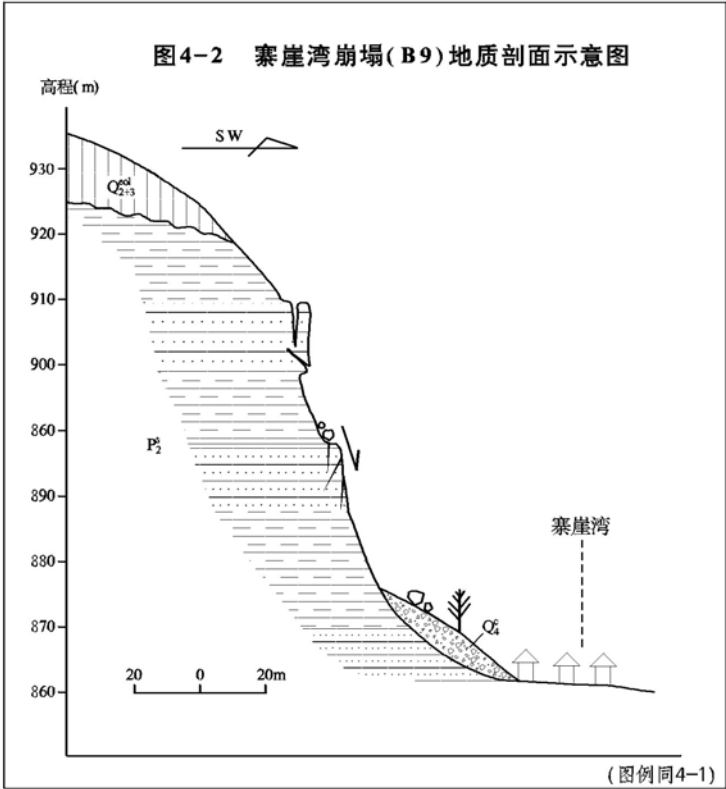
为一中型基岩崩塌, 位于寨崖湾村北侧。分布宽度 200m, 长度 15m, 厚 5~10m, 体积 $2.25 \times 10^4 \text{m}^3$, 塌体物质由巨石、碎石、粉土混杂组成, 可见崩落的巨石直径 4~5m, 堆积体倒锥外形特征较明显 (图 4-2), 表面坡度 30~35°, 植被一般发育, 在低洼处有地下水渗出, 据访该崩塌形成年代久远, 其上树木已生长多年。无人员伤亡历史。崩塌后壁高 50~60m, 坡度 60° 左右, 局部近于直立, 有大小不等的危岩体分布, 最大直径达 5m 之多, 可见贯通性裂缝宽 30~50cm, 有的危岩体已剥离母岩。

②形成条件分析

此处斜坡高 100m 左右，下陡上缓，下部陡坡高 60~70m，坡度 60° 以上，局部近直立。构成岩性为 P₂S 中厚层状长石石英砂岩、泥岩互层，由于清水川断裂作用，岩体相当破碎，完整性极差，形成大量危岩体分布。受降雨渗入、冻融作用和同坡向卸荷裂隙作用，岩体重力增加，结构面强度降低，危岩体向下崩落而成。

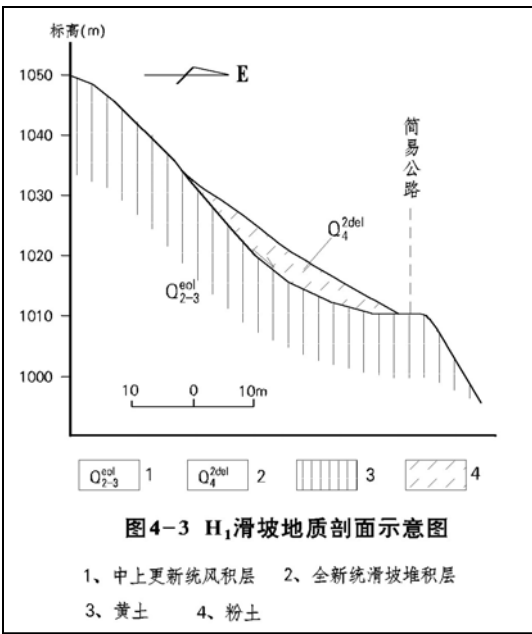
③现状评估

直立后壁有大量危岩体分布，具有巨大势能的危岩体随时有向下崩落之可能，分析其稳定性差，对在坡脚居住 13 户人家（50 人、40 间房）构成重大灾害隐患，巨大岩体一旦失稳崩落，后果极其严重，现状评估危险性大。



4.2 滑坡

本次地面调查滑坡 1 处 (H1)，位于海则庙乡高梁沟西北 500m 简易公路西侧，为一小型黄土滑坡（照片 4-6、图 4-3）。由 2 个小滑坡连成一体，分布宽度 100m，长度 30m，厚 3~5m，体积 $1.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ，后缘高 30 余米，圈椅状轮廓较明显，滑坡物质为 Q₂₋₃^{col} 黄土状土，大多被清除。据访在 2004 年雨季发生，曾一度堵塞通行 5 天，无人员伤亡和车辆损失情况，主要由于修路切坡而引发。该滑坡未治理，后缘临空面依然存在，并有局部溜塌发生，现状稳定性差，在强降雨



雨条件下，再次失稳机率较大，从而对简易公路构成一定安全隐患，现状评估危险性中等。

4.3 采空区地面塌陷

在冯家塔井田范围附近分布的 16 处小煤窑，其开采对象主要有 5、6、7、8、9¹、9²、10¹号等煤层，开采面积一般为 800~35000m²，形成大小不等的零星采空区，构成采空区地面塌陷。据野外调查和访问，小煤窑多为平硐开采，少数斜井开采，开采厚度 2~4m，以巷道开挖为主，向两侧开挖支巷道，房柱式开采，开采宽度 5~6m，顶板岩石较完整，稳定性好，底板轻微或无底鼓现象，涌水量小。在采空区上部未发现地面变形和建筑物开裂现象。在这些小煤窑采空区顶部分布有杨家峁、寨峁、柏林店、河峁、天桥则、刘家峁等 6 个自然村的部分村民，约 100 住户，人口 500 余人，房窑 300 余间。

目前形成的采空区面积小，煤层顶底板完整、稳定性好，无冒顶发生。上覆基岩、土体厚度多在 50~100m 以上，依据经验，此类煤洞即使发生顶板塌落，裂隙影响带高度应小于 50m。另外 16 处小煤窑均为三证不全矿井，基本被关闭，个别有小规模偷采现象，采空区面积不会再次扩大，采空区将保持目前的稳定状态，对村庄、人口等财产危害小，现状评估危险性小。

4.4 小结

评估区现状地质灾害主要有崩塌、滑坡及潜在采空塌陷等 3 种灾害。

分布 17 处崩塌，除 1 处黄土崩塌外，其余 16 处均为基岩崩塌，其中中型 5 处，小型 12 处；仅有 1 处（B16）现状稳定，其余 16 处现状稳定性均差或较差，再次发生崩塌可能性较大；危险性现状评估危险性大的 2 处（B4、B9），危险性中等的 6 处（B3、B10、B12、B13、B15、B17），其余 9 处危险性小，分布 16 处小煤窑，形成面积 800~35000m²大小不等的采空区，构成采空区地面塌陷隐患，对 6 个自然村的 500 人、300 间房窑安全有一定影响，现状评估危险性均小。

分布 1 处小型黄土滑坡，稳定性较差，现状评估危险性中等。

5. 地质灾害危险性预测评估

冯家塔煤矿建设工程可能遭受、引发或加剧的地质灾害按煤矿开采区、工业场地及排矸场、炸药库及场外道路等附属设施分别进行预测评估。

5.1 煤矿开采区地质灾害危险性预测评估

据冯家塔煤矿可研报告，井田开拓采用斜井开采方式，根据可采煤层的空间分布分三个采区两个开采水平，沿大巷及采区布置工作面。井田设计开采范围北、西两侧至井田境界，东、南两侧至乱石塔～厂房沟～柏林店～王来家沟～前坟焉～海则庙一线，煤矿开采面积 39.33km²。设计对井田内的清水川河道、黄河、海则庙沟、工业场地、煤层大巷等均留设保护煤柱，煤柱宽度 50～100m 不等。

5.1.1 煤矿开采区可能遭受的地质灾害危险性预测评估

根据冯家塔井田范围内的水文地质条件，煤矿开采可能遭受矿井突水。

区内岩溶水水头标高为 835.29～859.72m，平均 840m，因其伏于煤层以下，水头高、水量大，在井田西部段家塬—赵寨以西岩溶水头高出煤层底板达 101.53～264.93m，6～11 号煤层的开采可能遭受矿井突水的威胁。

依据《矿床水文地质工程地质勘探规范》中推荐的临界突水经验公式预测其突水的可能性，公式为：

$$K=P/M$$

其中：K—底板突水系数，单位厚度相对隔水层所能承受的极限水压值

$$(\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{m});$$

$$P\text{—水头压力 } (\text{kg}/\text{cm}^2);$$

$$M\text{—隔水层厚度 } (\text{m});$$

$$M=m_1+m_2$$

$$m_1\text{—本溪组泥岩+其它组泥岩+煤系地层中灰岩厚度 } (\text{m})$$

$$m_2\text{—其它岩层等值厚度 } (\text{岩层厚度} \times \text{质量等值系数}). \text{为安全考虑, 其它岩层 } m_2 \text{等值系数选择 } 0.4).$$

井田最下部 11 号煤层底板突水系数计算结果详见表 5-1。据西安煤炭研究所资料，我国北方煤矿区突水系数一般为 0.60～1.50。因本区尚未有经验数值可供参考，

