

三峡工程混凝土施工及温控科研成果

戴会超, 张超然

(中国长江三峡工程开发总公司, 湖北 宜昌 443002)

摘要:论述三峡工程混凝土施工及温控科研成果及其工程应用. 主要成果有: 混凝土浇筑以塔(顶)带机为主, 辅以大型门塔机和缆机, 并实行一整套快速施工工艺和现代施工管理体系; 混凝土生产系统采用二次风冷技术; 混凝土原材料优选, 配合比优化; 实施全过程综合温控措施.

关键词:混凝土施工; 温度控制; 三峡水利枢纽

中图分类号:TV431

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2003)01-0017-05

三峡工程混凝土施工及温度控制是三峡工程的重大科技成果. 由于混凝土浇筑量巨大、浇筑强度高和持续时间长, 采用常规的吊罐浇筑方法已完全不能适应需要, 经综合分析研究采用了混凝土连续浇筑系统, 从各混凝土拌和系统通过皮带机供料系统输送到塔(顶)带机直接入仓浇筑, 浇筑速度远远超过了常规方式. 1999 年、2000 年、2001 年三峡工程年浇筑混凝土分别为 458 万 m^3 、548 万 m^3 和 403 万 m^3 . 1999~2001 年混凝土连续快速施工强度, 均超过了伊泰普水电站、古比雪夫水电站所保持的最大年浇筑强度、月浇筑强度和日浇筑强度, 创造了新的世界记录.

1 快速施工背景

长江三峡水利枢纽是治理和开发长江的关键性骨干工程, 兴建方案为“一级开发, 一次建成, 分期蓄水, 连续移民”, 施工工期为 17 年, 分三个阶段施工, 第一、第二、第三阶段的工期分别为 5 年、6 年、6 年.

1.1 混凝土施工特点

根据三峡工程建设方案, 三峡工程施工主要有以下特点:

a. 工程量巨大. 三峡工程混凝土工程总量为 2800 万 m^3 , 是长江葛洲坝工程的 2.5 倍, 为世界上已建最大的巴西伊泰普水电站的 2 倍. 第二阶段工程 1860 万 m^3 混凝土中, 厂坝工程 1200 万 m^3 .

b. 高峰强度高, 高峰期持续时间长. 首先, 枢纽工程年浇筑高峰强度高, 达 548 万 m^3 , 最大月强度 55.35 万 m^3 , 其中第二阶段厂坝工程年最高强度达 400 万 m^3 , 最高月强度达 45 万 m^3 , 强度在 40 万 m^3

左右的月份持续 9~10 个月. 金属结构安装以及其它项目的施工强度高. 大坝和厂房各类闸门、埋件及钢管等共约 14.8 万 t, 年高峰强度约 5 万 t, 而且安装与混凝土施工同步进行, 相互干扰很大. 其它工序如开挖、清基交面、固接灌浆、接缝灌浆等无论总量还是施工强度都是国内外水电建设史上罕见的. 其次, 工程的特点, 决定了必须要在夏季大量浇筑约束区混凝土, 这既是一个施工组织难题, 也是重大的技术和质量控制难题. 第三, 大坝下部仓面面积大, 从满足大坝均匀、连续上升, 间歇期尽可能短的角度, 必须要做到高强度. 而初期则由于主要浇筑设备形成需要时间, 操作熟练需要有个过程, 使这一矛盾十分突出.

c. 施工干扰大. 一是工程施工过程中, 各种工序交叉或平行作业, 相互之间干扰很大; 二是由于工程巨大, 必须分几个标段施工, 各承包商之间在界面交接、设备使用、进度协调等方面必然存在大量分歧, 干扰很大.

d. 施工技术要求高, 难度大. 长江洪水峰高, 量大, 水深; 施工期通航要求高, 第二阶段工程施工期间, 导流明渠要通航, 使左、右岸分割, 不能支援, 这些都给施工安排带来困难.

