

某电厂加装取水计量装置及率定试验研究

郭 磊, 邱颂曦, 杜 涓

(广东省水利水电科学研究院, 广东省水动力学应用研究重点实验室, 广东 广州 510610)

摘要:根据取水许可管理要求, 某电厂老机组需加装循环冷却水取水计量装置及监视设备。因现场条件限制, 计量装置的量测精度受到一定影响, 通过室内机组虹吸井溢流堰正态物理模型试验, 得到特定堰型的水位流量关系, 结合现场机组虹吸井堰上水位及同步流量量测数据, 对取水计量装置进行校正, 并给出流量计的计量校正系数。采用 GPRS 方式对计量数据及视频信号进行无线远程传输, 实现了通过 INTERNET 对计量数据及监控视频进行访问的功能。取水计量设备的安装满足了取水许可管理的要求, 可以作为其申请取水许可证的依据。

关键词:取水计量; 率定试验; 虹吸井; 溢流堰; 冷却水; 无线传输

中图分类号:TV137 **文献标识码:**B **文章编号:**1008-0112(2010)10-0016-04

1 项目背景

随着水资源供需矛盾日渐突显, 2006 年中华人民共和国国务院第 460 号令(即《取水许可和水资源费征收管理条例》)明确规定: 利用取水工程或者设施直接从江河、湖泊或者地下取用资源的单位和个人除本条例第四条规定的特殊情形外, 都应当申请领取取水许可证, 并缴纳水资源费。2008 年, 为加强取水许可管理, 规范取水的申请、审批和监督管理, 水利部颁布实施了第 34 号令即《取水许可管理办法》(以下简称《办法》), 《办法》中明确规定, 取水计量设施的计量认证是取水许可证发放的必备条件之一。

某电厂为已建老厂, 其冷却水直接取自电厂边的水道, 由于历史原因, 其循环冷却水取水系统至今尚未安装独立的取水计量装置。为了适应新形势下水资源管理的需要, 需对电厂循环冷却水系统加装计量装置, 由于本项目是已建工程, 为了不影响电厂的正常运行, 拟在现有的输水管道上安装不需停机破管的超声波流量计。鉴于输水管道顺直段较短, 不符合超声波流量计安装要求; 且安装现场布设有固定的大型电泵和其它用电设备, 电磁干扰源较多; 以上因素均影响了超声波流量计的量测精度。考虑到电厂冷却水通过机组冷凝器后由机组虹吸井排出, 而虹吸井内设置有溢流堰, 其流量与冷却水取水流量一致, 本次通过量测虹吸井溢流堰堰上水位, 由溢流堰水位流量关系推算其过流流量, 并依

此对超声波流量计进行校正。因溢流堰堰型较为特殊, 难以精确地确定其流量系数, 为此通过室内物理模型试验方法, 确定该堰型的水位流量关系, 从而由现场的水位数据来计算其精确过流流量, 并最终给出超声波流量计的校正系数。

同时, 为实时显示校正后流量数据及超声波流量计设备运行状况, 在现场安装视频监视设备和无线数传终端, 实现了远程通过管理系统对现场流量及视频进行获取和处理的功能。

2 工程概况

电厂位于河口区, 共有 4 台燃煤汽轮发电机组, 冷却水取排水方式采用“深取浅排”方式, 取水流程为: 取水口→自流引水管→循环水泵房→压力进水管→凝汽器→虹吸井→排水沟→排水口, 其中压力进水管直径为 1.80m。设计冷却水流量为 $43.70\text{m}^3/\text{s}$, 配备 8 台 1600HLB-16 型立式混流泵, 在实际运行中多为“一机两泵”供水, 单泵设计流量为 $5.44\text{m}^3/\text{s}$, 经后期改造后, 水泵的设计流量可达 $5.83\sim 6.11\text{m}^3/\text{s}$ 。

电厂虹吸井内布设 1 座折线形溢流堰, 堰高为 5.00m, 堰顶高程为 0.80m(珠江基面), 堰宽为 0.40m, 堰直线段长分别为 3.50m 和 3.10m, 堰上游左侧布设 1 条管径为 1.80m 的进水钢管, 右侧布设 3.00m×2.60m 的进水方孔沟, 沟底标高为 -4.20m, 堰下右侧布设 2 条 2.20m×2.60m 的出流方孔沟, 连接电厂排水明渠, 沟底