为煤层开采安全考虑,本次选择临界突水系数为 0.6,11 号煤层底板临界突水系数等值线及 6-11 号煤层可能突水范围见图 5-1。

11 号煤层底板突水系数计算结果表

表 5-1

钻孔号	灰岩顶面 深 (m)	静水位埋 深 (m)	底板埋 深 (m)	水头高出 底板 (m)	m_1	m_2	M	K
S2010	124.66	104.08	98.85	~ 5.23	17.12	10.53	27.65	~ 0.18
2206	302.25	246.97	274.70	27.23	15.71	4.731	20.44	0.13
2207	673.10	228.01	619.25	391.24	33.61	8.10	41.71	0.93
2404	281.20	194.10	245.07	50.97	29.53	2.64	32.17	0.16
2606	339.94	250.54	310.68	60.14	22.22	11.70	33.92	0.18
S2810	338.17	144.17	304.14	159.97	27.93	4.30	32.23	0.50
3006	394.37	215.94	338.75	122.81	46.16	3.78	49.94	0.25
3007	561.23	202.48	540.55	338.07	17.14	1.42	18.56	1.82
S3307	325.10	176.18	277.71	101.53	32.71	4.04	36.75	0.28
3404	274.11	143.38	243.84	100.46	9.57	8.28	17.85	0.56
3406	330.44	164.55	297.61	133.06	15.49	6.94	22.43	0.59
3407	517.52	138.55	497.75	359.20	18.8	0.40	19.2	1.87
S3605	221.43	12.53	184.75	172.22	25.13	4.62	29.75	0.58
S3610	301.76	7.70	272.63	264.93	22.18	2.66	24.84	1.07
3814	355.07	22.77	327.57	304.80	23.71	1.52	25.23	1.20

就最下部的开采煤层 11 号煤层而言,在狄家畔、下王家畔、海则庙乡一线以东的黄河近岸地带岩溶水头低于 11 号煤层底板,突水系数为 0;向西及北突水系数逐渐增大,至段家塬—赵寨一线达临界突水系数 0.6;再向西至井田西界一带岩溶水头高出 11 号煤层底界 197.70~359.20m,突水系数急剧增大,增大到 0.93~1.87,故在段家塬—赵寨以东不会遭受矿井突水,而在该线以西则可能遭受岩溶突水问题,尤其是靠近墙头—高石崖挠褶带附近,受构造影响,岩溶水可能具备赋存富集条件,开采 11 号煤层时遭受岩溶突水的危险性较大。但参照区域水文地质资料以及“陕北严重缺水地区地下水勘查示范”项目所施工的赵寨示范孔抽水试验资料可知,碳酸盐岩试段降深 122.88m,涌水量仅 22.2m³/d,且目前正在施工的府谷黄甫勘查示范孔碳酸盐岩埋深约 630m,已进入碳酸盐岩约 224m,仍未揭露岩溶水,而评估区内近墙头—

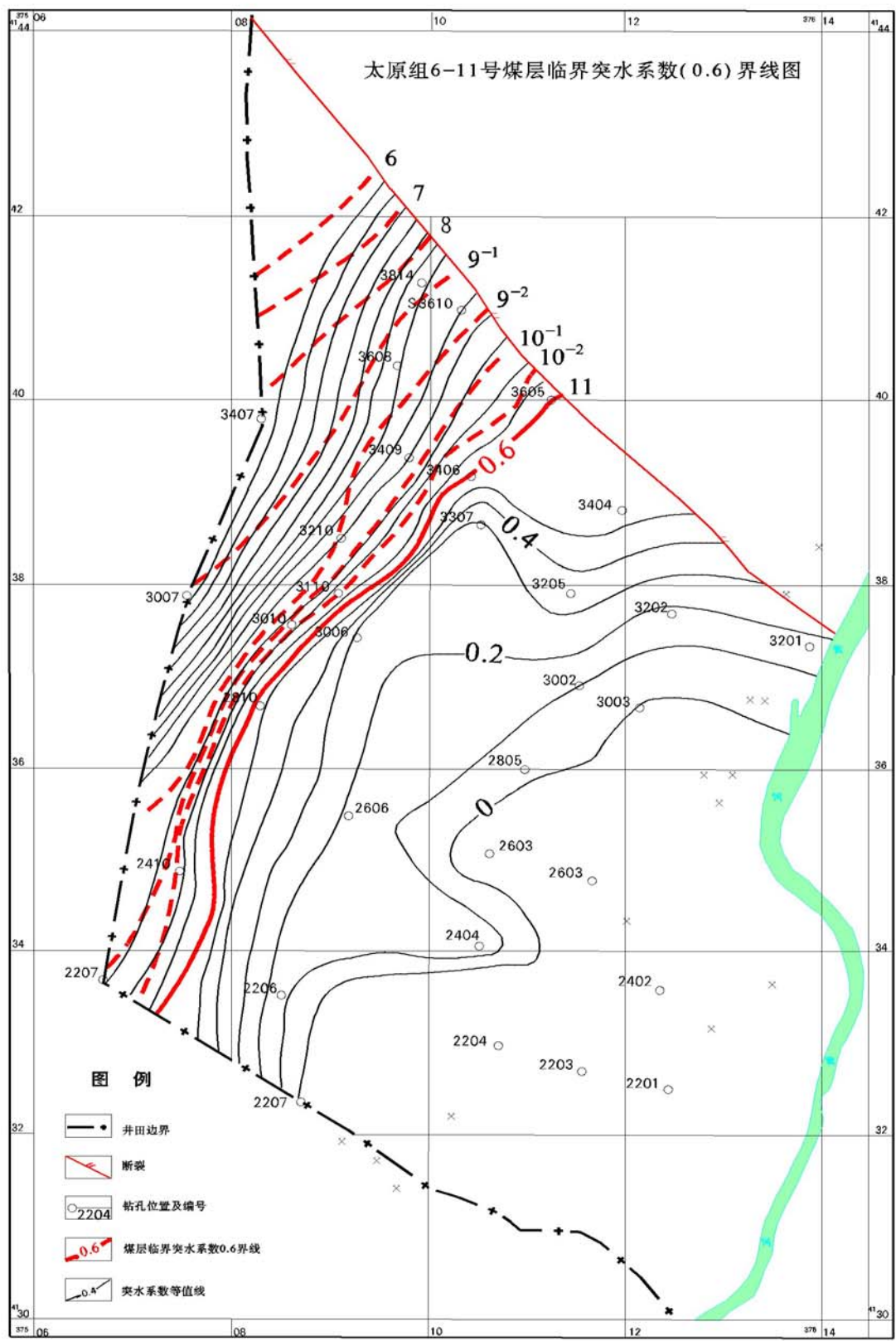


图 5-1 11 号煤层突水系数等值线及 6-11 号煤层可能突水区分布图

高石崖挠褶带附近碳酸盐岩埋深约 650 m 以上，据此认为岩溶发育微弱，岩溶水径流滞缓，补给不足，富水性较差。考虑到清水川地堑内受 F1、F4 断裂沟通，岩溶水富水性可能较强，预测评估认为在清水川地堑两侧 500m 范围内的常圪尖峁—川根底—下魏寨一带开采 11 号煤层遭受矿井突水危险性大，而段家塬—赵寨以西的其余地段虽岩溶水头远高出煤层底界，因该区岩溶富水性整体较差，遭受突水危险性中等。

11 号煤层之上的 10^{-2} ~6 号煤层，因各煤层底板距奥陶系顶界面距离逐渐加大，临界突水系数界线较 11 号煤层相应逐渐西移，可能发生突水的区域也向西逐渐退缩。考虑到该矿设计为自上而下逐层开采，故 10^{-2} ~6 号在下伏煤层未扰动前，遭受岩溶突水的危险性小，但对可能发生突水的区域在采煤时应引起足够的重视。

5.1.2 煤矿开采区引发地质灾害危险性预测评估

冯家塔煤矿开采可能引发的地质灾害主要是采空区地面塌陷、覆岩移动变形对地表水体及上覆含水层的影响。

5.1.2.1 采空区地面塌陷危险性预测评估

1、煤矿采空区地面塌陷变形及地表移动的一般特征

冯家塔煤矿设计可采煤层 12 层，可采煤层平均总厚度 18.33m 左右。首采的 2 号煤层稳定性好，基本全区可采，可采厚度最大 5.30m，平均 3.08m，煤层埋深较浅，设计开采盘区内顶板埋深最大 483.27m，最小 16.52m，平均 110~220m。最后开采的二水平 11 号煤层顶板埋深最大 617.59m，最小 48.56m，平均 210~310m。可以肯定的是，冯家塔煤矿煤层厚，埋藏浅，未来随着开采规模的扩大，尤其是采厚较大的多层重复开采以及全部垮落法的顶板管理方式，当地下煤层大面积采空放顶后，必然形成由下而上的冒落带、裂隙带及整体移动带，覆岩移动可能波及地表，地表可能出现空间上和时间上连续的有规律的移动变形，即为地表移动盆地。

2、地表变形量计算

地表变形量的形成与煤层埋深和煤层厚度，煤层倾角等因素密切相关，冯家塔煤矿首采煤层和两个水平的复采煤层在煤层厚度和埋深均有一定差别。清水川和海则庙沟河谷地段，煤层埋深较浅，但因这两个河谷地段内人口密度相对较大，考虑到沿岸居民和采煤安全，设计时已预留保护煤柱，则不需单独计算地表变形量，本次仅分别估算整个井田范围首采 2 号煤层单层开采和叠加下伏煤层重复开采时可能造成的地表变形量。