1.2 混凝土快速施工带来的技术难题

a. 在当时情况下, 国内已有的浇筑手段如大型门塔机、缆式起重机等, 均难以满足施工强度要求; 如果增加数量, 按国内类似水平推算, 需 120 余台, 施工场地布置不下. 同时, 与传统浇筑手段相应的传统施工工艺也难以满足施工强度和质量要求, 加之三峡大坝结构复杂, 混凝土的标号、级配种类繁多,

也给混凝土高强度的施工增加了复杂性和难度。

b. 为满足三峡混凝土施工强度需要,必须设计和建设当今世界上最大规模的人工砂石料和混凝土、制冷生产系统以及与之相配套设施及管理。

c. 三峡工程是千年大计、国运所系,必须从原材料及混凝土的各环节高度重视三峡工程混凝土的质量和耐久性,要求高性能的混凝土。

d. 第二阶段混凝土浇筑高峰持续3年,而地区夏季持续时间长,不利混凝土浇筑,温控防裂问题异常突出,为确保夏季混凝土的照常施工,特别是基础强约束部位混凝土的施工,以往各工程所采取的单项或多项温控措施联用都已经不能满足施工要求,必须采取全过程、全方位、高标准、大容量的综合温控措施。

e. 传统的混凝土浇筑仓位安排采取人工调度方法,大多靠经验主观判断,随意性较大,不能满足大规模快速施工需求。因此,必须采取科学排仓方法和现代测控技术,保证混凝土连续、高效、均衡施工。

上述几方面的问题,正是三峡工程混凝土快速施工必须攻克的关键难题。很显然,如果这些难题不能在三峡工程施工中按期攻克,势必严重拖延工程的建设工期,使国家蒙受巨大的政治影响和经济损失。为此,我们狠狠抓住混凝土快速施工关键技术研究这一课题,进行立项并在工程施工前期和施工过程中开展系统科技攻关。

2 科研成果简介

本成果所属领域为水利水电工程领域。早在国家“七五”重点科技攻关期间,就开始了本成果及其各个子题的研究,特别是浇筑施工方案的选定和混凝土温控防裂技术,一直都是重点攻关的项目。“七五”期间,国家专门确立了“三峡工程坝体混凝土快速施工技术研究”课题,以对混凝土快速施工关键技术开展研究。其后,在“八五”“九五”攻关期间及工程实践阶段,进一步加大了对本成果的研究力度,相应取得了一系列重大成果。本项目高度重视施工新技术的应用和集成,其主要成果介绍如下。

2.1 混凝土快速施工方案研究及选定

a. 针对三峡工程混凝土浇筑工程量大、施工强度高的特点,在充分比较、论证,充分听取各方面意见的基础上,最终选定以塔(顶)带机为主,同时辅以大型门塔机和缆机的施工方案,具体为:①塔(顶)带机生产效率高,适合于连续高强度施工,用以承担混凝土浇筑的主要任务;②大型门塔机、缆机用以承担备仓、仓面设备转移、金属结构安装等辅助工作;③拌和能力配备留有余地,以利塔(顶)带机效率的

充分发挥;④供料线布置一机一带,确保塔(顶)带机运行的可靠性。

b. 厂坝第二阶段工程首次大量使用了当前国际上综合性能参数最为先进的、多达6台的特大型塔(顶)带机,每台最大布料半径达100m,其覆盖面积不小于10000m²。与塔(顶)带机配套的混凝土供料线总长达3400多m,布置方便灵活,首次大规模地实现了常规混凝土连续运输至浇筑仓面的方式,且省去了大量的水平运输道路和车辆。厂坝第二阶段工程使用的9台大型门塔机和7座大型拌和楼中,有8台高架门机和5座拌和楼是国内自行研制和发展的新型设备,拌和楼的技术性能指标也达到了国际先进水平。

c. 经过三峡第二阶段工程1999~2001年3年的工程实践,年浇筑强度均在400万m³以上,最高的2000年达548万m³,最高月浇筑强度为55.35万m³,最高日浇筑强度为2.2万m³,创造了年、月、日混凝土浇筑强度的一系列世界之最。泄洪坝段深槽部位在38个月实现了控制性的计划目标,比初步设计论证的45个月提前了7个月,大大缩短了关键线路工期,满足了厂坝第二阶段工程2002年9月(实际为7月)下游基坑进水的要求。

