

核子检测新技术在混凝土面板堆石坝 施工质量检测中的应用*

程和森 李樟苏 王守家 杜效云
(南京水利科学研究院水工研究所, 210029)

近几年来, 我们经过大量试验研究, 开发了一系列无损快速核子检测新技术和新仪器, 并将其应用于混凝土面板堆石工程中检测混凝土面板密度和厚度、垫层密度和堆石体密度^[1~3]。

1 舍网水库喷混凝土面板密度与厚度检测

浙江奉化舍网水库库容 255 万 m^3 , 坝高 32.5m, 舍网坝为面板堆石坝。该坝面板采用喷混凝土面板取代常规的现浇面板, 其设计指标: 面板密度为 $2.183\text{g}/\text{cm}^3$, 厚度为 15cm。

1.1 核子检测方法、原理与现场测量仪器

(1) 喷混凝土面板密度测量

喷混凝土面板密度测量使用的仪器是国产 FT-628A 型和美国生产的 3411-B 表面型核子水分-密度计。这类仪器是专门设计用于土石地基、碾压混凝土等在碾压施工中进行密度和含水量测量的。其是利用 γ 射线测量介质密度, 用中子辐射测量介质含水量。因面板是防渗体, 不允许打孔, 所以测量必须在无破损条件下进行。现场测量时只要将仪器放置在喷好的相对平整的表面上。通过 1 分钟的测量就可直接读出湿密度、干密度和含水量等结果。

(2) 喷混凝土面板厚度测量

喷混凝土面板厚度测量使用的是我院自行研制的喷混凝土中子测厚仪。该仪器已于 1994 年 3 月通过了电力工业部鉴定, 并获国家发明专利(专利号 ZL92114025.8)。中子测厚仪是利用中子测氢原理来测量含氢或含水薄层固体材料, 即喷混凝土层厚度。测量时只需要探头贴紧被测的喷混凝土层表面, 经过 1~4 分钟的测量就可以直接读出喷混凝土层的厚度。该仪器的厚度测量范围为 0~150mm, 测量精度 $\pm 5\sim 10\text{mm}$ 。

1.2 现场测量情况与检测结果

舍网坝喷混凝土面板沿坝轴线划分为 12 块, 从左到右编号依次为 1~12。本次测量主要集中在右半部的几块面板(即 $M_6\sim M_{12}$)。现场测量的测点布置如图 1 所示。喷混凝土面板密度和厚度测量的部分结果列于表 1。测量结果表明, 密度测点最大值为 $2.315\text{g}/\text{cm}^3$, 最小值为 $2.000\text{g}/\text{cm}^3$ 左右, 达到和基本达到设计要求的测点大约占 65%。厚度测量 53 点, 最小值为 13cm, 达到和基本达到设计要求的测点占 85% 左右。中子测厚仪对发现薄弱部位有独特监视作用, 对保证面板施工质量有重要意义。

* 到稿日期: 1995-12-13。

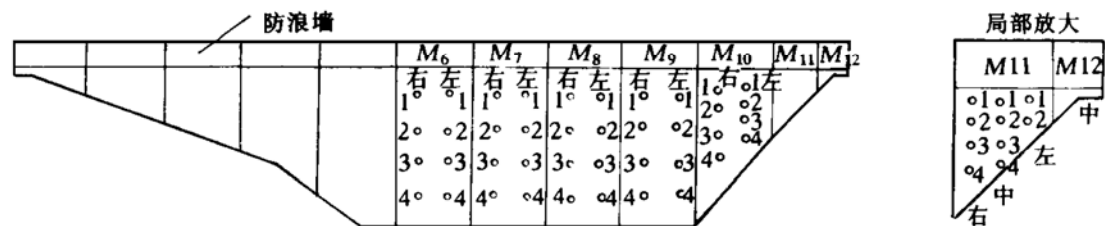


图 1 舍网坝喷混凝土面板和测点布置示意图

表 1 舍网坝喷混凝土面板密度和厚度部分测量结果

面板编号	测点编号	密度(g/ cm ³)	厚度(cm)	测点编号	密度(g/ cm ³)	厚度(cm)
M ₆	左 1	2. 272	> 15	右 1	2. 219	13
	左 2	2. 093	> 15	右 2	2. 211	14
	左 3	2. 179	> 15	右 3	2. 229	> 15
	左 4	2. 085	15	右 4	2. 315	14
M ₈	左 1	2. 115	> 15	右 1	2. 053	> 15
	左 2	2. 048	> 15	右 2	2. 223	> 15
	左 3	2. 068	15	右 3	2. 122	> 15
	左 4	2. 167	> 15	右 4	2. 200	> 15

