

《混凝土坝安全监测技术规范》有关问题研讨

赵 永 赵志仁

(中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222)

摘要 :DL/T5178—2003《混凝土坝安全监测技术规范》于 2003 年正式发布并开始实施,根据执行该规范过程中的体会,着重研讨其中第 8~10 章正文和条文说明及附录中的有关问题,在渗流监测,应力、应变及温度监测,以及监测自动化系统方面提出了一些修改建议。

关键词 :混凝土坝;安全监测;技术规范;安全管理工程

中图分类号:TV698.1

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2008)06-0040-04

Discussion on the technical criteria of concrete dam safety monitoring/ZHAO Yong, ZHAO Zhi-ren(China Water Resources Beifang Investigation Design and Research Co., Ltd, Tianjing 300222, China)

Abstract : The Technical Criteria of the Concrete Dam Safety Monitoring(DL/T5178—2003) was published and put into use in 2003. According to our experience of its performance, some problems in chapters 8-10 and the appendix are discussed. Some suggestions about the seepage, stress, strain and temperature monitoring and monitoring auto system are put forward.

Key words : concrete dam; safety monitoring; technical criteria; safety management project

1989 年 3 月 20 日,我国能源部、水利部以能源技[1989]577 号文件,颁布了由水利电力部在 1985 年底开始组织编制、1988 年底完成的 SDJ 336—89《混凝土大坝安全监测技术规范》^[1]。该文件指出:“这是我国首次编制的包括设计、施工、运行各阶段监测工作较系统的技术规范”,并决定于 1989 年 10 月 1 日试行,该规范曾获得电力工业部科技进步二等奖。笔者是编制该规范的主要人员之一。经过几年试行,根据水电水利规划设计总院提议,1995 年电力工业部以技综[1995]44 号文《关于下达 1995 年制定修订电力行业标准计划项目(第二批)的通知》,下达了修订任务,成立了规范修订组,由国家经贸委于 2003 年 1 月 9 日发布了现行 DL/T5178—2003《混凝土坝安全监测技术规范》^[2],作为我国电力行业标准代替 SDJ 336—89,并于 2003 年 6 月 1 日开始实施。

上述 2 部规范实施以来,在本专业设计、施工、运行等方面起到了很好的指导和推动作用,为促进大坝安全监测工作的正常开展做出了重要贡献,但经过实践也发现了一些问题。其中《混凝土坝安全监测技术规范》以下简称《规范》第 1~7 章存在的问题,笔者已经另文商榷^[3],笔者在本文拟着重对《规范》第 8~10 章正文和条文说明及其附录的有关问题进行研讨。现按《规范》正文目录的次序分述如下。

1 渗流监测

《规范》第 8 章和条文说明 8 及附录 D 为有关渗流监测的内容,其中值得探讨的问题主要有以下 10 点:

a. 《规范》8.1.1 条:“监测项目包括扬压力、渗透压力、渗流量及水质监测”,建议增加“绕坝渗流及地下水位监测”,绕坝渗流对坝肩稳定的影响尤为显著。

b. 《规范》8.1.2 条:“用渗压计量测监测孔的水位时需根据不同量程的渗压计采用相应的读数仪进行测读。”实际上,对于“不同量程的渗压计”不需要“采用相应的读数仪进行测读”,而是采用同一个读数仪进行测读即可。如果按上述要求,一个量程的渗压计对应一个读数仪,将会给监测工作带来很大不便,实际上是不可能做到的,因为国家标准规定渗压计的量程有 6 种以上^[4]。因此,建议修改为“用渗压计量测监测孔水位时,需根据不同原理的渗压计采用相应的读数仪进行测读。”

c. 《规范》8.2.1 条:“坝基扬压力”横向监测断面宜选择在最高坝段、地质构造复杂的谷岸台地坝段及灌浆帷幕转折的坝段。”同时,在条文说明 8.1 中指出,这次修订“取消了岸坡坝段作为横向监测断面布置扬压力测点的规定,因为岸坡坝段水头小,实测

