

我国特高坝安全长效运行技术探讨

邢林生,周建波

(国家电力监管委员会大坝安全监察中心,浙江 杭州 310014)

摘要:在介绍我国特高坝建设概况的基础上,对我国特高坝的运行特点和世界部分特高坝的运行事故进行了详细分析,指出特高坝安全长效运行的关键技术包括安全评价体系构建、近坝高边坡稳定性快速检测诊断、泄洪雾化影响及对策、材料耐久性系统研究、深水下检修加固技术、风险管理及应急处理等。

关键词:特高坝;运行特点;运行事故;运行关键技术

中图分类号:TV642 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)04-0001-05

Discussion on long-term and safety operation of ultra-high dams in China//XING Linsheng, ZHOU Jianbo (*Large Dam Safety Supervision Center, State Electricity Regulatory Commission, P. R. China, Hangzhou 310014, China*)

Abstract: Based on introducing the general situation of ultra-high dam construction in China, the operational characteristics of ultra-high dams in China and some operational accidents in the world are analyzed in details. The key technologies for the long-term safety operation of ultra-high dams include the following topics: establishment of safety evaluation system, rapid detection and diagnosis of stability of high slopes near dams, discharge atomization and countermeasures, systematic researches on durability of materials, repair and reinforcement technology in deep water, risk management and emergency treatment.

Key words: ultra-high dam; operational feature; accident; key technology

1 我国特高坝的建设概况

在 20 世纪末、21 世纪初,我国水电工程界曾对 200 m 以上特高坝的设计问题作过探讨研究^[1],当时建成投入运行的坝高超过 200 m 的大坝仅有二滩拱坝,在研究特高坝设计问题的同时,尚未涉及特高坝的运行问题。近十几年来,我国特高坝建设进入快速发展时期,目前已建成 7 座,在建 7 座,拟建 8 座,其中已建成的小湾大坝坝高 294.5 m,为世界最高的混凝土双曲拱坝;水布垭大坝坝高 233 m,为世界最高混凝土面板堆石坝;光照大坝坝高 200.5 m,为世界最高碾压混凝土重力坝^[2]。目前正在建设的锦屏一级大坝坝高 305 m,为世界在建最高混凝土双曲拱坝;拟建的双江口大坝坝高 314 m,仅次于塔吉克斯坦在建的罗贡土质心墙坝。经过艰苦地探索和不懈地努力,我国已经成为建设特高坝的世界大国,我国已建、在建和拟建的 200 m 以上特高坝见表 1 和表 2。坝高是衡量大坝设计、施工、运行难度的一个重要指标,其与设计、施工难度之间存在非线性因果关系,具有量变引起质变的问题,采用常规的

原则、方法、手段和判据,可能难以保证特高坝的安全长效运行。随着一批特高坝的建成和即将建成,这一难题正突显出来,需要从战略高度加以探讨研究^[3]。

表 1 我国已建 200 m 以上特高坝

工 程 河 流	坝 型	坝高/ m	库容/ 亿 m ³	装机 容量/ 万 kW	建成 时间	
小 湾	澜沧江	双曲拱坝	294.5	150.43	420	2010 年
拉西瓦	黄 河	双曲拱坝	250	10.79	420	2010 年
二 滩	雅砻江	双曲拱坝	240	58.00	330	1996 年
水布垭	清 江	混凝土面板堆石坝	233	45.80	184	2008 年
构皮滩	乌 江	双曲拱坝	230.5	64.55	300	2010 年
光 照	北盘江	碾压混凝土重力坝	200.5	32.45	104	2009 年
龙 滩	红水河	碾压混凝土重力坝	192 (216.5)	162.10 (298.30)	490 (630)	2008 年 (远景)

2 我国特高坝的运行特点

a. 承受的水头高,水压力巨大,运行性态复杂。以特高混凝土拱坝为例,小湾、溪洛渡、拉西瓦、二滩、构皮滩大坝的坝高分别为 294.5 m、285.5 m、250 m、240 m、230.5 m,齐顶总水压分别约为 195.7 GN、