2 西北口面板堆石坝砂砾石垫层密度检测

西北口水库位于葛洲坝上游长江黄柏河支流上, 是我国第一座大型混凝土面板堆石坝。大坝高 95m, 相应库容 1. 6 亿 m³。主坝分 3 个纵断面, 即垫层、过渡层和主堆石区。上游砂砾石垫层的主要作用是面板提供良好支承, 因此垫层的平整度和压实度必须达到设计要求。按设计要求, 经压实后垫层干密度要达到 2. 200g/ cm³。我们用国产 FT- 628A 型和美国 3411 - B 表面型核子水分密度计替代常规的挖坑法对西北口水库砂砾石垫层的碾压密度进行了现场检测, 充分显示了核子检测技术无损快速的优越性。

在水库施工现场, 选择已碾压好的砂砾石垫层做测量对象, 用国产仪器和进口仪器与常规的挖坑法进行比测。由表 2 可知, 核子仪器测量结果与挖坑法测量结果比较吻合。

表 2 西北口大坝垫层干容重测量结果

测 点 编 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
垫层密度 (g/ cm ³)	核子测量	2. 257	2. 251	2. 271	2. 316	2. 470	2. 436	2. 381	2. 264	2. 450
	挖坑法	2. 237	2. 237	2. 266	2. 266	2. 511	2. 443	2. 403	2. 250	2. 443
偏差(g/ cm ³)		0. 02	0. 014	0. 005	0. 05	- 0. 041	- 0. 007	- 0. 022	0. 014	0. 007
相对偏差(%)		0. 9	0. 6	0. 2	2. 2	- 1. 6	- 0. 3	- 0. 9	0. 6	0. 3

西北口水库大坝在施工过程中, 由于排水不当使得大坝下游水位高于上游水位形成反向渗流, 从而造成上游坝面垫层破坏。具体情况是, 在高程 241, 242. 6, 243m 部位渗水倒灌造成垫层中的细颗粒被带走, 从而使其密实性降低。为保证工程质量和渡汛安全, 需对大坝面板底线中部范围、高程 241~ 242. 5m 处受损较严重的垫层密度进行检测, 再根据测量结果考虑是否采取补救措施, 我们采用表面型核子水分- 密度计按工程单位要求在现场进行了测量。

测量区域选在以大坝面板中心线为对称轴的宽 57m、高 1. 5m 的范围。在此面积内布置了 10 个测点, 如图 2 所示。所测垫层干密度列于表 3。由表 3 可知, 该部位垫层的干密度与设计要求相比还是偏低, 因此在浇筑面板之前应作适当处理。

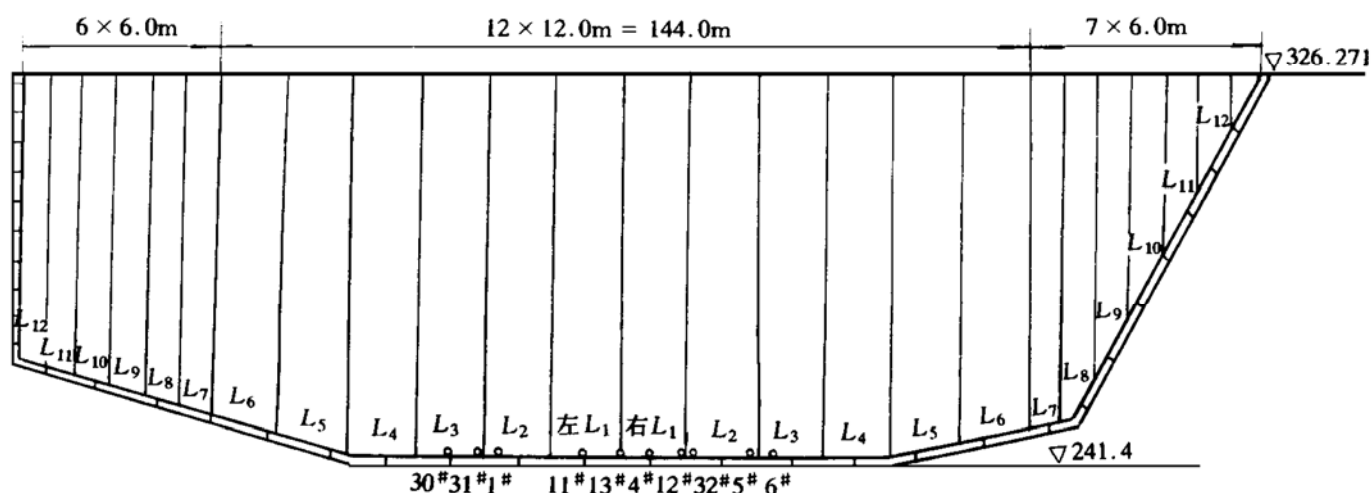


图2 西北口水库渗水破坏区垫层密度测点平面图

表3 西北口大坝渗水破坏区垫层干密度检测结果(测量深度30cm)

