

我国混凝土面板堆石坝建设概况

童 伟,任旭华

(河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要 介绍我国混凝土面板堆石坝的建设概况及混凝土面板堆石坝设计和施工方面的进展,包括面板接缝止水、面板防裂、趾板设计、混凝土挤压式边墙技术等,探讨了我国混凝土面板堆石坝建设中存在的问题和今后的发展方向。

关键词 混凝土面板堆石坝 坝设计 坝施工

中图分类号 TV641.4

文献标识码 A

文章编号 1006-7647(2004)07-0088-05

混凝土面板堆石坝是以堆石为主体材料,以混凝土面板作为防渗体的一种土石坝型。随着我国水利水电工程建设的发展,施工技术的不断改进和经验的积累,工程运行的考验以及设计理论的逐步完善,混凝土面板堆石坝已成为一种极具竞争力的坝型。与常规的黏土心墙堆石坝相比,它具有投资省、工期短、安全性高、就地取材、施工不受气候影响、导流工程简单和地基适应性强等优点^[1],因而备受我国水利工程界的青睐,建坝的数量和坝的高度均发展很快,是一种极有发展前景的坝型。

1 建设概况

我国最早的堆石坝是 1957 年建成的四川狮子滩工程,为混凝土重力墙式的抛填堆石坝(坝高 52 m);最早的混凝土面板堆石坝是 1966 年建成的贵州百花水电站大坝(坝高 48.7 m)^[2]。我国用现代技术建设混凝土面板堆石坝,始于 1985 年。第一座开工建设的是湖北西北口水库大坝(坝高 95 m)^[3],第一座完工的是辽宁关门山水库大坝(坝高 58.5 m)。与先进国家相比,起步虽晚,但起点高、发展快。自 1985 年以来,已建成了约 120 座混凝土面板堆石坝,其中拟建、已建、在建的坝高超过百米的有 26 座(表 1)^[4],有当今世界最高的湖北省清江的水布垭(坝高 233 m),贵州省乌江的洪家渡(坝高 179.5 m),四川岷江紫坪铺(坝高 156 m),青海黄河公伯峡(坝高 139 m)等大坝。可以这么说,当前世界面板堆石坝的建设重点在中国。中国兴建的多座现代混凝土面板堆石坝代表了当今世界混凝土面板堆石坝的发展方向^[5]。

我国混凝土面板堆石坝的发展,是坝工界科技人员依靠科学技术,重视科研试验的结果。在“七五”、“八五”和“九五”期间,面板堆石坝的研究被列为国家重点科技攻关项目,特别是在“九五”期间,结合水布垭面板坝,国内进行了 200 m 级高面板堆石坝的关键技术研究^[6],同时又组织设计、科研、建设单位和高等学校进行协同攻关,使科研成果直接转化为现实生产力,促进了面板堆石坝的设计和施工技术更趋成熟。这些高混凝土面板堆石坝的建设,不但加强了我国水利水电工程的开发力度,改善了我国水利水电资源的利用状况,也为我国水利水电工程的建设积累了十分宝贵的经验。同时随着我国西部大开发的建设,水电站的建设逐渐向腹地纵深拓展。然而,长江中上游干支流等河道,覆盖层深厚,地处偏远,交通不便,相对于混凝土坝而言,建设混凝土面板堆石坝可以简化基础处理工程,有利于就地取材,减少建材的运输量。

2 主要进展

近年来,随着混凝土面板堆石坝的大量建设,我国在建坝技术如接缝止水、面板防裂、趾板设计、混凝土挤压式边墙技术等方面都取得不少的进步,采用了一些新工艺、新技术、新材料和新方法。

2.1 面板接缝止水结构设计

面板接缝止水结构是混凝土面板堆石坝的关键技术之一,它关系到面板坝的运行安全和水库效益。随着我国高面板坝的不断建设,除新型表层止水技术广泛应用外,新的止水结构和止水材料也得到了进一步发展。如青海黑泉水库混凝土面板堆石坝在