表 2 我国在建和拟建 200 m 以上特高坝						
工 程 河 流	坝 型	坝高/ m	库容/ 亿 m ³	装机 容量/ 万 kW	建成 情况	
双江口 大渡河	土心墙堆石坝	314	29.42	200	拟建	
锦屏一级 雅砻江	双曲拱坝	305	77.60	360	在建	
两河口 雅砻江	土心墙堆石坝	295	108.00	300	拟建	
白鹤滩 金沙江	双曲拱坝	289	206.02	1400	拟建	
溪洛渡 金沙江	双曲拱坝	285.5	126.70	1386	在建	
乌东德 金沙江	双曲拱坝	265	74.05	960	拟建	
糯扎渡 澜沧江	土心墙堆石坝	261.5	237.03	585	在建	
茨哈峡 黄 河	混凝土面板堆石坝	254	46.47	260	拟建	
上 寨 绰斯甲河	土心墙堆石坝	253	10.95	45	拟建	
大石峡 库玛拉克河	混凝土面板堆石坝	251	10.95	60	拟建	
长河坝 大渡河	土心墙堆石坝	240	10.75	390	在建	
猴子岩 大渡河	混凝土面板堆石坝	223	7.04	170	在建	
江坪河 溇 水	混凝土面板堆石坝	219	13.66	45	在建	
大岗山 大渡河	双曲拱坝	210	7.42	260	在建	
黄 登 澜沧江	碾压混凝土重力坝	202	16.13	190	拟建	

注:拟建是指已完成预可行性研究,正在进行可行性研究的工程。

181.4 GN、84.6 GN、103.2 GN、74.3 GN,在运行中这些特高坝的坝基和坝体渗流、坝踵实际工作性态、坝体变形和应力将可能显示出与一般高拱坝不同的运行性态,需布设相应的监测系统,研制出有效的监控评估方法,密切关注是否产生失效破坏的变化,坝体裂缝的增生和扩展也将是必须重点关注的问题。

b. 坝址地形地质条件复杂,近坝库岸存在不同规模的不稳定岩体。位于西部崇山峻岭之中的特高坝谷深坡陡,须经过大规模地基处理,在超高、超长工程边坡上存在众多维持稳定的结构措施。在高压渗流作用下地基力学指标的变异性、超高超长工程边坡的长期运行稳定性以及可能产生的滑坡涌浪都是运行中极其复杂的问题。一些处于高地震烈度地区的特高坝受强震影响也是运行中的一个突出问题。

c. 泄洪水头高,流速大,历时长,流量和单宽流量大,泄洪功率大,过流和消能防冲设施长期面临严峻考验。小湾和拉西瓦特高坝在校核洪水位时上、下游水位差达 221 m 和 210 m。溪洛渡和糯扎渡特高坝的校核泄洪流量达 52 300 m³/s 和 37 532 m³/s,泄洪总功率达 9 410 万 kW 和 6 694 万 kW。位于大江大河上的特高坝,其一次洪水过程往往长达半个多月,下游消能设施和两岸泄洪隧洞的冲磨空蚀破坏以及泄洪雾化对下游两岸建筑物及边坡的影响将成为运行中的重点问题。

d. 泄洪系统金属结构规模大,闸门挡水和启闭水头高,孔口水压力巨大,运行操作、检修维护和更新改造难度大。二滩特高坝底孔和拉西瓦特高坝深孔的弧形工作闸门的挡水(启闭)水头分别达 120 m 和 142 m。小湾特高坝底孔、拉西瓦和溪洛渡特高坝深孔事故检修门的挡水水头分别达 160 m、132 m

