

犊山防洪控制工程设计创新

周君亮

(江苏省水利厅,江苏 南京 210025)

摘要:介绍江苏犊山防洪控制工程设计中的技术创新.该工程由2座节制闸、1座船闸、1条穿湖堤和1座公路桥组成,位于无锡市西郊著名太湖风景区之间五里湖畔,为使工程与环境景观协调,根据工程深入湖区、水面辽阔的特点,工程整体上利用湖光倒影和平远的水景视野,使建筑群与湖光山色融为一体,单体工程上部建筑具有秀丽轻快的水乡民族风格,期望工程成为风景区内景点.为配合景观,又满足多项工程功能需求,第一次设计下沉式圆弧升降拱板门,逆磁场旋转电轴同步启闭.工程建成投产10年来运行良好,效益显著,1994年获国家优秀设计银质奖.

关键词:防洪控制工程;电轴同步;下沉式拱板门;技术创新;环境景观

中图分类号:TV87

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)03-0009-05

犊山防洪控制工程于1991年春建成投产,10年来工程运行良好,效益显著,1994年获国家优秀设计银质奖.本文着重总结该工程设计中的技术创新.

1 工程功能分析和综合效益

犊山防洪控制工程位于无锡市西郊,由梁溪河枢纽和五里湖枢纽组成,是太湖流域综合治理骨干工程.其功能有:①可挡住太湖高洪水入侵无锡市区和武、锡、澄低片,使太湖高洪水有控制地排入长江;②太湖低水位时,在无锡市区和武、锡、澄低片遭遇台风暴雨袭击时,可以向太湖排水;③太湖水位较低时,可以阻止京杭运河和无锡市区的污水进入太湖;④太湖水位较高时,可以引太湖水入无锡市区,改良河道水质;⑤虽然太湖航运中安全避风设施尚未解决,而梁溪河与太湖之间的航运年运输量当时已达2000万t,且有不少旅游船来往,是一条发展中的航运要道,工程要满足今后航运发展;⑥可以调节京杭运河和内河航运水位,改善航运条件;⑦沿五里湖滨陆路沟通鼋头渚和梅园两大风景旅游区,形成观光带.

工程效益以防洪除涝为例.无锡市区地面高程一般为3.2~4.0m,最低处不到3.0m.1962年9月5日连续24h降雨214.5mm,南门水位升到4.64m,市区工厂停产,7700户居民受淹,受淹农田达23740hm².工程建成后,1991年5~7月市区总降雨量达867mm,最大三日雨量301mm,太湖水位涨到5.16m,及时关闸挡洪,无锡市未出现严重灾情,效益显著.

近年在污水治理过程中,为阻止运河污水入侵湖区,梁溪河枢纽每年约有一半时间关闸断流.10年来工程运行中没有发生闸门启闭失灵或海事事故.

2 枢纽建筑物施工方案比选

因闸址定在五里湖中,研究了筑围埝、现场浇筑建筑物方案和浮运闸、水上施工方案.施工围埝伸在湖水中长1044m,高约4.0m,工地无筑埝土源.当时京杭运河无锡市河段正在浚深,研究该处土质资料,参照太湖围湖造田水中倒土筑埝的经验,可以利用浚深弃土中的粉质粘土和粉质壤土用水中倒土方法筑围埝.方案比较后采用筑围埝、现场浇筑建筑物的方案.将运河浚深的弃土直接船运到工地水中倒土筑围埝,完工时检测围埝淤土地基土壤含水量由原来83%减小到56.37%,孔隙比由2.23减小到1.58,淤土已逐渐固结,抽干埝内积水后,埝身未发生渗流侵蚀或滑坡.