根据国内相似煤田矿井开采地表沉陷变形经验，尤其是根据神北矿区大柳塔煤矿采空区地面塌陷监测的经验，预计该矿井采空区地表最大沉陷量、倾斜位移和水平

位移变形量与煤层采厚密切相关，一般成正比例关系。

单层采动的下沉系数为： $q=0.55$

重复采动的下沉系数： $q=0.65$

水平移动系数： $b=0.31$

影响传播角： $\theta=70^\circ$

（基岩中 $\theta=70^\circ$ ，松散岩类中 $\theta=45^\circ$ ）

主要影响角正切： $\tan \beta=2.0$

重复采动的正切值： $\tan \beta=2.4$

影响半径： $r=H/\tan \beta$

地表变形量初步按以下预测模式进行预测：

最大下沉值： $W_{\max}=qm\cos \alpha$

最大倾斜值： $I_{\max}=W_{\max}/r$

最大曲率值： $K_{\max}=\pm 1.52 W_{\max}/r^2$

最大水平变形值： $E_{\max}=\pm 1.52 bW_{\max}/r$ 。

最大水平移动值： $U_{\max}=bW_{\max}$

上式中： m 为采厚， H 为采深， α 为煤层倾角（ $3\sim 5^\circ$ ，计算时取 5° ）， r 为开采影响半径。

考虑到首采的2号煤层全区较为稳定，计算时煤层厚度选取全区平均厚度，埋深因三个采区之间以及同一采区内丘陵和河谷埋深差异较大，故分别计算三个采区梁峁和河谷的地表变形值。重复开采时考虑到一、二水平在开采时间段上并无显著差别，故以所余可采煤层在整个开采区的整体最大、平均采厚进行计算，计算的地表变形量详见表5-2。计算结果表明单层开采时：全区丘陵地带最大倾斜值 $6.60\sim 26.07\text{mm/m}$ ，最大曲率为 $0.04\sim 0.61\text{mm/m}^2$ ，最大水平变形值为 $3.11\sim 12.28\text{mm/m}$ ；河谷区最大倾斜值为 $18.67\sim 159.47\text{mm/m}$ ，最大曲率为 $0.31\sim 22.91\text{mm/m}^2$ ，最大水平变形值为 $8.79\sim 75.14\text{mm/m}$ 。参照煤行管字[2000]第81号《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》第27条表3的规定，采空区地面塌陷引起的地表变形对地面构筑物损毁等级为Ⅲ和Ⅳ类（中度损坏和严重损坏）。另外按该表所列地面建筑损毁判别的地表变形指标反算（表5-3）：2号首采煤层采厚比 <90 时造成地面建筑损毁程度为严重，采厚比 $90\sim 130$ 时损毁程度为中度，采厚比 >130 时损毁程度为轻度。按上述指标判定：该井田在河谷区及大部丘陵区为首采煤层采厚比 <90 的区域，地面变形大，建筑物损坏程度严重；在井田西部川根底—尖堡则—高粱沟一线以西的靠近墙头—高

石崖挠折带附近采厚比90~130的区域为中度损坏，仅在王家鄢—青阳沟一带采厚比>130，毁损程度为轻度。

采区地表变形量统计表 表5-2

开采方式	采区位置	1—1（1—1）		1—2（2—2）		1—3（2—3）	
单层开采（首采2号煤）	开采厚度（m）	3.08					
	煤层埋深（m）	129.43～174.83 （丘陵区）	43.12～88.26 （河谷区）	204.36～511.21 （丘陵区）	105.56～180.77 （河谷区）	140.11～384.90 （丘陵区）	21.15～93.05 （河谷区）
	煤层倾角（a°）	3～5°					
	影响半径r=H/tgβ （m）（tgβ=2.0）	64.72～87.42	21.56～44.13	102.18～255.61	52.78～90.38	70.06～192.45	10.58～46.53
	单层移动下沉系数（q）	0.55					
	水平移动系数（b）	0.31					
	最大下沉量（w。）（m）	1.69					
	最大倾斜值（I。） （mm/m）	26.07～19.30	78.26～38.23	16.51～6.60	31.97～18.67	24.08～8.77	159.47～36.26
	最大曲率值（K。） （mm/m²）	0.61～0.34	5.51～1.32	0.25～0.04	0.92～0.31	0.52～0.07	22.91～1.18
	最大水平变形值（ε。） （mm/m）	12.28～9.10	36.62～18.01	7.78～3.11	15.26～8.79	11.35～4.13	75.14～17.08
	最大水平移动值U。 （m）	0.52					
重复开采（3、4、5、6、7、8、9-1、9-2、10-1、10-2、11号煤层）	开采厚度（m）	最大值			平均值		
		56.28			23.04		
	煤层埋深（m）	617.59			210～310		
	重复开采下沉系数（q）	0.65					
	影响半径r=H/tgβ （m）（tgβ=2.4）	257.33			87.5～129.17		
	最大下沉量（w。）（m）	36.77			14.92		
	最大倾斜值（I。） （mm/m）	145.15			170.51～115.51		
	最大曲率值（K。） （mm/m²）	0.84			2.96～1.36		
	最大水平变形值（ε。） （mm/m）	67.33			76.47～51.80		
	最大水平移动值U。 （m）	11.40			4.63		

采空区地面建筑物损坏等级的地表变形值标准及反算参数表

表5-3

损坏等级	损坏分类	地表变形值界限标准值			反算采深	反算采深比	评估取值
		最大水平变形值	曲率	倾斜			
I	极轻微	≤ 2.0	≤ 0.2	≤ 3.0	$>796 \sim 1126$	$>258 \sim 366$	>260
II	轻度	≤ 4.0	≤ 0.4	≤ 6.0	~ 563	$129 \sim 183$	$130 \sim 260$
III	中度	≤ 6.0	≤ 0.6	≤ 10.0	$265 \sim 398$	$86 \sim 129$	$90 \sim 130$
IV	严重	>6.0	>0.6	>10.0	$<265 \sim 338$	$<86 \sim 110$	<90

本次计算结果是初步概算，因煤层的准确厚度和埋深等数据只有在开采中才能准确确定，不同地带采厚和采深的不同，必然使其地表变形量不同，故应在矿山开采过程中，根据实际采厚、采深和开采顺序进行信息化预测。

3、地表变形范围及变形规律预测

采空区影响地表变形范围比采空区本身在平面上向外扩展约180m。这些扩展带主要以拉伸变形、水平位移和倾斜位移为主，而沉降盆地中心则以垂向沉降变形为主。地表变形在时间上与井下采掘工作面的推进速度、距离等密切相关，一般当回采工作面自开切眼开始向前推进的距离相当于 $1/4H$ （ H 为平均采深）时，开采影响即波及到地表，引起地表变形、逐渐塌陷。依据有关规范停采后地表沉降总延续时间：

$$T=3.5 H。(d)$$

H ——采空区平均采深

T ——地表沉降总延续时间(d)

估算出评估区停采后地表沉降总延续时间约3年。时间段分配上，初期剧烈变形，中期缓慢变形，晚期相对稳定。但是在出现地表裂缝和塌陷坑的部位，变形期相对要长，其影响程度相对要严重些，特别是开采多层煤及重复采动时，地表变形周期会变长。

4、采空区地面塌陷危险性预测评估

井田开采引发的采空区地面塌陷主要对井田开采范围内地表的村庄、学校、道路等公共设施和拟建煤矿工业场地、主副巷道形成威胁，评估如下：

①村庄、学校及公路等公共设施地质灾害危险性评估

评估区内沟壑纵横，沟深坡陡，沟谷密度 $5 \sim 6 \text{km/km}^2$ ，谷坡上缓下陡，陡坡段坡度一般 $30 \sim 42^\circ$ ，局部大于 60° ，高 $20 \sim 50 \text{m}$ 不等，形成较大临空面。斜坡主要由石炭系、二叠系和三叠系层状粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩等组成，以软硬相间互层

状的岩质斜坡为主，其上披覆薄层黄土。因该处碎屑岩类胶结差，风化强烈，风化裂隙发育，俗称“劈砂岩”，再加上该井田属鄂尔多斯台向斜东缘，受墙头—高石崖挠褶带及其次级褶皱影响，岩体破碎，斜（边）坡稳定性差。由前述结果可知，该井田1-1(2-1)、1-3(2-3)等两个采区的河谷区首采煤层采空后，所形成的冒落裂隙带高度部分可达地表，而在三个采区内导水裂隙带可能贯通斜坡下部，河谷及沟谷区及两侧斜坡下部的冒落裂缝或导水裂隙的形成和发展必然使本来稳定性较差的斜（边）坡进一步失稳，甚至可能引发新的崩塌和滑坡。评估区内因采空区塌陷引发的崩滑灾害特征有明显的差异，沟谷中下游地带以引发岩质崩塌为主，而在沟头则以黄土崩塌及滑坡为主。

井田范围内人口较少，人口密度 $108 \text{ 人}/\text{km}^2$ ，村庄、学校、公路主要集中在清水川、海则庙沟两岸及土石丘陵区顶部。同时，因土石丘陵区黄土盖层薄，耕地资源紧缺，黄土披覆相对较厚的土石丘陵顶部多被垦为耕地，加之传统的窑居习惯，人口多沿土石丘陵区顶部四周沟谷两侧集中居住。采空区地面塌陷在河谷及沟谷内引起较大的地表变形和地裂缝，不仅可能加剧原有的崩塌、滑坡灾害，并可能沿沟谷两侧引发新的崩塌、滑坡，从而直接危及沟谷两侧的村庄、学校建筑物的安全和公路的正常运营。从该区域的村庄、学校及公路分布来看，在川根底—尖堡则—高粱沟以东的大部矿区范围内地面建筑毁损等级为IV级，对居住在沟谷边缘及斜坡下且人口相对较集中的川根底、温家崾、冯家塔、段家塬、赵寨、杨庄则、高粱沟、王家鄢、尖堡则、铺则坪等较大村庄及学校危险性较大，因地面塌陷可能造成房屋开裂，甚至倒塌。

需强调的是，海则庙—前坟塬—下王家畔—寨崾一线以东的井田东南部2~7号煤层普遍缺失，首采煤层为8号或9¹号煤层，该区可采煤层在较大沟谷都有不同程度的出露，剥蚀较为强烈，所开采8~11号煤层分布不稳定，且连续性较差，故冯家塔煤矿工可报告中对该区暂无开采方案。但后期若进行开采的话，因该范围内首采煤层埋深多小于100m，采厚比小于30，采空区塌陷可能造成较强烈的地面变形，危险性大，对首采煤层分布相对较稳定的磁窑沟、沙塔则、前花尔寨、后花尔寨和天桥则等村庄地段受地表变形威胁尤大，建议届时对该范围内的居民实施整体搬迁。

