

矿井涌水量分析与防治建议

鲁伟元

沈阳远鹏矿业咨询有限公司 辽宁沈阳 110032

摘要: 某大型裂隙矿床为露天开采,其侵蚀基准面以上矿体已开采完毕,现已转入地下开采,为解决地下开采的疏干排水问题,进行了水文地质工程地质勘察,本文利用水文地质勘察资料,在研究分析某大型露天转地下开采矿山的水文地质条件的基础上,通过对矿井涌水量的比算与预测,对其防治方案进行了探讨。

关键词: 露天开采; 地下开采; 矿井涌水量; 防治措施

矿山始建于1991年,经过30年的露天开采,已形成一个较大的露天采场,为封闭露天采场,总体形状呈圆形,采场南北长约1050m,东西长约615m。目前露天采场最低标高为-45.69m,最高标高为+208.5m,露天采场已形成若干个平台,平台宽度不规则,最宽处可达20m,最窄处仅有1.5m,台阶高度10m~20m,边坡角 35° ~ 65° 。目前凹陷露天采坑已无法满足矿山开采需求,矿山已全面转为地下开采。

一、矿区自然地理地质条件

1. 地形地貌

矿区位于丘陵区,矿区最高点位于矿区东部,标高为257.8m;矿区最低点位于矿区南部,标高为83.1m。矿区地貌景观呈现北高南低。

2. 气象

矿区区域属温带大陆性气候,年平均气温 9.2° ,年最高气温 36.6° ,年最低气温 -30.4° ;年平均蒸发量1482.2mm;年平均降水量710.9mm,年最大降水量1170.6mm,年最小降水量463.3mm,日最大降水量205.0mm,雨季雨日最大降水量205.0mm;最大冻土深度105cm。

3. 水文

柳河是矿区附近的主要地表水体,河水由东向西从矿区南部流过。柳河在矿区南部河床宽100m,河床两侧由毛石砌筑的堤坝。柳河为季节性河流,雨季河水流量增大,河水位升高;枯水季节河水流量减少,河水位降低,甚至干涸。

4. 地层岩性

矿区出露的地层为太古界鞍山群大峪沟组变质岩系和新生界第四系。其中鞍山群大峪沟组变质岩系自下而上为:云母石英片岩(云母石英岩)层、粗粒斜长角闪岩(黑云斜长角闪岩)层、石英岩(含云母石英岩)层、第二含铁层、石榴石英云母片岩层。

(1) 大峪沟组

①云母石英片岩(云母石英岩)层:由云母石英片岩和受混合的云母石英岩组成。多分布在矿区两侧的东西山脊,呈 30° ~ 40° 走向,倾向北西,倾角 38° ~ 65° ,地表出露宽度10~60m。

②粗粒斜长角闪岩(黑云斜长角闪岩)层:呈残留体赋存于片麻状混合岩中,于东沟的北山南坡见该层呈明显的褶皱构造,为轴向 25° ,向南西侧伏的向斜。

③石英岩(含云母石英岩)层:分布于0~400线间,似层状或扁豆状,走向 30° ,倾向北西或南东,倾角 54° ~ 68° 。地表出露宽度8~15m,局部见该层与FeP1-2矿体直接接触,界线清晰,呈整合接触关系。

④第二含铁层:于东沟地表出露较佳,在1200线以南多隐伏在混合岩中,呈褶皱构造,轴向 25° ~ 35° ,轴面倾向北西,倾角 30° ~ 70° ,厚度30~80m。

⑤石榴石英云母片岩层:该层产状、形态特征与第二含铁层相同,并与下伏的含铁层中透闪阳起岩及石英阳起岩呈相变关系。此层与第二含铁层的区别是在矿物组合上不同。

(2) 第四系

由残积、坡积、冲洪积层组成。其中残积层分布在山脊附近,厚度 <0.5 m,一般不发育。坡积层分布在山腰及山脚等处,其厚1~5m。冲洪积层多分布在勘查区的中南部的山谷低洼及地势平坦开阔之处,厚一般为1~10m左右。

作者简介: 鲁伟元(1986—),男,汉族,甘肃省张掖市人,本科,沈阳远鹏矿业咨询有限公司,工程师,矿山地质环境保护与土地复垦。

5. 构造

矿区内整个含矿岩系构成一个较完整的向斜构造, 轴向 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$, 轴面倾向北西, 并以 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 角向南西侧伏、开阔, 呈勾子形状, 控制矿体形态。

矿区断裂构造主要有断层F1、F2、F3。断层F1走向 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 倾向北西, 倾角 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 该断层将FeP1-2矿体北端的北西翼0~100线间矿体重复加厚; 断层F2走向 $15^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 倾向北西, 倾角 $45^{\circ} \sim 77^{\circ}$, 断距12m~30m, 并将-200线~400线间的FeP1-2矿体分为上、下两个矿块; F3断层分布在矿区东部200~400线之间, F3断层走向 276° , 倾向南西, 倾角 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