3 工程布局充分满足运行功能

根据控制运行要求,梁溪河枢纽由1座节制闸和1座船闸组成(图1),节制闸采用单孔,孔宽20m,可排水96m³/s.船闸闸首净宽16m,闸室长135m,为非标准尺寸,目的是少占用五里湖水域,减小对原有景观的影响,开通闸时可减少船行阻力,使船只较快通过,在作船闸运行时仍能满足一般过太湖的船队一次过闸.在开通闸通航时,节制闸与船闸都敞开闸

门,形成上、下行航线,满足今后太湖航运的发展.在控制水位时,节制闸关门,由船闸保证通航.节制闸与船闸并列,中心线相距 51.5 m,布置紧凑,又使上、下行航线顺畅.船闸的上游靠船导航堤与节制闸上游引河水域构成航船避风港.五里湖枢纽由五里湖闸和五里湖堤组成,五里湖堤堤顶设汽-15、挂-60 公路,公路东西贯穿五里湖.五里湖闸闸孔总宽 32 m,可排水 $154 \text{ m}^3/\text{s}$,闸址位于堤中段,湖面开阔,风大浪高,太湖湖水又受风扬影响,过闸水流逆风顺水,流速最大可达 3.0 m/s 左右,流向流速随风而变,故采用两孔孔宽为 16 m 的节制闸,形成上、下行航线,避免船只过闸交汇,防止发生海事事故.

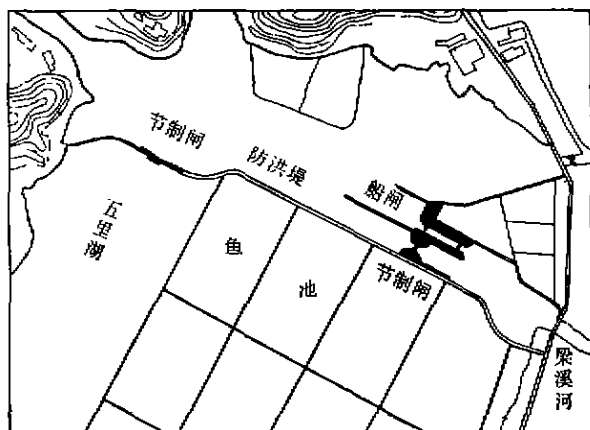


图1 钱山防洪控制枢纽位置

4 工程结构造型与环境景观融合一体

工程位于鼋头渚与小箕山、梅园几个著名风景区之间,为使工程与环境景观相协调,宏观上利用工程深入湖区、水域辽阔的特点;又因工程大部分时间是闸门敞开通航,故将节制闸和船闸采用大闸孔,闸门在开启时都放入水中,闸门启闭设备分别隐蔽在闸室两侧闸墩上的堡式控制室中,尽量减少上部构筑在水面上的超高,避免远眺视线受阻碍.整个工程充分利用湖光倒影和平远辽阔的水景视野,以五里湖堤为视觉导向,鹿顶山、三钱山为衬托,使枢纽建筑群的总体景观效果与湖光山色融为一体.

在建筑物结构布局上,梁溪枢纽中节制闸和船闸的功能结构的立面和平面都是对称的,故将控制室顶层上面设置为楼台,船闸上闸首靠近节制闸一侧楼台上设双层凉亭,成高层楼台,经节制闸等的单层凉亭或不设凉亭的低楼台衬托,构成不对称立面布局,于对称中见不对称,增加垂直空间的层次感.因为船闸下闸首离上闸首和节制闸较远,形成相对分离,故充分利用闸室堤的绿化和灯柱的过渡处理,保持气势贯通,造就节制闸与船闸之间岛区的上部建筑居于视觉焦点,控制全局,使整个枢纽建筑物构成一体.在节制

闸上设轻型人行桥,船闸上设桥廊,相连堡顶,跨越闸孔,增加憩息、远眺、俯视的旅游场所;又能满足管理工作之需要.控制室全部做有敞窗和月洞门,与楼台梯级的实体建筑形成明显的虚实对应,又便于观察过往船只和闸门运行,满足功能要求.五里湖闸放在五里湖堤的公路桥下,桥跨是四孔高次方曲线变截面简支梁结构,中间两孔为主桥,两侧两孔为引桥,闸孔设主桥下,闸门启闭设备分设在闸孔两侧与桥墩结合的堡式控制室内,闸、桥浑为一体.适当降低堤顶高,做矮挡浪墙,减少视线阻挡,使南北两片湖面气势贯通,远眺建筑物犹如浮荡在湖水碧波之上.