地面塌陷变形可能在府准公路温家崾至沙墩及高粱沟至青阳沟等5.8km路段造成路面不均匀沉降或错断路面。

除此，地面塌陷变形在广大丘陵区承灾对象多为坡耕地资源的损失，在采厚比小于30的地段，由于冒落裂隙带可至地表，造成细粒土流失、土壤砂化及肥力下降，严

重时不能耕种，评估致灾危险性中等；在采厚比大于30的大范围区域，地表可能产生局部的小裂缝，对耕种影响不大，评估致灾危险性小。

②对工业场地、主、副巷道及风井井口危险性评估

工业场地位于清水川河谷阶地区，其下2号煤层埋深约70~100m，如实施煤层开采，必将很快在地表形成采空塌陷，由前述变形计算可知，工业场地附近地表变形量很大，将会直接危及工业场地各类建筑物的安全。但该场地位于冯家塔井田与西王寨井田接壤地段，且紧邻正在建设的清水川电厂，在煤矿设计中为保证工业场地的稳定和安全，在工业场地及场地外围留设一定宽度的保护煤柱。矿井工业场地清水川右岸场地和爆破材料库以及爆破材料库公路南侧设计留设保护煤柱宽度50~100m，但工业场地南部局部地段煤层采空后所形成的地表变形影响范围可能超过50m而波及清水川右岸斜坡，而该处斜坡因风化强烈，节理裂隙较发育，受地表变形影响局部斜坡可能产生失稳而引发崩塌（落石）、滑坡，从而危及紧邻斜坡下部而建的主、副斜井及通风井口、35KV变电站及附属建筑物安全，预测危险性中等。在清水川左岸保护煤柱紧邻工业场地西南边界和500m电厂公路，地面塌陷变形可能引起这两处构筑物开裂变形，预测危险性大。因此在井田北界工业场地及清水川电厂附近，应准确计算塌陷变形影响宽度，留足保护煤柱，确保工业场地和清水川电厂安全。

该煤矿设计主斜井落底在4号煤+780m标高处，副斜井及回风斜井落底在2煤中，一水平标高+780m，沿4号煤布置集中运输大巷，辅助运输大巷分煤层设置，二水平标高+750m，沿8号煤布置主要大巷。全矿井划分为三个采区，其中一、三采区为单翼采区，二采区为双翼采区，沿大巷及采区设置工作面，按煤层次序依次由上向下开采。上部2、3号煤层采空引起的塌陷和地表变形不会直接波及下部巷道的安全，但在开采4、8号煤层及下伏5、6、7、9⁻¹、9⁻²、10⁻¹、10⁻²、11煤层时，所产生的采空塌陷和地表变形、地裂缝有可能波及一、二水平主巷道。因5、6、7号这三层煤设计中归为二水平开采的下煤组，其主要巷道落底在8号煤中的大巷，一水平主要巷道在采完上煤组时主要功能可能发生相应变化，故暂不考虑下煤组开采对一水平主巷道的影响，一水平主巷道受采空变形影响小。二水平主巷道因下伏9⁻¹煤层开采冒落带高度7.02~19.88m，而该两层煤间距仅4.95~31.08m，加上9⁻¹以下各层煤冒落带高度均大于煤层间距，在叠加影响下，对二水平主巷道及各层煤辅助运输巷道可能有较大的影响。但因煤矿设计沿主巷道两侧均留设保护煤柱，故采空塌陷对巷道的影响较小。

5.1.2.2 采空区覆岩移动变形对地表水体和上覆含水层影响的预测评估

冯家塔井田被黄河及其支流清水川和海则庙沟所包围，评估区内尚有温家崾、王家鄢及高粱沟等三座地方小型水库。煤层重复采动后，采空区覆岩变形可分为三个带，即冒落带、裂隙带及弯曲变形带。如冒落、裂隙带高度沟通上覆含水层，甚至达到地表则开采煤层时不仅会疏干上覆含水层，也可能沟通地表水体，从而遭受矿井突水等灾害。冒落、裂隙带高度主要取决采出煤层的厚度和覆岩的结构，冒落带高度一般为采厚的 3~5 倍，裂隙带高度一般为采厚的 30 倍。由于本区煤层覆岩大多属中硬岩类，按煤炭工业局煤行管字[2000]第 81 号《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中提供的冒落、裂隙带计算公式：

$$H_m = \frac{100\Sigma M}{2.1\Sigma M + 16} + 2.5 \quad (1)$$

$$H_{li} = \frac{100\Sigma M}{1.2\Sigma M + 2.0} + 8.9 \quad (2)$$

另外，结合神北矿区煤矿开采过程中的观测经验，选用经验公式进行计算：

$$H_m = 4\Sigma M \quad (3)$$

$$H_{li} = 30\Sigma M \quad (4)$$

(H_m —冒落带高度， H_{li} —裂隙带高度， ΣM —累计采厚)

①首采煤层冒落、裂隙带引发地质灾害的预测评估

冯家塔煤矿首采 2 号煤层采用前述计算公式，分别计算了煤层最大和最小厚度的冒落、裂隙带高度（表 5-4）。

计算结果表明：1 采区 2 号煤层冒落带高度平均为 16m（最大 20m），裂隙带高度平均为 98m（最大 146m）。丘陵地带煤层埋藏深度为 129.43~174.83m，可能有部分裂隙切穿至地表，但因 2 号煤层在该采区处当地侵蚀基准面以上，上覆地层基本不含地下水或含水量很小，不存在直接疏干上部含水层问题。在沟谷区煤层埋深为 43.12~88.26m，全部沟谷区都会有裂隙沟通至地表，煤层开采时必将疏干上覆含水层，且雨季时，沟内汇集地表水可通过裂隙下渗，不仅进一步破坏煤层顶板，还可能造成矿井突水，应对雨季时石窑沟、厂房沟可能引发的矿井突水予以重视。

首采煤层冒落带、裂隙带计算结果表

表 5-4

位置	厚度 区间 (m)	厚度加 权平均 值 (m)	冒落带高度 (m)			裂隙带高度 (m)			埋深区间 (m)	
			公式①	公式③	取值	公式②	公式④	取值		
1 采区	1.01 ~ 4.87	3.28	最大值 21.07	最大值 19.48	20	最大值 70.99	最大值 146.10	146	梁 峁	129.43 ~ 174.83
			平均值 16.83	平均值 13.12	16	平均值 64.16	平均值 98.4	98	河 谷	43.12 ~ 88.26
2 采区	1.20 ~ 3.80	2.95	最大值 18.35	最大值 15.20	18	最大值 66.83	最大值 114.00	114	梁 峁	204.36 ~ 511.21
			平均值 15.79	平均值 8.85	15	平均值 62.15	平均值 88.5	88	河 谷	105.56 ~ 180.77
3 采区	1.56 ~ 3.55	2.65	最大值 17.64	最大值 14.20	17	最大值 65.61	最大值 106.50	106	梁 峁	140.11 ~ 384.90
			平均值 14.79	平均值 10.6	14	平均值 60.06	平均值 79.5	79	河 谷	21.15 ~ 93.05

2 采区 2 号煤层冒落带高度平均为 15m (最大 18m)，裂隙带高度平均为 88m (最大 114m)。丘陵地带煤层埋藏深度为 204.36~511.21m，裂隙带均未及地表，虽该区 2 号煤层整体处当地侵蚀基准面以上，富水性较差，但因该采区西部处在墙头—高石崖挠褶带附近，次级褶皱较为发育，可能在局部风化裂隙及构造裂隙发育地段赋存有一定的基岩裂隙水，可能存在疏干上部含水层问题，同时造成矿井突水，预测认为该采区丘陵地带矿井突水危险性小。在河谷区煤层埋深为 105.56~180.77m，大部分地区导水裂隙带均未及地表，仅可能沟通上覆基岩风化裂隙水、煤系地层之上或煤系地层裂隙水等部分含水层，但因该区靠近墙头—高石崖挠折带，局部次级褶皱发育地段基岩裂隙水补给条件相对较好，基岩裂隙水可能较丰富，造成矿井突水危险性也相应为小—中等。

3 采区首采煤层冒落带高度为 14m (最大 17m)，裂隙带高度为 79m (最大 106m)。丘陵地带煤层埋藏深度为 140.11~384.90m，冒落带及裂隙带均未及地表，仅可能沟通局部风化裂隙水、煤系地层之上及煤系地层基岩裂隙水，构造裂隙发育地段赋存有一定的基岩裂隙水，但因首采煤层整体处当地侵蚀基准面以上，基岩裂隙富水较差，预测认为该采区疏干上部含水层造成矿井突水危险性小。在河谷区煤层埋深为 21.15~93.05m，除在较大支沟上游导水裂隙带未及地表外，在海则庙沟及其较大支

沟下游都会有导水裂隙沟通上部含水层，因河谷及沟谷区第四系冲洪积孔隙含水层和其下的基岩裂隙水，因补给条件较好，富水性相对较好，煤层开采时必将疏干上部含水层，加之沟谷是地表水和地下水汇集地方，遇强降水时，沟内汇水可通过裂隙下渗，不仅进一步破坏煤层顶板，还可能造成矿井突水。同时，贾家沟—钱坟塬—王家畔一线为首采煤层可采边界，初步设计海则庙沟留设保护煤柱，故在该采区以油磨咀沟煤层开采引起的矿井突水灾害危险性大。

②复采煤层裂隙带引发地质灾害的预测评估

冯家塔煤田的复采层包括 3~11 号等 11 层煤，按上述公式分别计算了煤层厚度平均值和最大值的裂隙带高度（表 5-5）。

从上表可见，各煤层采空裂隙带高度均大于煤层间距，可与上覆煤层顶板裂隙带相互沟通。

中国矿业大学资源与环境工程学院与陕西煤田地质局 185 队等四家生产与科研单位，1998 年对榆神府矿区保水采煤进行了专题研究，提交了《榆神府矿区保水采煤研究报告》。其结论认为“在基岩上部有巨厚层（厚度>18m）粘土层时，当煤层上覆基岩厚度与粘土层厚度之和大于导水裂隙带最大高度与保护层厚度之和时，上覆松散层潜水不会因井下采煤而漏失”。而区内主要含水层在较大沟谷地带多数不能满足此要求，故松散层潜水的漏失是必然的。

复采煤层冒落带、裂隙带高度统计表 表 5-5

煤层 编号	煤层厚 (m)	与上煤间距 (m)	冒落带高度 (m)		裂隙带高度 (m)		上煤层编号
			最大	最小	最大	最小	
3	0.85~4.23	1.39~11.37	19.50	7.28	68.68	37.05	2
4	1.65~8.60	0.81~21.11	27.75	10.98	78.71	50.36	3
5	0.88~2.75	3.57~29.13	15.13	7.43	60.79	37.70	4
6	0.82~1.86	0.90~16.14	11.84	7.13	52.85	37.08	5
7	0.82~2.02	2.16~8.46	12.48	7.13	54.56	37.08	6
8	0.87~6.56	1.31~6.27	24.53	7.38	75.35	37.48	7
9 ⁻¹	0.80~4.25	2.19~18.13	19.55	7.02	68.76	35.93	8
9 ⁻²	0.83~9.34	0.96~20.69	28.73	7.18	79.61	36.69	9-1
10 ⁻¹	0.88~9.12	0.73~23.86	25.94	7.43	79.36	37.75	9-2
10 ⁻²	0.80~3.25	0.82~15.72	16.74	7.02	63.98	35.93	10-1
11	0.80~4.30	1.65~10.09	19.68	7.02	69.96	35.93	10-2