收稿日期: 2010-09-15

作者简介: 郭磊(1980-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事水利工程咨询工作。

标高为-4.20m,堰上下游方孔沟中间设置1道隔墙,隔墙长为2.20m,宽为0.40m。虹吸井平面图见图1。

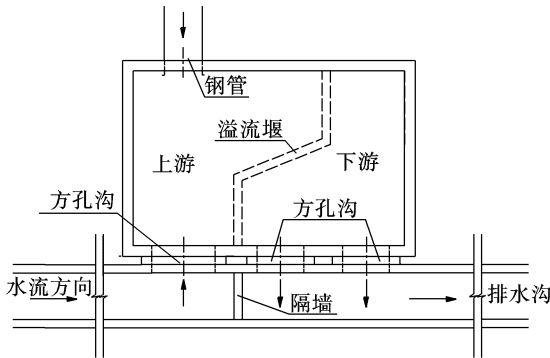


图1 虹吸井平面示意

3 模型规划设计及试验

3.1 试验基础资料

虹吸井、溢流堰设计图纸、机组运行情况等均由电厂提供。

3.2 模型规划设计

1) 模型范围

根据试验目的、任务及技术要求,依据模型水流过渡衔接所必需满足的条件,考虑到电厂8台机组共设置了4座溢流堰,各溢流堰堰型结构均相同,其水位流量关系相似,本次试验选择其中1座溢流堰作为研究对象,模型范围为虹吸井溢流堰上游5.0m至堰下游5.0m,模拟虹吸井原体长约13.8m、宽约9.3m、面积约为128.34m²的区域。

2) 模型比尺

综合考虑试验精度要求、最小水深、水流过渡衔接条件限制及试验室场地因素等^[1],确定本模型为正态模型,比尺为6,相应的流量比尺为88.182,糙率比尺为1.348。

3) 模型平面布置

模型包括进水量水堰、进水渠、前池,出水控制尾门及回水渠等,模型长约6m,最大宽度约6.5m,占地面积约为38m²。模型最大供水流量约为120L/s。模型试验平面布置见图2。

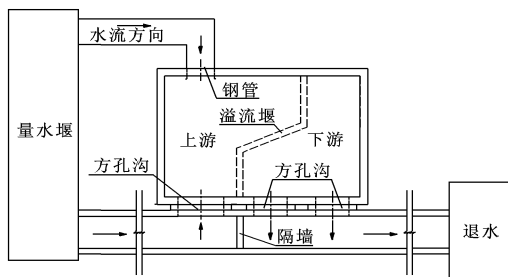


图2 模型平面布置

3.3 试验组次选取

根据试验研究的目的和内容,本次试验组次的选取遵循以下原则:首先试验选取流量范围应包含电厂虹吸井设计及实际运行中最大和最小流量,使得实际运行工况能够在试验中得到体现;同时,试验组次数量和数据范围要合理,能够满足溢流堰的过流曲线的数据分析要求。电厂实际运行中最大及最小流量值是通过业主方提供的运行工况及相关的设计资料综合分析得出,溢流堰的过流曲线是通过线性回归分析得到。试验流量由16 000(4.444m³/s)~38 000m³/h(10.556m³/s),每间隔1 000m³/h(0.277 8m³/s)为一个工况,共25组工况。

3.4 试验成果分析

根据选取的试验组次进行试验,换算成原型后的流量和堰上水位试验成果见表1。

表1 流量及堰上水位数据

组号	流量 /(m ³ ·s ⁻¹)	堰上水位 /m	组号	流量 /(m ³ ·s ⁻¹)	堰上水位 /m
1	10.556	0.66	14	6.944	0.5
2	10.278	0.65	15	6.667	0.49
3	10.000	0.631	16	6.389	0.477
4	9.722	0.625	17	5.972	0.46
5	9.444	0.613	18	5.556	0.439
6	9.167	0.6	19	5.278	0.42
7	8.889	0.594	20	5.139	0.413
8	8.611	0.572	21	5.000	0.406
9	8.333	0.564	22	4.861	0.399
10	8.056	0.556	23	4.722	0.392
11	7.778	0.538	24	4.583	0.385
12	7.500	0.526	25	4.444	0.379
13	7.222	0.51			