扬压力都很小,它往往不是大坝稳定的控制坝段,观测用处不大”。上述取消岸坡坝段扬压力观测的规定及其说明的理由都是值得探讨的。首先,岸坡坝段因受岸坡地下水和三向渗流的影响,是坝基渗流的薄弱环节,其扬压力系数 α 较河床坝段偏高,故《混凝土重力坝设计规范》^[5]规定的允许值为:河床坝段 $\alpha = 0.25$,岸坡坝段 $\alpha = 0.35$,在设计时要求岸坡坝段的防渗帷幕伸入山体,延伸到相对隔水层处或正常蓄水位与地下水位相交处,必要时可在岸坡山体内部设置排水隧洞,并布置排水孔。其次,从实测扬压力观测结果来看,岸坡坝段往往是大坝稳定的控制坝段,观测用处很大。例如坝高111.0m的大朝山重力坝,在蓄水后库水位达到正常蓄水位的条件下,实测扬压力系数观测结果表明,河床坝段能满足设计要求,但右岸3号和6号及左岸19号坝段则不能满足设计要求^[6]。因此,岸坡坝段是不能取消扬压力监测断面的,加强岸坡坝段的扬压力监测是必要的,故建议8.2.1条中的横向监测断面增加“岸坡坝段”。

d.《规范》8.2.1条中规定“横向监测断面”可在帷幕前布置少量测点”,8.2.3条规定:“坝基扬压力一般埋设测压管进行监测,必要时亦可在管内放置渗压计进行监测。”上述规定存在以下问题:①“可在帷幕前布置少量测点”,而且“一般埋设测压管进行监测”,这是值得探讨的。首先,笔者认为在帷幕前不宜布设测压管,以免由于钻孔将上游库水引入坝体廊道,成为渗水通道或安全隐患。国际大坝委员会早已指出:“在重力坝的情况下,沿坝宽应当有几个测点,一部分测点设在上游,一部分测点设在下游,上游部分的扬压力测点应当紧靠灌浆帷幕的下游侧。”并且认为这是对“大坝监测的基本要求”^[7]。从理论和实践可知,一般情况下设计和实测均表明上游坝踵处的扬压力水头为上游水深,只有当上游泥沙淤积能形成铺盖时,才可能小于上游水深^[8]。笔者建议,如确有必要在帷幕前布设测点,为安全起见,可考虑埋设渗压计进行监测,而不应采用测压管。②“可在管内放置渗压计进行监测”,这一规定也是不全面的。一般情况下,如果采用渗压计监测,则可取消测压管,以节省工程量,当渗透水量较小时,还可提高观测精度及减少测值的滞后作用。此外,渗压计不一定放在管内,它可以放在基岩内、土壤内、混凝土内等,当然也可以放在任何有水压的管口等部位。

e.《规范》8.3.1条:“管口有压时应安装压力表,并应一管一表,管口无压时应安装保护盖,并在管内设置渗压计。”建议修改为:“管口有压时可安装

压力表或渗压计,管口无压时应安装保护盖,可采用渗压计或电测水位计进行监测”。

f.《规范》8.3.6条:“量水堰一般选用三角堰或矩形堰。”这里缺少梯形堰似不妥。因为三角堰适用于流量1~70 L/s的情况,矩形堰适用于流量大于50 L/s的情况,而梯形堰适用于流量10~300 L/s的情况。可见梯形堰适用范围更大,而且设置和计算都较矩形堰简单,故建议增加“梯形堰”^[9]。

g.《规范》8.4.2条:“当采用电测水位计量测测压管水位时,2次读数之差不应大于1 cm。”由于目前国内外生产的电测水位计的最小读数都达到1 mm^[10],因此建议修改为“2次读数之差不应大于3 mm”。

h.《规范》8.4.2条:“当采用渗压计量测监测孔的水位时,2次读数之差不应大于仪器的最小读数。”应用误差理论分析,即使仪器读数正常也有30%以上的测值不能达到这一要求,建议修改为“2次读数之差应不大于仪器最小读数的3倍”。

i.《规范》附录D.1.1.1条:“在设计确定的位置打孔,孔径一般为50 mm,孔底在建基面下0.5~1.0 m。”这条规定存在以下2个问题:①如果规定埋设在建基面下,则所规定的“孔径一般为50 mm”偏小,因为通常采用的测压管内径是50 mm,在这种情况下,埋设测压管部分的钻孔孔径应适当加大。②鉴于该形式的测压管使用较多,笔者建议修改为“孔径一般为100 mm,孔内埋设内径50 mm的测压管,孔底在建基面下1.0 m”。

j.《规范》附录D.4水质分析项目中缺少“电导率”项目,建议增加。电导率表示水的含盐量,是水质分析的重要指标,一般电导率越大,水质越差。水的电导率随温度变化而变化,温度每升高1℃,电导率增加约2%,故通常规定25℃为测定电导率的标准温度。