测点编号	4#	5#	6#	7#	11#	12#	13#	30#	31#	32#
干密度(g/cm^3)	2.072	2.014	1.951	2.042	2.057	2.209	2.012	2.018	2.024	2.100

3 全州磨盘水库主坝堆石体密实度检测

磨盘水库位于广西全州县,库容 3486 万 m^3 。该工程主坝为钢筋混凝土斜墙堆石坝。1976 年运行至 1994 年,坝顶最大沉陷累计达 121.5cm,最大水平位移累计达 156.9cm,而且至今尚未稳定。由于坝体大幅度变形,导致大坝产生各种破坏现象。根据有关资料和专家分析,大坝变形的主要原因是由于堆石体填筑时采取人工码方,不加碾压和掺入大量风化石造成的。因此,采用现代化先进的测试手段测定出大坝堆石体的实际密实度,对于进行坝体稳定分析以及选择合理的加固方案是一项非常重要的前提性工作。我们于 1994 年 7~8 月,使用一种新型核子深层密度测井仪对磨盘主坝堆石体的干容重进行了测量。

本次测量需要在堆石体上一定部位钻孔并在孔内埋设套管,然后将核子测量仪器的探棒放置在套管内不同深度进行测量(测点间隔为 0.5m)。共设置了 7 个钻孔,其中坝顶沿坝轴线设 5 个,因为这些孔位处在大坝断面最大坝高点,又靠近大坝上游主堆石区。磨盘水库主坝平面图和测量钻孔布置如图 3 所示。根据大坝施工有关资料介绍,大坝堆石体的石料岩性大致以高程 365m 为界,下层多为红砂岩,较破碎并有不同程度风化,上层多为石灰岩,石质较好。

堆石密度测量是采用工程上常用的 γ - γ 测井法,同时采用中子散射法测量堆石含水量,由此可提供堆石干容重数据。测量中,我们使用了一台自己研制的 γ -闪烁密度测井仪,采用 Co-60 做 γ 射线放射源。由于其射线能量较大,测量半径可达 0.6m,这对于测量粒径较大的堆石体是非常合适的。同时,我们还使用一台美国 CPN 公司进口的 DR-501 深层型水分-密度计,但仅用其中测水功能,用以量测堆石含水量。

现场标定试验在一个体积为 2.04m^3 的立方槽内进行。根据本次测量的密度和含水量范围,标定试验使用了 4 种不同密度和含水量的砂石料和纯水。标定试验结果表明,套管周围介质的密度和散射 γ 射线计数率或套管周围介质的含水量和热中子计数率之间都有很好的线性关系,对密度在 $0\sim 1300\text{g}/\text{cm}^3$ 范围,其散射 γ 计数率与介质密度仍然有较好的线性关系。