2.2 混凝土快速施工技术及工艺

a. 针对大坝混凝土施工最终选定的方案,在施工现场进行了周密的优化布置。结合施工总体布置和各种设备的性能,制定并采取了一系列施工设备运行管理办法,尤其是对于首次大规模使用塔(顶)带机群组,摸索出了一整套设备运行管理和使用维护经验,为三峡第二阶段工程混凝土施工强度创造一系列世界之最提供了强有力的保障。

b. 为了与选定的快速施工方案相配套,确保混凝土浇筑进度和质量,经过大量的研究、论证、试验和实践,全面推行仓面工艺设计,改进并制定了一整套严密的浇筑施工工艺,配备与入仓强度相匹配的仓面资源,形成了三峡工程所独有的混凝土快速施工工法。该施工工法既有工艺硬件的突破,也有管理理念的创新,体现了浇筑工艺与浇筑手段的高度协调与配合。

c. 混凝土施工采用从拌和到浇筑仓面“一条龙”连续作业方式,保证“一条龙”高度协调地动作至关重要。“混凝土生产输送浇筑计算机综合监控系统”是在大型水利水电工程施工中融入现代测控技术的一次尝试和创新,通过视频监控、状态检测、生产管理与决策、优化调度等子系统的开发与实施,实现了混凝土施工全过程的实时监控、动态调整和优化调度,极大地提高了三峡工程施工管理水平和工

工程施工质量,开创了大型工程项目施工计算机综合监控的先河。

d. 三峡工程混凝土施工较一般工程混凝土施工更为复杂,施工方案和施工计划的选择和安排,将影响整个三峡工程的效益.为使模拟系统能够全面反映工程施工的方方面面,有针对性地对三峡工程混凝土浇筑施工进行了大量的现场资料收集工作,同时也收集了大量类似工程的资料.在此基础上,采用适应当前的混凝土施工状况的优化方法和数学模型,研制了三峡工程混凝土浇筑施工计算机仿真系统.采用该仿真系统指导施工,使各工种各工序的衔接、资源的分配、材料的供应做到科学、合理、均衡、有节奏地进行,达到近期目标与长期目标有效结合以及混凝土浇筑量与工程最佳面貌的有机统一,对三峡工程按预定的目标顺利实施和建成起到积极作用。

2.3 人工砂石骨料生产系统

a. 成功设计并快速建成世界上最大规模的人工砂石生产系统.三峡工程人工碎石设计生产能力为 2550 t/h,人工砂设计生产能力为 782 t/h,在工程建设第 4 个施工年快速建成.系统在第 5 个施工年投入主体建筑物应用,成品质量优良,产量达到设计生产能力,在高峰期 1999~2001 年连续 3 年生产、供应人工砂石料 3 年 3.83 万 t,其中碎石 2252 万 t,人工砂 991.37 万 t,月供碎石 80 万 t 以上,供人工砂 8 万 t 以上,满足工程混凝土快速生产和浇筑的要求。

b. 充分利用主体工程基坑开挖料,生产人工碎石,为工程节省数亿元投资,减少占地和环境污染.在工程土石方平衡的基础上,充分利用三峡工程基坑开挖岩石,靠近厂房,建成了人工碎石加工系统,不仅有利于三峡工程总体土石方平衡的要求和施工强度的提高,减少占地和环境污染,同时节省了砂石料料场开采费和运费,降低成本约 3%。

c. 三峡工程人工碎石设计结合岩特性和成品细度要求,采用“粒径控制”工程,对国际破碎、制砂设备的性能进行全面的优化设计,并引进国外先进的破碎机及制砂机设备.经过 10 年的运行,上述设备的生产能力、生产质量均满足三峡工程混凝土快速浇筑的要求,并对进口设备易损件进行了国产化,系统加工的成品针状、超细径含量大大降低,大大节约了混凝土生产成本,产生了巨大的经济效益。

d. 三峡工程人工砂生产强度达 782 t/h,人工砂生产突破了传统的仅用棒磨机制砂工艺,引进国外先进的立轴冲击破碎制砂机,并建成与棒磨机、筛分楼石混混合制砂的新工艺,即筛分筛下物粗砂先

与冲击破碎制砂机生产的中粗砂在运行皮带上混合,再与棒磨机细砂和石粉(回收废料)在进入成品砂仓胶带机上混合后进入成品砂仓.充分利用了筛下物,立式冲击破碎制砂机产量高,磨耗小,棒磨机制砂细度模数可调的综合经济效益.满足工程对人工砂成品的质量要求,减少系统石料排放,取得良好环保效益。