和 109.3 m。小湾特高坝底孔事故检修门动水闭门水头达 106 m。这些特高坝泄洪闸门和启闭机的运行操作、检修维护和更新改造远比一般高坝复杂,存在的风险性较大。

e. 库容和电站装机容量巨大,工程影响重大。已经建成的 7 座特高坝中,最小的库容已超过 10 亿 m³,其余 6 座的库容皆超过 30 亿 m³;电站装机容量都超过 100 万 kW,超过 300 万 kW 的有 5 座。在建和拟建的 15 座特高坝中,库容超过 100 亿 m³ 的有 4 座,电站装机容量超过 300 万 kW 的有 6 座,其中有 2 座超过 1 000 万 kW。特高坝的安全长效运行不仅关系到巨大工程效益的正常发挥利用,而且对人民生命财产安全、国民经济建设命脉、生态环境保护以及社会的可持续发展都具有特别重大的影响。

f. 流域梯级高坝群的安全运行连锁反应是一个极为重要的问题。我国特高坝多集中在澜沧江、雅砻江、金沙江、大渡河和黄河上游河段,这些特高坝与所在河流中的其他高坝形成了高坝群,例如澜沧江上有小湾、糯扎渡和拟建的黄登 3 座特高坝,同时还有漫湾、大朝山、景洪等百米级高坝;雅砻江上规划的高坝群中坝高超过 100 m 的高坝共有 10 座,其中包括锦屏一级、二滩、两河口 3 座特高坝。保证流域高坝群的安全长效运行,是一个极具挑战性的崭新课题。

3 世界部分特高坝的运行事故

于 1936 年建成的美国胡佛重力拱坝(坝高 221 m)是世界上第一座特高坝。据不完全统计,至 20 世纪末世界已建高度超过 200 m 的特高坝有 29 座^[4]。从运行情况看,绝大多数特高坝是成功的,但也有部分特高坝在运行中发生事故,有的事故造成重大损失,个别事故后果特别严重。表 3 为 9 座世界特高坝在运行中发生的事故破坏概况。

a. 近坝库岸大滑坡。意大利瓦依昂特高坝在 1960 年 7 月竣工前即被预计到上游左岸会有坍塌,当时认为只是表面松散岩石少量塌滑。1963 年 8 月库区连续降雨,库水位呈先上升后下降趋势,9 月 18 日在滑坡部位很多测点均观测到滑速为 1 cm/d,随后滑速不断增大,但却仍认为只是分散下滑。10 月初人们开始警觉,个别村庄的地方官员要求居民撤离,直到 10 月 8 日终于意识到巨大山体正在下滑运动,遂开启左岸两条泄洪隧洞泄水,泄流量为 142 m³/s,但此时已无济于事。10 月 9 日 2.7 亿 m³ 的巨大滑坡骤然高速下滑,造成大量人员死亡,工程报废。该事故表明,在设计 and 施工阶段必须重视地质勘探工作,为了防止事故发生和减少损失,一是