在单体上部建筑处理上具有简洁轻快的水乡民族风格,刻意使工程与环境景观自然融合.凉亭采用单檐歇山顶长亭,柱下设实栏,外做挑檐,亭顶和挑檐均铺筑琉璃筒瓦,柱下设空栏;桥廊采用平顶挑檐,双面空廊;导航墙和靠船墩工作桥均设空栏,可避免视线受阻碍,扩大波光倒影视觉效果.控制室外墙面色彩以白色为基调,与下部构筑的混凝土本色柔和过渡,色调舒展.

5 采用下沉式圆弧形升降的拱板门

根据运行要求,可能选用的已有闸门型式有下沉式弧形门,或下沉式直升平板门,或上升平卧式平板门等.因为:①下沉式弧形门的臂杆和支承铰突出航道内,来往船只容易与它们发生碰撞,造成海事事故,不适用于航运繁忙的地方.②下沉式直升平板门的门龛加上输水消能措施使挖深较大,检修时起吊高度也高,闸首结构除要增设挡水板来迫使输水水流进入消能室外,尚要为结构稳定增加闸身长度,因船闸布置中闸首均不需要帷墙,故采用这种门型的土建工程量将增加较多.更主要的是在闸门输水时无法由输水水流冲走门槽内的淤积泥沙,要频繁使用泥浆泵吸除,否则稍有泥沙淤积,就影响开门到位.③上升平卧式平板门门体升卧转弯过程中会发生行走滚轮在轨道上拖动摩擦,而且在刚开门通航时,门体附着的水体下落,污染航船和游人,游人在刚开启的闸门下经过,心理上会有一定恐惧感,故不宜用于航运任务繁重和旅游船只频频经过的地方.而且为保证旅游船安全通过,闸门上升后的平卧位置设置较高,在景观上较难协调.④在门高较小而门宽较大的闸孔,平板门结构的扭转刚度小,在关门位置抗御航行船只撞击的性能差.因此,采用下沉式拱板门,圆弧形升降.为增加闸孔通航宽度,起重吊门设备设在两侧门槽内.比选了卷扬式绳鼓启闭机和液压启闭机两个方案后,选定前者,并采用逆磁场旋转电轴同步启闭,提高同步运行稳定性.这种门型是

第一次设计(图2)。

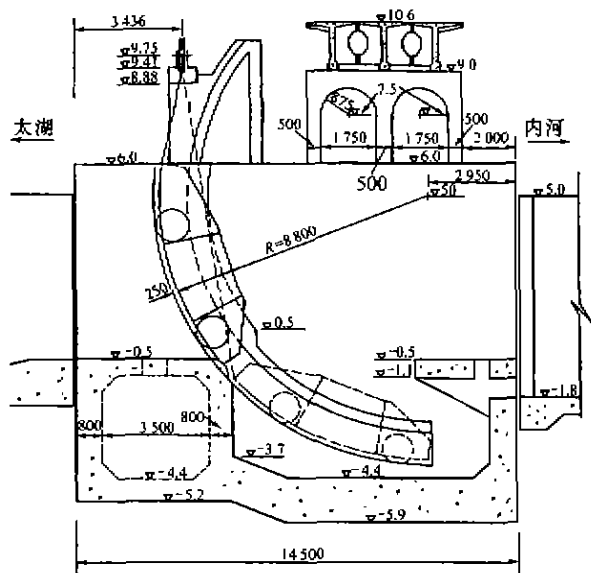


图2 闸门与闸室位置(高程单位:m;尺寸单位:mm)

下沉式拱板门的优点有:①适用于每年中有较长时间开通闸的船闸,及有平水通航任务的节制闸,尤其是航运频繁的地方。②闸门结构的扭转刚度大,起吊时可以适应两端起吊力发生较大的不平衡,在关门时抗行船撞击的性能较好,尤其适用在门高较小而门宽较大的闸孔。钱山工程中节制闸和船闸门面板外缘弧长为7.142 m,挡水总高6.50 m,梁溪河节制闸门宽为21.43 m,船闸闸门宽为17.43 m,五里湖节制闸门宽为17.43 m,门的高宽比都很小。③闸门经常在水中,检修时才能将它吊起,在视觉处理上容易与水乡环境景观协调。④在土建中门龛挖深不足下沉式直升平板门的三分之二,刚好可将闸址上层较弱土层挖去,使建筑物底板坐落在中等压缩性的粉质粘土和粉质壤土上。闸门吊高可比下沉式平板门减少三分之一还多,土建工程量节省。⑤闸门下沉后的门龛为输水半开敞消能室,消能室出口的尾槛又是土建结构中的主要受力构件,土建结构简洁,受力明确。⑥由于门龛为弧形消能室,沉淀的泥沙极易在输水时被冲走,即使长时间闸门敞开通航,淤塞在门龛的泥沙也极易定期用泥浆泵吸除,不会影响航运。钱山工程实际运行情况,每2~3 a清理一次,每次半天。⑦闸门长期放在水中比在空气中对延缓钢构件锈蚀有利,可延长使用寿命。

