

温州电厂二期工程灰坝填筑碾压试验分析

邸元秀

(中国水利水电第十二工程局施工科学研究所,浙江 建德 311600)

摘要:基于灰坝现场爆破开采石料的级配特征及坝体堆石料的现场碾压试验结果,分析了与堆石体压实效果相关的主要因素——碾压遍数、铺筑厚度、加水量、石料级配等,提供了满足设计要求的施工技术参数:铺筑厚度 100 cm(主堆石区)、120 cm(下游堆石区),碾压 6 遍,加水 10%,行车速度 3 km/h。
关键词:灰坝;碾压堆石坝;坝料级配;温州电厂二期工程
中图分类号:TV641.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-7647(2002)06-0044-03

温州电厂二期工程灰坝位于电厂西北部的永嘉县乌牛镇西岙村西山谷中,距电厂约 15 km.永久性枢纽由上坝公路、灰坝、溢洪道、灰水处理小区和排水构筑物组成。

灰坝坐落于卵砾石层上,坝体为碾压堆石结构,是透水坝,初级坝坝顶高 45.0 m,以后分级加高.坝顶宽 5.0 m,长 185.0 m,最大坝高 34.0 m,上下游边坡均为 1:1.5,25.0 m 高程和 35.0 m 高程各设两道宽为 2.0 m 的马道。

堆石的压实是控制堆石坝质量的关键.堆石坝的压实与石质、最大粒径、级配和碾压机械、层厚、遍数等有关,为此进行了碾压试验。

- 碾压试验的目的为:
- a. 核查爆破试验的石料压实后是否能够达到设计压实的孔隙率。
 - b. 检查压实机具的性能是否能满足施工要求。
 - c. 选定合理的碾压参数:铺料厚度遍数、加水量和石料级配。
 - d. 确定有关质量控制的技术要求和检测方法。

1 碾压试验场地的布置

堆石场地面积 24 m × 37 m,碾压试验场地面积以长边为轴线方向划分 4.5 m × 4.5 m 的 3 个试验小块,布置成 1.5 m × 1.5 m 的方格网,方格网点即为测点,离边缘不小于 2 m(见图 1)。

2 坝料控制指标

坝体堆石料要求为新鲜石料破碎而成,湿抗压强度大于 100 MPa,软化系数不小于 0.85,干密度不小于

2550 kg/m³,碾压后堆石孔隙率主堆石区不大于 28%,下游堆石区不大于 30%。上坝石料要求级配良好,最大块径为填筑厚度的 2/3,平均粒径不小于 100 mm,料径小于 5 mm 的细料含量不得超过 5%。

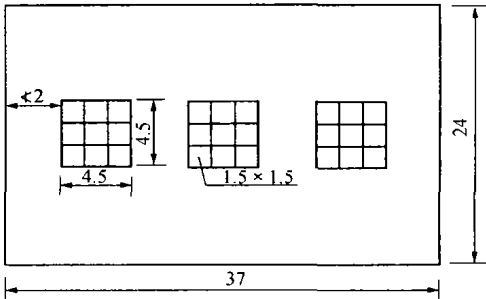


图 1 碾压试验场地平面布置(单位:m)

3 坝体堆石料的物理性质

堆石料来源于坝区料场,其物理性质满足设计要求,检验结果见表 1。

表 1 堆石料物理性质

状 态	抗压强度 /MPa	软化系数	密度 /(g·cm ⁻³)	干密度 /(kg·m ⁻³)	吸水率 /%
饱和状态	181.2	0.94	2.62	2580	0.79
气干状态	192.8	0.94	2.62	2580	0.79

注:检测依据 SD105-82《水工混凝土试验规程》。

4 坝料级配(爆破开采)

对现场爆破石料抽取 A、B 两份试样进行了筛分试验,最大粒径为 770 mm,细粒料含量小于 5%,不均匀系数 $C_u > 5$,曲率系数 $C_c < 3$,属级配良好,级配曲线见图 2(爆破石料 C_u 和 C_c 计算参数及筛分试验参数见表 2 和表 3)。

作者简介:邸元秀(1973—),女,山西岚县人,工程师,主要从事土建工程质量检验及材料试验研究。

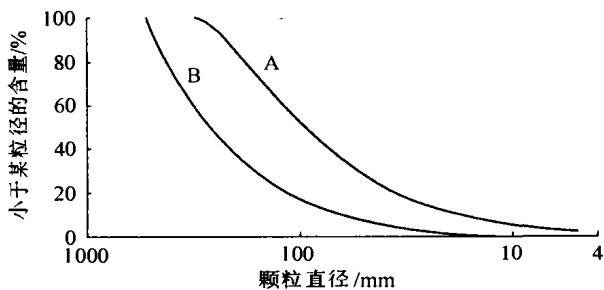


图2 坝料级配曲线

表2 爆破石料 C_U 和 C_C 计算参数

试样	D_{10}/mm	D_{30}/mm	D_{60}/mm	C_U	C_C
A组	19	54	140	7.4	1.0
B组	63	185	335	5.3	1.6

注: $C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, $C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$.