表 3 世界部分特高坝运行中事故破坏概况

工 程	国 家	坝 型	坝高/ m	库容/ 亿 m ³	装机容量/ 万 kW	建成 时间	破坏情况
胡 佛 (Hoover Dam)	美 国	重力拱坝	221	348.0	245.1	1936 年	由导流隧洞改建的泄洪隧洞在小流量运行 4 个月 后,流量增大 为 1 070 m ³ /s,连续运行几个小时后(工作水头约 170 m,流速约 45 m/s),隧洞反弧段末端底部遭受严重空蚀破坏,导流隧洞 7.5 m 厚的混凝土塞体被击穿,同时在岩体内形成一个深 13.7 m、 长 35 m、宽 9.5 m 的大坑,被冲走的混凝土和岩石达 4 500 m ³
瓦依昂 (Vaiont Dam)	意大利	双曲拱坝	262	1.7	0.9	1961 年	1963 年 10 月 9 日 22:41,坝前左岸岸坡突然整体滑落,范围长 2 km,宽 1.6 km,总方量 2.7 亿 m ³ ,坝前 1.8 km 库段全部淤满,涌 浪高达 250 m,超过坝顶高度 100 m 以上,虽然未垮坝,但造成 2 600 余人死亡,整个工程报废
巴克拉 (Bhakra Dam)	印 度	重力坝	226	96.2	105	1963 年	该坝采用底流消能,溢洪道设计泄量为 6 776 m ³ /s,落差为 152 m, 经过 78 d 最大泄量为 2 830 m ³ /s 的运行后,消力池底板遭受严重 冲蚀破坏,冲坑深达 70 cm
格兰峡 (Glen Canyon Dam)	美 国	重力拱坝	216	333	90	1966 年	左、右岸各有 1 条由导流隧洞改建的泄洪隧洞,总泄量为 7 800 m ³ /s, 工作水头约 175 m,1983 年左、右岸泄量分别为 906 m ³ /s 和 764 m ³ /s,两隧洞均在反弧段末端发生严重空蚀破坏,深度达 10.7 ~ 15.2 m
马尼克 5 号 (Manic-5 Dam)	加拿大	连拱坝	214	1 419	134.4	1968 年	1971—1982 年先后有 10 个拱在靠近基础部位发生裂缝,且渗水 严重,有的裂缝已贯穿整个拱,缝深已达平均拱厚的 35%,上游 面裂缝较宽,下游面裂缝宽度很小,裂缝总长度随库水位上升而 增加,1990 年坝体渗漏量达 20 L/s
德沃歇克 (Dworshak Dam)	美 国	重力坝	219	43	106	1973 年	该坝蓄水后至 1976 年,有 9 个坝段的上游面发现竖向裂缝,最大 开度为 1.65 mm,35 号坝段裂缝的最大深度约为 1/2 坝段宽 度,23 ~ 35 号坝段的渗漏量达 112 L/s
卡比尔 (AmirKabir Dam)	伊 朗	双曲拱坝	200	33	200	1977 年	左岸 3 孔溢洪道反弧段底部高程与正常蓄水位之间的高差约为 135 m,设计单宽流量约为 300 m ² /s,最大流速约为 40 m/s。该坝 溢洪道设计总泄量为 1.62 亿 m ³ /s,1993 年前单孔最大泄量仅 1 500 m ³ /s,溢洪道空蚀破坏严重,部分混凝土底板被冲走,基岩 揭深达 1 m,3 号溢洪道右边墙倒塌
柯尔布莱恩 (Kolnbrein Dam)	奥地利	双曲拱坝	200	2.1	88.1	1977 年	该坝厚高比为 0.18,正常蓄水位为 1 902 m,1978 年库水位为 1 860 ~ 1 890 m 时,上游坝体产生一系列裂缝,从 14 ~ 18 号坝段 断续长度达 100 m,坝踵裂缝深 8 ~ 9 m,并出现贯穿到基础的斜 裂缝,坝基渗漏量突增至 200 L/s,部分坝段坝基渗压在上游 1/3 坝基范围内为全水头,被迫放空水库检查和加固,损失重大
萨扬舒申斯克 (Sayano-Shushenskay Dam)	前苏联	重力拱坝	245	313	640	1989 年	1985 年库水位上升到 500 m 时,实测坝基接触面张开 1.60 ~ 2.55 mm,1990 年首次上升到正常蓄水位 540 m,接触面张开量进 一步增大,坝基渗流量突然加大为 247 L/s,高水位运行至 1996 年,渗流量达 549 L/s,比 1990 年的增加 1 倍多,主要来自河床坝 段坝基,表明坝踵部分接触面、一定深度内的地基以及防渗帷幕 已开裂、松弛或破坏