2 应力、应变及温度监测

2.1 一般规定

《规范》9.1.1条中规定:“应力、应变及温度监测项目主要有应力监测、应变监测、锚杆(锚索)应力监测、钢筋应力监测、钢板应力监测、温度监测、接缝裂缝开度监测和地震反应监测等”;另外在7.11条中也规定:“变形监测项目主要有坝体变形、接缝、裂缝以及……。”同时,在《规范》9.2.13条中:“接缝和裂缝开度的监测布置宜按下列要求进行……”。笔者认为,接缝和裂缝监测应属于变形监测的范畴,《规范》将其重复列入第7章“变形监测”和第9章“应力、应变及温度监测”2部分,不尽合理。为此,

建议将 9.1.1 条中“ 接缝裂缝开度监测 ”内容删去 ; 将 9.2.13 条全部移入《规范》第 7 章“ 变形监测 ”中 , 改为 7.2.17 条。

2.2 监测设计

a. 《规范》9.2.2.2 条对重力坝规定 : “在重点监测坝段可布设 1~2 个监测断面。”这条规定会造成布置的测点和仪器偏多 , 一般情况下 1 个坝段没有必要布设 2 个监测断面。建议修改为“在重点监测坝段的中心线上可布置 1 个监测断面。”

b. 《规范》9.2.2.3 条对重力坝规定 : “同一浇筑块内的测点应不少于 2 点 , 纵缝两侧应有对应的测点 , 通仓浇筑的坝体其监测截面上一般布置 5 点。”笔者建议进行适当简化 , 修改为“每一浇筑块可布设 1~2 个测点 , 必要时可在纵缝两侧布置测点 , 通仓浇筑的坝体其监测截面上一般布置 3~5 点 , 表面测点除外。”

c. 《规范》9.2.5.5 条 : “每根锚杆宜布置 3~5 个测点。”建议修改为“每根锚杆一般布置 1~3 个测点。”

d. 《规范》9.2.5.3 条 : “岩体表面测点宜采用基岩应变计 , 其标距应为 1~3 m。”同时在附录 E.3.2.4.1 中又规定 : “基岩应变计标距长度应为 1~2 m。”在同一规范里规定 2 种基岩应变计长度不妥 , 建议统一规定为 1~2 m 为宜^[9]。

2.3 观测

《规范》9.4.7 条 : “在泄水情况下 , 对泄水建筑物进行观测时 , 宜同时进行泄水建筑物水力学观测。”笔者认为 , 泄水建筑物的水力学观测只能按实际需要不定期进行 , 没有必要规定在应力、应变及温度监测的同时进行水力学观测 , 以免大量增加水力学观测的工作量 , 而且一般情况下运行管理部门缺少水力学观测的仪器设备 , 需要外请专业队伍进行观测。因此 , 建议将 9.4.7 条删去。同时 , 对水力学的监测要求可在附录 G“泄水建筑物水力学监测”中提出。

2.4 规范性附录 E

a. E.1.1.1.2 , E.1.1.1.4 及 E.1.1.2.4 和表 E.7 中 , 共有 9 个“挡”字错误。建议将这 9 个“挡”全部修改为“档”。

b. E.1.1.1.2.2 中 : “ ΔZ ——量程上下限各自 6 次电阻比测值的平均值之差”有误 , 应修改为 : “ ΔZ ——量程上下限各自 3 次电阻比测值的平均值之差”。

c. E.1.1.1.5 中“最小读数 f 检验”及“可利用本节端基线性度检验的测值计算和检验各仪器的最小读数 f ”。笔者认为“最小读数”是相对于仪器分辨率的仪器读数 , 是一个绝对值 , 而上述 f 检验则

是一个相对值 , 从检验内容看《规范》中上述“最小读数”均应修改为“分辨力”。分辨力与最小读数是应混淆的。此外 , E.1.2.2 中“最小读数 f 检验改为灵敏度系数 K 的检验。”建议将这句话修改为“分辨力系数 K 的检验”^[11]。

d. E.1.2.2 中 E.17 , E.19 , E.20 等计算公式的分母均为 $\sum_{i=1}^n (f_i^2 - f_0^2)$ 项。显然 , 在计算公式中 f_0 使用了 n 次 , 因为 f_0 是零荷载时的测值 , 易产生误差 , 致使 f_0 的误差在计算中累积了 n 次 , 这就影响了计算结果的准确性。为此建议对上述各式均采用最小二乘法进行计算 , 理论和实践上都表明最小二乘法的结果是准确的、合理的。笔者已推导出了最小二乘法的计算公式 , 见文献 [12]。

e. E.2.2.2 中 : “承受的水压力为 1.0 MPa 时 , 绝缘电阻应不大于 100 M Ω /km”有误 , 应修改为“应不小于 100 M Ω ”。

f. E.2.2.4 中 : “三芯或四芯电缆每 100 m 的单芯电阻应不超过 1.5 Ω , 每 100 m 电缆芯线之间的电阻差值应不大于单芯电阻的 10% , 五芯电缆每 100 m 单芯电阻应不超过 3.0 Ω ”。笔者认为“10%”太大了。