表 1 我国坝高在 100 m 以上的高混凝土面板堆石坝

坝名	地点	河流	坝高/ m	坝顶 长/m	坝顶 宽/m	坝体积 /万 m ³	坝坡		坝料 岩性	面板面 积/万 m ²	总库容 /亿 m ³	装机容 量/MW	完建年
							上游	下游					
水布垭	湖北巴东	清 江	233	660	12	1526	1.4	1.4	灰 岩	13.84	45.8	1600	在建
江坪河	湖北鹤峰	；姜 水	225	394.5	12		1.4	1.36	砾 岩		14.06	500	拟建
三板溪	贵州锦屏	清水江	185.5	423.7	10	961	1.4	1.4	砂板岩凝灰岩	9.41	40.9	1000	在建
洪家渡	贵州黔西	乌 江	179.5	427.8	11	900	1.4	1.4	灰 岩	7.51	49.47	600	在建
天生桥一级	广西贵州	南盘江	178	1 104	12	1800	1.4	1.4	灰岩砂泥岩	17.3	102.57	1200	1999
紫坪铺	四川都江堰	岷 江	156	634.8	12	1180	1.4	1.4	灰 岩	13.2	10.8	760	在建
吉林台	新疆尼勒克	喀什河	152	392	12	920	1.5	1.5	凝灰岩	7.4	24.4	460	在建
龙首二级	甘肃张掖	黑 河	146.5	191	10	253	1.5	1.5~1.4	辉绿岩	2.64	0.86	157	在建
公伯峡	青海循化	黑 河	139	4298	10	498	1.4	1.4	花岗岩片岩	6.12	6.92	1500	在建
珊 溪	浙江文成	飞云江	132.5	448	10	589	1.4	1.57	流纹斑岩砂砾岩	6.88	18.24	200	2001
乌鲁瓦提	新疆和田	喀拉喀什	131.8	365	12	606	1.6	1.5	砂砾岩石英片岩	7.22	3.47	60	2001
引子渡	贵州平坝	三盆河	129.5	278	12.1	310	1.4	1.6	灰 岩	1.2	5.31	360	在建
白 溪	浙江宁海	白 溪	124.4	298	8	390	1.4	1.52	凝灰岩砂砾岩	4.8	1.68	18	2001
黑 泉	青海大通	宝库河	123.5	433	10	540	1.55	1.4	砂砾石片麻岩	7.9	1.82	12	2000
芹 山	福建周宁	穆阳溪	122	259.8	9	248	1.55	1.4	凝灰岩	4.2	2.65	70	2001
白 云	湖南城步	巫 水	120	200	8.5	170	1.4	1.4	灰岩砂岩	1.45	3.6	54	1996
古洞口	湖北兴山	古夫河	117.5	190	8.5	190	1.5	1.5	砂砾石灰岩	2.81	1.38	36	1999
芭蕉河	湖北鹤峰	水芭蕉河	115	280	8	192	1.35	1.3	砂 岩	3.6	0.99	34	在建
高 塘	广东怀集	白水河	110.7	288	8.6	195	1.4	1.4	花岗岩	2.64	0.96	36	1999
双 沟	吉林松抚	松江河	109.7	312	7	258	1.4	1.4	安山岩	3.73	3.9	280	拟建
茄子山	云南龙陵	苏帕河	106.1	258	10	140	1.4	1.4	花岗岩	2.2	1.21	16	1999
鱼 跳	重庆南川	大溪河	106	223.8	6	195	1.4	1.4	砂 岩	1.88	0.95	48	2001
思安江	桂林漓江	思安江	103.4	385.9	6.5	210	1.4	1.46	灰 岩	4.12	0.94	12	在建
柴石滩	云南宜良	南盘江	103	316	10	217	1.4	1.4	白云岩	3.82	4.37	60	2003
盘石头	河南鹤壁	齐 河	102.2	606	8	510	1.4	1.5	灰岩页岩	7.2	6.08	10	在建
白水坑	浙江江山	红山港	101	228	8	160	1.4	1.4	熔结凝灰岩	约 5	2.46	40	2003