下沉式拱板门的特点是:①圆弧形升降行走的轨道制作和埋设的精度要求较高。②闸门在关门位置承受水压力时,门的行走滚轮都贴在圆弧内侧轨道上。在平水或空气中试运行,受门自重和吊门钢丝绳分力作用,使上端行走滚轮贴在内侧轨道上,下端行走滚轮贴在外侧轨道上。在闸门放到最低位置

时,门的上、下行走滚轮都贴在圆弧外侧轨道上。故闸门在开关过程中会在内、外轨道内前后移动。③闸门关门承受水压时,为保证门底止水效果,门底止水橡皮仍要能够压紧在门槛上。对挡水水头较高,门体高宽比较小的闸门应计算其整体门形翘曲变形对底止水的影响。④当在平水或空气中开关闸门时,门底止水橡皮过门槛时发生橡皮压缩量增加,导致此时起门力骤然增加,由于橡皮条压缩的变形幅度受行走滚轮与门槛间的相对位置所限制,故投入运行后,不可能因闸门受水压力或不受水压力再增大橡皮压缩量和起门力。故设计中要根据橡皮条止水允许压缩量来控制外侧和内侧轨道与行走滚轮之间的间隙。⑤闸底板门槛与止水橡皮条接触的滑动面要做成变半径曲线,在闸门起闭过程中使止水橡皮条顺利切入和很快脱离止水位置。宜采用优质橡胶,可采用带中孔的Ω形止水橡皮。⑥由于闸门高宽比很小,在起吊闸门时,如果闸门一侧与闸墙发生摩擦,要核算此时摩擦力会否使闸门卡住自锁,即侧滚轮与闸墙之间的摩擦系数如大于门侧上、下侧滚轮的间距与闸门两侧吊门起重钢丝绳的间距之比时,将使卡住的侧滚轮发生摩擦自锁,卡住后的起门力迅速增大直到起门系统拉坏。因此设计中在正常情况下应使门侧滚轮的摩擦力不会发生摩擦自锁,而在闸门端滚轮与闸门槽墙面之间预留有一定间隙,此间隙尽可能做大;作为双重保险,可用可调节预埋位置的端滚轮行走轨道来保证一般运行时闸门门端滚轮不与闸墙面接触摩擦。施工中要保证闸门槽两侧混凝土墙表面平整。⑦可以根据在正常情况下门侧滚轮与闸墙之间可能发生的不发生摩擦自锁的摩擦力来计算闸门两侧吊门起重力之间可能发生的最大不平衡力。⑧起吊闸门的钢丝绳位于两侧门槽内,吊在闸门弧形面板前面,贴在面板上顺弧形到闸墙某一高程离开后按圆弧切线方向到启闭机。⑨为适应拱板门在启闭过程中可能发生左右摆动,摆动幅度由闸门端滚轮与门槽墙面间间隙限定,对吊门座、底止水、侧止水、侧滚轮和行走滚轮等布置都要适应此摆动幅度。⑩在钱山工程闸门高宽比条件下,要在启门设备中设置限力装置,当实际起门力超过设定限力时,该装置作用于电源跳闸停机,保证起门系统安全。⑪开门后当闸门门顶淹没入水面的深度达到最小允许通航水深时才允许船只驶过门顶。