这项规定意味着三芯和四芯电缆芯线电阻的差值可以达到 0.15 Ω /100 m。以四芯电缆仪器为例 , 如按一般仪器电缆长度可达 300~500 m 计算 , 则为 0.45~0.75 Ω , 其值是比较大的 , 将会对仪器使用产生十分不利的影响。若假定四芯仪器的白、绿、红、黑芯线电阻分别为 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$, 仪器内两工作电阻分别为 R_1, R_2 , 则仪器芯线电阻差值引起的电阻比误差为

$$\Delta z = \frac{\gamma_1 - \gamma_4}{R_2 + \gamma_4} = \frac{\Delta \gamma_1 - \Delta \gamma_4}{R_2 + \gamma_4} \quad (1)$$

一般仪器电阻 R_2 约为 30 Ω , 电缆电阻差值取上述平均值 0.6 Ω , 代入式 (1) 可得由于三芯或四芯电缆芯线电阻不等引起的电阻比增量约为 200×10^{-4} , 即 200 个电阻比 , 约占仪器电阻比测量范围的 $1/2$ ^[11]。这是比较大的 , 因此建议修改为“每 100 m 电缆芯线之间的电阻差值应不大于单芯电阻的 3%”。

g. E.3.2.5.1 中 : “无应力计筒应按图 E.4 加工”。图中有 2 种结构尺寸 , 但没有说明如何选用。建议增加说明 : 图中无括号的标注尺寸适用于仪器标距为 25 cm 的大应变计 ; 有括号的标注尺寸适用于仪器标距为 10 cm 的小应变计。”

h. E.3.2.6.3 的图 E.5 中有内、外 2 个保护盖 , 其中内保护盖由笔者设计 , 于 1967 年在以礼河埋藏式高压管道中首次使用 , 取得了良好效果 , 其优点是

避免了埋设仪器处仪器与钢板之间脱空引起局部应力,从而使观测结果失真。在此之前国内外均只使用外保护盖,但外保护盖的隔离会引起仪器与钢板之间脱空。笔者认为,图 E.5 规定内、外 2 个保护盖同时使用是不必要的。因此建议图中仅保留内保护盖。

i. E.4.1 中“对四芯线仪器应正测电阻比 Z 及反测电阻比 Z' ,按表 E.12 进行质量控制”。由于表 E.12 同时适用于三芯、四芯、五芯电缆的应变计、测缝计、渗压计、钢筋计等各种仪器电阻比观测值的质量控制,因此建议将句中“四芯线”删去。

j. 表 E.12 中“ $Z + Z'$ 的控制值”一项的 9 个“ ± 2 ”应全部修改为“ ± 3 ”。表 E.12 的质量控制表是笔者首先研究提出来的^[13-14],在文献[1]印刷时将“3”错印成“2”,以至延误至今。笔者采用误差理论分析得出,在进行质量控制时,一般情况下建议采用“ ± 3 ”。此外,表 E.12 中最后一栏“ Z 或 Z' 控制值”有误,应修改为“ $Z + Z'$ 控制值”。

k. 表 E.13 中五芯电缆的计算值为 $R_{14} - R_{25}$,规定中值为 0,上下限为 0 ± 0.04 ,这样的要求是很难达到的。如按《规范》E.4.2.2.4 中规定:五芯电缆单芯电阻应不超过 $3.0 \Omega/100\text{m}$ 及每 100m 电缆芯线之间的电阻差值应不大于单芯电阻的 10%,考虑到一般仪器电缆长度可达 300 ~ 500 m,则仪器芯线电阻之差即可达到以欧姆计。所以,上述表 E.13 规定 $R_{14} - R_{25} = 0$ 一般是不可能的。为此,经笔者推导,建议对五芯电缆做如下修改:设芯线电阻白、绿、红、黑、蓝依次为 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5$, 则