温家崾、王家鄢、高粱沟等三座水库所处沟谷切深达 100m 左右，沟谷两侧基岩出露位置较高，岩性为二叠系石千峰组砂泥岩，沟道内冲洪积物厚度仅 3~5m，而 2 号首采煤层埋深多大于 200m，水库至首采煤层之间基本由石千峰组、上石盒子组、下石盒子组碎屑岩组成，厚度也相应地在 200m 以上，因覆岩移动所形成的冒落带及裂隙带高度最大为 114.00m，首采煤层所形成的采空区覆岩变形对水库安全影响不大。考虑到该煤矿为多层重复开采，且开采煤层厚度大，先期覆岩变形叠加多层复采后可能在某种程度上加剧了原有影响，对此，应在重复开采时对库水渗漏加强监测。

综上所述，煤层开采所形成的冒落带及裂隙带可能沟通上部含水层，从而引发矿井突水，考虑到本区含煤地层以上地下水富水性弱至中等，煤系地层含水层基本上是煤层的直接充水含水层，侵蚀基准面以上的煤层顶板砂岩含水层，水量小，富水性弱，侵蚀基准面以下煤层顶板含水层富水性弱至中等，易于疏干，尽管冒裂带沟通了不同含水层，但矿井涌水量较少，引发充水或突水的危险性小，仅造成含水层疏干，造成井田范围内居民人畜饮水困难和土地荒芜。井田内石窑沟、厂房沟、油磨咀沟等沟壑地带煤层开采所形成的冒落裂隙带及裂隙带可能切穿地表，可能使沟道内地表水（这些沟谷平时干涸，仅在雨季时存在暂时性洪流）快速注入矿井，致矿井涌水量骤增，甚或直接淹没矿井，或在采空区形成积水，为下层煤层开采构成了突水隐患，引发矿井充水危险性大。

5.1.2.3 对已有水源地影响的预测评估

评估区内仅有清水川电厂水源地一处。该水源地位于清水川入黄河口一带，为管井开采奥陶系上马家沟组碳酸盐岩岩溶水，已探明 B 级储量 $2.4 \times 10^4 \text{m}^3$ 。由区域水文地质条件可知，岩溶水补给区主要位于井田东侧及东北侧山西境内的大面积灰岩裸露区，其大致由北、东、南三面向沿地层走向及裂隙密集带向天桥一带黄河谷地泉域径流排泄，井田开采范围既不是岩溶水的补给区，也不是其径流排泄区，且水源地岩溶水头标高约 835~840m，最下部的 11 号可采煤层断续出露于黄河西岸斜坡下部，底板标高约 850m 左右，高于岩溶水头，故煤炭开采不会对该水源地产生较大的影响，预测评估危险性小。

5.1.3 井田开采加剧地质灾害危险性预测评估

井田开采可能加剧的地质灾害主要是小煤窑采空区塌陷。

本次调查小煤窑共有 16 个，冯家塔井田开采范围有 13 个，集中分布于东、南部黄河西岸沿岸及海则庙沟、清水川下游地带，因上石炭统太原组 5~10⁻¹等可采煤层

在上述地段均有出露，故小煤窑多就地以平硐或斜井开采。该区小煤窑开采历史悠久，自解放前就有零星开采，但受地形、交通、生产技术条件限制，多以房柱式及人工打眼放炮采煤，自然通风、排水，电灯或矿灯照明，煤柱支护，设备简单，开采技术落后，生产能力有限，且多集中在冬季开采，以满足当地群众过冬取暖需煤，年产量500~12000吨不等。这些小煤矿大多在1995~2000年之间进行治理整顿并予以关闭。

据走访曾在小煤窑内挖煤的矿工，这些小煤窑煤层顶板岩石多较完整，稳定性较好，除在个别泥岩顶板及风化岩层巷道需用石块及木柱支护外，一般巷道掘进均不进行支护，除厂房沟煤矿曾发生小规模顶板垮落外，其余均未发现顶板垮落、冒顶事故。从废弃的矿硐来看，采煤巷道长一般200~500m左右，采空区面积800~35000m²不等，因采空区面积相对较小，故采空区也未发现明显的地面塌陷变形。

根据拟建冯家塔煤矿初步设计，开采范围内仅1-1(2-1)采区内涉及MY01、MY02、MY04、MY05、MY06、MY08等6处小煤窑，这些小煤窑多位于黄河沿岸，除MY1开采4号煤层外，其余5个煤矿均开采上石炭统太原组煤层，其中以8和9²煤层尤为集中。冯家塔煤矿先期开采1-1采区逐层开采下二叠统山西组2、3、4号等三层煤，除MY01和MY06因现有采空区顶板冒落裂隙带可能贯通上部紧邻的3、4号煤层致开采过程中可能造成底板塌陷外，其余小煤窑因距一水平最下层的4号煤距离多在50m以上，基本无影响。但因MY01所形成的26000m²采空区规模较小，现已停采5~10年，且初步设计已对MY01煤矿的小窑采空区进行了考虑，故该矿井开采MY01上部的3号煤时加剧小煤窑采空区塌陷的危险性小。MY06采空区面积12000m²，开采MY06上部4号煤时加剧采空区塌陷危险性中等。评估矿井设计后采的二水平2-1采区东部涉及MY02、MY04、MY05、MY08等4个小煤窑，其中：MY02开采9¹、9²煤、MY04、MY08开采8号煤、MY05开采9²煤。这4个小煤窑已被有关部门关闭5~10年，但形成了面积约1800~12000m²不等的采空区。据本次调查，除MY02发现局部顶板垮落外，其余3个小煤窑均未发现顶板失稳情况，故预测认为在相应的小煤窑分布地域内，二水平2-1采区开采8号煤过程中加剧MY02采空区塌陷的危险性大，在其余3个小煤窑分布的地域内遭受小煤窑采空区塌陷的危险性较小。

海则庙—前坟塬—下王家畔—寨峁一线以东的井田东南部下一阶段开采范围内分布有MY07、MY09、MY10、MY11、MY12、MY13及MY14等7个小煤窑，以9¹号煤层开采较为集中，MY11所形成采空区面积较大，达15000m²，MY09采空区面积6500m²，MY10采空区面积3500m²、MY12采空区面积3000m²，其余均小于1800m²。据本次调查，这

些小煤窑均未发现顶板失稳情况。下一阶段对该区进行开采的话，因该区仅在可采煤层分布稳定且连续的地段适宜于大型机械化开采，而这些小煤窑多分布于沟谷两侧，依煤层天然露头以简易平硐开采，而这些地段可采煤层分布不连续，不宜长臂冒落法开采，预测认为仅在MY09、MY11采空区面积相对较大地段可能加剧采空区塌陷的危险性中等，加剧其余5个小煤窑的危险性小。

综上，井田开采可能加剧13个小煤窑采空区塌陷，其中1采区开采4号煤时加剧MY06采空区塌陷危险性中等，2采区开采8号煤时加剧MY02采空区塌陷的危险性大，下一阶段开采区加剧MY09、MY11采空区塌陷危险性中等，其余9个小煤窑采空区塌陷危险性小。

5.2 工业场地地质灾害危险性预测评估

5.2.1 工业场地遭受崩塌灾害危险性预测评估

矿井工业场地以清水川为界分为南北两部分：北岸场地位于清水川左岸二级阶地，东西长 0.5km，南北宽 0.15km，布置筛选厂场地，包括原煤储存仓、块煤排矸车间、矸石仓、地销煤仓、分选车间、产品煤储煤场、外来煤储煤场及输煤综合楼等；南岸场地位于清水川右岸一级阶地，东西长 0.6km，南北宽 0.15km，主要布置主、副斜井、通风井、35KV 变电站和办公楼、生活区等场前区及辅助生产区；两岸之间以公路桥相连接。

对现状评估中已存在的崩塌，根据其规模大小、稳定性以及与拟建工程的位置关系，确定工业场地可能遭受 2 处崩塌（B1、B2）灾害的影响。

清水川左岸工业场地可能遭受B1、B2 崩塌的影响。B1、B2 所在斜坡由二叠系上石盒子组砂、泥岩互层组成，斜坡上部以厚层砂岩为主，单层厚多在 1.5~2m之间，受F1 断裂影响，厚层砂岩构造裂隙与风化裂隙发育，岩体破碎，稳定性差，随时都有崩落可能，可见拉张裂缝宽达 20~30cm，B1 现存危岩体 1400m³，B2 危岩体 540m³。清水川北岸工业场地西侧拟建外来储煤场地遭受B1、B2 的危险性大。按初步设计，B1、B2 崩塌所在斜坡将向北削坡后退约 30~50m，届时两个崩塌随着边坡后退将不复存在，故仅在工程施工过程中可能遭受B1、B2 的影响，其对工程运营影响可以消除，预测其危险性中等。

5.2.2 工业场地引发或加剧边坡失稳危险性预测评估

工业场地整体处清水川河谷阶地区，地形较平坦开阔，但清水川河谷在该地最宽

仅 400m 左右，若扣除府谷县水利局强制要求的 200m 河道行洪断面，则地质环境容量不能满足工业场地所需，因此需削坡扩容。工业场地不仅遭受现有崩塌的影响，而且设计沿清水川两岸有大量的削坡，工业场地及厂外道路建设过程中在局部地段削坡可能引发或加剧高边坡失稳。

