

尾矿库堆石坝的施工和质量控制

方宗龙<sup>1</sup> 张保义<sup>2</sup>

(1. 马钢(集团)公司南山矿业有限责任公司;2. 中钢集团安徽刘塘坊矿业有限公司)

**摘 要:**介绍了南山矿尾矿库堆石坝在施工准备、地基土方清理、软弱地基处理、施工过程和质量控制等方面的一系列的堆石坝筑坝经验和节约投资的技术措施。

**关键词:**尾矿库;堆石坝;施工;质量控制

**中图分类号:**TD854.7      **文献标识码:**B      **文章编号:**1674-6082(2010)11-0117-03

马钢南山矿业公司城门峒尾矿库位于当涂县银塘镇境内,离矿区 10 km,距凹山老库 4.5 km,初期坝为透水堆石坝,坝轴线标高 42 m,坝顶标高 76 m,筑石 25 万 m<sup>3</sup>。大坝筑在二山之间,中间为一狭长山谷,纵深长约 1.6 km,从原凹山尾矿库 3<sup>#</sup>总砂泵站用渣浆泵输送尾矿进入城门峒库内。

南山坳尾矿库位于原凹山尾矿库东侧 2<sup>#</sup>副坝下方,地势平坦,纵深长度有 900 多米,占地面积 48.024 hm<sup>2</sup>,初期坝位于老库 2<sup>#</sup>副坝外 850 m 的山口处,并在南山坳与松山岭的山口间建二座副坝。当尾矿堆积到 75 m,与老库联成一体,上升至 80 m 时,改善了老库工作条件,每年进入南山坳尾矿量为 247 万 t。坝轴线标高 22 m,坝顶 47 m,堆高 25 m。

1 堆石坝的施工准备

尾矿库堆石坝主要内容包括堆筑大坝的上料道路、施工中所需的导流设施、堆坝石料的选择、选定施工所需要的机械设备等。

1.1 堆筑大坝的上料

堆石坝的位置大都在山谷,地形条件复杂,大坝上料道路工作量较大,为保持汽车负重爬坡的能力,其坡度要小于 8%。一般而言,在三通一平阶段,施工道路已通到坝前,但随着坝体增高,只使用一条施工道路满足不了坝体的上料要求,因此对坝基上原有的道路进行拓宽,并在部分地段铺填了厚 400 mm 的片石。为了减少修路费用,还修筑了经过坝顶的库区检修公路。共修筑三条上坝道路,其标高分别为 42、53、76 m,见图 1。

1.2 导流措施

由于尾矿堆石坝工程量大,施工周期长,在山谷

中每遇雨水,特别是雨量较大时,如不采取措施,会造成雨水携带大量的泥沙漫坝,同时浑水还会污染、淤堵已铺设好的土工织物,降低土工布的渗透性能,导致生产后堆石体排水不畅,使坝体的浸润线升高,给安全运行造成威胁。其导流措施一般是在大坝前堆筑一座小的拦水坝,在溢洪口下接导流排洪涵管,将洪水引出施工区域,排入坝外的水系中。排洪导流管必须能排泄大暴雨(20a 一遇)产生的雨量。南山坳的堆石坝施工前,设计了一条内边长为 1 250 mm 的方形排洪管,较好地解决了防洪问题,见图 2。

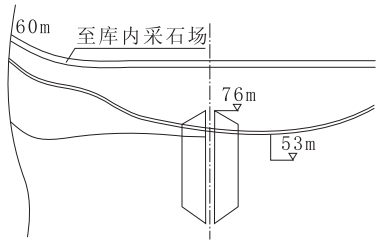


图 1 城门峒堆石坝上坝道路

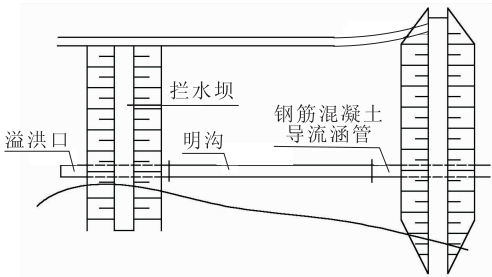


图 2 南山坳导流设施图

1.3 堆坝石料的选择

堆石坝材料既决定施工质量也与堆石坝费用的高低及材料来源有极大的关系。城门峒堆石坝:块石粒径为 0~1 000 mm,抗压  $R_{\alpha} > 78.43$  MPa,软化系数 0.85;南山坳:主石料  $d_{100} \leq 5\%$ ,  $R_{\alpha} > 58.82$  MPa,软化系数大于 0.65,次石料  $d_{20} \leq 10\%$ ,  $R_{\alpha} \geq 39.22$  MPa,软化系数 0.65。根据设计要求进行了