对试验数据进行相关性分析,可得到流量 Q 与堰上水位 H 的相关关系,见式(1)和图3。流量与堰上水位相关系数为0.999 6,相关性良好;且与水力学薄壁堰堰流量计算公式类似^[2](见式(2)),可见试验得到的关系式合理。

$$Q = 20.255H_{\text{堰上}}^{1.5554} \quad (1)$$

$$Q = mb(\sqrt{2g}H^{3/2}) \quad (2)$$

3.5 校正系数的确定

现场超声波流量计量测流量、虹吸井堰上水位及由式(1)推算流量见表2。

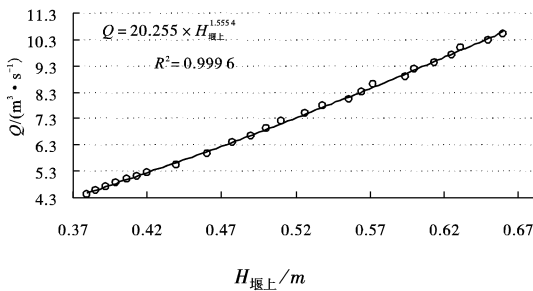


图3 水位流量关系曲线

表2 流量修正系数

现场量测流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	现场量测水位 /m	式(1)推算流量 /(m ³ ·h ⁻¹)	修正 系数
34 420	0.69	40 943	1.189 5
34 479	0.68	40 024	1.160 8
34 328	0.65	37 311	1.086 9
34 507	0.65	37 311	1.081 3
32 432	0.63	35 541	1.095 9
34 394	0.62	34 667	1.007 9
平均值			1.104

为避免因取水流量与虹吸井水位测量存在时间异步性带来的误差,本次试验采用1h内虹吸井堰上水头基本不变的时段所量测的取水流量平均值作为分析基础数据。在平均数据时间段的选取上考虑2个限制条件:首先是各平均时间段内电厂运行工况不变,而所有时间段中应包含电厂的各运行工况;其次,因电厂虹吸井溢流堰下游直接与外海相连,受河口潮水顶托影响,每日会有部分时段溢流堰出流为淹没出流,此时间段的水位数据将不能作为推算溢流堰自由出流公式的数据,该时间段的水位数据将被剔除。综合考虑上述因素,通过试验流量和实测流量的比值,得到修正系数。由表2可得,平均修正系数为1.104,实际取水流量应为超声波流量计测量值乘以修正系数。

4 现场硬件安装

现场安装的硬件有:嵌入式超声波流量计、压力式遥测水位计及红外摄像设备。硬件安装过程遵循以下步骤:

- 1) 现场环境检测,确定安装的电气和环境标准;
- 2) 制定安装平面图;
- 3) 依据各仪器设备的安装说明进行安装,并在恰当位置树立标识;
- 4) 调试设备及现场清理。

流量计安装尽量选择在两端直管段较长且距离水

泵及阀门较远的位置;因电厂虹吸井设有混凝土顶盖,安装水位计时须经厂方同意后在堰上适当位置钻孔,待试验完毕后对钻孔进行封堵。流量计和水位计安装示意图分别见图4和图5。