2.4 混凝土生产系统及二次风冷技术

三峡工程低温混凝土生产系统是世界上已建及在建工程中规模最大、温控要求最严的混凝土生产系统.混凝土制冷系统装机总容量为 76 177 kW,配合五个混凝土生产系统 9 座拌和楼,在夏季生产出机口温度为 7℃ 的低温混凝土,设计生产能力为 1770 m³/h,设计夏季高峰月混凝土浇筑强度为 44.13 万 m³/月。

针对三峡工程混凝土施工的特性及混凝土预冷工艺的要求,经反复论证后,首次将二次风冷骨料技术应用于三峡工程,在取得成功的基础上将二次风冷骨料技术在三峡工程混凝土快速施工中全面推广。

三峡工程 7℃ 低温混凝土生产的工艺流程为:①利用地面二次筛分设骨 调节仓作冷却仓进行第一次风冷粗骨料;②利用拌和楼料仓进行第二次风冷粗骨料;③加速拌和混凝土。

二次风冷骨料技术的创新点在于地面骨料风冷系统采用规范的水冷骨料工艺,即利用地面骨料二次筛分后设置的调节料仓作冷却仓,与高效冷风机及其相应的配风系统组成冷风系统,该系统用以连续冷却骨料。

二次风冷骨料技术于 1996 年在三峡第一阶段工程高程 98.7 m 系统投产应用成功.第二阶段工程先后完建高程 79 m,82 m,85 m 和 120 m 五大系统,与第一阶段已建高程 98.7 m 系统均采用二次风冷骨料技术,五大系统经受了 1999~2001 年 3 个夏季高峰的运行,实测混凝土出机口温度为 1.6~13℃,平均温度为 6.85℃,小于 7℃ 的合格率均在 80% 以上.1999 年 6~8 月浇筑低温混凝土 126.59 万 m³,2000 年 6~8 月完成 126.83 万 m³,2001 年 6~8 月完成 97.74 万 m³,3 年夏季月平均浇筑量为 39.02 万 m³,最高月产量达 45.18 万 m³,达到并超越系统设计指标和低温混凝土设计生产能力,为三峡混凝土施工连续创造世界混凝土浇筑新纪录,为工程初期建设和工程质量提供了重要保障。

2.5 混凝土生产系统优化 系统优化

a. 采用具有膨胀性质的中碱 525 号水泥,为利用水泥中水化石后期水化体积膨胀的特

点,以部分补偿混凝土降温阶段体积收缩,将水泥熟料中的 MgO 含量控制在 $3.5\% \sim 5.0\%$ 范围内,使混凝土具有微膨胀性,这项措施对减少混凝土裂缝具有重要意义。

b. 选用了减水率在 18% 以上、其他指标满足国标一等品指标要求的高效减水剂,以降低混凝土用水量;在混凝土中全部掺引气剂以保证混凝土耐久性和使用寿命,提高混凝土的工作性。

c. 在混凝土中首次全面将 I 级粉煤灰作为功能材料掺用,以降低混凝土用水量,改善混凝土的和易性,提高混凝土性能。

d. 采用缩小水胶比、加大粉煤灰掺量的技术路线,减小混凝土孔隙率,提高混凝土强度和耐久性。此外,增加粉煤灰掺量,其微珠效应和减水效果更加明显,对混凝土的和易性和后期性能也有明显提高。

e. 限制中热水泥熟料中的碱含量小于 0.5% ,中热水泥的碱含量小于 0.6% ;粉煤灰碱含量小于 1.5% ;人工骨料混凝土总碱量小于 2.5 kg/m^3 ,天然骨料混凝土总碱量小于 2.0 kg/m^3 。这些限制可以确保三峡工程混凝土不会发生碱骨料危害反应,保证了三峡工程混凝土的耐久性。