要对特高坝近坝库岸滑坡体进行严密监测,并及时综合分析判断;二是要尽早制定应急预案和设置预警系统,认真开展日常宣贯和演练。

b. 泄洪和消能建筑物破坏。美国胡佛和格兰峡特高坝的泄洪隧洞都是由导流隧洞改建的,在泄洪水头为 170 m 左右、泄洪流量小于设计流量条件下,其运行一段时间后均发生严重空蚀破坏,破坏部位都发生在反弧转弯段处。这两座特高坝的运行事故表明,反弧段末端常常是泄洪隧洞高速发生区,又是水流收缩处,弯道曲率半径还可能出现不连续现象,因而容易遭受空蚀破坏,这是泄洪运行中应重点关注的部位。伊朗卡比尔特高坝溢洪道发生空蚀破坏的主要原因是在高速水流区未设置补气减压设施,这一点应引以为戒。印度巴拉克特高坝泄洪落差为 152 m,当实际泄洪流量尚未达到设计流量(7 800 m³/s)的一半时,消力池即已遭严重破坏。对

于我国泄洪落差和泄洪流量更大的特高坝,无疑应特别重视消力池的运行状态。

c. 坝体开裂。奥地利柯尔布莱恩特高坝因坝体较薄以及一些施工原因,导致坝体严重开裂。但纵观该坝事故发生、发展及处理的全过程,有一条重要经验值得吸取,即该坝重视监测分析工作,从施工后期开始就及时捕捉坝体裂缝发生和扩展的信息,为果断采取措施以控制事故未向灾难性方向发展发挥了至关重要的作用。加拿大马尼克 5 号特高坝坝址区年平均气温为-1℃,冬季最低气温达-45℃,建成后不久坝体产生严重裂缝,在对裂缝进行加固处理时,有一项重要措施是保温,在下游坝面安装电炉加热,使冬季坝面温度保持在 2 ~ 10℃。美国德沃歇克特高坝由于浇筑混凝土时上游坝面无保温措施,因而产生细小裂缝,蓄水后满库高水头水压在裂缝内形成水力劈裂,促使裂缝迅速扩展。这两起事

故表明,无论在施工期还是运行期,都应高度重视寒冷地区特高坝的坝面保温问题。

d. 坝踵张开。前苏联萨扬舒申斯克特高坝从1978年下闸蓄水至1985年之前均保持低水头运行,1985年当水头达设计水头的85%时,坝基渗流量为78 L/s;1988年当水位继续上升时,坝基渗流量增大为124 L/s;1990年库水位首次上升到正常蓄水位时,坝基渗流量达到247 L/s;满库运行到1996年时,坝基渗流量为549 L/s,比1990年的又增大1倍多,大幅度超过设计值190 L/s。随着库水位的不断上升,埋设在上游坝面附近的坝基接触面上的测缝计呈现出压缩量明显减小和开度增加的现象。这一系列的变化说明,坝踵接触面、坝基以下一定深度范围的基岩以及防渗帷幕已发生开裂、松弛或破坏。1992—1996年曾进行帷幕灌浆,但未达到处理目的。该坝重视原型监测并及时进行分析判断,还曾试图采取相应运行控制措施,如降低水位运行,以观测大坝运行性态的变化等,这些做法值得重视和借鉴。

4 特高坝运行的关键技术

a. 安全评价体系构建。由于特高坝水头高、水压力大、边界条件复杂,其运行性态的变化规律往往超出传统常规方法分析研究得出的结论。例如目前二滩特高坝的主要变形实测值已超出设计计算值,并且在下游面还产生了未曾预料到的裂缝。为了确保特高坝安全长效运行,需要尽可能按照每座特高坝的实际荷载作用和组合,结合监测系统采集到的实测值,反馈、修正分析模型和参数以构建安全评价体系,内容需包括地震影响的快速评估诊断技术、坝踵运行性态的评价方法、裂缝扩展评判准则以及大坝和坝基渗流、变形、应力等安全评价指标。

b. 近坝高边坡稳定性快速监测诊断。对于特高坝高500~700 m的超高超长工程边坡,运用常规监测方法收集的边坡运行资料,往往难以准确判断边坡稳定运行情况,需探索采用GPS、光纤、无人机等新型监测技术,及时采集边坡运行性态变化信息,对特高坝边坡实行“全天候”监控。由于高边坡开挖引起了岩体的复杂工程效应,具有复杂的破坏机理,需要在统计、预测趋势的基础上并结合工程经验性判断,对边坡稳定理论不断进行完善,要重点开展反分析研究,反演岩体力学参数,反馈分析边坡稳定性,快速准确地作出诊断,制定出分级预警方法。

c. 泄洪雾化影响及对策。泄洪雾化是一种复杂的水、气两相流物理现象,影响因素众多,模型试验受比尺效应和相似准则的限制,目前尚难定量预演,数学模型也难于模拟。对于水头高、泄量大的特