方宗龙(1963-),男,工程师,243000 安徽省马鞍山市。  
张保义(1965-),男,副总经理,237471 安徽省六安市。

一系列的选择,对可以供给筑坝石料的采石点进行 表 1、表 2。  
了试验分析,城门峒、南山坳筑坝的石料力学性能见

表 1 城门峒尾矿库筑坝岩石力学性能表

序号	岩石名称	试样号	抗压强度/MPa		软化系数	密度 / × 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	干密度 / × 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	普氏硬度
			干水试样	饱水试样				
1	花岗岩	P1-P6	142.1	131	0.92	2.594		13~15
2		B1-B6	84.4	72	0.85	2.596		7~9
3		AB1-AB6	92.4	60.5	0.655	2.653	2.525	6~9
4	砂岩	AC1-AC6	77.53	49.2	0.635	2.661	2.532	5~8
5		KQ1-6	65.31	50.19	0.77	2.67	2.494	5~7
6		BF1-6	76.46	52.86	0.691	2.664	2.527	5~8
7	砂岩	K11-6	58.4	41.26	0.71	2.674	2.45	4~6
8		HN1-6	116.14	106.89	0.92	2.61	2.521	10~12
9		MN1-6	98.88	99.73	1	2.645	2.558	7~10
10	闪长岩	TG1-6	140.65	153.77	1	2.62	2.525	14
11	砂岩	DH1-6	60.93	46.02	0.713	2.692	2.459	4~6
12	砂岩	KY1-6	64.93	49.65	0.76	2.656	2.512	5~7
13	闪长正长岩	HGH-1-6	111.93	107.73	0.96	2.653	2.51	10~11
14	闪长正长岩	GM1-6	75.34	71.56	0.95	2.657	2.544	7~8
15	闪长正长岩	GQ1-6	112.39	106.04	0.94	2.586	2.5	10~11

表 2 南山坳堆石坝石料力学性能表

试样号	岩石名称	抗压强度/MPa		软化系数	密度 / × 10 <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	干密度 / × 10 <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	普氏 硬度
		干水 试样	饱水 试样				
A-1	石英砂岩	65.7	53.9	0.82	2.605	2.41	5~7
A-2	石英砂岩	89.1	71.4	0.8	2.637	2.44	6~8
BE-I	凝灰岩	82.3	62.9	0.76	2.684	2.3	6~8
BE-II	凝灰岩	113.7	89.8	0.79	2.719	2.47	8~11
BH-II	凝灰岩	114.3	83.8	0.73	2.711	2.5	8~11
BK-II	凝灰岩	118.2	90.4	0.76	2.705	2.56	8~11
BH-I	凝灰岩	90.3	61.8	0.64	2.711	2.5	6~9

1.4 机械设备的选择

堆坝使用的主要设备如下:推土机:用来推铺石料,整平坝面,功率 120 kW 以上;振动碾:将石料碾压到孔隙率满足设计要求,普通的碾压机亦可,但与振动碾效率稍低,汽车:运送石料,在道路能承受的情况下,应尽量选用大吨位的矿用汽车。

2 地基土方的清理及软弱地基的处理方法

当施工准备工作完成后,首先要清挖地基土方,土方量的计算可以用方格网或剖面法。南山坳初期坝的坝基筑在第四系坡积层亚粘土层上,开挖深度为 0.8~1.0 m;城门峒尾矿库坝基座落在土夹石层上,地基性能较好,具有良好透水性。这两座堆石坝的基底均有软弱地基存在,城门峒坝基上还有一处含少量腐植质的淤泥质土。对地基进行了彻底清挖,后用块石填筑、振动碾压(见图 3)。

南山坳坝基下的淤泥质亚粘土按设计要求清至基岩,全部回填块石、碎石,分层压实,每层回填厚度 300~500 mm,但因范围较大,开挖填筑块碎石费用高,根据地质报告此层淤泥质亚粘土内摩擦角为