混凝土同时采用上述各项技术措施在国内外都是极少有的。通过缓凝高效减水剂与引气剂联掺以及使用 I 级粉煤灰,有效地降低了混凝土用水量,成功地将花岗岩骨料四级配混凝土用水量由原来的 110 kg/m^3 降至 85 kg/m^3 左右。混凝土抗冻性外部及基础部位可达 D250 以上,其他部位可达 D200 以上,最高冻融循环次数已达 1250 次。在抗冻耐久性达到设计最高要求的同时,混凝土水泥用量并不高,绝热温升却较低,内部混凝土绝热温升平均为 20°C 左右,自生体积变形为微胀,弹模和干缩都较低,混凝土的极限拉伸满足设计要求,提高了混凝土的抗裂性、体积稳定性和耐久性,同时混凝土还具有良好的施工和易性。据初步估算,优选出的配合比可取得约 2 亿元的经济效益。

2.6 混凝土温控防裂技术及实践

a. 三峡工程自可行性研究以来,一直将混凝土温控设计作为一个重要的课题进行研究。“七五”攻关期间,三峡大坝通仓浇筑作为“七五”国家重点科技攻关项目“三峡工程坝体混凝土快速施工技术研究”课题之一,对泄洪坝段混凝土通仓长块浇筑的各种技术经济问题进行了研究。《三峡水利枢纽初步设计报告》在“七五”攻关研究成果的基础上,对大坝、电站厂房及永久船闸、升船机等稳定温度场及准稳定温度场、温控标准、分缝分块及温控防裂措施作了详细分析论证,并通过了专家组审查。招标设计过程

中,采用了专家组“对河床大坝高程 110 m 以下横缝进行接缝灌浆,以提高大坝整体性”的审查意见,通仓长块浇筑温控设计前提条件发生变化。为此,在 1996 年对大坝分缝分块重新进行了研究,1996 年 9 月提交了《长江三峡水利枢纽大坝纵向分缝专题报告》及补充材料,对三峡大坝各种分缝方案及其相应温控标准,及对混凝土施工进度、施工方案、经济性等的影响重新进行了分析论证。1996 年 12 月在北京召开大坝专家组会议,对长江水利委员会提出的《长江三峡水利枢纽大坝纵向分缝专题报告》及补充材料进行了审查,认为“推荐的泄洪坝段和厂房坝段采用 2 条纵缝方案技术上可行,混凝土温度应力相对较小,可作为采用的第一方案。同意专题报告提出的基础允许温差、防止表面裂缝、坝体最高温度的温控标准。并建议对导流底孔部位温度控制适当加严”。施工详图设计泄洪坝段及厂房坝段除个别坝段采用 3 条纵缝外,均采用 2 条纵缝,并按此确定相应温控标准及主要温控措施。实施效果表明,该成果为防止危害性基础贯穿裂缝提供了重要技术保证。

b. 计算分析混凝土运输浇筑过程中温度回升,采取措施使温度回升率不大于 0.25 。计算分析各种温控措施效果,确定各部位混凝土温控措施。混凝土运输过程中温度回升率一般采用实测资料,但三峡工程所使用的特大型施工机械,特别是塔带机没有与之对应的参照资料,必须寻求理论计算等方法。采用差分法对混凝土运输浇筑过程中温度回升进行了较全面的计算分析,解决了大型施工机械运送混凝土温度回升的有关计算,特别是对塔带机及其供料线运输预冷混凝土的温度回升研究为国内首次,取得了宝贵的经验和数据,经工程实践验证,计算结果正确。

c. 高温季节塔带机快速高强度浇筑坝体约束区混凝土,在国内外为首次,没有可借鉴的施工经验及有关计算分析方法。采用有限元法、差分法及实用算法等方法模拟实际施工条件,对高温季节浇筑基础约束区混凝土早期最高温度、温度应力及各种温控措施效果进行全面分析,提出了适合三峡工程施工的混凝土温控措施。

d. 三峡工程大坝分块尺寸大,温控标准极严,国内外已有采用的单项温控措施和多项措施联用均不能满足要求。为此,在深入调研、反复论证和认真计算的基础上,提出了全面实施综合温控措施,以全过程、全方位、高标准、大容量的综合温控技术确保混凝土高强度浇筑的质量。

e. 控制中热水泥熟料中的 MgO 含量为 $3.5\% \sim 5\%$,使原来具有自身体积收缩变形的中热水泥混凝土改性为微膨胀的中热水泥混凝土,并在第二阶

段的大坝中推广应用,使用Ⅰ级粉煤灰和高效减水剂,每立方米花岗岩人工骨料混凝土减少胶凝材料用量 50~60 kg,并明显改善混凝土性能;二次风冷骨料新工艺在三峡工程首创并成功应用,在侧面抗冲磨部位使用立面布置的冷却水管,有效削减最高温度 4℃~5℃.这些新技术的推广应用,成为具有特色的三峡工程混凝土温控一系列重要措施,在三峡工程混凝土防裂上取得十分显著成效.