6 闸门启闭机选型和电气控制

根据建筑物运用条件,采用:

a. 节制闸闸门采取等速启闭,起吊速度为1.2 m/min,选用2×25 t卷扬式绳鼓启闭机,由2台主

电动机各带 1 台均衡机组成的同步电轴拖动.如果闸门启闭时与门槽发生摩擦,负荷突变,为使电轴具有较大的均衡力矩和较大的动态稳定性,均衡机取逆磁场旋转.主电机采用 YZR225M-8 型(715 r/min, 22 kW, Fc 4%),均衡机采用 YZR180L-6 型(962 r/min, 15 kW, Fc 40%).转差率为 1.75,不均衡力矩按 25%计算.由于逆磁场旋转时主电机定子与转子交换的电磁功率中除要克服系统中的阻力矩外,尚有一个由定子与转子气隙传递的符号相反的力矩要克服,而在顺磁场旋转时此气隙传递的力矩是符号相同的,可以用来克服系统中的阻力矩.故采用较大容量的 Bp1-206/8006 频敏变阻器,加短路接触器按二步起动,满足使用.(注:减小逆磁场旋转中均衡机的转速,可能使工作转差率增大到 2.0,增大电轴的均衡转矩).

b. 船闸闸门为配合输水、过船,采用变速启闭,即慢速向上开门输水,一次向上开门 0.4 m,输水完毕后,快速向下开门,过船后快速向上关门.慢速为 1.7 m/min;快速为 5.1 m/min,变速比为 1:3.选用 2×25 t 卷扬式绳鼓启闭机,由 1 台主电动机带 1 台变频机和 1 台双馈机组成的同步电轴拖动.由主电动机实现调速.调速时负荷突变,适宜用逆磁场旋转.主电机采用 YZR250M-8 型(30 kW, 720 r/min, Fc 40%),变频机和双馈机采用 YZR200L-6 型(962 r/min, 22 kW, Fc 40%).转差率为 1.75,不均衡力矩按 25%计算.采用在主电动机转子回路中串接 1.0 Ω 调速电阻,配以接触器分段二步切除电阻,完成电轴起动和调速.系统变速运行平稳,增幅振荡很小,调试中慢速可达到 1.0 m/min,满足使用要求.

c. 电轴的起动过程中采用单相整步 0.5 ~ 0.7 s,接着三相整步 0.2 s,使初始失调角整步到最小,实现整步定相,最后主电动机起动投入,进入同步电轴运行.故在主电动机投入起动前,在带均衡机同步电轴接线中只接入均衡机实现整步定相,在带变频机和双馈机的同步电轴接线中只接入变频机和双馈机实现整步定相.因为电轴起动时当仅采用单相整步时,系统整步力矩不够有力,此时的均衡力矩仅为三相接线时临界力矩的三分之二.如采用二相整步,其均衡力矩仅为三相接线时临界力矩的二分之一.如采用三相整步,整步开始时电轴上 2 台电机负荷的力矩是同方向的,整步力矩符号相同,2 台电机向同一方向转动,如果失调角等于或接近 π 时,将导致失步,同时定相时定子将出现过大电流.故采用开机时先单相整步,后三相整步,保证整步成功.

d. 为避免停机时由于电轴两端启闭机的惯性惰行不一致,造成两端启闭机电机的相位差,导致再次起门时门体倾斜,且此倾斜值将随闸门启闭次

数的增加而累计,故停机过程中也要相位整步.电轴停机时如仅采用单相整步,发现仍无法保证消除闸门倾斜变位的误差累计.因此采用在停机时断开主电动机接线后,其它电机采用三相整步,迫使电轴强力牵着电机同步停机.

e. 船闸中的同步电轴接线中,在正常运行时变频机和双馈机的转子之间会有一个极小的相位角差,是由于双馈机转子的相位稍滞后于变频机转子的相位所致,原因是电轴中少用了 1 台双馈机,因此虽然采用了停机时三相跟随,起动时整步定相,但开机后仍会发现闸门顶不是完全水平的,这个误差在停机时可由三相跟随整步消除,故不会因多次开关闸门而累加.

f. 3 扇闸门在调试后的运行测试中,船闸上、下闸门总电流在 100 ~ 120 A 之间,远小于启闭机电动机的额定值之和,节制闸的总电流在 75 ~ 80 A 之间,也小于额定值之和,闸门启闭时启闭机容量是有富裕的.线路电压记录最高为 415 V,最低为 370 V,闸门运行中电压降在 20 ~ 25 V 之间,可满足运行要求.功率因数,闸门上升运行时在 0.4 ~ 0.5 之间,下降运行时在 0.15 ~ 0.2 之间,是比较低的,符合运行要求.