$$(R_{124} - R_{125}) - (R_{14} - R_{15}) = 0 \quad (2)$$

式(2)是严格成立的,按式(2)进行五芯电缆质量控制是比较合理的。

2.5 条文说明

《规范》条文说明 9.1.2 条中:“差动电阻式仪器电阻值比较低,易受测量系统的电阻影响。”这样的说明是不够全面的。差动电阻式仪器以往采用三芯或四芯电缆时,测值会在一定程度上受芯线电阻的影响。但在 20 世纪 80 年代初改用五芯电缆后,这一问题已经解决了。在五芯电缆的情况下,可采用国产数字测量仪表测读,此时,电阻比 R_1/R_2 、电阻值 $R_1 + R_2$ 仅与测到的电压及基准电阻有关,与电缆芯线电阻无关。这是五芯系统的优点所在。因此,建议将条文说明 9.1.2 中“易受测量系统的电阻影响”删去,或修改为“如采用三芯或四芯电缆时,电缆电阻对测量系统有一定影响。一般情况下,最好采用五芯电缆,以避免电缆电阻的影响”。

3 监测自动化系统

《规范》第 10 章及条文说明 10 为有关监测自动化的内容,其中值得探讨的问题主要有以下 6 点:

a. 《规范》10.1.2 条中,建议增加以下功能:①应能显示建筑物及监测系统的总体布置、各监测子系统组成、过程线图、监控图等。②具有人工输入数据功能,有基于剖面或平面显示实时监测数据功能,图形可无级缩放。③有与便携式监测仪表或便携式计算机通讯的接口,能用便携式设备采集监测数据。

b. 《规范》10.1.3 条建议增加:“采集对象包括电阻式、电容式、差阻式、振弦式、电感式、压阻式、电位器式、步进电机式等原理的传感器,还可采集输出为电流、电压等带有变送器的传感器。”

c. 《规范》10.2.4 条建议增加:“应采用可视化设计,并具有建立数学模型及测值的预测、预报以及评价大坝运行状态的功能。”^[15]

d. 《规范》10.2.6 条建议增加:“建立电视视频监视系统。”^[10]对大坝、地基、岸坡等关键部位及监测设施建立电视图像观测点进行实时监控,并将图像传输到监测站或电厂及管理局,进行图像监视、显示、录制、回放,并对摄像设备进行远程监控。电视视频监视系统能够提高安全报警的可靠性,更好地了解 and 检查大坝的工作状态和运行情况。

e. 《规范》10.4 条建议增加:“自动化监测系统在投入使用前必须通过正式验收,正式验收应在系统正式试运行期满后。”

f. 《规范》条文说明 10.2.4 ~ 10.2.5 条中:“在管理上,规定了设备安装后需要试运行 1 年,进行实际考验,再进行竣工验收,以保证设备性能满足运行要求。”但是在《规范》正文 10.2.4 ~ 10.2.5 条中并无上述“规定了设备安装后需要试运行 1 年”的内容,在《规范》的其他部分,也未提及需要试运行 1 年的要求。因此,建议在正文中予以补充。

4 结 语

我国大坝安全监测技术日趋成熟,但尚待进一步总结和提高。国内也已经积累了较为丰富的实践经验和应用理论,但还需进一步的挖掘和推广。如能在此基础上慎重地进行修订或编制规程、规范,可以避免产生不必要的失误和遗憾。

以上主要根据笔者在《规范》发布实施后实际执行过程中的体会,除已对第 1 ~ 7 章的若干问题提出了修改建议外^[3],本文又对第 8 ~ 10 章的有关条款进行了研讨,提出了一些问题和建议,(下转第 61 页)

表 5 基底压应力最大值与最小值的比值

n_1	n_2	$H = 3\text{ m}$		$H = 5\text{ m}$			$H = 7\text{ m}$		
		$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 2\text{ m}$	$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 2\text{ m}$
1:1.0	1:1.0	1.660	1.580	1.880	1.800	1.740	1.980	1.930	1.880
1:1.0	1:1.5	1.594	1.535	1.779	1.728	1.682	1.875	1.832	1.792
1:1.5	1:2.0	1.407	1.378	1.511	1.487	1.465	1.563	1.543	1.525
1:1.5	1:2.5	1.372	1.349	1.464	1.445	1.428	1.519	1.504	1.489
1:2.0	1:2.5	1.320	1.301	1.457	1.437	1.419	1.400	1.390	1.379