总结国内外经验的基础上,采用了一种新型止水结构,即双金属波纹不锈钢止水结构(图 1)。它主要采用两道金属止水,即在止水缝的底部和顶部各设一道金属止水片,中间灌注塑性材料;用不锈钢片代替传统的铜片作为止水材料,底止水的两侧翼预埋于混凝土中,表止水与两侧的预埋角钢焊接。它所期望的是通过不锈钢片优良的材料性能、波纹体形和合理位置,适应高坝大变位,并克服中间 PVC 止水给混凝土施工带来的不利影响,实现止水系统的后施工,以确保质量^[7,8]。此外,芹山面板坝采用了波浪型止水带结合的带支撑的稳定表层止水。这种止水结构是安装型的,就是几十年后材料老化,重装也是可以的。它是在北京十三陵水库工程止水方案的基础上发展起来的^[9],并且水布垭、洪家渡等工程也采用了与芹山面板坝相类似的止水结构。

2.2 面板防裂技术

在施工过程中,面板混凝土由于其外形的几何尺寸和外部环境的作用极易产生收缩裂缝。一般来说,建筑物的裂缝是不可避免的,但其有害程度是可以控制的,通过设计计算和适当的技术措施,采用一些新材料,可以对混凝土裂缝进行预防和有效控制,以减少有害裂缝。其中,采用加入 VF-Ⅱ型防裂剂加外加剂制成的补偿收缩混凝土来消除由于混凝土收

缩产生裂缝的设计方法,在面板混凝土的防裂抗渗实践中效果最为明显^[10]。

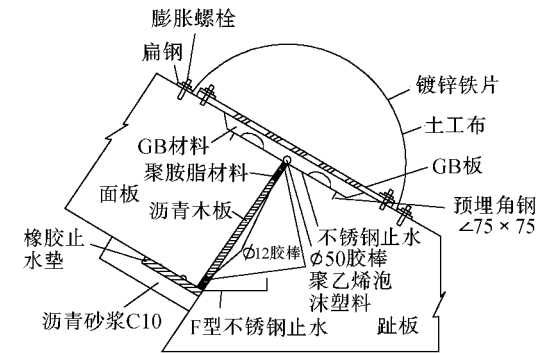


图 1 黑泉面板坝周边缝止水示意图

补偿收缩混凝土是在混凝土中加入具有膨胀性能的外加剂使硬化后的混凝土产生与收缩相反的体积膨胀来补偿混凝土收缩。目前膨胀剂使用最广的属钙矾石膨胀剂。虽然这种膨胀剂具有膨胀量调节方便,对预防混凝土早期裂缝效果较好的优点,但其致命的弱点是混凝土的膨胀效应与强度增长难以协调,尤其是水工混凝土在冬季浇筑时更为突出。而 VF-Ⅱ型防裂剂可以解决这种缺陷。它的性能和普通的膨胀剂相比有很大的区别,主要表现在两个方面:①掺 VF 防裂剂的混凝土其膨胀时间和膨胀量可根据设计需要人为调节,增加面板防裂效果;②掺 VF

防裂剂的混凝土在低温情况下的膨胀量比在常温下混凝土的强度和膨胀量更能协调发展,避免混凝土早期在过大的膨胀作用下破坏,确保了混凝土结构的安全^[11]。我国已有将这种面板防裂技术成功应用于混凝土面板的工程实例,如浙江温州珊溪水库、浙江江山白水坑水库、河南鹤壁盘石头水库等,并均取得了较好的防裂效果,其中一次性浇筑无裂缝的面板长度已达 160.8 m。

2.3 趾板设计与施工

在混凝土面板堆石坝中,趾板是一个重要的组成部分,它虽属小构件,但涉及的方面很多,受到人们的关注。趾板的设计涉及坝轴线定位和面板结构设计,往往因坝高、地地质条件等不同而各异,设计时常以经验为主^[12]。