清水川左岸斜坡高度约 20~45m，斜坡下陡上缓，斜坡下部坡度约 60° ，上部坡度约 20° ，斜坡基本由二叠系上石盒子组砂、泥岩互层组成，上覆薄层黄土，顶部砂岩厚约 5~7m，因差异风化上部砂岩悬空拉裂，斜坡中下部随处可见崩落块石，落石最大直径达 2m 左右，现存危岩体可见拉张裂缝宽达 20~30cm，随时都有崩落可能。该场地平整设计后退约 30~50m，形成边坡高 21~34m，需挖方约 81.4 万 m^3 。该场地西侧的储煤场地基岩出露位置相对较高，储煤场地削坡过程中引发或加剧边坡失稳的危险性中等。在东部外来储煤场地不仅局部地段黄土披覆较厚，且因清水川左岸 F1 断裂从外来储煤场平整挖方后边界附近通过，处清水川断裂影响带内，斜坡下部基岩相对较为破碎，局部呈碎裂结构，削坡过程中基岩斜坡段引发或加剧边坡失稳的可能性较大，且在局部黄土披覆较厚地段若削坡坡率设计不当或削坡施工不当，引发黄土边坡失稳的可能性较大，野外调查可见清水川电厂削坡过程中由于施工不当，引发黄土崩塌（照片 5-1）预测致灾危险性大。

主斜井、副斜井、通风井及辅助生产区和场前区设计位于清水川右岸一级阶地。辅助生产区和场前区整体处阶地部位，引发或加剧地质灾害危险性也小。主、副井、通风井口及 35KV 变电站均位于斜坡下部，设计将现有斜坡向南削进



照片 5-1 清水川电厂正在施工黄土边坡因坡率设计不当造成边坡坍塌，镜向 27°

10~15m，所形成边坡在主井口以东高 15m，以西约 20~27m，

设计挖方量约 14.4 万 m^3 。该处斜坡高度约 20~30m，坡度约 30° ，由二叠系上石盒子组组成，清水川右岸 F4 断裂从距离主、副斜井、通风井及 35KV 变电站所在位置约 30m 的阶地后部通过，受 F4 断裂影响，可能局部岩体较为破碎，削坡不当可能引发高边坡失稳。预测评估认为清水川右岸工业场地引发边坡失稳的危险性中等。

5.3 排矸场地质灾害危险性预测评估

5.3.1 排矸场遭受崩塌灾害危险性预测评估

排矸沟沟谷狭窄，沟谷呈“V”形，两侧谷坡陡峻，相对高差 60m 左右，沟谷宽度一般仅数米至十数米，斜坡多由二叠系上石盒子组砂、泥岩组成，因风化强烈，岩质疏松，斜坡中上部危岩耸立，节理裂隙发育，崩塌落石在该沟内极为普遍，落石粒径一般多在 1m 左右，大者甚达 2~3m。排矸沟口 900m 以内遭受 B3、B4、B5、B6、B7、B8 崩塌的危险性较大，考虑到随着矸石在沟内的堆放，现有危岩临空面高度将逐渐降低，遭受上述崩塌的危险性也将随着降低。预测评估排矸沟遭受上述崩塌危险性中等。

5.3.2 排矸场引发泥石流灾害危险性预测评估

矿井排矸场位于西王寨村东侧沟谷内，排矸沟西距工业场地约 0.6km。排矸场占地面积 30.79hm²，容量约 356.95 万 m³，设计年排矸量 98.82 万吨，服务年限暂定 6.5 年。沟口设拦矸坝，底下埋设盲管，以利排水。排矸场排满后，表面整平，覆土造林或植草，拦矸坝坝面亦做草皮护坡。

排矸场设计为下排式，计划从沟头起向沟口依次堆放。因府谷县境内日最大降水量达 181.8mm，小时最大降水量 53.5mm，10min 最大降水量 16.7mm，排矸沟长约 3km，汇水面积约 3.5km²，所处土石丘陵区地形坡度大，坡面产流集中，沟谷内洪流汇集迅速，加之排放的矸石粒径相对较小，且堆积松散，故排矸场随着矸石堆放可能形成泥石流隐患。排矸场发生泥石流对拟建煤矿影响不大，主要威胁现沟口正在建设的清水川至段寨沿黄河二级公路，公路以涵洞形式正交跨越该沟，一旦在暴雨激发下形成泥石流可能造成涵垮、路断，对公路存有较大安全隐患。考虑到沿沟口建有拦矸坝，可缓解泥石流的冲击能量，预测其引发泥石流灾害危险性中等。

5.4 场外道路地质灾害危险性预测评估

5.4.1 场外道路遭受崩塌灾害危险性预测评估

B11 崩塌所在清水川右岸斜坡受 F4 断裂影响，岩体节理裂隙发育，危岩体发育，崩塌落石时有发生，加之处清水川侵蚀岸，受河流侧蚀塌岸影响较大。通炸药材料库道路遭受 B11 崩塌灾害，但由于崩塌临空面高度不大，较易于防护，评估危险性中等，致灾长度约 80m。

5.4.2 场外道路引发或加剧边坡失稳危险性预测评估

通炸药材料库道路设计沿清水川右岸阶地后部斜坡前缘展线，冯家塔村东沟至石窑沟之间的清水川右岸斜坡由二叠系上石盒子组砂、泥岩互层组成，斜坡高40~60m，坡度约50°，斜坡高陡，受F4断裂影响，岩体节理裂隙发育，岩体破碎，由于地质环境容量局限，势必有一定的削坡。削坡过程中可能加剧B11崩塌，同时在冯家塔村东沟至石窑沟之间引发岩质边坡失稳的危险性大，受灾长度约140m。

排矸道路设计从排矸沟右侧斜坡修建，该处斜坡高约30m，下陡上缓，下部坡度约55°，上部为20°，斜坡由二叠系上石盒子组砂、泥岩互层组成，斜坡中上部多为厚层一块状砂岩，单层厚度多在2m左右，最厚处达4m。F1断裂紧贴清水川左岸斜坡西部通过，该处斜坡受F1断裂影响，岩体破碎，节理裂隙发育，道路上山段修建过程中沿排矸场右侧斜坡需要削坡，削坡过程中受爆破及载重车辆震动影响，引发斜坡失稳的危险性大，可能受灾长度约340m。上山后沿排矸场右侧斜坡上部盘至排矸沟脑，该道路运营过程中因重载矸石车辆的震动荷载作用，而可能加剧B3、B5、B8，预测评估认为该道路加剧B3、B5、B8崩塌危险性中等，影响长度约750m。

5.5 小结

冯家塔煤矿井田开采在段家塬—赵寨以西可能遭受岩溶水突水，因受墙头—高石崖挠折带影响，碳酸盐岩深埋，岩溶水径流滞缓，富水性相对较差，大部分地段遭受突水危险性中等。常圪尖—川根底—下魏寨一带清水川地堑两侧受F1、F4断裂沟通，岩溶水富水性可能较强，遭受岩溶水突水危险性大。

煤层采空区地面塌陷是煤矿工程建设引发的最主要的地质灾害，首采煤层采空后，全区将会出现沉陷盆地，地面塌陷变形不仅造成川根底—尖堡则—高粱沟以东大部地区地面建筑毁损程度为IV级（严重—极度严重），并沿沟谷两侧引发新的崩塌、滑坡，从而直接危及沟谷两侧的村庄、学校、道路等公共设施的安全。1、2两个采区采空区覆岩变形所形成的冒落带及导水裂隙带在沟谷地段可直接切及地表，可能引起地表水体贯入矿坑，从而引发矿井突水，以石窑沟、厂房沟、王来家沟、油磨咀沟等沟谷尤为严重，预测评估危险性大。

井田开采可能加剧13处小煤窑采空区塌陷。其中：1采区开采4号煤时加剧MY06采空区塌陷危险性中等，2采区开采8号煤时加剧MY02采空区塌陷的危险性大；井田东南角下阶段采区煤炭开采加剧MY09、MY11采空区塌陷危险性中等；其余9处危

险性小。

工业场地可能遭受 2 处（B1、B2）崩塌灾害，炸药库道路可能遭受 B11 崩塌灾害，排矸场可能遭受 5 处（B3、B5、B6、B7、B8）崩塌灾害。清水川北岸工业场地和排矸道路、通炸药库道路因地质环境条件限制存在大量的削坡，而需削坡地段斜坡均受到 F1、F4 断裂影响，引发或加剧边坡失稳危险性大。排矸场引发泥石流灾害中等。

6. 地质灾害危险性综合评估

地质灾害危险性综合评估是在地质灾害现状评估、地质灾害预测评估的基础上，并充分考虑地质环境条件的差异，围绕拟建工程特点，选择适宜的评判指标，针对不同地段，全面权衡，合理对比，确定某一区块地质灾害的严重程度与危险性大小。地质灾害危险性分级。依据国土资源部《地质灾害危险性评估技术要求》（试行），做分级划分，即分为危险性大、中、小三级。

6.1 地质灾害危险性综合评估原则和评估方法

6.1.1 评估原则

- ①坚持以人为本，以工程建设为中心的基本原则；
- ②既要考虑地质灾害的现状危害，更要考虑工程建设引发地质灾害的危害；
- ③评估时间着眼于现在，同时对煤矿的建设期和使用期亦须充分考虑；
- ④体现统一地质灾害作用于不同受灾对象即其致灾损失，后果各异的特点；

6.1.2 评估方法

本次地质灾害危险性综合评估针对煤矿本次设计开采区、工业广场等地面设施分布区以及井田东南角下阶段开采区分别采取相应评估方法。

1、本次设计煤矿开采区

冯家塔煤矿开采区现状地质灾害主要是6处小煤窑采空地面塌陷以及几处小型崩塌、滑坡；预测地质灾害主要是井田开采引发的采空区塌陷、矿井突水以及加剧小煤窑采空塌陷等地质灾害，其危害对象主要由矿区范围内村庄、道路、耕地等公共设施及井田开拓和煤矿工业广场。综合分析，影响上述地质灾害发育程度和危害程度的主要因素，有以下几方面：

（1）采厚比：开采煤层的厚度和埋藏深度的比值（采深比）与采空区塌陷所造成的地表变形关系密切，一般成正比关系，采厚比越小，地表变形值越大，可能产生的危害越大。根据前述预测评估中对采空区地面塌陷地表变形计算结果，当采厚比 <90 时，地表变形对地面构筑物摧毁程度严重～极严重（IV），尤其采厚比 <30 时采空形成的冒落裂隙带大部分地段可至地表，加大了致灾后果，并可沟通沟谷洪流进入矿井，引发矿井突