表 6 满足各工况围堰整体抗滑稳定性最低要求的筑堰材料临界 c_u 值 kPa

n_1	n_2	$H = 3\text{ m}$		$H = 5\text{ m}$			$H = 7\text{ m}$		
		$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 2\text{ m}$	$d = 1\text{ m}$	$d = 1.5\text{ m}$	$d = 2\text{ m}$
1:1.0	1:1.0	10.76	10.78	18.80	18.60	18.50	27.70	27.30	26.60
1:1.0	1:1.5	8.96	8.86	15.52	15.50	15.30	22.50	22.00	22.20
1:1.5	1:2.0	7.79	7.73	13.00	13.20	13.20	18.50	18.70	18.60
1:1.5	1:2.5	6.64	6.80	11.60	11.60	11.80	16.30	16.60	16.30
1:2.0	1:2.5	6.93	7.01	11.35	11.60	11.60	16.30	17.85	16.50

出按强度控制疏浚淤泥堆场围堰稳定性的设计方法,即在围堰基底压应力最大值与最小值的比值满足稳定性要求的前提下,以满足围堰整体抗滑稳定性最低要求的筑堰材料强度值作为围堰稳定性的控制条件,并通过设计工况验证了该方法的可行性。

验算中未考虑施工方式对围堰稳定性的影响,需要通过模型试验等进行验证。屈庆余等^[7]、何宗彬等^[8-9]就施工方式对围堰稳定性的影响进行了讨论,主要探讨了防渗墙施工以及运用振动水冲法技术对围堰深水抛填风化砂进行加密。施工过程中多种因素对围堰稳定性的影响还有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 邓东升,张铁军,张帅,等.南水北调东线工程高含水量疏浚淤泥材料化处理方法[J].河海大学学报:自然科学

版,2008,36(4):559-562.

[2] 朱伟,张春雷,刘汉龙,等.疏浚淤泥处理再生资源技术的现状[J].环境科学与技术,2007,25(4):39-41.
[3] SL17—1990 疏浚工程施工技术规范[S].
[4] JTJ319—1999 疏浚工程技术规范[S].
[5] GB50286—1998 堤防工程设计规范[S].
[6] 殷宗泽,余湘娟,卢廷浩,等.土工原理[M].北京:中国水利水电出版社,2007.
[7] 屈庆余,何宗彬.三峡二期上游围堰防渗施工[J].水利水电科技进展,2004,24(1):44-46.
[8] 何宗彬,屈庆余.三峡二期上游围堰安全监测[J].水利水电科技进展,2003,23(7):25-27.
[9] 何宗彬,屈庆余.振动水冲法加密技术在三峡工程二期围堰中的应用[J].水利水电科技进展,2002,22(6):36-38.

(收稿日期:2008-04-25 编辑:骆超)

(上接第 43 页)

不当之处,欢迎批评指正。希望通过共同研讨更好地进行补充和修正,俾使《规范》更加完善。为此,建议尽快对《规范》进行修订或近期先行发布补充条款。

参考文献:

[1] SDJ336—89 混凝土大坝安全监测技术规范[S].
[2] DL/T5178—2003 混凝土坝安全监测技术规范[S].
[3] 赵志仁,杨天生.关于《混凝土坝安全监测技术规范》的若干问题[J].水力发电学报,2008,27(2):93-96.
[4] GB/T3411—94 差动电阻式渗压计[S].
[5] SL319—2005 混凝土重力坝设计规范[S].
[6] 中国水利水电科研院.大朝山水电站枢纽工程竣工验收安全鉴定报告[R].北京:中国水利水电科学院,2003.
[7] ICOLD. Dam monitoring general consideration(Bulletin 66).

France ICOLD,1988.

[8] 赵志仁.刘家峡混凝土重力坝扬压力的观测研究[J].水利学报,1986(9):54-61.
[9] 赵志仁.混凝土坝外部观测技术[M].北京:水利电力出版社,1988:220-231.
[10] 赵志仁.大坝安全监测设计[M].郑州:黄河水利出版社,2003:61-67.
[11] DL/T948—2005 混凝土坝监测仪器系列型谱[S].
[12] 赵志仁.大坝安全监测的原理与应用[M].天津:天津科技出版社,1992:237-242.
[13] 赵志仁.水工建筑物观测值的数据统计特性及其质量控制[J].葛洲坝水利水电学院学报,1981(2):11-21.
[14] 赵志仁.控制大坝内部观测值质量的原理与方法[J].海河水利,1986(6):35-41.
[15] 沈振中,吴中如,温志萍.二滩拱坝安全监测在线监控系统[J].水利水电科技进展,2000,20(3):33-35,66.

(收稿日期:2008-05-22 编辑:骆超)