

# 扎舒兰露天煤矿疏干排水综合治理

沈政<sup>1</sup> 仝宇珍<sup>2</sup>

1. 中国神华海外开发投资有限公司 北京 100102

2. 大地工程开发(集团)有限公司 北京 100102

**摘要:** 结合矿区水文地质条件及露天矿开采规划,采用平行疏干方式降低地下水位,依据俄罗斯环境保护法规相关要求,建立采掘场疏干排水系统。在采掘场内设置平盘排水沟,将含水层涌水及大气降水汇水导入采掘场坑底排水泵站集水池,利用泵排方式将矿坑水排至水处理设施进行处理,同样,外排土场汇水即地表扰动区汇水,集中后采用泵排方式通过排土场排水管路导入水处理设施处理。露天矿外围地表汇水及露天矿境界内地表汇水为非扰动区汇水,可直接排放,利用导流坝及防洪沟等将汇水导入采掘场东西两侧沟道,最终汇入天然河道。利用自然地形特征,因地制宜地建立水处理设施,通过3级坝处理矿坑水、雨水及融水,去除水中悬浮物和石油类等污染物,再通过紫外线和超声波装置处理水中微生物成分,满足排放要求。

**关键词:** 露天煤矿;疏干排水;矿坑水;

## 1 项目区概况

扎舒兰露天煤矿位于后贝加尔边疆区红奇科伊行政区,在铁路站点彼得罗夫斯克-后贝加尔斯克东南115km和什姆比利克镇东南26km处。

### 1.1 地形地貌

项目区位于奇科伊河左岸,呈奇科伊盆地特征,阶地和河漫滩区域内地形起伏较大,为缓倾斜和丘陵地貌,地面标高在755 m~865m。露天矿整体地形为近水平状,局部区域地形倾斜角为5-15°,有时达20°。矿区被松散的第四纪沉积层所覆盖,其厚度在5~52 m。

### 1.2 水文

区内水系发育,奇科伊河是本区主要河流。区内河流坡降比较平缓,水流速度1.0~1.3m/s,深水段水深2~3m,浅水段水深0.5~0.6m,河流通常在11月中旬冻结,翌年5月上旬解冻。河流补给大多来自大气降水,融水总径流量占年径流量的12~18%。水文状况为高水位的春季丰水期、夏秋平水期、暖和季节的洪水期以及低水位的冬季平水期。

### 1.3 气象条件

本区属典型大陆性气候,冬天寒冷而漫长,夏天干燥而短暂。最热月份(七月)平均最高气温24.4℃,最冷月份(一月)平均最低气温-31.3℃(最低-49.7℃)。年降水量300~400mm,平均384mm。平均冻土厚度3.0m,最大可达5.5~6.0m。

## 2 矿区水文地质

矿区属中后贝加尔水文地质褶皱区,矿区地下水较为丰富,含水层自上向下划分为:

第四纪沉积含水层( $Q_{IV}$ ):主要成分是砂砾,含水层平均厚度6.5m,渗透系数29.2~35.3m/d。补给源为大气降水渗入、煤系地层的地下水渗透补给以及春汛洪水径流的入渗。

煤系地层上含水层组( $K_{1al}$ );主要由厚度不大的泥质粉砂岩和粉砂岩组成,在扎舒兰向斜范围内含水层组沿区域分布有限,并向区域北部延伸。

煤系地层含水层组( $K_{1tg}$ ):分布于XI煤层,主要由砂岩、粉砂岩、泥质页岩和煤层构成,其中以砂岩为主。含水层深度70~100m时导水系数为11~527m<sup>2</sup>/d,平均为235 m<sup>2</sup>/d。深度大于100m时导水系数为22~47 m<sup>2</sup>/d,平均为35 m<sup>2</sup>/d。煤系地层含水层组主要是依靠煤层下方含水层通过不透水岩层中的“天窗”进行越流补给,而地下水通过第四纪沉积含水层中砂砾-卵石沉积层下方的露头进行排泄。