水灾害。对矿井和地面构筑物、耕地危害均为严重，因此在地质灾害危险分区时，采厚比 <30 地段无论地面有无村庄、道路等公共设施分布，均划分为危险性大区。

(2) 矿井底板岩溶突水：矿井突水尤其矿井底板岩溶突水，是未来矿区西部开采过程中可能遭受的最为严重的一种地质灾害，根据预测评估结果，遭受矿井突水危险性中等的大部分地段划分为危险性中等区，井田东北角靠近清水川断裂附近 500m 范围，考虑到岩溶水富水性强，突水水源充足，致灾危险性大，划为危险性大区。

(3) 危害对象：地质灾害的危害是上述致灾作用与受害对象相遭遇的结果，没有致灾作用，灾害无法发生，而致灾作用遇不到有价值的受灾对象，造成的损失也小。井田开拓引发的采空区地面塌陷大部分地区地表变形强烈（采厚比 >90 ），作用于村庄、道路等公共设施时，致灾后果严重，危险性大，而无村庄、道路，仅作用于大量坡耕地时，除采厚比 <30 地段外，其余致灾损失均不大，危险性小。

综合考虑上述因素，并结合地质环境条件的差异，井田开拓工程采用定量与定性综合方法进行危险性评估的级别划分，分级标准见表 6-1。

井田开采区地质灾害危险性分区标准

表 6-1

因素 危险性分区	采厚比	矿井突水	地面村庄、道路等设施分布情况
危险性大区	<30	/	/
	/	危险性大	/
	30~90	/	居民集中分布或三级以上公路
危险性中等区	>90	危险性中等	/
	>90	/	居民集中分布或三级以上公路
危险性小区	>30	危险性小	无或有零星分散住户

2、工业广场等地面设施工程分布区

工业广场等地面设施工程分布区现状地质灾害主要有 9 处崩塌，预测地质灾害主要是工业场地建设遭受或加剧 9 处崩塌失稳致灾，场地道路开挖削坡引发边坡失稳致灾以及矸石排放引发泥石流等灾害。结合工程特点，采用定性综合分析方法进行危险性分区。主要依据崩塌、人工边坡、引发泥石流等主要地质灾害的致灾危险性大小，并结合地质

环境条件综合分析判定。另外对采空区地面塌陷对工业场地影响也充分考虑。

3、下阶段开采区

此区域 2、3、4、5、6、7 号煤层缺失，勘探程度低，无具体开采方案，主要根据现状地质灾害并结合已有煤层分布及可能的首采煤层情况定性综合分析判断。

6.2 地质灾害危险性综合分区评估

依据上述三种方法将评估区共划分为 12 个区块，最小 0.347km^2 ，最大 15.543km^2 ，对每一区块位置、面积、地质环境条件、地质灾害现状评估、预测评估及综合评估作概括性叙述，确定其地质灾害严重程度与危险性大小分级，并对每个区块进行工程建设适宜性进行简要评估，详见表 6-2，依此编制地质灾害危险性综合评估图（附图 II）。

地质灾害危险性小的级别（I 级）有 3 个区，面积 17.817km^2 ，占评估总面积的 27.50%。现状地质灾害不明显；由于区内基本无村庄分布，井田开采引发的地面塌陷致灾危险性小。

地质灾害危险性中等的级别（II 级）有 4 个区，面积 16.295km^2 ，占评估总面积的 25.16%。区内崩塌、不稳定人工边坡、矿井突水、采空塌陷等均有分布，灾害点较多，分布密度相对较大，单个灾害点危险性以中等为主，个别灾害点危险性小，对拟建矿井工程和地面分布的村庄道路危害程度中等。

地质灾害危险性大的级别（III 级）有 5 个区，面积 30.673km^2 ，占评估总面积的 47.34%。以采空地面塌陷、矿井突水、崩塌和不稳定边坡为主，另外还有矸石堆放引发泥石流和小煤窑采空塌陷，灾害分布密度大，单个灾害点致灾危险性大为主，对拟建矿井工程和地面村庄、道路等公共设施危害严重。

6.3 工程建设适宜性评估

冯家塔煤矿建设工程在初步设计时，对清水川、海则庙沟等人口密集区和工业广场外围均设计有保护煤柱，最大限度降低煤炭开发引起的灾害损失，总体看大部分地段适宜或基本适宜井田开采。由于区内沟壑纵横，地形切割强烈，地质环境条件复杂，井田开采范围尚有居住分散的大量村庄、道路等公共设施，井田开采不可避免地遭受、引发和加剧地质灾害，如矿井突水、小煤窑采空塌陷以及煤矿开采引发的大面积采空塌陷，但经过合理设计、有效防治，可以达到煤矿开采和有效保护人民群众生命财产的要求，

故井田开采也视为基本适宜。

工业广场、排矸场、场外道路等地面附属设施选在较为开阔平坦的清水川阶地和两侧丘陵斜坡、沟谷地带，大部分地段地质灾害危险性小，建设场地适宜。但由于地形条件限制，工业广场等地面工程将不同程度地遭受崩塌灾害，大量削坡引发边坡失稳，矸石排放可能引发泥石流灾害。经过合理设计、有效防治，可以达到工业广场建设和矸石排放的要求，故建设场地也视为基本适宜

总体评估认为：地质灾害轻微、危险性小的区 17.817km^2 ，工程建设适宜；地质灾害一般、危险性中等的区 16.295km^2 ，工程建设基本适宜，经过有效的防治后，工程建设适宜；地质灾害严重、危险性大的区 30.673km^2 ，工程建设适宜性差，经过有效治理后，工程建设基本适宜。

6.4 小结

拟建冯家塔煤矿工程地质灾害危险性综合评估本次煤矿设计开采区采用定量和定性综合方法、工业广场等地面设施分布区和下阶段开采区采用定性综合分析的方法，依据有关技术要求确定地质灾害严重程度和危险性按三级划分，按照拟定的分级标准，共划分为 12 个区段，其中：地质灾害危险性小的级别（Ⅰ级）3 区，面积 17.817km^2 ，占评估总面积的 27.50%；地质灾害危险性中等的级别（Ⅱ级）4 区，面积 16.295km^2 ，占评估总面积的 25.16%；地质灾害危险性大的级别（Ⅲ级）5 区，面积 30.673km^2 ，占评估总面积的 47.34%。

有部分地段适宜井田开采和工业广场建设，大部分地质灾害危险性大和中等的区段，工程建设基本适宜或适宜性差，对其地质灾害与隐患采取有效的治理、防范措施后，工程建设是适宜或基本适宜的。

7. 地质灾害防治措施

防灾工作应本着“以防为主、避让与防治相结合”的方针，掌握时机，及早治理，目标是减少地质灾害的发生，把灾害损失减少到最低程度，从而保证拟建工程安全。

地质灾害的形成是致灾地质作用与受灾对象相遭遇的结果。没有致灾作用，灾害无法发生，而若致灾地质作用遇不到有价值的受灾对象，也造不成损失。因此，地质灾害的防治主要有两方面，一是阻止致灾作用与受灾对象相遭遇，即避让，二是对地质灾害的防治。针对本煤矿开发工程的特点、地质灾害的类型及其致灾地质作用，分别采取不同的治理措施。

7.1 地质灾害防治级别

地质灾害防治级别，依据国土资源部发布的有关技术要求，按三级划分：即重点防治（区）段、次重点防治（区）段、一般防治（区）段，根据地质灾害危险性综合评估结果，确定地质灾害严重、危险性大的区段为重点防治（区）段；地质灾害一般、危险性中等的区段为次重点防治（区）段；地质灾害轻微、危险性小的区段为一般防治（区）段。

拟建煤矿工程重点防治区 5 个，面积 30.673km²，占评估总面积的 47.34%；次重点防治区 4 个，面积 16.295km²，占评估总面积的 25.16%；一般防治区 3 个，面积 17.817km²，占评估总面积的 27.50%。详见附图 II。

7.2 地质灾害防治措施

7.2.1 采空区地面塌陷灾害的防治措施

冯家塔井田可采煤层厚度大，上覆岩土体厚度大多在 100~350m，东部局部地段 50~100m。地面塌陷引起的地表变形强烈，对建筑物的损毁程度严重~极严重。应针对不同的致灾对象特点采取相应的防治措施。

①在区内已有府准公路、沿黄公路（在建）下方采煤时，应按有关规范留设保护煤柱；

②煤矿开采影响范围内共有大小村庄 35 个，对较大的村庄如温家峁、赵寨村、柏林店、王来沟、杨庄则、尖装则、庄则梁、王家畔、冯家塔等十几处村民采集中驻地，可采用永久保护煤柱的方法。对井田内零散的居民区，可不留煤柱，按开采接替

顺序，分期分批搬迁至安全地带，即避绕，减少煤炭资源损失。

③对井田内的供电线路、供水及乡间道路，采取“采后恢复”措施，开采中或开采稳定后及时对其维修、养护。对地面出现的塌陷坑、塌陷台阶、裂缝应及时填平修复，恢复植被，防止土地荒漠化和水土流失。对群众饮用水井应监测其水位变化，因采煤造成水位大幅下降或干枯，及时采取补救措施，以确保群众正常生活。

④清水川左岸工业场地西南侧和部分电厂公路，可能受到采空塌陷造成的危害，此处 2 号煤层埋深 150—200m，煤层开采后影响宽度 75—100m，建议保护煤柱宽度不小于 100m；对于清水川右岸工业场地西侧，设计保护煤柱宽度较小，部分地段仅 50m，也可能受到采空塌陷造成的危害，此处 2 号煤层埋深 100—150m，煤层开采后影响宽度 50—75m，建议保护煤柱宽度均不得小于 75m；

⑤在煤矿开采过程中，按工作面、盘区开采情况，布设观测断面，进行长期地面变形观测，也可进行数字模拟地面变形研究。根据观测和研究结果，总结该区沉陷变形的规律。对可能涉及的村庄和住户，尽量做到提前告知，以减少地表沉陷造成的损失。

