

峡谷地区 200 m 级高面板堆石坝筑坝技术研究及应用

杨泽艳¹, 湛正刚²

(1. 中国水电工程顾问集团公司, 北京 100011; 2. 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院, 贵州 贵阳 550002)

摘要 : 针对已建的 2 座 200 m 级高面板堆石坝出现的坝体变形大、面板裂缝多、渗漏量偏大等问题, 结合洪家渡坝河谷狭窄且不对称的特点, 开展了筑坝技术研究, 取得了坝体变形控制集成技术、接缝止水新结构和新材料、堆石碾压和检测新工艺、310 m 高陡坝肩窄趾板新结构、安全监测新技术等一系列技术成果。大坝经 4 年蓄水运行考验, 坝体变形小, 面板裂缝少, 渗漏量不大, 应用效果良好。

关键词 : 高面板堆石坝; 筑坝技术; 峡谷地区; 洪家渡水电站

中图分类号 : TV641.4

文献标识码 : A

文章编号 : 1006-764X(2007)05-0033-05

Research and application of construction techniques for concrete face slab rockfill dam with height about 200 m in narrow valley region//YANG Ze-yan¹, ZHAN Zheng-gang²(1. China Hydropower Engineering Consulting Group Co., Beijing 100011, China; 2. Guiyang Hydroelectric Investigation Design & Research Institute, CHECC, Guiyang 550002, China)

Abstract : In combination with the Hongjiadu Dam Project, which is located on the narrow and asymmetric valley, a study was performed on the dam construction techniques based on some problems in 2 existing 200 m-high concrete face slab rockfill dams, such as large deformation of the dam body, many cracks in the face slab, and large volume of seepage. Some achievements in techniques were obtained, including the integrated technique for dam body deformation control, the new structures and new materials for joint water seal, the new techniques for rockfill rolling and detection, the new structures of narrow plinth for steep abutment with the height of 310 m, and the new techniques for safety monitoring. Four years' operation of the dam after impoundment shows that, with small deformation of the dam body, few cracks in face slab, and small volume of seepage, the dam is in good operation condition.

Key words : high concrete face slab rockfill dam; dam construction technique; narrow valley region; Hongjiadu Hydropower Station

1 研究背景

洪家渡水电站^[1]被列为“西电东送”的启动工程和国家重点建设项目,于 2000 年 11 月开工,2005 年完工。坝址河谷呈不对称“V”形,面板堆石坝最大坝高 179.5 m,坝顶长 427.79 m,宽高比 2.38,属狭窄河谷 200 m 级高面板堆石坝^[2]。

面板堆石坝安全性高、适应性强、经济性好,得到了广泛应用和迅速发展^[3]。20 世纪 90 年代是面板堆石坝向 200 m 级高坝的发展时期,已建的 2 座 200 m 级高坝基本上都沿用了 100 m 级坝的理念与经验,不同程度地出现了坝体变形大、面板裂缝多、挤压破坏性和渗漏量偏大等问题^[4-5],说明世界上 200 m 级高坝的筑坝技术尚不成熟。

洪家渡坝址河谷狭窄,岸高坡陡且两岸极不对称,在地形上更为不利,面临着许多复杂、特殊的问题。其后的三板溪坝、水布垭坝等几座高坝也希望

以早一步建设的洪家渡坝为跟踪目标。因此,能否安全、高质建成,圆满完成“西电东送”任务,为后续工程提供可借鉴的经验,洪家渡坝建设面临着严峻的考验。

针对已建坝存在的问题和洪家渡水电站工程的特点,结合原国家电力公司重点科技攻关项目,采用“集成创新、自主研发、引进吸收、更新结构”等手段,开展了“峡谷地区 200 m 级高面板堆石坝筑坝技术研究及应用”项目的研究,旨在解决坝体变形控制难、易发生面板结构性裂缝、接缝止水适应变形要求高、高陡坝肩处理难度大等重大技术问题。