22.5°,力学性能尚可,决定不予挖除,而采用碎石桩并加固(见图 4)。

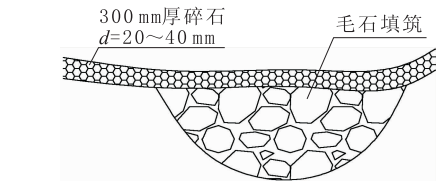


图 3 城门峒坝地基处理图

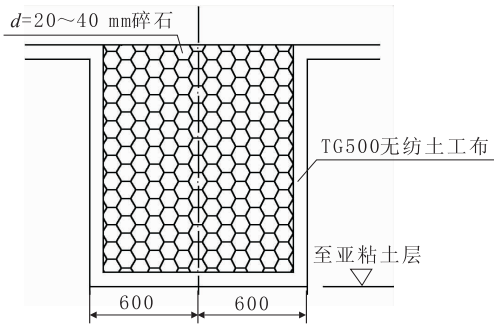


图 4 南山坳坝地基处理图

利用堆石自身荷载对地基的预压作用,碎石桩井作为淤泥质土排水通道,加速其固结,达到加固土壤的目的,取得了预期的效果。

3 堆石坝施工

3.1 测量

在库区范围内,首先建立导线控制网及控制点进行控制测量,堆石坝的轴线要严格按设计定位,在施工过程中要随时测控,不能出现偏差,以保持坝坡符合设计的要求。

3.2 堆石厚度与碾压

规范要求堆石坝的孔隙率为  $e \leq 35\%$ ,孔隙率

的控制主要取决于堆石厚度以及振动碾压的次数。按有关资料,在筑坝的初期最好建立一个试验堆场,规模要求为 3 000 ~ 6 000 m<sup>3</sup>。城门峒尾矿库施工时,试验改设在施工实地进行,起初将堆石厚度定为 700 mm,用 20 t 的振动碾碾压 4 遍,第一层堆石 3 个点测试孔隙率分别为 22.5%、32%、28%,满足了设计的要求,但不够经济。在 41 m 标高层上碾压 6 遍,铺厚减至 600 mm,达到了 15% 的孔隙率,但大大增加了堆石费用。

在南山坳筑坝过程中,采用推土机推填,每层厚 200 ~ 500 mm,来回碾压,经测试,孔隙率最高 36% (只有一个测点),大部分稳定在 30% 左右,孔隙率控制较好,也较为经济。

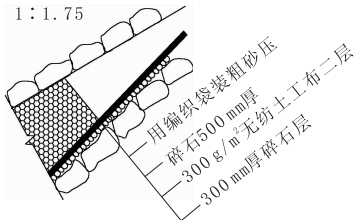
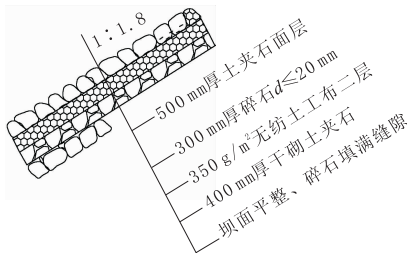


图 5 土工布铺设方法图

3.4 排水涵管的坝底处理

尾矿库内的溢流涵管从坝下穿过,ø1 200 mm 的涵管长 136 m,为了防止尾砂涵管路径渗漏,设计采取了每 10 m 设一道混凝土截流墙,在墙之间的管沟内回填碎石。钢筋混凝土涵管每 10 m 一节,中间用橡胶止水连接(见图 6)。

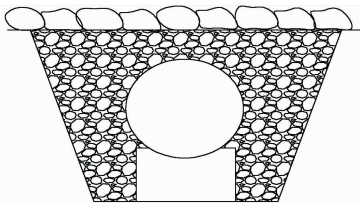


图 6 排水涵管坝底铺设图

4 堆石坝施工的质量控制

尾矿堆石坝的施工,主要以水电部颁发的土石坝施工规程(SDJ-83)作为质量控制及检测的依据。对于大坝来讲,必须定位准确,边界、坡度施工中符合设计要求,严格控制堆石体孔隙率。堆石体孔隙率的检测方法如下:一般在堆石体每层上随机布点检测,不少于三处,将测点处堆石体挖起,称重,在挖出的坑内放入稍厚的塑料薄膜,倒入经计量后的水,测出坑的体积。样坑体积也可根据量测确定。

大坝施工结束时按设计在坝上设置一批沉降观测点,在生产运行中,可随时测量。并设置一些浸润线观测孔,这些设施对监控大坝安全十分重要。

(收稿日期 2010-10-20)

(上接第 111 页)多参数。

4 结 语

我国上世纪 80 年代中后期,一批尾矿库相继进行了自动化改造,但自动化采集系统在稳定性、耐候性、兼容性等方面还存在很多问题,系统不稳定,不能正常采集,又没有人工观测接口,致使观测数据中断。进入 90 年代,自动化技术开始向多元化发展,主要分为监测资料处理分析自动化和采集自动化,这一时期涌现了许多监测资料处理分析的专门软件,包括资料的录入、自动检错、物理量计算、统计报

表、绘图以及自动建模等诸多功能,版本不断更新 90 年代中后期有了突破性进展,目前国内监测自动化系统不论在稳定性、适应性和兼容性方面都有了长足进步,采用分布式采集方式、CANbus/RS-485 总线,兼容差动电阻式、振弦式、电容、电感、电位器、变送器、激光准直等各种类型的传感器,可通过光纤、电话线、双绞屏蔽线以及微波通讯进行数据传输,同时进行人工观测。

(收稿日期 2010-09-20)