7.2.2 矿井突水灾害的防治措施

预测评估井田开采可能遭受的矿井突水，应针对不同突水类型及危险性采取相应防治措施。

①对于石窑沟、厂房沟、油磨咀沟等 5 处因导水裂隙沟通沟谷洪流形成矿井突水的地段，应留设一定的保护煤柱，防止灾害发生。

②位于井田西部矿井突水为底板突水，岩溶水头高出煤层底板 197.70~360m，发生突水的可能性较大，尤其是西北角清水川断裂带附近，可能赋存较为丰富的岩溶水，突水水源充足，矿井突水危险大。在此区段掘进或开采过程中，遇见断层、裂隙或钻孔时，要注意观察，以防止突然漏水发生。在生产过程中，加强井下放排水，采取防、堵、疏、排等必要的措施，严格执行《煤矿防治水工作条例》，确保矿井生产安全。在此建议，可放弃对西北角断裂带附近 9⁻¹、9⁻²、10⁻¹、10⁻²、11 号等煤层的开采。

③井田内 3 个小水库，首采 2 号煤层时，导水裂隙带未至库底，对水库安全影响不大，形成矿井突水机率甚小。但在复采下伏煤层时，地质条件已发生较大变化，不能完全排除可能有少部分裂隙沟通至库底，从而对水库和矿井安全构成威胁，建议在复采时定期监测库水位变化，以防突水灾害发生。为确保万无一失，可在水库下留设一定煤柱。

7.2.3 已有小煤窑采空区的防治措施

首先对采区范围内的 13 处小煤窑进行进一步调查，确定其准确采空范围及坐标位置，估算其积水量，调查不能确定的，建议开展采空区勘察，然后制定合理的开采方案。开采前，应对小煤窑内积水进行抽排放，以防突水发生。在开采其上下煤层时，注意观察顶底板变化，防止塌陷发生，影响采煤安全，必要时可采取超前探测，发现问题及时采取补救措施。

7.2.4 崩塌灾害的防治措施

崩塌是评估区最为发育的一种现状地质灾害，共 17 处。预测评估有 8 处崩塌(B₁、B₂、B₃、B₅、B₆、B₇、B₈、B₁₁)可能对拟建工业场地及场外道路构成危害，措施如下：

①B₁、B₂两处小型基岩崩塌，在施工将予以全部挖除，仅对施工构成影响，开挖前应对危岩体进行清除，并采取由上至下逐级开挖；

②B₃、B₅、B₈等 3 处基岩崩塌，主要对排矸道路及矸石换装站构成威胁，由于分布宽度大，稳定性差，首先应考虑避让措施，即重新设计排矸公路及换装站位置，若条件不允许，采取如下措施：对直立后壁分布的大量危岩体进行清除，清除困难的需采取一定的支挡措施。

③B₉、B₅、B₆、B₇、B₈等 5 处基岩崩塌成群分布，影响排矸施工安全，危险性中等，建议：在矸石堆放过程中，避免在暴雨或连阴雨天进入崩塌发育区，派专人对两侧陡坡危岩体进行观察，若有险情，提前通知，以防灾害发生。

④B₁₁崩塌主要对爆破材料库构成威胁，采取工程措施：对大的危岩体进行爆破清除，清除困难的应采取钢网喷或锚索喷等措施加固岩体。

7.2.5 人工边坡失稳的防治措施

由于地形条件限制，工业场地和场外道路施工削坡形成大量人工边坡，是矿井地面工程受到最为严重的灾害。

区内人工边坡组成岩性以砂、泥岩为主，岩体破碎，部分边坡上部为 10~15m 厚黄土，工程性能差，措施如下：

①对自然斜坡表面的危岩体、碎石进行清除；

②岩质边坡可采用直线陡坡型，边坡表面采用锚网喷护或锚杆加固措施，下部修筑一定高度挡墙；

③土质边坡可采用直线缓坡型，边坡上部设置截排水沟，再辅以生物措施，防止雨水冲刷；

④边坡的设计、开挖严格执行《建筑边坡工程技术规范》有关要求。

7.2.6 矸石场引发泥石流灾害的防治措施

预测评估矸石场矸石堆放引发泥石流灾害危险性中等，建议：矸石堆放应层层压实，对沟口设计的拦矸坝应修筑稳固，当排矸场填满后，应根据需要进行复垦，排除长期隐患。

8. 结论与建议

8.1 结论

1、冯家塔井田位于黄河西岸的土石丘陵区，沟壑纵横，地形支离破碎，沟谷深切，水土流失严重，生态环境脆弱，评估区地质环境条件属复杂类型。冯家塔煤矿是府谷清水川电厂的配套供煤矿井，是陕北煤电基地的重要组成部分，该煤矿建设，对榆林电网安全、经济的运行，促进陕北煤炭资源的开发，加快榆林地区经济发展具有十分重要意义。冯家塔煤矿设计生产能力 6.0Mt/a，属大型矿山，为重要建设项目。确定本项目评估级别为一级评估。评估面积 64.778km²。

2、评估区现状地质灾害主要有崩塌、滑坡及潜在采空塌陷等 3 种灾害。

分布 17 处崩塌，除 1 处黄土崩塌外，其余 16 处均为基岩崩塌，其中中型 5 处，小型 12 处；仅有 1 处（B16）现状稳定，其余 16 处现状稳定性均差或较差，再次发生崩塌可能性较大；危险性现状评估危险性大的 2 处（B4、B9），危险性中等的 6 处（B3、B10、B12、B13、B15、B17），其余 9 处危险性小；分布 16 处小煤窑，形成面积 800~35000m²大小不等的采空区，构成潜在的采空塌陷，影响 6 个自然村的 500 人、300 间房窑安全，现状评估危险性均小；分布 1 处小型黄土滑坡，稳定性较差，现状评估危险性中等。

3、预测评估结果表明：冯家塔煤矿井田开采在段家塬—赵寨以西可能遭受岩溶水突水，大部分地段遭受突水危险性中等。常圪尖—川根底—下魏寨一带清水川地堑两侧受 F1、F4 断裂沟通，岩溶水富水性可能较强，遭受岩溶水突水危险性大。

煤层采空区地面塌陷是煤矿工程建设引发的最主要的地质灾害，首采煤层采空后，全区将会出现沉陷盆地，地面塌陷变形不仅造成川根底—尖堡则—高粱沟以东大部地区地面建筑毁损程度为 IV 级（严重—极度严重），并沿沟谷两侧引发新的崩塌、滑坡，从而直接危及沟谷两侧的村庄、学校、道路等公共设施的安全。1、2 两个采区采空区覆岩变形所形成的冒落带及导水裂隙带在沟谷地段可直接切及地表，可能引起地表水体贯入矿坑，从而引发矿井突水，以石窑沟、厂房沟、王来家沟、油磨咀沟等沟谷尤为严重，预测评估危险性大。

井田开采可能加剧 13 处小煤窑采空区塌陷。其中：1 采区开采 4 号煤时加剧 MY06 采空区塌陷危险性中等，2 采区开采 8 号煤时加剧 MY02 采空区塌陷的危险性大；井

田东南角下阶段采区煤炭开采加剧 MY09、MY11 采空区塌陷危险性中等；其余 9 处危险性小。

工业场地可能遭受 2 处（B1、B2）崩塌灾害，炸药库道路可能遭受 B11 崩塌灾害，排矸场可能遭受 5 处（B3、B5、B6、B7、B8）崩塌灾害。清水川北岸工业场地和排矸道路、通炸药库道路因地质环境条件限制存在大量的削坡，而需削坡地段斜坡均受到 F1、F4 断裂影响，引发或加剧边坡失稳危险性大。排矸场引发泥石流灾害中等。

4、拟建冯家塔煤矿工程地质灾害危险性综合评估煤矿设计开采区采用定量和定性综合方法、工业广场等地面设施分布区和下阶段开采区采用定性综合分析的方法，依据有关技术要求确定地质灾害严重程度和危险性按三级划分，按照拟定的分级标准，共划分为 12 个区段，其中：地质灾害危险性小的级别（Ⅰ级）3 区，面积 17.817km²，占评估总面积的 27.50%；地质灾害危险性中等的级别（Ⅱ级）4 区，面积 16.295km²，占评估总面积的 25.16%；地质灾害危险性大的级别（Ⅲ级）5 区，面积 30.673km²，占评估总面积的 47.34%。

工程建设适宜性评估结果：部分地段适宜井田开采和工业广场建设，大部分地质灾害危险性大和中等的区段，工程建设基本适宜或适宜性差，对其地质灾害与隐患采取有效的治理、防范措施后，工程建设是适宜或基本适宜的。

8.2 建议

1、评估区内段家塬—赵寨以西井田开采可能引发岩溶突水，但该区岩溶水文地质条件总体研究程度低，尤其是川根底以上地段沿清水川断裂影响带两侧岩溶赋存富集情况以及墙头—高石崖挠析带对岩溶水与上覆含水层的沟通情况需进一步研究和认识，以便正确评价煤层底板突水及可能的最大突水量。

2、在矿井工程建设和生产期间，开发单位应对矿区主要地质灾害隐患点开展监测预防，着重对村庄、学校和公路等公用设施进行重点监测，出现隐患及时采取应对措施，做到防患于未然。

3、考虑到区内可采煤层层数多，采厚大，在井田范围内，分别在丘陵和河、沟谷段选择 2~4 处典型地段建立采空区地面塌陷变形动态监测网，结合地表变形量与开采煤层深、采厚、开采规模、工作面推进速度与放顶滞后时间的敏感程度分析，为后续生产提供基础资料。

4、查明井田东南部开采范围内小煤窑的采空区规模和老窑积水情况，以确保安

全生产。

5、井口东南部下阶段采区因未设计开采方案，本次暂按综合机械化开采进行评估，建议该区在设计方案确定后必须重新进行评估，以准确评价其危险性。

6、在地质灾害危险性大区及重点防治地段特别是工业场地南侧预留保护煤柱时，应充分考虑到裂隙的延伸及地面变形的外延，留足留够保护煤柱，以确保重点防治地段煤矿生产设施及村庄、公路的安全。因排矸沟长度及汇水面积较大，应注意分 2~3 级修筑拦挡坝。

7、矿山开采是动态的，随着开采年限的增加，地下采空范围的扩大，矸石排量的增多，地质灾害的危险性越来越大，建议：在二水平开采时，应对矿山地质灾害危险性再进行一次评估，以提高矿井生产的安全性。