

冶金矿山采煤沉陷区尾矿库全过程安全管理的研究与实践

张朔 王海霞 张俊羽

河北钢铁集团司家营研山铁矿有限公司

摘要:某冶金矿山尾矿库为平地形尾矿库,采用上游式筑坝方式,针对制约尾矿库安全生产的相关问题,该矿山采用科学合理的设计方案及技术措施,在采煤沉陷区上建设尾矿库既能保证井下正常安全采煤又能确保尾矿库安全运营。尾矿库在运营期间虽受煤矿井下重复采动影响,但经过抗重复采动变形设计及加固处理后的尾矿库坝体能够安全正常使用,确保了尾矿库安全生产。

关键词:采煤沉陷区;尾矿库;安全管理

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.087

一、背景

如何对采煤沉陷区进行治理是当前我国安全生产领域的重点突出问题之一。我国每年采煤塌陷土地约为2万公顷^[1]所以为采煤沉陷区治理找出一条新路,减轻政府和企业的负担是我国当前安全工作的重点。

(一) 冶金矿山行业发展的趋势和企业生存发展的必然选择

随着我国冶金矿山行业的逐年发展和国家应急管理部门对于尾矿库安全管理的进一步重视,国家对于占用大规模耕地的尾矿库原则上已经不再批准新建。随着我国人口及城镇化面积的增长,寻找合适的位置建设尾矿库越来越困难,这对冶金矿山行业和企业的发展带来了极大挑战。

(二) 在采煤沉陷区上建设尾矿库对安全管理提出了更高的要求

尾矿库是矿山采,选,尾三大主体工程之一^[2]是一个人为生产形成的高位泥石流危险源,一旦失事,必将对矿山及下游人民生命财产造成难以弥补的惨重损失。根据国外统计研究表明,在世界93种事故灾害中,尾矿库事故危害名列第18位。尾矿库本已难于管理,在采煤塌陷区和8度地震区上建设尾矿库更是对安全管理提出了更高的要求和挑战,如何运用科学的管理手段提高尾矿库运行的安全性,成了目前急需解决的问题。

二、详细科学技术内容

尾矿库的运行全过程大体分为论证、设计、建设、运行、闭库等几个阶段,鉴于该尾矿库建设在采煤沉陷区这一特点,该企业通过各种技术措施,加强对上述环节的安全管理,确保了尾矿库从论证到闭库的安全运行。

(一) 该铁矿尾矿库现状

该铁矿尾矿库平面布置近似正方形,南北方向长约1.3km,东西方向最宽达1.4km。设计总库容3340万立

方米,有效库容2672万立方米,已占用库容2506万立方米,属于三等平地型尾矿库。该尾矿库服务年限8.9年,北侧为正在运行的第二尾矿库。建成至今总体运行良好,未发生过由于采空区沉陷引起坝体沉降而导致的堆积坝失稳等影响安全生产和下游安全的破坏事故。

该尾矿库初期坝坝底标高21m,坝顶标高29m,初期坝坝高8m,坝长约4.7km,坝外坡比为1:2。目前,该尾矿库共堆筑了6期子坝,堆积坝坝高12m,子坝外坡坡比1:1.5~1:2。总坝高20m,坝顶标高约为41m,堆积坝平均外坡坡比为1:5.5,库内无水,平均干滩坡度约为1.4%。

该尾矿库坝脚处修筑了排渗渠,通过坝体排出的渗水汇入到排渗渠,再汇集到集水井,集水井与排渗泵站合建。在尾矿库的西侧、南侧、北侧各修筑了一座排渗泵站,坝体排渗效果良好,坝体排出渗水通过排渗泵站打回库区循环使用。

该尾矿库排洪系统采用在坝体南侧设置规格为DN1000的高密度聚乙烯管进行排洪,排洪管进水端标高为36.8m,最终将排洪管接至坝外消力池,水通过自流排出库区,然后由尾矿库南侧通过埋设地下的排洪管道排入沙河。

(二) 进行详细的论证和勘查对采煤沉陷区建设尾矿库的可行性进行研究分析

在煤矿沉陷区内建设尾矿库,一方面可以节省大量的土地资源,同时又能将废弃土地进行治理加以有效利用,其理念先进,符合当前国家相关政策要求。通过查阅国内外有关资料,美国、加拿大、菲律宾、南非均有在采空区上建尾矿库的报道,国内安徽省池州黄山岭铅锌矿的尾矿库就建在采空区上方,但在强震区的煤矿沉陷区上建设尾矿库国内外尚属首例,其论证、勘察、设计、施工、稳定性试验研究等都需要进行探索和研究。