g. 在启闭机每根吊门钢丝绳上装有限力装置,该装置采用固定在闸墙的滑轮上,装有偏心拐臂,拐臂的自由端装有弹簧,吊门钢丝绳穿过滑轮,吊门时钢丝绳压在滑轮上,靠摩擦带动滑轮转动,又带动拐臂压缩弹簧,弹簧刚度系数试验值为 15.6 kg/mm,按照弹簧压缩量与钢丝绳拉力之间的几何关系,计算弹簧压缩 0.9 mm 约相当 10 kN 力.弹簧压缩到事先率定的限位开关时,限位开关作用于断开启闭机的电源而停机.采用的限力装置设计中影响它受力的精度的因素较多,在没有精度较高的产品可替代前,该装置虽不能作为测定吊门力的衡器,但作为限力保护装置在调试中已起了很大作用.经几次调试,所有闸门限力装置的弹簧压缩量都不大于 25 mm,换算成吊门力约 280 kN,故将此值作为系统的限力值.

7 建筑物运行控制和信号系统

闸门启闭运行电气开关控制设手动和自动两套,通过切换选择.启闭机同步电轴起动时相位整步和停机时牵着同步装置均自动投入.

正常运行时闸门采用现场集中自动控制.船闸控制室设在上闸首,也可在现场分散控制.船闸运行设有“全关→充水”、“充水→全开”和“全开→全关”三个操作钮.节制闸无充水操作钮.闸门位置及其开关动作等在电气控制接线中都已相应联锁,发生误操作时不会动作.考虑到检修和开通闸的要求,设置

了“手动上升”和“手动下降”2个操作钮,此时闸门全行程设在全关、全开位置,设安全限位,自动停机,其中间位置由操作人员根据需要手控选择。

电气保护除按常规设置过电流保护外,为防止电轴失步导致事故扩大,设有失步保护,在电轴电流超过设定值时作用于停机;同时利用启闭卷扬机的限力装置,作为闸门发生卡阻导致电轴失步的后备保护,也作用于停机。为确保船闸安全运行,当上游闸门处于全关位置时,下游闸门才能开门,反之也是

这样,控制接线中引出有信号指示的光字牌。

因为下沉式闸门不能直接观测到闸门在水中的具体位置,故除按规范设置通航信号外,在操作台上设置了闸门的“上升”和“下降”的运行信号和“检修→充水→全关→全开”4个特定点及其3个区段的全行程位置指示信号,避免误操作、节制闸无充水位置信号。开门后当闸门门顶淹没入水面的深度达到最小允许通航水深时船只过闸的信号灯才能动作,引导船只驶过。(收稿日期:2001-04-10 编辑:马敏峰)