二、矿(床)区水文地质特征

1. 矿区水文地质条件

矿床原采用露天开采方式开采, 2018年后转为地下开采方式开采, 矿床储量计算底界的标高为-500m, 矿区最低侵蚀基准面标高为83.1m, 矿床位于风化裂隙、构造裂隙弱含水层中, 水文地质边界可视为无限均质裂隙含水层, 水文地质边界简单。

2. 矿区含水层及其特征

矿区主要含水层为第四系砂砾石孔隙含水层和基岩风化裂隙、构造裂隙含水层。

(1) 第四系砂砾石孔隙含水层

主要为冲积、洪积形成的砂砾石层。呈带状分布在柳河的河谷及两侧的山间沟谷地带。上部多为含砾亚砂土和亚粘土所覆盖, 下部多为基岩强风化带。砂砾石层厚1~8m, 成分主要为砾石及粗、中、细、粉沙及黏土等。砾石原岩成分主要为混合花岗岩、磁铁石英岩、云母石英片岩、变粒岩及脉岩等。第四系砂砾石孔隙含水层补给源为大气降水和河水补给, 地下水位受大气降水影响明显, 雨季地下水位上升, 旱季地下水位下降, 地下水位变幅1~2m。地下水的排泄途径为河流及地下径流。水化学类型 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{K} + \text{Na}$ 或 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ 型, 矿化度0.1~0.3g/L, 根据民井抽水试验测得单位涌水量渗透系数5.96~52.19m/d, 单位涌水量0.197~3.165L/s.m, 该含水层富水性中等~强富水性。

(2) 裂隙含水层

该含水层主要岩性为混合岩、变粒岩、斜长角闪岩以及云母石英片岩、含铁石英岩等。

风化裂隙、构造裂隙发育深度为30~50m, 发育程度较差, 基岩风化裂隙、构造裂隙含水层主要接受大气降水补给, 在山谷低地亦接受上部第四系孔隙水的补给。水化学类型为 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{K} + \text{Na}$, 矿化度 $<0.3\text{g/L}$, 根据以往钻孔抽水试验: 地下水渗透系数在0.056~0.20m/d,

钻孔单位涌量0.011L/s.m, 该含水层为弱富水性含水层。

微风化基岩位于中风化基岩下部, 深度一般在地表50m以下, 风化裂隙不发育, 基岩渗透系数小, 弱透水。

3. 矿区隔水层及其特征

矿区隔水层主要有第四系残坡积粘性土。主要岩性为残坡积粉质黏土, 粉质黏土呈黄褐色、硬塑状态, 分布在矿区西部、南部地表, 厚度0.5~9.5m。该层渗透系数小、弱透水或不透水为隔水层。

4. 矿床充水因素

(1) 矿床含水层对矿床充水的影响

第四系孔隙水含水层虽然含水丰富, 但分布范围有限, 且与大部分矿体距离较远, 故对矿床充水的影响小。

基岩风化裂隙水含水层位于矿体上部强风化、中风化带中, 平均厚度40m, 但由于透水性差, 弱富水, 对矿床充水影响小。

矿区F1、F2断层基岩构造裂隙含水层发育规模较小, 其导水性和富水性均不强, 对矿床充水影响较小。

(2) 地表水体对矿床充水的影响

柳河是矿区附近的主要地表水体, 河水补给第四系冲洪积砂砾石含水层、基岩裂隙含水层。根据物探勘查资料, 柳河北部基岩没有断裂破碎带通过矿区, 柳河水只能通过砂砾石孔隙、基岩裂隙进入矿床。因此, 矿区地表水柳河对矿床充水影响小。

(3) 大气降水对矿床充水的影响

本矿床属于露天转地下露天采矿场, 排洪沟以内的大气降水雨季汇流到露天采矿场底部通过采空区渗入到矿坑内, 且水量较大, 易造成矿床涌水, 因此, 大气降水对矿床充水有较大影响。

(4) 老隆水对矿床充水的影响

矿区地下开采设计采用无底柱分段崩落法开采。在生产中, 如果采空区面积很大时, 岩石顶板仍然不能自然冒落, 需要在空区的边缘, 用深孔强制崩落顶板。随着采矿水平的下降, 及时处理顶板岩石, 确保覆盖层厚度, 保证回采作业安全。因此, 矿床开采过程中不会形成老隆水, 老隆水对矿床充水没有影响。

(5) 生产矿井对矿床充水的影响

矿床经过多年的开采, 已形成一个大的露天采场, 采场最低标高-46.69m, 低于当地侵蚀基准面标高(83.1m)。现露天采矿场地表无植被、无风化地层, 地形有利于大气降水直接汇入到露天采矿场底部, 通过露天采矿场底部岩覆盖层涌入地下, 对矿床充水影响较大, 雨季露天采矿场汇集大气降水涌入地下采矿场的水量是矿床地下排水的主要部分。

综上所述, 矿床属于以裂隙水充水为主水文地质条

件简单类型。影响矿床充水的因素主要为大气降水，未来坑内采场中的涌水主要来自大气降水，尤其是采空区暴雨渗入量，它是今后矿山开采的主要危害因素。

三、矿井涌水量计算

矿山开采方式为井巷开采，现阶段收集水仓所在水平标高为-410m，本次预测-500m水平标高涌水量。根据现阶段矿床水文地质条件及开采现状，选择地下水动力学中“比拟法”对矿坑涌水量进行预测。