某铁矿尾矿库建设工程主要有以下特点:

1. 库区周边100km范围内分布多条全新活动断裂,小震不断,微震频繁。

采煤沉陷地基:库区下方分布着某庄煤矿老采空区、现采空区和未来形成的新采空区。场地稳定性受井下煤层重复开采影响,对坝体抵抗(适应)不均匀变形的能力要求强。

2. 地质环境已遭到不同程度的破坏:地表大面积下沉并出现积水塌陷坑,最大下沉约14m。受现状和未来开采影响,地表的塌陷与变形仍在继续。

3. 平地型尾矿库:初期坝为滤水坝,利用煤矸石作为筑坝材料^[3]。部分坝基于厚层粉细砂之上,尾矿库

投入运行后,坝体内外水头差较大,周边为农用耕地,环境问题突出。

坝体稳定性事关库区周围安全^[4]为了验证在采煤沉陷区和8度地震区上建设尾矿库的可行性,该铁矿先后邀请国内知名专家对尾矿库建设进行了工程可行性研究、坝体地基受井下采动影响稳定性评估、地质灾害危险性评估、岩土工程勘察、筑坝材料(煤矸石)试验研究、采动地基稳定性数值分析、地震动力反应分析等一系列研究,并出具了相关报告:《该铁矿拟选尾矿库坝体地基受井下采动影响稳定性评估》,《该铁矿某庄煤矿南沉陷坑尾矿库岩土工程勘察报告》,《该铁矿某庄煤矿南沉陷坑尾矿库筑坝材料(煤矸石)试验研究报告》,《该铁矿某庄煤矿南沉陷坑尾矿库顺变电磁勘察报告》,《该铁矿某庄煤矿南沉陷坑尾矿库采动地基稳定性数值分析报告》,《该铁矿某庄南沉陷坑尾矿库工程水土保持方案书》,《某庄煤矿南沉陷坑尾矿库细颗粒尾矿沉积规律和筑坝研究》,《该铁矿尾矿矿浆管道项目可行性研究报告》(美国PSI公司)。

通过以上各项专题研究,为在采煤沉陷区上建设尾矿库提供了理论依据和数据支撑。通过邀请尾矿库行业知名专家、学者对可行性进行研究、讨论,最终得出了在采取可靠安全措施的情况下,在采煤沉陷区上建设尾矿库是可行的这一重要结论,为尾矿库的建设及安全管理提供了依据。

鉴于某铁矿尾矿库处于8度地震区这一特点,通过对前期资料的分析研究可得出,地震引起的坝体残余变形总体较小。最大水平向残余变形约0.011m~0.012m,位于下游坝坡中部,最大竖向残余变形约0.014m~0.015m,位于终期坝轴线顶部附近。由地震末液化区范围图看出,尾矿库地震情况下液化区主要集中在库区中心部位,且范围较小,约100m长,3.5m深,对尾矿库的安全不会造成影响。考虑最不利因素情况下,12.5煤导水裂隙带高度综合取值为129.98m,小于该区域煤层上的基岩厚度。开采导水裂隙带不会导通冲积层含水层,说明尾矿库的建设以及运营不会对井下正常采掘活动构成影响。

综上,仅从采煤沉陷角度分析,在满足前期对初期坝基、基础、及各级子坝进行抗采动变形加固设计与施工;尾矿库运行期间加强管理、保障足额资金到位;相应设计、施工、监理、监测与采矿结合预测等单位全程全面参与作为技术支持;总结分析尾矿库运行期间实施的各种应急预案为后期坝体加固提供技术依据和经验条件等,选址在某庄矿南三和南四(S3与S4)石门间采煤沉陷区上作为尾矿库区是可行的,且尾矿库的建设、运营至毕库对某庄矿井下煤层正常开采不构成安全影响。