在我国面板坝工程实践中,一般以面板底面与趾板基础交线,即 X 线作为趾板体型设计的控制线。这对于趾板立模浇注、周边缝止水定位都不方便。为解决这一问题,可以采用面板底面与趾板下游斜面交线,即 Y 线作为趾板体型设计的控制线,采用 Y 线在底面上的投影作为趾板基础开挖的控制线(图 2)。一旦坝轴线与趾板线确定后,Y 线就是惟一的,且与基础开挖无关。因此,趾板立模浇注采用 Y 线作为控制线时,施工方便,精度高。在水头较高或地质条件不理想的情况下,按常规做法,趾板可能很宽,如趾板采取向上游延伸的方式布置,趾板基础开挖量大,十分不经济。此时,趾板可以采取向下游延伸的布置形式,将趾板分成上游标准趾板和下游防渗板两部分。上游标准趾板与常规趾板相似,是基础灌浆的工作平台,下游防渗板主要起延长渗径的作用,以确保趾板基础满足设计允许的水力梯度要求^[13]。下游防渗板设计使得能在很长的趾板内快速和有效地进行滑模施工,并且为便于施工,可以在上游标准趾板同一平面开挖下游防渗板面^[14]。水布垭大坝的趾板便采用了“标准板+X”的设计思想,由上游标准板和下游防渗板组成。水布垭大坝上游标准板与常规趾板设计相似,宽度 6~8 m;下游防渗板宽度 4~12 m,厚 0.5 m。

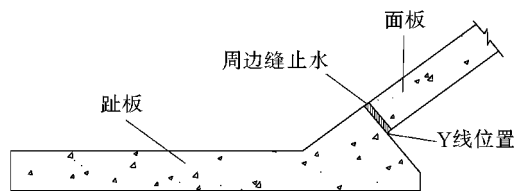


图 2 Y 线位置示意图

此外,为了改造不利的地形地质条件,趾板设计还可以采用建造高趾墙来代替常规的趾板。黑泉混

凝土面板坝设计中就采用了这一技术。黑泉大坝一方面为了避开不利的断层构造或冲沟地形,另一方面为了便于布置左岸公路和右岸溢洪道,采用了 3 段高 6 m 的重力式高趾墙,内外边坡分别为 1:0.6 和 1:1^[15]。这一设计思想,避开了不利地形、地质条件和溢洪道高边坡问题,并使枢纽其他建筑物布置更加紧凑合理。

2.4 混凝土挤压式边墙技术

在混凝土面板堆石坝的施工建设过程中,垫层区坡面是关键部位之一,不仅关系到面板和坝体的运行性能,它的施工还始终是控制施工进度的一个关键性环节。按照上游面传统的施工方法,存在垫层料斜坡面的密实度难以保证、上游坡面施工工序复杂、坡面长期无防护容易受雨水冲刷、垫层料超填和整理量大等缺陷。巴西坝工界在埃塔面板堆石坝建设中,借鉴道路园林工程中道沿机的挤压滑模原理,探索出了一种新的面板坝垫层料坡面施工方法——挤压式边墙施工法^[16]。该施工方法是在每填筑一层垫层料之前,沿着设计断面,用挤压式边墙机制作出一个半透水的连续的混凝土小墙,利用混凝土小墙来抵挡垫层料。待混凝土凝固后在其内侧按设计要求铺填大坝垫层料,接着用振动片面碾压垫层料,本层料碾压合格后,重复以上工序进行下一层施工^[17],而暴露在上游的混凝土面因具有一定的强度和渗流性能,故不需再进行防护。这样便在坝的上游面形成一个表面为混凝土的完整坡面。挤压混凝土墙体一般设计为梯形,坝顶 10~12 m,上游坡度与垫层坡面相同。墙体混凝土标号一般为 C5。墙体浇筑由挤压混凝土边墙机来完成。挤压混凝土边墙机为浇筑该墙体专门研制的混凝土浇筑机械,由它浇筑的混凝土墙体断面规整、密实度均匀、直线度好,其浇筑成形速度为 50~70 m/h。混凝土浇筑 2 h 后的抗压强度约为 2 MPa,可进行垫层料的铺填和碾压^[18]。