高坝,如何针对泄洪雾化影响采取相应对策,是十分突出的问题。通过二滩特高坝泄洪原型试验认识到,坝下河床狭窄、坡高陡峻时,采用传统的泄流水舌对撞消能形式不一定有利,该坝对下游雾化范围进一步防护处理的同时,为避免或减轻泄流水舌在空中对撞产生的雾化冲刷影响,对原设计的闸门启闭方式进行了修正^[5]。需对特高坝泄洪水舌空中形态、雾化扩散范围、形成的雨强以及地表冲刷情况加强监测检查,并对设计的闸门运行方式反馈验证,及时采取有效防护措施和运行对策。

d. 材料耐久性系统研究。相对于一般的高坝,特高坝筑坝材料的各项性能已被充分利用,潜力有限,因而处于高渗透压力、高应力水平及恶劣环境反复作用下的特高坝,应对其坝体材料的真实耐久性开展系统研究,加固修补采用的高分子化学材料的耐久性问题更为突出,例如小湾特高坝坝体裂缝内灌入的约360 t的化学材料^[6],其性能变化趋势将对大坝安全产生重要影响。在特高坝坝基、坝肩和高边坡处理中,大量使用的大吨位锚索、预应力锚杆等新型水工结构材料的耐久性,将直接关系到这些关键部位的稳定。对于使用年限相对较短的泄洪系统金属结构,需制定出检修维护和更换措施。如何保障数量繁多的监测设施的长期适应性和有效性,是一个重要课题。

e. 深水下检修加固技术。特高坝上游坝面深水下裂缝和缺陷检修、过流孔洞进口部位冲磨空蚀破坏水下检修、坝趾冲淘破坏水下检修以及下游消力池冲磨空蚀破坏水下检修,均是突出的技术难题。我国曾对刘家峡和龚嘴大坝60 m水深的水下详细检测、水下精确定位、水下结构止水等问题进行了专题研究,利用浮体门在上游封堵过流孔洞进口,形成从下游进入过流孔洞内的旱地检修施工条件,成功解决了60 m级水深过流孔洞进口部位检修难题。对于特高坝,需从技术思路、检查设备、检修手段等方面攻坚克难,突破60 m水深的极限。还需研制出与特高坝水头高、泄量大、渗透压力高等特点相适应并且能够快速凝固、黏结性能好、抗冲耐磨和抗渗能力强的修补材料。

f. 风险管理及应急处理。特高坝工程规模巨大,一旦失事,将对社会公共安全造成特别重大的危害。在管理理念上,特高坝的安全管理模式应从以结构安全管理为主逐步转变为以风险管理为主。对风险的识别,不仅需关注传统的最大洪水和最大可信地震等险情因素,还需对可能造成大坝失事的各种隐患进行识别。对风险的分析,需重点分析溃坝洪水、下游影响范围和破坏程度,以及上游可能引发

的滑坡危害。对风险的评判,需以是否被公众接受为准则。需在单座水库大坝风险管理应急处理的基础上,建立流域水库群的风险控制和应急管理体系。目前我国大坝风险管理及应急处理尚处在起步阶段,对于特高坝,近期就应有突破性进展。