2 主要研究内容

2.1 坝体变形控制集成技术

研究表明,在坝体抗滑稳定和渗透稳定得到有效保障之后,200 m 级高坝建设的重点在于解决好坝体变形控制问题,应从筑坝材料、坝体结构及填筑施

工等综合措施入手。

2.1.1 坝体预沉降时间和预沉降收敛两项指标量化控制

已建坝的经验和教训之一就是没有避开堆石变形的高峰期浇筑面板,使得面板产生大量结构性裂缝。洪家渡坝建设伊始就开始研究面板施工前的坝体预沉降控制,通过对大坝变形特性进行分析,提出了坝体预沉降控制两项量化指标:①预沉降时间指标,即每期面板施工前,面板下部堆石体应有3~7个月预沉降期;②预沉降收敛指标,即每期面板施工前,面板下堆石体的沉降变形率已趋于收敛,即监测显示的沉降曲线已过拐点、趋于平缓,月沉降变形值不大于2~5 mm。

2.1.2 较高的堆石压实度水平控制

已建200 m级高坝的孔隙率总体较大,且利用软岩筑坝,使得坝体整体变形大,变形收敛时间长。研究表明,堆石和面板的变形及应力随着堆石填筑密度的提高而降低^[6],减少坝体变形量的根本措施还在于提高堆石压实度水平和变形模量。参照已建工程原型监测成果,结合对坝体受力特性的认识,对洪家渡坝提出最大沉降量不超过1%的控制目标,相应的变形模量不低于100 MPa。经堆石料原岩选择分析和现场碾压试验,洪家渡灰岩(中硬岩,湿抗压强度大于或等于40 MPa)坝料在经济碾压遍数内可达到2.18~2.19 g/cm³的干密度,相应的孔隙率约为20%。此要求较100 m级和已建的200 m级高面板堆石坝降低约2个百分点。

2.1.3 主、次堆石区同压实度碾压

已建高面板堆石坝工程的教训之一就是主、次堆石区填筑密实度差异大,且次堆石区范围较大,使得坝体不均匀变形大,从而导致变形量差异较大。变形特性研究发现,保持坝体上下游压实度一致也很重要。为此,洪家渡坝及时修订了坝体分区设计原则,要求主、次堆石区干密度一致。除先期填筑的排水堆石区和少量次堆石区外,大部分区域主、次堆石区孔隙率保持一致,使坝体上下游堆石体成为均一密实体,确保坝体上下游变形均匀。

2.1.4 坝体填筑总体平行上升

在已建200 m级高坝中,有的坝^[5]为了度汛需要,每年枯期均按度汛断面填筑,汛期则填两岸,于是出现了沿坝体上下游方向及左右岸方向填筑高差过大的情况,从而导致不均匀沉降过大,施工过程中填筑强度不均,短期内填筑强度大,造成了较集中的变形。洪家渡坝填筑施工分期吸取了这方面的教训,注重将坝体施工填筑分期与坝体变形控制结合起来,除第一个枯水期需将坝体抢填至拦洪度汛高

程而采取在上游超填临时断面外,坝体填筑分期尽量做到上下游面平行上升,条件许可时让下游超高。此外,左右岸方向填筑也保持平行上升。

2.1.5 坝内陡边坡整形与增模

为确保堆石体沿陡坡均匀变形,坝基出现的高陡壁需用低标号混凝土回填整形处理。洪家渡坝就坝基陡壁的整形处理进行了研究,希望处理能与坝体填筑大体平行上升。受碾压混凝土施工工艺启发,提出了垫层料加少量水泥和水的碾压干贫混凝土整形处理措施^[7],强度可达C5~C8混凝土。

由于洪家渡坝内左岸大部、右岸局部存在坡度等于或超过1:0.5的陡坡带,控制这些部位堆石不均匀变形也很重要,为此,在坝轴线上游左岸整个坝内陡坡带及右岸部分陡坡带设特别碾压料区(3BB,也称增模碾压带),以此增加堆石变形模量,从而减小坝体变形梯度。