混凝土挤压式边墙技术与传统方法相比,有明显的先进性,在提高工程质量、加快施工速度以及增加导流度汛的安全性等方面有明显的优势。此技术替代了传统工艺中的垫层料回填、削坡、斜坡碾压、坡面砂浆碾压等工序,具有保证垫层料的压实质量、提高坡面防护能力以及施工简便等特点,已逐渐成为我国混凝土面板堆石坝施工的一种首选技术。该技术首先在公伯峡水电站进行试验性应用,后又相继在水布垭水电站、芭蕉河一级水电站等工程成功地进行了应用推广。

3 存在问题

随着我国高面板堆石坝建设数量的增加和一大

批面板堆石坝投入运行后对原型观测资料的分析,已暴露出现代混凝土面板堆石坝的一些新问题。

a. 面板脱空问题.天生桥一级面板坝在施工过程中,一期、二期和三期面板顶部都出现过脱空现象,顺坡向脱空的长度可达 30 cm,面板脱空的深度,一期面板达 10 cm 左右,二期和三期面板也有 3 ~ 5 cm^[19].面板脱空过大对大坝的安全运行肯定有不利影响,但多大的脱空量值才是有害的、不允许的,有待进一步研究.而如何避免面板与垫层间的脱空也是十分复杂的问题,因为面板堆石坝是极为复杂的空间结构,其各种堆石料性质各异,具有一定流变特性,而与坝体变形密切相关的堆石体的本构关系和数学力学模型至今尚未完全清楚。

b. 高混凝土面板堆石坝蓄水后期坝体变形问题.天生桥一级坝蓄水至 779.98 m 时,在巨大的水压力作用下,坝顶出现了 102.3 cm 的水平位移^[20],这揭示了高混凝土面板堆石坝独有的变形特性.同时,据有关统计资料,100 m 以下的面板堆石坝,在施工期完成大坝总变形量的 90% 左右,而对于高坝,特别是 200 m 以上的高面板堆石坝,由于堆石体流变变形的存在,使后期变形量较大,成为面板及趾板等防渗体结构最大的安全隐患.因此,对于 200 m 级高混凝土面板堆石坝,面临的重大技术挑战将是准确预测坝体的应力变形、控制和减小坝体后期变形量等。

c. 高混凝土面板堆石坝蓄水后期面板顶部挠曲变形问题.天生桥一级坝,左岸、河床中部观测断面中,面板的最大挠度值出现在顶部^[21].面板顶部所出现的较大变形和较大拉应力问题,目前尚难以用有限元分析的方法进行反映.有观点认为,在水荷载作用下堆石的变形与坝高的平方成正比,而与堆石变形模量成反比,与河谷形状也有关系^[22].如何减小坝体上部后期的较大变形及改善顶部面板受力状态,尚待进一步研究。

d. 有些高面板堆石坝,在施工过程中垫层区出现了平行坝轴线的纵向裂缝^[23].产生这种现象的主要原因是由于坝体填筑程序不太合理,下游堆石体填筑强度过大、填筑速率过大,而后填堆石体与先期堆石体沉降速率相差较大引起的.目前对于这个问题尚没有令人满意的解决办法。

e. 下游防渗板在我国面板堆石坝工程实践中尚属新生事物,所以在设计中,必须考虑防渗板是否满足抗滑稳定的要求^[24]。

f. 我国相当数量的混凝土面板堆石坝位于强震区^[25],随着高坝的增加(150 ~ 200 m 级呈增多趋势),抗震问题越来越突出.但目前面板堆石坝的设

计基本上是经验性的,而事实是基本上没有强震期间混凝土面板性状的观测资料,使得地震动力反应计算模式、分析方法和计算程序得不到有效验证,严重阻碍了混凝土面板堆石坝抗震设计水平的提高。

g. 面板的抗裂性、抗渗性和抗溶蚀耐久性是 200 m 级高坝面板需要解决的关键技术^[26].应结合高面板堆石坝混凝土面板的特点,研究面板改性材料,应用新材料,以保证 200 m 级高坝混凝土面板更加优质、安全、耐久.白溪水库二期面板首次应用聚丙烯纤维混凝土,获得了宝贵的工程经验^[27].这一新材料在水利工程中的应用仍需进一步试验研究,以解决坍塌度及混凝土运输时间控制、出模后抹面困难等问题。