三、该尾矿库运行至今已将近11年,通过调查和踏勘,尾矿库总体上运行良好。通过该尾矿库实例可知,只要采用科学合理的设计方案及施工工艺,在采煤沉陷

区上建设尾矿库是能够实现既保证井下正常安全采煤又能确保尾矿库安全运营。

(一) 通过实验研究,选用合格的筑坝材料

根据中冶沈勘秦皇岛工程技术有限公司提供的《该铁矿某庄煤矿南沉陷区尾矿库筑坝材料(煤矸石)试验研究报告》对煤矸石进行了击实试验、强度试验、渗透性试验及其化学矿物试验等。

煤矸石的不均匀系数在30-100之间,曲率系数在1-3之间,级配良好,粘粒含量较少,是一种容易压实的材料。天然煤矸石的细粒含量为5%-15%,砾粒含量大于50%,属于级配良好的含细粒土砾(代号GF),相当于铁路路基设计规范(TB10001-99)规定的A、B组填料,适宜用作筑坝材料。根据研究结论,煤矸石可以作为筑坝材料。

(二) 根据采煤沉陷区特点,选择合适的筑坝方式

由于该尾矿库初期坝的坝基下是煤矿采空区,为防止坝体受地下采动影响产生超范围的变形,坝体中部及上部为混合煤矸石、底部为粗粒度煤矸石,用特制加筋土工布包裹不同层厚的煤矸石形成加筋煤矸石坝体,在煤矸石与地基、尾矿与煤矸石之间均铺设特土工布过渡,确保渗流稳定。通过采用加筋土工布筑坝工艺,增强了坝体抗拉扯及适应变形能力,有效避免了地基沉降对尾矿库坝体安全的影响。

四、加强尾矿库建设管理,保证充足的资金投入,保证工程基建质量

(一) 加强筑坝施工管理,确保工程按照设计完成施工

该尾矿库建设项目主要包含:初期坝、坝体表面护砌、回水排洪码头、坝外排水沟、排渗泵站、监测系统、浮船组装、浮船泵安装、阀门井房、坝上回水管道、坝上尾矿输送管道等相关工程。

根据设计要求,初期坝挖至设计标高后,对局部细砂层挖除换填筑坝煤矸石。清基后,由勘察、设计、施工及建设方共同验槽。按规范要求,土工布相邻部位相互搭接并用缝合机缝合。在土工布上按设计要求,加铺砂砾石保护层,层厚大于300mm。

由于坝基大都坐落在水塘内,按照设计要求,进行回填抛石挤淤处理。凡涉及整个鱼塘全部在回填范围内的,挖除淤泥后再进行回填,均按规范规定分层进行原位测试。

筑坝所用煤矸石体饱和单轴抗压强度均大于20兆帕,初期坝坝体试样含水率、重力密度、干密度、空隙率、渗透系数等物理力学性质指标,实验室随筑坝进程跟踪取样,满足设计要求的坝体稳定性及透水性。

(二) 加强对施工全过程的监理工作,确保落实各项安全措施

通过对施工全过程实施综合监理,加强对工序衔接和隐蔽工程的监管,确保了工程进度和质量。施工准备

阶段,对施工单位资质与施工人员素质、施工机械设备的质量、工程材料、成品、半成品的质量进行控制审核。把好原材料进场检验关。根据其批量要求施工单位抽样送指定试验室进行相关性检测。

(三) 编制竣工验收评价报告,组织进行竣工验收

该尾矿库工程总体安全设施均按照设计进行施工,建设质量能够满足规范要求,尾矿库内各种设施能够满足生产及安全要求,尾矿库建设整体检查满足安全规定要求,能够保证安全运行。

该尾矿库建设项目符合国家有关法律、法规和标准以及初步设计安全专篇的要求;工程设计、施工、监理等均为具有资质单位承担;主体工程质量均在合格等级以上;尾矿库的安全设施在试生产使用中是有效的;职业卫生危害轻微;在满足设计要求的前提下使用,整体运行是安全的,尾矿库工程具备安全验收条件。

(四) 保证充足的资金投入,确保工程按期按质完工

该铁矿尾矿库工程总投资为24826.24万元。其中:工程费用为22427.35万元、其他费用为1216.69万元、预备费为1182.20万元。通过充足的资金投入和及时拨付,保证了工程的按期按质完工。