2.2 接缝止水新结构

2.2.1 防渗与自愈相结合的周边缝止水结构

对于混凝土面板堆石坝而言,接缝止水是大坝挡水和渗流控制的重要防线,国内外都存在由于接缝发生较大渗漏致使大坝无法正常运行的例子^[8]。100 m级坝常采用的是以防渗为主的底部止铜片、中部桥型橡胶、表面柔性填料的止水型3道止水结构,中部止水带附近的混凝土浇筑质量难以保证。已建2座200 m级高坝采用了表面设粉煤灰或粉细砂无黏性填料的自愈型3道止水结构,除中部止水带附近易产生混凝土浇筑质量缺陷外,其止水可靠性还有待验证。经试验研究和计算分析论证,对洪家渡坝提出了取消中部止水、加强表面止水、防渗透与自愈相结合的新思路。与常规止水结构相比,将中部止水带提至表层,平板塑料盖片改为富有弹性及具有强度的三复合盖片,相当于中部桥型橡胶片移至表面,更利于止水带发挥止水作用,且施工简单,质量易于保证^[7]。表面加设粉煤灰条带,进一步提高因周边缝破坏后的自愈能力。为配合这一止水结构形式,还研发了三复合盖板、盖板T形接头等新型止水材料。

2.2.2 具有吸收变形能力的受压垂直缝新结构

已建高面板堆石坝当坝体变形较大时,中上部受压垂直缝两侧发生了面板混凝土挤压破坏现象。研究发现,传统受压垂直缝缝面一般仅涂刷沥青乳剂,缝宽仅2~3 mm。当坝体变形过大、面板受压时,易产生面板混凝土直接挤压破坏。对洪家渡坝受压垂直缝面采用具有一定厚度的闭孔塑料板替代缝面沥青乳剂,将压型垂直缝设计成具有一定宽度、富有弹性和抗压缩能力的结构形式。具有吸收变形能力的受压垂直缝,一方面改善了面板受压时的接

缝缓冲性能,增加了接缝受压弹性;另一方面又简化了垂直缝施工工艺,并简化了施工程序。

2.3 堆石碾压和检测新工艺

2.3.1 引进消化堆石快速碾压的“冲碾压实”工艺

为使次堆石料达到与主堆石料相同的干密度,在大量研究和现场试验的基础上,在洪家渡坝引用了能快速碾压的“冲碾压实”工艺^[9-10]。“冲碾压实”工艺起源于南非,并在公路、机场、港口等工程中广泛应用。“冲碾压实”由轮式拖拉机以10~15 km/h的速度牵引三边形碾轮沿地面拖拽,产生了一系列低频率、高振幅的冲击力而达到压实的目的。冲击碾比常规振动碾碾压实层厚1.5~2倍,压实速度比常规碾快3~5倍,施工功效提高20%~25%。次堆石料按1.6 m层厚先用振动碾压8遍,达到干密度2.09 g/cm³,再经冲击碾压22~27遍达到主堆石料的干密度2.181 g/cm³,这样即使堆石造价大幅度减少,又使施工速度提高了3倍以上。这是“冲碾压实”工艺首次在土石坝上应用。

2.3.2 引入堆石填筑质量快速检测的“附加质量检测法”

现行规范要求的堆石填筑质量检测方法是人工挖坑密度试验,进度慢、抽样率低。“附加质量检测法”测试堆石体密度是一种原位、快速的无损检测新技术,具有高效、快速、准确的特点,能充分满足现代施工条件下高抽样率、全程实时检测的要求^[7]。经论证,洪家渡坝率先在堆石坝上引进了堆石填筑质量快速检测的“附加质量检测法”。试验成果表明,该方法与挖坑法测试密度值比较,其相对误差小于5%,测试精度满足设计要求。