h. 坝身溢流问题.为了简化枢纽布置、使水流顺畅、节约工程造价、方便施工,可以将正常或非正常溢洪道直接布置在面板堆石坝上.例如浙江桐柏抽水蓄能电站下水库溢洪道,经过对地质、地形、泄洪方式等多方面研究比较及专家论证,最后选用坝身溢洪道方案.坝身溢洪道的经济性是不容置疑的,但因其直接建筑在堆石体上,如果失事其后果将十分严重,可能承受的风险将加大.同时,随着坝高的增大,泄洪落差、单宽流量、流速有可能随之加大,由于高速水流带来的空蚀、纵横缝止水结构和下游消能等问题将更加突出和难以解决.由于堆石体的变形可能引起坝身溢洪道的开裂,危及大坝安全和溢洪道的正常运行,这些问题也必须给予重视。

i. 深厚覆盖层上建坝的处理问题.在深厚覆盖层上直接建造面板坝国内外尚处于研究和发展阶段^[28].覆盖层会使坝体沉降增大,而且沉降不均匀,这就对由坝基防渗墙、趾板和面板构成的大坝防渗系统在强度和变形方面提出了更高的要求.带来的问题有如何增加趾板、接缝止水等细部结构的柔性,原型观测和观测资料的反馈分析,地基处理问题(如采取坝基防渗墙、灌浆帷幕、上下游铺盖等措施)。

4 结 语

当前混凝土面板堆石坝的发展已进入坝高超过 200 m、在坝顶设溢洪道、喷混凝土面板和将趾板直接建造在深厚覆盖层上的新阶段,我国已具有了建设特高混凝土面板堆石坝的能力^[29,30].随着高面板堆石坝建设的发展,这一坝型的设计准则也正在发生变化,施工技术也在不断改进.从经济上考虑,要求面板更薄,配筋更少,过渡层厚度更小;从施工上考虑,要求重新考虑堆石分区,堆石碾压中少用或不用水^[31].在模拟加载过程时要求尽量接近实际大坝填筑和充泄水过程.高面板堆石坝的建设,为我国面

板堆石坝的建设积累了十分宝贵的经验,也必然推动我国混凝土面板堆石坝的设计和施工方法不断发展.同时,新问题的出现,要求我们加强科学研究,不断推出新技术、新方法,丰富面板堆石坝的设计施工理论.

参考文献：

[1] 张光斗,王光伦.水工建筑物[M].北京:水利电力出版社,1994. 171~233.

[2] 蒋国澄.混凝土面板堆石坝进展概述[J].贵州水力发电,1999,13(3) 6~15.

[3] 左东启,王世夏,林益才.水工建筑物[M].南京:河海大学出版社,1995.290~311.

[4] 赵增凯,康文龙.从浙江珊溪工程看我国高混凝土面板堆石坝的建设特点[J].水利规划与设计,2003(2) 52~57.

[5] 库克 J B.混凝土面板堆石坝百年回眸(1899~1999年)[J].水利水电快报,2002,23(13) 32~33.

[6] 水工结构专业委员会.我国高坝建设进展[J].中国水利,2004(8) 48~51.

[7] 河海大学,青海省黑泉水库工程建设局,青海省水利水电勘测设计研究院,等.混凝土面板堆石坝新型双金属止水结构系统研究[R].南京:河海大学,1998.

[8] 辛有良,王唯物,王爱军,等.黑泉面板新型止水结构施工及造价[J].西北水电,2003(1) 19~21.

[9] 贾金生,杜振坤,袁玉兰.十三陵抽水蓄能电站上池防渗效果与止水总结[J].中国水利水电科学研究院学报,2003,1(2) 98~103.

[10] 王云秀.河南省鹤壁市盘石头水库堆石坝面板防裂混凝土性能研究[J].水电施工科研,2003(5) 6~18.

[11] 鲁电.堆石坝混凝土面板收缩裂缝的综合防止办法[J].水电施工科研,2003(5) 1~5.