煤系地层下含水层组( $K_{1tg-dr}$ ):赋存于季格宁岩系下层和达罗宁岩系上层。季格宁沉积层下层为灰色细砂岩、中粒砂岩、粉砂岩和部分薄煤层互层。达罗宁岩系上层由不含煤的砂质砾岩组成。据相邻地区的红奇科伊矿区水文钻孔数据,单位涌水量变化范围为0.2~0.88 L/s.m.,平均渗透系数为2.29 m/d。

## 3 疏排水研究

### 3.1 采掘场充水因素分析

扎舒兰矿区水文地质条件复杂,矿区煤层分布在各煤层隐伏露头以北区域,整体呈由南向北单斜结构,向北侧奇科伊河埋深逐步增大,向南侧各煤层露头逐步尖灭。第四系地层在矿区范围内广泛分布,不整合于煤系

地层之上。由于矿区范围内地下水较为丰富，在露天开采过程中，随着露天采掘场的逐渐降段，逐步揭露各含水层，地下水将直接进入采掘场。大气降水、第四纪沉积含水层、煤系地层上含水层组、煤系地层含水层组地下水为采掘场的主要地下水充水水源，煤系地层下含水层组地下水为次要充水水源。

### 3.2 疏干排水

#### (1) 地下水涌水量预测

结合矿区水文地质条件，计算域边界条件概化为：奇科伊河一侧为给水边界，奇科伊盆地南侧为隔水边界，其他方向为无限补给边界。采用廊道法计算采掘场地下水涌水量，考虑冻融水体和暴雨径流对露天矿采掘场地下水的补给因素，地下水涌水量估算最大值按计算值的1.2倍确定，达产年正常涌水量为805.00 m<sup>3</sup>/h，最大值为967.00 m<sup>3</sup>/h。

#### (2) 疏干排水方案

鉴于俄罗斯对环保要求较严格，经过详细分析研究，根据矿山工程布置特点，采用分区布设方式建立露天矿疏干排水系统，并集中排放矿坑水及地面扰动区汇水，以便于水的处理。

**采掘场矿坑水排水系统：**本区含水层渗透性较差且赋存冻土层，不宜采用地面降水孔疏干方式，经技术经济比较及考察当地矿山疏干降水方法，选择平行疏干方式。随着采掘场揭露各含水层，地下水在采场边帮渗出后，在平盘设置平盘排水沟，将含水层涌水及大气降水汇水有序排至采掘场坑底排水泵站集水池，通过泵排方式经排水管路将矿坑水导至3级坝水处理设施。

**外排土场防排水系统：**外排土场作为人工扰动形成的巨大地表堆垫体，在各级平盘和排土场坡脚建立边沟、土堤、围挡、导流槽等规整流路措施，在排土场底部选取地势平坦，利于地表汇流的地带建立雨水和融水沉淀池，设置汇水泵站，采用泵排方式通过排土场排水管路导入3级坝水处理设施。

**露天矿外围防排水系统：**采掘场截断奇科伊河支流伊万诺夫卡河后，导致上游汇水直接进入露天矿采掘场。经过对天然地形特征和矿山工程位置分析研究，在露天矿外围南侧上游来水方向建立导流坝和与之配套的河流改道工程防洪沟工程，拦截南侧上游地表径流，再采用导流分洪等工程措施，改变地表天然流场，分别疏导进入露天矿西侧、东侧场区外的露天矿外围西侧防排水系统和露天矿外围东侧防排水系统，最终汇入奇科伊河。

**露天矿境界内防排水系统：**疏导采掘场西北侧地面径流，在采掘场西北侧设置截水沟。在采掘场东侧和东

南侧上游和外围防排水系统之间，被截流的伊万诺夫卡河段尚有部分汇水，设计建立地表径流挡水坝拦截汇水，导入排水泵站采用泵排方式通过地表排水管路，导入露天矿外围东侧防排水系统排出场外。

### 4 矿坑水及扰动区汇水处理

采掘场矿坑水及扰动区汇水通过泵排集中收集于露天矿废水、雨水和融水沉淀池，水中主要污染物为悬浮物及石油类。根据《俄罗斯联邦水法》，为了防止和减少废水排放对地表水体和地下水可能产生的负面影响，必须进行净化和消毒，将净化后达标的水用于生产，减少向自然水体排放的废水量。为了净化采掘场矿坑水及扰动区汇水，建立以3级坝为核心的水处理设施，处理流程如图1所示。