2.4 310 m近直立高陡坝肩采用“等宽连续窄趾板”新结构

洪家渡坝肩开挖与大坝趾板布置矛盾十分突出,对坝肩开挖工程量、坝体填筑量以及施工进度影响巨大,因而成为筑坝关键技术问题之一。经研究,提出了“等宽连续窄趾板”布置与近直立高陡坝肩分台阶垂直开挖和顶部预应力锚索锁口组合应用方案,较好地解决了坝肩开挖与大坝趾板布置的矛盾。

2.4.1 “等宽连续窄趾板”新结构

经过研究,本工程在高陡坝肩采用“等宽连续窄趾板”结构^[7],宽度采取“ $4.5 + L_1$ ”的布置方式,即混凝土趾板区宽度均为4.5 m,满足多排帷幕灌浆要求,然后根据水头大小确定趾板后坝内挂网喷混凝土区长(L_1),以满足水力梯度的要求。这样可使趾板开挖宽度较传统布置减少1.5~5.5 m,从而大幅度减少坝肩边坡开挖量。窄趾板纵向采取连续、不设永久缝的布置方式,可简化周边缝止水结构,减少

伸缩缝中的止水与周边缝止水片连接的复杂程度和施工难度。趾板采用收缩补偿混凝土,分长短两序块浇筑,避免连续趾板出现收缩裂缝。

2.4.2 近直立高陡坝肩开挖预锚锁口

左坝肩自然边坡坡度30°~90°,属层状斜向坡,自然边坡稳定。边坡中上部分布厚层、中厚层夹薄层灰岩,层间软弱夹层发育,下部为泥页岩。经多种方法计算分析,表明左坝肩处于稳定状态。但是由于坝肩开挖高度大,高达310 m的边坡内岩体的应力将会重新调整,产生较大的卸荷松弛回弹变形。为此,对锚索布置数量、位置、最优锚固角、加固时机等边坡加固方案及其效果进行了详细的论证和优化^[11],采取了以坡面预应力锁口锚固为主、坡面系统喷锚支护和排水为辅的加固方案。

2.5 200 m级高面板堆石坝安全监测新技术

已建面板堆石坝一般都有较为完备的安全监测设施,但沿纵向因变形重视不够,渗流仅测总量,当渗漏量大时不能判断其来源。洪家渡坝除借鉴已有工程经验、布置了较为完备的安全监测项目外,还针对峡谷地区高面板堆石坝的特点,围绕大坝内部纵向位移和渗漏分区监测开展了相关研究^[7]。

2.5.1 堆石体内部纵向变形监测技术

研究分析表明,狭窄不对称河谷上的洪家渡坝变形不对称,沿坝轴线方向的纵向位移对面板及周边缝运行不利。坝体沉降和水平位移大致在1/3坝高以上出现不对称现象。为此在可能出现最大纵向水平位移处布置2条观测线。高程1080 m、距坝轴线上游15 m处,设7个水平位移测点。高程1105 m、距坝轴线上游15 m处,共设7个测点,监测线的两端锚固于山体内,测点选用大量程的电位器测缝计。

2.5.2 分区监测坝内渗漏

由于洪家渡坝不对称引起渗漏不对称,渗漏来源比较复杂。对大坝安全而言,在众多的渗水途径中能够分别掌握渗漏量的来源及其渗漏量大小,对评价大坝的安全具有特别重要的意义,以便针对性地采取相应的工程处理措施。根据实际的地形和建筑物布置情况,在两岸坡约1/6坝高处设置截水沟,将两岸的渗漏量引入下游两岸的量水堰,并集中汇入坝下总量水堰。截水沟盖板为带漏水通道的预制板,盖板与堆石坝间设反滤保护,采用塑料排水盲沟材作反滤保护,大大简化了传统反滤过渡结构,为保证渗漏观测效果、加快施工进度提供了保障。