[12] 马君寿.钢筋混凝土面板堆石坝[M].北京:水利电力出版社,1990.19~97.

[13] 肖化文,周忠兰.混凝土面板坝址板体型设计[J].人民长江,2004,35(1) 10~12.

[14] 巴亚尔多,马特龙.混凝土面板堆石坝的最新进展[J].水利水电快报,2003,24(2) 1~3.

[15] 司富安,林万胜.青海省黑泉水库混凝土面板坝的工程地质问题与工程处理措施[J].水利规划与设计,2003(3) 54~56.

[16] 李振富,理文富,山永彪.垫层料碾压对挤压墙变位的影响[J].中国农村水利水电,2003(11) 53~54.

[17] 陈圣平,柳兰芳,刘俊义.面板堆石坝上游垫层坡面保护[J].人民长江,2003,34(6) 44~45.

[18] 黄秋丽,林新平,柳正卿.公伯峡水电站混凝土挤压式边墙试验[J].人民黄河,2003,25(12) 33~34.

[19] 时继元,朱柏林,罗传国.天生桥一级水电站混凝土面板堆石坝的设计、施工运行特点及经验[A].混凝土面

板堆石坝国际研讨会论文集[C].北京:中国水利水电出版社,2000.350~354.

[20] 郭诚谦,蒋剑.天生桥混凝土面板堆石坝的变形分析(上)——兼论高坝的设计[J].水利水电快报,2004,25(2) 1~4.

[21] 吴桂耀.天生桥一级水电站面板堆石坝监测运行及未来混凝土面板堆石坝新趋势[A].混凝土面板堆石坝国际研讨会论文集[C].北京:中国水利水电出版社,2000.245~250.

[22] 平托 S.混凝土面板堆石坝面板最大挠度的估算[J].水利水电快报,1999,20(5) 30~33.

[23] 肖文化,杨清.对高面板堆石坝一些问题的探讨[J].水利水电技术,2003,34(2) 9~12.

[24] 肖化文,刘世选.水布垭趾板下游防渗板抗浮稳定分析[J].浙江水利科技,2003(6) 4~6.

[25] 刘小生,王钟宁,赵剑明,等.面板堆石坝震动模型试验及动力分析研究[J].水利学报,2002(2) 29~35.

[26] 杨德福,马锋玲,贾树云.200m级面板堆石坝面板材料改性研究[J].水利学报,2000(8) 51~54.

[27] 劳俭翁,郭荣卿.聚丙烯纤维混凝土在白溪水库Ⅱ期面板上的应用[J].水利水电技术,2003,34(2) 40~43.

[28] 李国英,沈珠江,赵魁芝.梅溪水库面板堆石坝原型观测资料反馈分析及大坝变形预报模型[J].水利水运科学研究,1999(4) 329~337.

[29] 王蓉川,侯刚.混凝土面板上堆石坝安全监测设计的探讨[J].水电站设计,2001,17(3) 34~37.

[30] 拉德曼.溢流混凝土面板堆石坝结构设计研究——也门 Warzan 坝设计与计算[D].南京:河海大学,2002.

[31] 平托 S.设计特高 CFRD 坝需考虑的问题[J].水利水电快报,2002,23(10) 1~3.

(收稿日期 2004-07-20 编辑 马敏峰)

·简讯·

河海大学开始建设水文水资源与
水利工程科学国家重点实验室

河海大学日前分别接到国家教育部和科技部通知,由河海大学和南京水利科学研究院通过教育部联合向科技部申报的“水文水资源与水利工程科学”国家重点实验室已顺利通过专家评审,科技部同意建设申请及启动建设工作。“水文水资源与水利工程科学”国家重点实验室将以下6个方面作为重点研究方向:水旱灾害形成机理及防灾减灾;水资源合理配置及高效利用;水生态环境演变规律及保护;水工结构工程现代设计分析与安全监控;水工程新材料;河口海岸综合治理与保护.这6个方面也是全世界都十分关注的问题.研究和解决这些问题,将产生巨大的经济效益、社会效益和生态环境效益.

(编辑部供稿)