测量结果按钻孔归类,给出每个钻孔的各个测点干容重。由于篇幅限制,表 4 仅给出部分

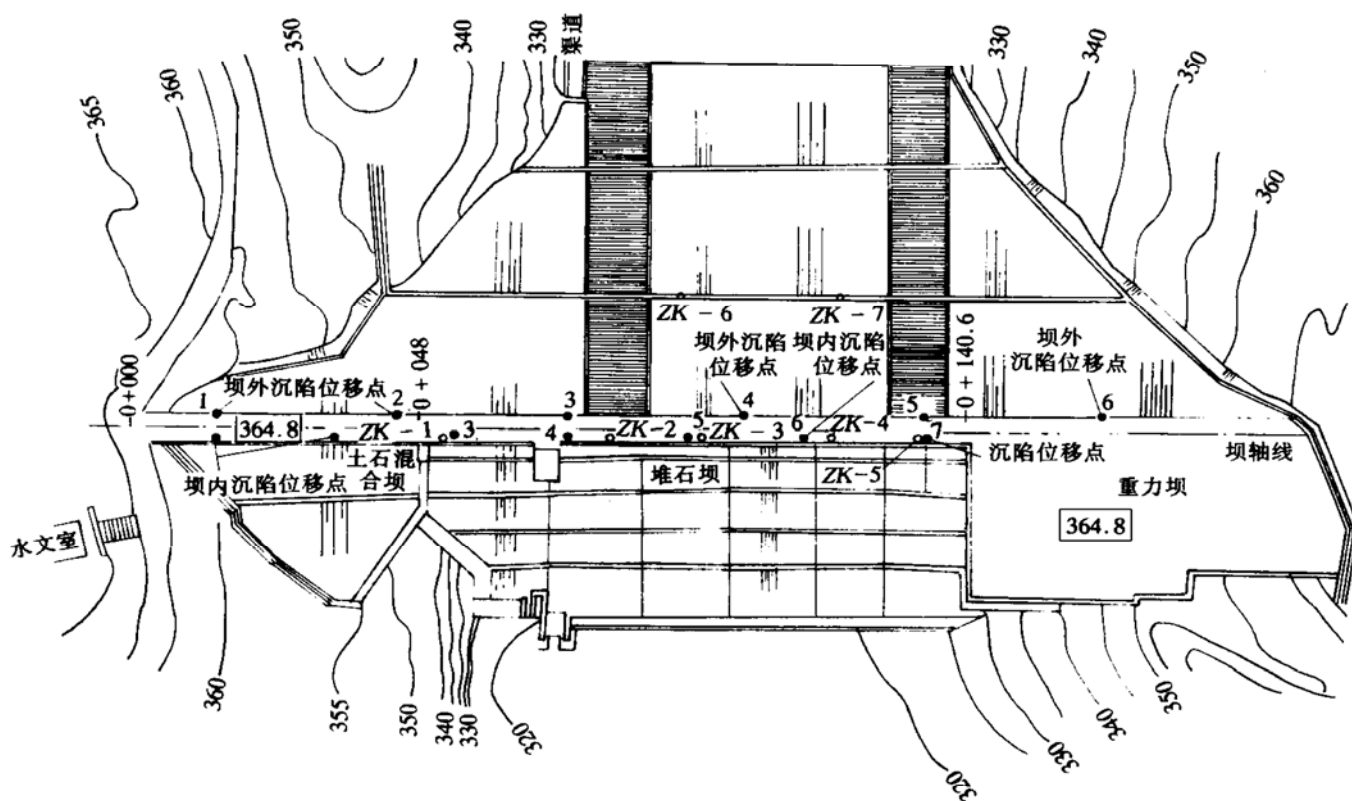


图3 磨盘水库主坝堆石体密度测量钻孔位置平面布置图

钻孔的垂线平均干容重、垂线上分段平均干容重,以及堆石孔隙率较大的甚至严重架空部位较为集中的深度范围。由测量结果知,在7个钻孔中,其垂线平均干容重最小为 1.180g/cm^3 ,最大为 1.470g/cm^3 ,显然堆石干容重明显偏低,这说明堆石体孔隙较大,有些部位有比较严重的架空现象。从垂线看 350~335m 高程处堆石体孔隙率较大。

表4 磨盘水库主坝堆石体密实性测量结果

钻孔编号	钻孔的垂线 平均干容重 (g/cm^3)	垂线上分段堆石干容重(g/cm^3)							堆石孔隙较大部位 (孔深 m)
		5~ 10m	10~ 15m	15~ 20m	20~ 25m	25~ 30m	30~ 35m	35~ 40m	
ZK-1	1.180	1.210	1.250	1.300	1.290	-	-	-	3.5~5.5, 10~11, 19.5~21.5
ZK-3	1.240	1.104	1.030	1.440	1.060	1.040	1.360	1.650	9.5~14, 20~24.5, 27~31
ZK-5	1.470	1.840	1.350	1.690	1.690	1.280	1.430	1.700	2.5~5.0, 10.5~11.5, 28~29.5
ZK-7	1.380	1.140	1.330	1.420	1.350	1.480	1.740	-	7~9, 10.5~11, 28.5

4 结 语

混凝土面板堆石坝筑坝技术在我国发展很快,但由于这种坝型结构复杂。在许多领域尚存在有待解决的问题。核子检测就是在面板堆石坝发展过程中出现的新技术,这些技术在今后的应用中会进一步完善,以适应面板堆石坝工程的新需要。

参 考 文 献

- 1 曹更新等. 表面型核子水分-密度计的研制及应用. 水利水运科学研究, 1991(2): 214~218.
- 2 南京水利科学研究院水工研究所. 喷射混凝土中子法无损快速测厚技术研究总结报告[研究报告]. 南京水利科学研究院, 1993.
- 3 程和森等. 磨盘水库主坝堆石体密实度核子法检测报告[研究报告]. 南京水利科学研究院, 1994.