·小资料·

1~20届国际大坝会议简况

届期	会 址	会 期	会 议 主 题
1	瑞 典 斯德哥尔摩	1933 年 6 月	①混凝土重力坝因老化造成的损坏;②重力坝内部温度及变形的影响;③土坝筑坝材料适用性的研究方法;④坝体及其下层基础渗流现象自然规律的研究
2	美国 华盛顿	1936 年 9 月 7~12 日	①特种水泥;②伸缩缝的设计和止水;③砌石坝和混凝土坝的研究;④坝基材料的土工研究;⑤土坝稳定性计算
3	瑞 典 斯德哥尔摩	1948 年 6 月 10~17 日	①扬压力及其在坝体中产生的应力;②测量土坝和混凝土坝应力应变的方法和仪器;③避免管涌的最新处理方法;④从大坝特种水泥的实验及实际应用中取得的经验
4	印度 新德里	1951 年 11 月 11~16 日	①确定坝上可能最大洪水泄量的方法,临时性或永久性泄水孔及溢洪道类型和总体布置的选择及泄洪能力的研究;②具有心墙及防渗墙的土坝和砌石坝的设计与施工;③水库淤积及有关问题;④大坝混凝土
5	法国 巴黎	1955 年 5 月 31 日 ~6 月 4 日	①透水地基土坝设计和施工及基础处理方法;②各种型式混凝土坝的经济性和安全性;③土坝由于坝体材料或基础的压缩性而产生的沉降及地震对坝设计的影响;④混凝土水泥用量与重力坝、拱坝和支墩坝工程质量的关系及其对坝体抗渗性和抗冻性的影响
6	美国 纽约	1958 年 9 月 15~20 日	①已建成的坝的加高及新坝分期修筑的方法;②坝体、坝基及坝肩的应力和变形观测及与计算法和小比尺模型实验结果的比较;③土坝、堆石坝的心墙及坝体墙施工时土料的含水量及其压实方法;④大坝混凝土中外加剂与火山灰的使用及细沙颗粒对混凝土的影响
7	意大利 罗马	1961 年 6 月 26 日 ~7 月 1 日	①大坝混凝土材料的选择、制备及技术要求;②与大坝设计、施工有关的地下工程;③宽河谷内修建混凝土坝及其辅助工程的现代技术;④土坝和堆石坝沥青及其它材料的防渗设施
8	英国 艾丁堡	1964 年 5 月 4~8 日	①现场岩体物理和力学特性及以确定这些特性对其进行改进的方法,尤其是与大坝设计与施工有关的那些特性;②在各种大坝上进行的包括地震观测在内的各类监测的结果及其分析判读;③各种大坝混凝土的设计及龄期对混凝土特性的影响;④高堆石坝(80m以上)的设计、施工方法与特性
9	土耳其 伊斯坦布尔	1967 年 9 月 4~8 日	①从坝基角度考虑坝的安全,水库岸坡的稳定性;②临时和永久性的流量控制设施;③坝的性能与恶化;④位于地震区或其它不利情况下的坝
10	加拿大 蒙特利尔	1970 年 6 月 1~5 日	①土坝和砌石坝设计与施工的新发展;②位于深冲积层、喀斯特地带或其它不良地基上的坝和水库的设计、施工新发展;③大坝和水库的运行监测;④混凝土坝设计施工的新发展
11	西班牙 马德里	1973 年 6 月 11~15 日	①筑坝带来的环境效果;②大坝施工期间及建成后的流量控制和能量控制;③土坝和堆石坝的防渗设施和护坡
12	墨西哥 墨西哥市	1976 年 3 月 23 日 ~4 月 2 日	①混凝土坝快速经济施工新设想;②与特殊类型土石坝有关的一些问题;③坝体及坝基的渗漏调查与排水;④大坝建设的初步规划;⑤一些环境因素对大坝和水库的影响
13	印度 新德里	1979 年 11 月	①坝体的交界的问题;②大坝的恶化和破坏;③大泄洪量的泄水孔与溢洪道;④地震活动与坝的抗震设计
14	巴 西 里约热内卢	1982 年 5 月 30 日 ~6 月 7 日	①坝的运行安全;②地质和土工条件对大坝设计的影响;③水库淤积和岸坡稳定及对工程的环境影响
15	瑞士 洛桑	1985 年 6 月 18~23 日	①坝体和坝基监测;②混凝土坝的裂缝问题,碾压混凝土新工艺;③坝基防渗处理;④大坝安全加固
16	美国 旧金山	1988 年 6 月 13~17 日	①水库与环境管理和监测的经验;②具有非粘土心墙防渗设施的土石坝;③混凝土坝施工的新发展;④设计洪水和防洪调度
17	奥地利 维也纳	1991 年 6 月 11~21 日	①大坝工程环境问题;②大坝老化与补救措施;③复杂基础上建坝;④土石坝及土石围堰的新发展
18	南非 德班	1994 年 11 月 7~11 日	①已建大坝的安全评估和改善;②运行中水库的环境经验;③大坝分期建设,加高或改建;④溢洪道和泄水建筑物的损坏
19	意大利 佛罗伦萨	1997 年 5 月 26~30 日	①大坝工程项目的创新;②土坝的特殊问题;③水库的运行;④大坝的事故和破坏
20	中国 北京	2000 年 9 月 19~22 日	①大坝风险分析;②大坝效益;③大坝与基础的安全监测;④有闸门的溢洪道及其它控制设施与大坝安全

(河海大学图书馆供稿)