五、针对采煤沉陷区尾矿库特点,运用技术性管理措施,保证坝体安全

由于尾矿库位于采煤沉陷区这一特殊性,某铁矿高度重视尾矿库的运行管理,通过加强日常安全管理、坝体沉降预测、对人工和在线监测数值进行分析、对沉降坝体及时进行填筑等工作,确保尾矿库的安全运行。

(一) 通过强化日常安全管理措施,保证尾矿库运行稳定

该铁矿高度重视尾矿库的全过程安全管理,尾矿库安全管理机构及人员健全,尾矿库安全设施运转正常。在尾矿库运行过程中,通过各项安全管理措施,确保干滩长度、安全超过、浸润线埋深等技术参数符合设计要求。

该铁矿在尾矿库设置了值班室和应急仓库,配备了应急物资,成立了兼职应急救援队伍。某铁矿“三项岗位人员”全部持证上岗,39名尾矿工取得了特种作业证。安全生产责任制、安全管理制度和安全操作规程健全,并严格落实管理。不断完善安全风险分级管控和隐患排查治理体系建设,定期组织应急演练。

(二) 掌握某庄煤矿采煤现状,为尾矿库运行提供技术参考

该铁矿尾矿库库区位于某庄矿南三和南四(S3与S4)石门间采煤沉陷区上,尾矿库坝体安全受井下采煤沉降影响较大,所以加强坝体沉降监测及分析是该尾矿库管理的工作重点。

目前,某庄煤矿开采最浅部的12.5煤2323SX工作

面上风巷距地表320m,目前某庄煤矿一水平(-310m)已经采完,现生产水平为二水平、三水平,标高分别为-490m、-620m。根据某庄矿未来开采规划,截至2019年底尾矿库对应的井下5煤及11煤储量块段尚未列入规划开采范围内,属不动用储量,日前尾矿库仅受井下7、8、9、12及12.5煤层各工作面回采影响。

六、结论

在采煤沉陷区上建设尾矿库,为非煤矿山企业解决占用国家耕地建设尾矿库提供了一种新的思路,是行业发展的必然趋势,也是非煤矿山企业解决自身发展制约的最佳选择。通过运用技术措施实现采煤沉陷区尾矿库全过程的安全管理,有效解决了在采煤沉陷区上建设尾矿库最根本的安全性问题。

通过尾矿库建设之前进行前期岩土工程勘察、受井下采动影响评估、可行性分析等措施,能有效解决在采煤沉陷区上建设尾矿库的可行性问题。通过加强对尾矿库建设过程的管理,采用科学合理的设计方案及施工工艺,保证工程质量,为尾矿库生产运行后的日常管理奠定良好的基础。针对采煤沉陷区尾矿库的特点,使用各种技术措施,加强坝体沉降监测和监控,及时采取坝体加固措施,能有效控制采动沉降对尾矿库坝体造成的影响,确保尾矿库的安全运行。通过闭库治理工程的实施,可以确保在采煤沉陷区建设的尾矿库闭库后也能安全稳定运行,同时对破坏的生态环境进行修复与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较,该铁矿尾矿库的成功建设,为国内外尾矿库建设选址提供了一种新的思路,通过全过程的安全管理,有效解决了在采煤沉陷区建设尾矿库最重要的安全问题。

该铁矿尾矿库运行至今已将近12年,通过调查和踏勘,尾矿库总体上运行良好,坝基受井下重复开采影响是存在的,但在采取了一定的技术措施后得到了有效的控制。通过某铁矿尾矿库实例可知,只要采用科学合理的设计方案及技术措施,在采煤沉陷区上建设尾矿库既能保证井下正常安全采煤又能确保尾矿库安全运营。尾矿库在运营期间虽受煤矿井下重复采动影响,但经过抗重复采动变形设计及加固处理后的尾矿库坝体能够安全正常使用,实现了预期效果,达到了预期目标,为该企业第二尾矿库的建设提供了科学依据。

参考文献

- [1] 吴德富,王本敏.采煤塌陷区环境整治与矿区可持续发展[J].西部探矿工程,2004.
- [2] 李欣,李俊华.司家营铁矿北区采煤沉陷区尾矿库稳定性研究[J].金属矿山,2010(12):6.
- [3] 刘成.采动沉陷区内尾矿库动力响应分析[D].辽宁工程技术大学,2007.
- [4] 姜升,王永申,陈利生.某矿利用采煤沉陷区建尾矿库可行性分析[J].矿山测量,2006(3):3.