表3 爆破石料筛分试验参数

A组粒径/mm	A组小于某粒径的含量/%	B组粒径/mm	B组小于某粒径的含量/%
350	100	520	100
100	52.0	100	17.5
80	42.5	80	13.0
63	34.4	63	9.5
50	28.7	50	6.6
40	23.0	40	5.1
31.5	18.2	31.5	3.1
25	14.2	25	2.2
20	11.7	20	1.6
16	8.1	16	1.1
10	5.1	10	0.6
5	2.6	5	0.4

5 填筑碾压后取样筛分试验

对现场碾压后的石料分层取样进行筛分试验,结果表明堆石料级配良好,其级配曲线见图3(碾压石料 C_U 和 C_C 计算参数及筛分试验参数见表4和表5)。

表4 碾压石料 C_U 和 C_C 计算参数

层位	D_{10}/mm	D_{30}/mm	D_{60}/mm	C_U	C_C
1层	19	53	110	5.8	1.3
2层	23	87	176	7.7	1.9
3层	31	80	175	5.6	1.2

表5 碾压石料筛分试验参数

1层粒径/mm	1层小于某粒径的含量/%	2层粒径/mm	2层小于某粒径的含量/%	3层粒径/mm	3层小于某粒径的含量/%
180	100	300	100	420	100
100	57.5	100	35.0	100	37.0
80	46.0	80	28.1	80	29.9
63	37.1	63	22.6	63	23.1
50	27.8	50	17.5	50	18.0
40	22.6	40	15.0	40	14.9
31.5	17.1	31.5	12.5	31.5	11.3
25	13.4	25	10.7	25	8.6
20	11.6	20	8.3	20	5.2
16	8.7	16	5.9	16	3.7
10	6.0	10	4.9	10	2.4
5	3.3	5	3.0	5	0.7

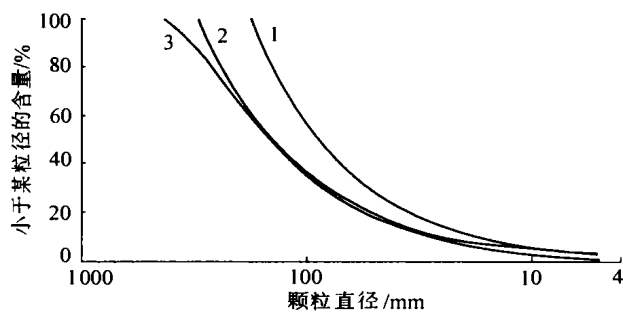


图3 填筑区级配曲线

6 碾压试验结果分析

根据碾压试验大纲所提供的碾压参数组合,利用逐步收敛法,在不同区块上选择最佳碾压遍数、最佳洒水量及铺料厚度,来优化各压实参数。根据中国水利水电第十二工程局多座堆石坝施工经验,压实机械采用14t振动碾平碾而不做其他压实机械对比试验;碾压行走速度为3km/h,不做其他对比试验。类似工程实例表明,行车速度为3.0km/h及4.5km/h时碾压效率较高,目前一般推荐振动碾压时的行走速度为3~5km/h。现场碾压试验结果见表6。

a. 碾压遍数对压实效果的影响。当铺层厚度及行车速度相同时,传递至堆石的能量与碾压遍数成正比,即碾压遍数越大堆石干密度越大,相应的孔隙

表6 坝体填筑碾压对比试验结果

填筑分层	试验组号	试验日期	碾压参数				试验实测值			
			允许最大块径/mm	铺料厚度/mm	碾压遍数	加水量/%	石料最大块径/mm	小于5mm细料含量/%	干密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	孔隙率/%
1	①	12月16日	670	1000	4	0	650	—	1815	29.7
	②	12月16日	670	1000	6	0	620	3.3	1890	26.7
	③	12月16日	670	1000	8	0	580	—	1920	25.6
	④	12月19日	670	1000	6	0	635	—	1825	29.3
2	⑤	12月19日	670	1000	6	10	660	2.8	1870	27.5
	⑥	12月19日	670	1000	6	20	650	—	1895	26.6
	⑦	12月24日	670	1000	6	10	635	—	1877	27.2
3	⑧	12月24日	800	1200	6	10	770	2.1	1837	28.8
	⑨	12月24日	1000	1500	6	10	700	—	1767	31.5

注:密度试验采用灌水法,执行TOUO-93《公路土工试验规程》。

率也越小(见图4).从试验结果看,碾压6遍可满足设计孔隙率指标要求.