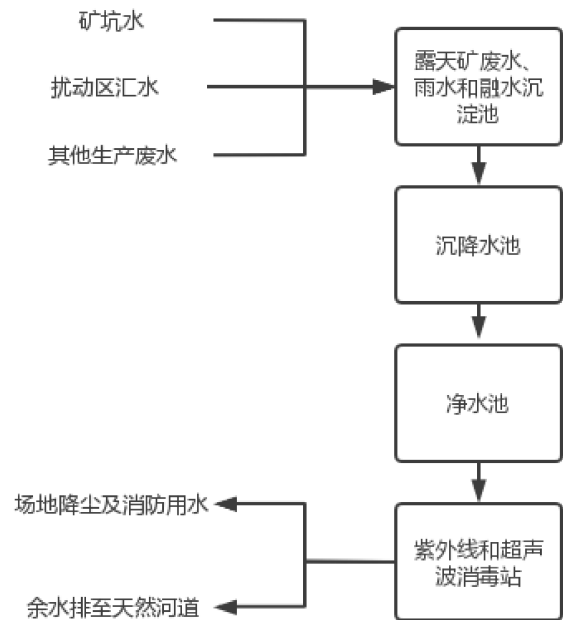


图1 水处理设施工艺流程

#### 4.1 露天矿废水、雨水和融水沉淀池

在重力作用下，部分悬浮物颗粒在沉淀池中发生沉降，为了回收露天矿废水、雨水和融水沉淀池水中的石油类污染物，设置防护栅，防护栅拦截石油类成分的效率不低于85%。上层池水通过自然溢流到排水管道进入下一级沉降水池。

#### 4.2 沉降水池

上级池水在本池发生进一步沉降，在水头压力的作用下，沉降水池的水通过滤水坝自然渗流进入下一级净水池，在滤水坝岩体孔隙中，悬浮颗粒通过滞留在窄孔隙中和粘附在宽孔隙壁上而被吸附。滤水坝内设有沸石层，利用沸石来重金属、铁等，并进一步去除水中悬浮物和石油类污染物，监测沉降水池中水质，污染物去除

效率降低时，及时更换吸附剂（沸石）。为了保护吸附层沸石免受冲刷，设置防护层。过滤坝对水质的过滤效果见下表1。

表1 露天矿矿坑水及扰动区汇水净化效果表

污染物质	沉淀池污染物最大浓度值 (mg/L)	沉淀池的净化率 (%)	沉降水池污染物浓度 (滤水坝前) (mg/L)	允许浓度值 (mg/L)	滤水坝的净化率 (%)	净水池中污染物浓度 (mg/L)
悬浮物	23.048	88	2,776	5	73,0	0,750
铁	1,4		1,4	0,2	99,3	0,1
锰	1,04		1,04	0,01	99,0	0,01
铜	0,3		0,3	0,008	99,6	0,001
石油类	0,393	85	0,059	0,05	17,0	0,049
硫酸盐	37,1		37,1	25	32,7	24,968
锌	0,5		0,5	0,01	98,0	0,01

### 4.3 净水池

经过滤水坝的水进入净水池，池水经管道输送至消毒站中紫外超声波消毒，水的紫外线消毒技术是一种现代化工艺，对各种微生物兼有高效作用，超声波辐射器引起处理水的超声空化，从而毁坏致病性细菌、病毒，并导致有机杂质迅速氧化，进一步提高水处理效果。此外，紫外线照射保护石英管与反应容器内表面，超声波

振动可防止生物污染。此方法不会产生额外污染物质，具有操作的安全性。处理完的水可利用泵余压回用到机修场地，可用于场地降尘浇洒、消防用水等，实现废水再利用，达到自然排放标准，余水可通过自流管道排至伊万诺夫卡河。