3 工程应用

3.1 坝体变形控制技术

洪家渡坝预沉降时间控制统计表明,一期面板

施工期下部堆石预沉降时间 7~8 个月,二期、三期面板预沉降时间均为 3.7 个月,完全达到预沉降期 3~7 个月的控制指标要求。预沉降收敛统计表明:一期面板施工期下部堆石月沉降值为 3.68~5.02 mm;二期面板月沉降值除高程 1 080 m 处监测数据规律性较差或偏大外,其余都为 1.00~4.13 mm;三期面板月沉降值为 1.00~5.01 mm,预沉降已趋于收敛,达到月沉降值不大于 2~5 mm 的控制指标要求。

洪家渡坝主、次堆石区密度控制指标见表 1,后期坝体堆石孔率均控制在 20% 左右,基本达到上下游主、次堆石区相同密实度的要求。洪家渡坝填筑施工分期也基本达到了总体平行上升的要求。左岸高程 1 055 m 以下、坝轴线上游的坝内高陡坡采用碾压干贫混凝土进行整形处理。

采取坝体变形控制集成技术后,至 2006 年 3 月三期面板施工完成近 10 个月以后,经全面检查面板无结构性裂缝,坝体最大沉降量为 132.2 cm,约为坝高的 0.74%,大坝平均压缩模量为 147.6 MPa,平均压缩率为 1.24%。

3.2 接缝止水结构

具有防参与自愈相结合的周边缝止水新结构和新材料已全面应用于洪家渡坝 800 余 m 长的周边缝中。监测表明,周边缝最大开合度为 6 mm,最大沉降量为 13 mm,最大剪切量为 8 mm,坝前水位与坝体内部水位没有明显的相关关系,说明面板周边缝止水效果良好。

洪家渡坝二期、三期面板受压垂直缝缝面设厚 8 m 的 L600 低发泡聚乙烯闭孔塑料板。监测表明,中上部受压垂直缝呈挤压变形,最大收缩量约为 5 mm,说明垂直缝新结构已发挥了吸收变形的作用。

3.3 快速施工工艺

洪家渡坝“冲碾压实”工艺应用范围为高程 1 037~1 119 m 的次堆石区和高程 1 119~1 136 m 的主堆石区,总方量约 214 万 m³。实现铺层厚度 160 cm 的次堆石料与主堆石料同密实度碾压,缩短工期 3 个月,节约费用 702 万元。

“附加质量检测法”广泛应用于洪家渡坝堆石质量检测,垫层区、过渡区、主堆石区、次堆石区等检测总数为 1 835 点,使原来挖坑法每组检测时间由半天减少到仅需 20~40 min。

3.4 高陡坝肩窄趾板结构

实测表明,趾板混凝土变形稳定,两序块之间施工缝处于闭合状态,蓄水期间无明显变化。等宽连续窄趾板施工方便、顺利。近直立高陡坝肩窄趾板的采用减少岸坡石方开挖 130 余万 m³、堆石量 100 余万 m³,为工期提前 1 年完工创造了条件。

左岸高陡坝肩 2000 年开始开挖,至 2001 年底加固结束,至今已安全运行约 6 年。截至 2006 年 2 月,综合各种监测资料可以看出,测斜孔、多点位移计、锚索测力计、锚杆应力和表面变形点位移量值均很小,说明左坝肩边坡处于稳定状态。

3.5 安全监测技术

通过两个高程的纵向水平位移监测,揭示洪家渡坝纵向位移规律为:两岸堆石向河床位移,靠近坝肩部位的位移最大,向中部方向位移逐渐减小;左岸纵向位移大于右岸纵向位移;高程 1 080 m 处纵向位移较高程 1 105 m 处大,亦即岸坡突变处纵向位移较显著;至大坝填筑完成后,纵向位移逐渐趋于稳定,说明大坝变形在控制范围内。