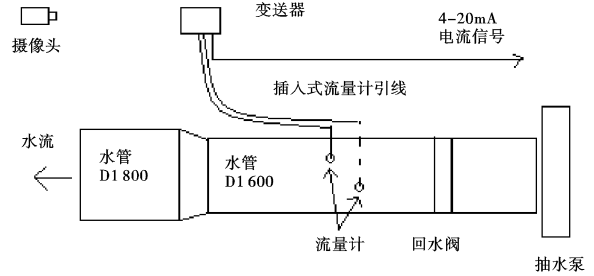


图4 超声波流量计安装示意

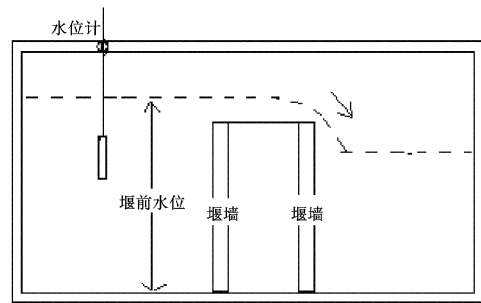


图5 水位计安装示意

5 数据传输

将取水流量及现场视频数据通过无线方式传输到远端的管理系统,以方便管理部门对取水户的日常取水进行监督,提高取水许可的管理效率和精度。

数据传输流程为:传感器采集流量及视频数据,通过有线方式传送给带有GPRS模块的远程数据传输终端,后通过GPRS模块将相关数据发送到GPRS网中,因GPRS网与INTERNET都是基于IP协议的,故可通过INTERNET方式对数据进行获取和处理。同时,也可由INTERNET发送查询或控制指令到GPRS模块,再由GPRS模块传送给各个数传终端,对它们进行操作、控制。数据传输流程见图6。

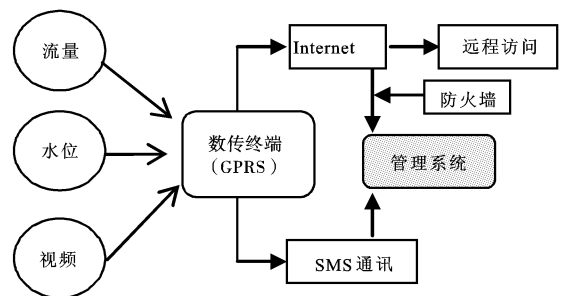


图6 数据传输流程

5.1 硬件设备

采集设备:嵌入式超声波流量计(带存储功能)、压力式遥测水位计、红外摄像设备。

传输设备:远程传输终端(带 GPRS 模块), SIM 通讯卡。

其它设备:服务期及工作站、附属网络设备、硬件防火墙、防雷设备。

5.2 软件管理系统

管理系统用于实现对现场量测数据的显示和处理。软件系统基于 J2EE 开发平台,结合 GPRS 无线传输技术,采用 B/S 模式。可通过 INTERNET 基于一定权限进行访问,包括流量及水位报表查询、图线查询、招测数据等操作。流量报表查询示意及现场流量计视频截图分别见图 7 及图 8。

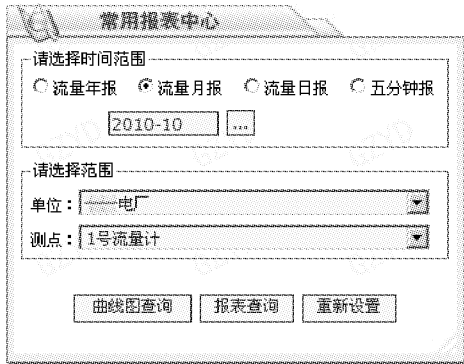


图 7 流量报表示意

6 结论

1) 超声波流量计可作为已运营的电厂的冷却水取水计量装置,在安装现场条件不理想的情况下,可以采

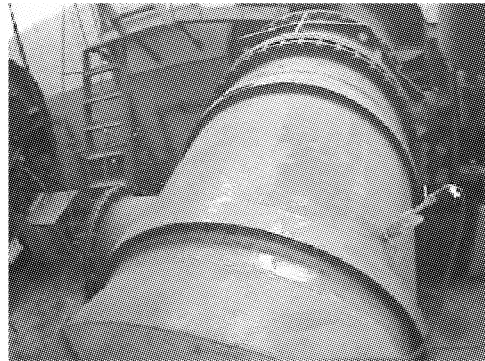


图 8 现场流量计视频截图

用物理模型试验方法对超声波流量计进行率定和校正,以提高其量测精度。

2) 电厂虹吸井溢流堰的物理模型试验表明:①试验得到的过流流量 Q 与堰上水头 H 的相关系数达 0.9996,相关性较好;②回归分析得到 Q 和 H 的关系式与传统水力学薄壁堰的水位流量公式形式一致。试验得出的水位流量关系曲线合理,可用于超声波流量计的率定和校正。

3) 由现场采集设备、数传终端及管理软件组成的系统可以实现远程对取水户的取水行为的监管,以提高取水许可的管理效率和精度。

参考文献:

- [1] 南京水利科学研究所,水利水电科学研究所. 水工模型试验(第二版)[M]. 北京:水利电力出版社,1985.
- [2] 武汉大学水利水电学院水力学流体力学教研室. 水力计算手册(第二版)[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

(本期责任编辑 马克俊)