3级坝水处理设施处理能力见表1，水质可满足生产用水及排放要求，水处理设施结构见图2。

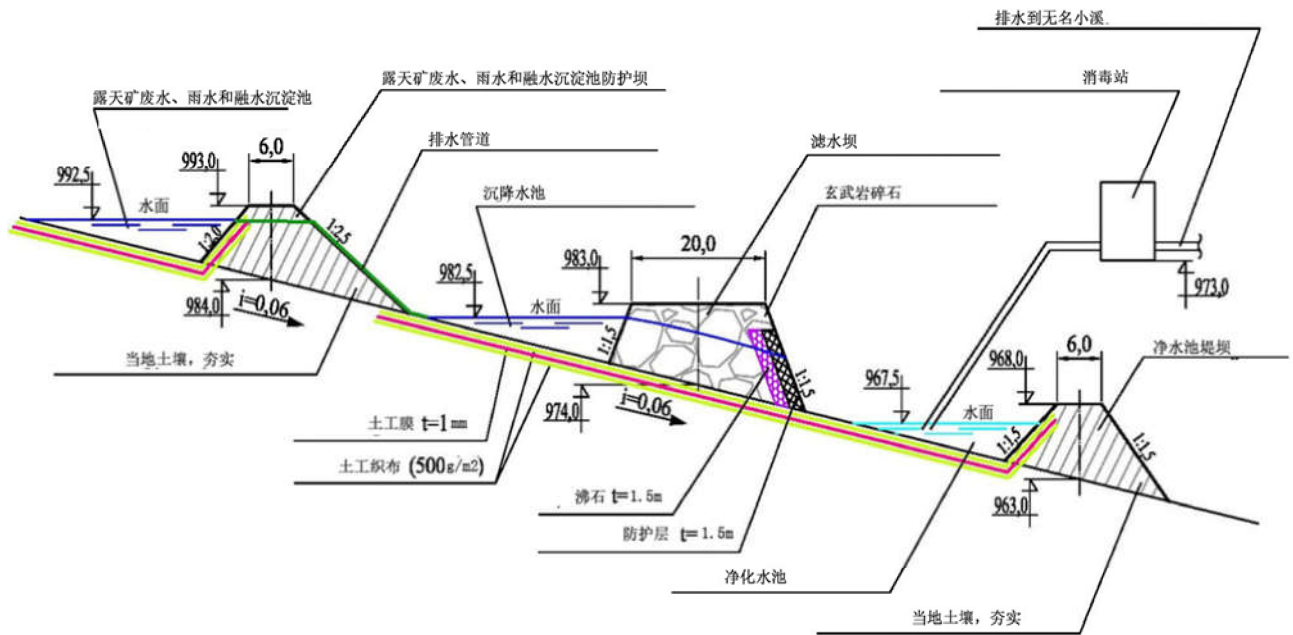


图2 3级坝水处理设施示意图

### 5 结束语

(1) 依据矿区水文地质条件及露天矿开采要求，制定露天矿疏干排水方案，综合考虑环保等因素，建立疏干排水系统。采用平行疏干方式降低地下水位，设置平盘排水沟，将含水层涌水及大气降水汇水导入采掘场坑底排水泵站集水池，利用泵排方式将矿坑水排至露天矿

废水、雨水和融水处理设施。

(2) 外排土场排水系统收集的扰动区汇水，不能直接排放，采用泵排方式通过排土场排水管路导入露天矿废水、雨水和融水处理设施。

(3) 露天矿外围防排水系统及露天矿境界内防排水系统收集非扰动区汇水，可直接排放，利用导流坝及防

洪沟等将汇水导入采掘场东西两侧沟道，最终汇入奇科伊河。

(4) 根据俄罗斯相关环境法规，对矿坑水及扰动区汇水进行处理并回收利用。创新地根据矿区地形建立三级过滤坝对生产废水进行处理，通过自然溢流和渗流过程，加以物理吸附处理水中悬浮物和石油类等污染物，再通过紫外线和超声波装置处理水中微生物成分，达到可再利用的水质标准，过程环保健康，无其他有毒物质

产生，具有操作的安全性。

#### 参考文献

[1] M. B. 莫洛科夫、B. H. 希夫林《城市和工业现场地表径流处理》

[2] 《关于防止煤炭工业地区地表径流污染、分流和处理的临时建议》彼尔姆1985年

[3] 《煤炭工业用水和废水处理标准制定指导意见》彼尔姆 1980年