5 结 语

我国特高坝的安全长效运行事关我国水电事业的发展,是社会各界关注的热点问题。我国特高坝数量多、坝型多,所处环境复杂,运行技术难度大,要本着对人民、对历史、对工程高度负责的精神,总结已有特高坝的运行经验,认真吸取世界各国特高坝的运行教训,从战略高度开展全面系统的探讨研究,提高风险防范和控制能力,保障特高坝的安全长效运行,使我国成为世界特高坝建设和运行管理的强国。

参考文献:

[1] 李瓚,陈飞,郑建波,等. 特高拱坝枢纽分析与重点问题研究[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
[2] 杨泽艳,赵全胜,方光达. 我国水工技术发展和展望[J]. 水力发电,2012,38(10):28-32. (YANG Zeyan, ZHAO

Quansheng, FANG Guangda. Hydraulic technology development in China and its trend[J]. Water Power, 2012,38(10):28-32. (in Chinese))
[3] 贾金生,马静,郑瑾莹. 变化世界中的大坝与水电发展[J]. 水力发电,2011,37(4):1-4. (JIA Jinsheng, MA Jing, ZHENG Cuiying. Dams and hydropower development in a changing world[J]. Water Power,2011,37(4):1-4. (in Chinese))
[4] 陈宗梁. 世界超级高坝[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
[5] 邢林生,李涛. 泄洪雨雾对水电站运行的影响及对策[J]. 大坝与安全,2010,57(1):1-4. (XING Linsheng, LI Tao. Influence of flood discharging rain and fog to operation of hydropower station and its counter-measures[J]. Dam & Safety,2010,57(1):1-4. (in Chinese))
[6] 赵毅,许常玉. 关于高拱坝混凝土深层裂缝化学灌浆施工工艺探讨[J]. 西北水电,2011,124(3):41-47. (ZHAO Yi, XU Changyu. Discussion on construction technology of chemical grouting of deep cracks in concrete of high arch dam[J]. Northwest Water Power,2011,124(3):41-47. (in Chinese))

(收稿日期:2012-12-21 编辑:周红梅)



· 简讯 ·

第 11 届中国水论坛将在广州举办

由中国自然资源学会水资源专业委员会、中国水利学会水文专业委员会等主办,中山大学、香港中文大学等单位承办的第 11 届中国水论坛将于 2013 年 11 月 15—17 日在广州举办。论坛将以“流域水循环与水资源安全”为主题,展开多学科、多角度的深入探讨和交流。论坛的主要议题包括:

- a. 气候变化与流(区)域水循环:①流域水循环机理;②流域水循环与地表水文过程;③气候变化的流域水文过程响应;④快速变化环境下的区域水循环特征及地区差异性;⑤沿海诸河流域水循环变化;⑥流域地表水文过程变异理论研究。
- b. 区域水资源配置与水资源可持续利用:①水资源配置理论与方法;②气候变化与人类活动影响下的水资源配置;③水资源承载力与水资源可持续利用;④最严格水资源管理制度实施;⑤水资源保护;⑥水-生态-经济协调发展的水资源管理。
- c. 水与工农业生产:①气候变化与人类活动条件下区域水安全;②流域水土资源配置与调控;③需水管理与节约用水;④土地利用、覆被变化、典型污染对流域水安全的影响机理。
- d. 水与灾害:①干旱、洪涝灾害;②水土流失及次生灾害;③河口区域咸潮入侵灾害;④风暴潮灾害;⑤水环境与水污染;⑥流域水旱灾害及水污染预警、管理与应急处理。
- e. 城市化过程中的水问题:①城市水循环及洪涝;②城市面源污染控制;③城市水资源高效利用;④城市内涝问题及可能解决途径。
- f. 流(区)域水生态文明:①区域水生态安全指标体系和生态补偿;②生态与环境需水的理论与实践;③流域生态水文过程;④人类活动对水生态的影响;⑤水体健康与水生态修复;⑥气候变化与人类活动影响下水生态管理。

会议论文拟由中国水利水电出版社正式出版。有关会议详细情况可登陆网址 <http://www.hydropower.org.cn/info/shownews.asp?newsid=9854> 查阅。

(本刊编辑部供稿)