左岸量水堰实测最大渗漏量约 13 L/s,总量水堰实测最大渗漏量约 59 L/s(降雨期),日常渗漏量约 7~20 L/s。

4 工程对比

洪家渡坝从 2004 年 4 月下闸蓄水至今已经历 4 个蓄水年份的考验,与国内外 200 m 级高坝主要特性指标比较见表 2。由表 2 可看出,在国内外已建和在建的 200 m 级高坝工程中,坝体最大沉降、面板脱空和渗漏量都是较小的,面板无结构性裂缝,温度裂缝也很少。近期国外建设的同类坝中出现的坝体变形大、面板裂缝多及挤压破坏、坝体渗漏量偏大等现象在洪家渡坝都没有出现。

表 1 洪家渡坝堆石料特性

材料名称	$D_{\max}/\text{mm}$	$P/\%$		孔隙率 $n/\%$	干密度 $\rho_d(\text{t}\cdot\text{m}^{-3})$	部 位
		$D<5\text{mm}$	$D<0.1\text{mm}$			
主堆石料(3B)	500~800	5~20	0~5	20.0%(初期) 19.6%(后期)	2.181(初期) 2.190(后期)	主要区域 高程 1 120~1 136 m
特别碾压料(3BB)	500~800	5~20	0~5	19.69	2.190	陡边坡左岸大部、 右岸局部
次堆石料(3C)	500~1 600			22.26(初期) 20.0%(后期)	2.120(初期) 2.181(后期)	高程 1 037 m 以下 高程 1 037~1 120 m
排水堆石料(3E)	500~1 200	5~20	0~10	22.26	2.120	高程 1 010 m 以下

注 3B、3BB、3C、3E 为规范规定的材料分区符号;主堆石料和次堆石料对应的后期数据为“冲碾压实”参数。

表 2 国内外 200 m 级高面板堆石坝主要特性指标

坝 名	建设情况	坝高/ m	坝宽高比	最大沉降量/ cm	沉降与坝 高比值/%	面板裂缝 数量/条	渗漏量/(L·s ⁻¹)		面板脱空 宽度/mm
							最大	一般	
阿瓜米尔巴	已建	186	3.53	> 170	> 0.91	若干	260	80	
天生桥一级	已建	178	6.2	347.0	≈2	4 537	183	80	150
洪家渡	已建	179.5	2.38	132.2	0.74	33	59	7~20	11.9
三板溪	在建	185.5	2.28	156.29	0.84	116		15~21	13.2
水布垭	在建	233	2.83	> 220	≈1	255			40

注 阿瓜米尔巴坝位于墨西哥 ,其面板呈现出若干条裂缝 ,面板脱空宽度不详。

5 结 语

本项目研究取得的主要成果如下：

a. 坝体变形控制技术得到创新。采取了堆石预沉降量化控制、较高的堆石压实度水平、主堆石区和次堆石区同压实度碾压、坝体填筑总体平行上升、坝内陡边坡整形和增模等坝体变形控制集成技术。

b. 接缝止水结构得到发展。取消传统的中部止水 ,研发了与 200 m 级高坝相适应的、具有防参与自愈相结合功能的周边缝和具有吸收变形能力的垂直缝等止水新结构及新材料。

c. 丰富了堆石碾压和检测工艺。率先在面板堆石坝中引进吸收堆石快速碾压的“冲碾压实”工艺和堆石质量快速检测的“附加质量检测法” ,保证了坝体堆石快速、高质量地填筑。

d. 高陡坝肩应用窄趾板结构取得突破。在 310 m 近直立高陡坝肩布置“等宽连续窄趾板”新结构并对坡面主动施加预锚锁口。减少坝肩石方开挖量 130 余万 m³ ,减少坝体填筑量 100 余万 m³。

e. 完善了面板堆石坝安全监测技术。设置了适应 200 m 级高坝内部纵向变形和渗流分区监测需要的设施 ,并采用塑料排水盲沟材进行坝内渗流截水沟反滤保护。

f. 筑坝技术的应用经济效益和社会效益显著。缩短了建设工期 1 年 ,节约大坝直接投资 2.2 亿元 ,提供了有力的技术支撑 ,为按期完成“西电东送”工程做出了贡献。