1. 计算方法及参数选取

$$Q = Q_0 \frac{F}{F_0} \times \sqrt[3]{\frac{S}{S_0}}$$

Q—预测-500m水平矿坑涌水量（m³/d）

Q₀—目前坑道排水量（m³/d）；矿坑平均排水量约为Q_平=1130m³/d，日最大排水量约为Q_天=10650m³/d，得出雨季大气降水采坑的渗入量为9520m³/d。

F—设计坑道面积（m²）；根据矿体赋存情况及设计坑道面积，结合预测-500m中段矿山涌水量标高，圈定预测-500m开采水平涌水量坑道面积约为230000m²。

F₀—目前坑道面积（m²）；根据目前矿山开采现状及坑道平面图初步圈定坑道面积约为160000m²。

S—设计坑道开采水位降深（m）；预测-500m开采水平标高矿坑涌水量水位降深值为S=433m。

S₀—目前坑道开采水位降低（m）；根据水文地质调查成果并结合施工钻孔简易水文观测资料综合确定，矿山静水位标高约为-67m，目前坑道水位为坑道底部标高-410m，故水位降低值S₀=343m。

2. 计算预测结果

通过计算，矿山正常涌水量为1754m³/d，最大涌水量为基岩裂隙水的渗入量和雨季大气降水采坑汇水的渗入量，基岩裂隙水的渗入量即为矿山正常涌水量1754m³/d，雨季大气降水采坑汇水的渗入量采用现在的雨季大气降水采坑的渗入量9520m³/d，故矿山最大涌水量为11274m³/d。结合矿山实际排水量来看，通过比拟法计算得出的矿井涌水量与实际比较接近。

四、矿井涌（突）水危险性评价

矿井涌水因素主要是露天采矿场底部面积和大气降水强度。矿区采用无底柱分段崩落法开采，无底柱分段崩落法要求在覆盖层下进行放矿，随着矿石的放出，覆盖岩石随之下降，顶板岩石适时冒落，充满采空区，实现地压管理。随着矿床开采深度的增加，露天采矿场底部面积变化较小，因此，大气降水的强度是矿井涌水的主要影响因素，当大气降水强度足够大时，矿井就会发生涌水。矿区露天采矿场外围的排洪沟将露天采矿场外围汇水范围内的大气降水直接排出矿区，如排洪沟损坏

至排洪沟外部的大气降水直接流入露天采矿场，也能造成矿井涌水。因此矿床开采具有发生涌水的危险性。

五、矿井涌水的防治建议

通过对该矿床充水水源、充水条件和边界条件的研究，对露天采坑和矿井涌水进行了计算，认为暴雨将是凹陷境界圈内的主要地表径流，也是矿坑涌水的主要水源。因此，凹陷采坑水和地下水的防治应采用综合治理的方法为宜。即地表以疏排水为主、拦截为辅；地下采用排水、堵水为主，对流入或渗入地下采场的水集中抽排^[1]。具体应采取：

1. 地面防洪与排水

做好地表排洪沟的安全管理工作，对已有的地表水拦截工程加强完善与改造，并增加疏排水渠、沟的防渗处理，已解决地表水的排泄，这是减少露天凹陷坑涌水量的重要环节。对地表塌陷、地裂缝区的周围设置截水沟或挡水墙，防治大气降水渗入井下。

2. 超前探水、查明地下水来源

矿山井巷建设和采矿过程中遇到断层，破碎带或富水带时，要打超前钻孔探水或预先疏干，以防突然涌水。及时查明矿井水的来源，掌握矿区水系及其运动规律，摸清矿井涌水与地下水、地表水和大气降水的水力联系，判断矿井是否存在突然涌水和山洪暴发的可能性。

3. 地下采场疏干排水、截流堵水

根据井下实际涌水量和预测最大涌水量配备足够的排水设施，加强地下采场内集中抽排，以保证井下生产安全。在进行井下巷道的开拓过程中，有些工程需要穿强水构造破碎带，由于构造破碎带较大、含水量也较大，且导水性也相对较好，有充分的补给水源，仅仅采用巷道疏干排水难以达到预期的排水效果，因此，为减少巷道涌水量，可采取注浆堵水^[2]。

4. 加强地下水情监测

一是做好地表水专用水位监测孔水位的定期监测；二是做好矿坑涌水量的水量、水位、水压的动态监测工作；三是做好地表水，包括大气降水、地表水体与地下水间的水力联系监测。

参考文献

- [1] 张亚林, 程玉才, 张玉梅. 某露天矿凹陷开采矿坑水的计算与防治[J]. 贵州地质, 1995, 12(3): 265.
- [2] 张朝刚. 浅析非煤矿山井下涌水类型及防治措施[J]. 煤矿技术, 2016, 8: 246.
- [3] 沈阳远鹏矿业咨询有限公司. 辽阳顺峰矿业有限公司棉花堡铁矿矿山地质环境保护与土地复垦方案. 2023, 12.