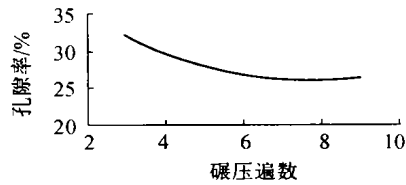


图4 孔隙率~碾压遍数曲线

b. 铺筑厚度对压实效果的影响. 在相同加水量、相同碾压遍数条件下,堆石铺料层厚度愈薄愈容易碾压密实(见图5),所需的压实功愈小,干密度最易于提高,但并非铺层厚度愈薄对施工愈有利.结合试验结果及国内外工程实践经验,厚度可控制在1 000~1 200 mm.

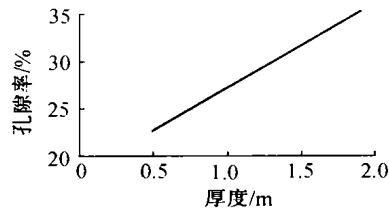


图5 孔隙率~厚度曲线

c. 加水量对压实效果的影响. 加水的目的是使石料浸湿,软化细粒,并降低粗料无侧限抗压强度,利于压实.现场对比试验中洒水10%可达到要求(孔隙率与洒水量关系见图6).

d. 石料级配对碾压效果的影响.堆石级配对压实效果有很大影响.其他工程试验结果表明,堆石的不均匀系数与堆石压实后的孔隙率显著相关,堆石不均匀系数愈大,孔隙率愈小,即堆石愈不均匀,堆石愈容易压实或压实效果愈好.

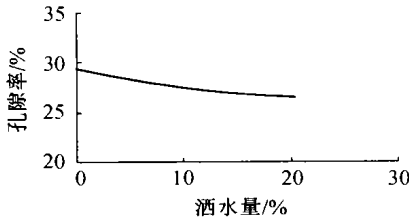


图6 孔隙率~洒水量曲线

综合上述分析,建议采用表7所示的施工技术参数.

表7 施工技术参数

填筑分区	铺筑厚度/cm	碾压遍数	加水量/%	行车速度/(km·h ⁻¹)
主堆石区	100	6	10	3
下游堆石区	120	6	10	3

注:①坝体填筑过程中铺料要匀,不得超厚、超径,碾压时不得漏压、欠压;②严格控制大粒径料大面积集中而造成的填筑架空现象;③与岸坡接合处的填料不得分离、架空,并对边角加强压实;④压实机械采用牵引式振动碾YZT-14.

7 结 语

保证坝体填筑质量主要是靠严格控制碾压参数来实现的.在灰坝堆石料填筑施工期间,温州电厂二期工程土建实验室试验人员按照有关规范及标准在填筑区各层次经现场试坑取样复核,结果均符合设计要求.施工实践证明,本试验所提供的施工技术参数是合理的,能够保证工程质量.

参考文献:

[1] 傅志安.混凝土面板堆石坝的施工技术试验研究[A].司洪洋,金诚和.混凝土面板堆石坝会议论文集[C].南京:河海大学出版社,1990.49~50.
[2] SL49-94,混凝土面板堆石坝施工规范[S].

(收稿日期:2002-01-04 编辑:傅伟群)

·简讯·

德国运用地温测控技术进行堤坝渗漏探测

渗透水流的拖曳力对堤坝稳定会造成危害性影响,在大多数情况下,堤坝内的水流条件经过较长一段时间后会发生改变,并且在地表难以被发现.这种改变引起堤坝内土颗粒移动,产生管涌通道,则会危及堤坝稳定,甚至造成溃堤毁坝.因此,及早地探测到那些可能会出现问题的区域,就可以及时地开展有针对性的修复加固工作.

水面温度和地表温度随季节而变,由于堆筑堤坝土料或其他填筑材料热传导率很低,所以,库水温度与坝体内温度会有很大的差异.水库水由一些坝面裂缝或渗透系数较大的土体(或漏洞)向下游渗漏,通过平流性热传导作用,坝体内渗透水流的温度会随库水温度变化.这种变化发生在北半球渗漏带内的特征是:夏季比冬季更明显.

德国 GTC 公司经过多年研制开发的地温探测技术,已得到进一步完善,现能测出 30 m 深部的温度,这就使得渗漏区可以很容易地被找到.在过去几年里,GTC 用这种测温技术已成功检查和监控了超过 500 km 长的堤防和其他水工建筑物,有许多坝内渗漏通道和渗透性增大的区域被检测到,甚至被精确定位.同时,这种技术也被很好地用于检测坝基渗漏区.地温检测的另一个应用是对一项新建工程或修复工程结束后的质量检测.

GTC 温度测控技术的主要工作原理是用一根装有几个小直径的螺纹状组件的中间空心管打入地下,然后,再把一系列的温度传感器放入管中,经过一段时间温度适应后,就可以测定不同深度土层温度.之后,通过对采集的信号处理并送入绘图仪,可以打印出地下温度异常区.用这种方法也可以确定渗漏区的垂直和水平边界.

随着 GTC 技术的发展,诸如压缩性、渗透性和渗水速度等反映地下土体和水体特征参数都可能通过与其他技术联合的方式被确定.GTC 测温技术已被德国专利机构审批为专利.

(赵坚供稿)