洪家渡坝是我国 2005 年完建的第一高混凝土面板堆石坝 ,也是国内最高的土石坝。洪家渡坝的高质量建成是我国 20 年来现代面板堆石坝技术从引进到创新的缩影 ,标志着世界上 200 m 级高面板堆石坝筑坝技术从探索走向成熟 ,同时也为 300 m 级同类高坝的发展打下了坚实基础 ,推动了我国坝工技术的进步和发展。

参考文献：

[1] 杨泽艳 ,湛正刚 ,李清石 .洪家渡水电站 [C]//彭程 .二十一世纪中国水电工程 .北京 :中国水利水电出版社 ,2005 :

310-326.

[2] 杨泽艳 ,罗光其 ,颜义忠 .洪家渡水电站混凝土面板堆石坝 [C]//王伯乐 .中国当代土石坝工程 .北京 :中国水利水电出版社 ,2004 :179-195.

[3] 蒋国澄 .中国混凝土面板堆石坝 20 年 [M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2005 3-5.

[4] GOMEZ G M ,ABONCE J C ,CARTAXO L M. Behavior of Aguamilpa Dam [C]//J Barry Cooke Volume :Concrete Face Rockfill Dams .Beijing [s.l.].2000 :117-151.

[5] 冯业林 ,张宗亮 .天生桥一级水电站混凝土面板堆石坝 [C]//王伯乐 .中国当代土石坝工程 [M]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2004 :154-168.

[6] 徐泽平 .混凝土面板堆石坝应力变形特性研究 [M]. 郑州 :黄河水利出版社 ,2005 :130-134.

[7] 杨泽艳 ,冉懋鸽 ,文亚豪 .新技术、新材料在洪家渡工程中的应用 [J]. 贵州水力发电 ,2003(3) 38-41.

[8] 郝巨涛 ,鲁一晖 ,贾金生 ,等 .混凝土面板堆石坝接缝止水技术的新进展 [J]. 水力发电 ,2005(12) 21-23.

[9] 杨泽艳 ,文亚豪 ,罗光其 ,等 .面板坝采用冲碾压实技术的研究和探讨 [J]. 贵州水力发电 ,2003(3) 35-37.

[10] 文亚豪 ,杨泽艳 ,杨体中 ,等 .冲碾压技术在洪家渡面板堆石坝上的应用 [J]. 水力发电 ,2004(11) 25-26.

[11] 杨泽艳 ,肖万春 ,蔡大咏 .洪家渡水电站岩质高边坡与工程处理 [C]//第二届全国岩土与工程学术大会论文集编辑委员会 .第二届全国岩土与工程学术大会论文集 .北京 :科学出版社 ,2006 987-995.

(收稿日期 2007-07-19 编辑 :高建群)

· 简讯 ·

河海大学国家重点学科建设取得重要进展

教育部近期正式公布了新一轮国家重点学科名单。河海大学原有的 3 个国家重点学科水文水资源、水工结构工程、岩土工程全部通过考核评估 ,新增国家重点学科港口、航道与海岸工程 ,工程力学 ;水利工程学科被认定为一级学科国家重点学科 ,覆盖 5 个二级学科。河海大学国家重点学科覆盖二级学科数达到 7 个(水文水资源 ,水工结构工程 ,港口、航道与海岸工程 ,水力学与河流动力学 ,水利水电工程 ,岩土工程 ,工程力学) ,比上一轮有显著提高 ;水利工程被认定为一级学科国家重点学科 ,进一步增强了河海大学的水利特色和优势。

(本刊编辑部供稿)