f. 三峡工程混凝土温控所采用的温差标准及综合防裂措施均超出了国内外已建及在建工程,为了加强对三峡工程混凝土温控防裂的协调和管理,中国长江三峡工程开发总公司除经常邀请国内外著名专家进行咨询外,并成立了由业主单位负责的由设计、施工、监理共同组成的三峡工程混凝土温控小组.温控小组定期组织进行协商及现场检查,对三峡工程混凝土温控进行指导和监督;修订和完善三峡工程温控标准,对施工中迫切需要解决的有关混凝土温控和相关质量问题组织研究.组织编写了《三峡水利枢纽混凝土工程温度控制手册》,供广大工程技术人员现场使用.

g. 在进行温控防裂综合措施研究并取得重大成果的基础上,全过程、全方位、高标准、大容量地实施从混凝土配合比优化、拌和制冷、运输过程保温,到浇筑仓面温控、冷却通水、长流水养护、保温以及施工管理等一系列温控施工技术.通过实施该技术,不仅为三峡工程混凝土施工连续 3 年刷新世界记录提供了质量保证,而且自 1999 年以来施工的大坝混凝土至今未发现具有危害性的深层和贯穿裂缝.

3 应用情况和经济效益

该项研究成果自 1998 年底三峡第二阶段工程大坝混凝土开始浇筑以来,在施工中得到了全面应用,并取得了巨大的综合经济效益.

混凝土浇筑采用 6 台塔(顶)带机,辅以 10 余台

大型门塔机、2 台摆塔式缆机和 4 台胎带机的综合方案,1999~2001 年分别完成混凝土浇筑量 458 万 m³,548 万 m³ 和 403 万 m³.创造了年、月、日等一系列世界之最,实现了大坝混凝土的机械化快速施工.

改进传统的仓面资源和工艺配置,创立了一整套混凝土快速施工工艺和现代施工管理体系,为按计划、高质量完成第二阶段高强度混凝土浇筑提供了保障.

混凝土生产系统采用了二次风冷技术,五个系统 9 座拌和楼,夏季月生产低温混凝土可达 45 万 m³.其配置的制冷容量大大低于原有的制冷方法.经过 1999~2001 年 3 个夏季高峰的运行,实测混凝土出机口平均温度为 6.85℃,小于 7℃合格率均在 80% 以上,确保了混凝土的生产质量.

混凝土原材料采用具有微膨胀性能的 525 号中热水泥、优质高效减水剂和Ⅰ级粉煤灰,四级配混凝土用水量仅 90 kg/m³ 左右,节省了水泥用量,经济效益显著,并能满足高性能大坝混凝土的要求.

通过实施全过程综合温控措施,混凝土浇筑温度、基础温差和混凝土最高温度均满足设计要求,大大减少了坝体混凝土裂缝的产生.截止 2001 年底,三峡第二阶段工程未发现具有危害性的贯穿裂缝.

该项成果有力地保证了三峡第二阶段工程的顺利实施,为确保 2003 年初期蓄水、船闸通航和首批机组发电起到了重要作用,并取得了约 10 亿元的直接经济效益.该成果可在溪洛渡、向家坝、龙滩、小湾、水布垭等大型水电工程推广应用,将取得更大的综合效益.

参考文献:

[1] 张超然,王忠诚,戴会超.三峡水利枢纽混凝土工程温度控制研究[M].北京:中国水利水电出版社,2001.

(收稿日期:2002-08-31 编辑:傅伟群)

·简讯·

“21 世纪中国青年水论坛暨 YWAT 中国地区讨论会”在宁召开

“21 世纪中国青年水论坛暨 YWAT 中国地区讨论会”于 2003 年 1 月 3~6 日在河海大学召开.会议邀请了包括各水利科研机构的青年科技工作者、水利高校的青年教师、在读研究生和部分优秀本科生等在内的 110 多位代表参加.在开幕式上,河海大学副校长严以新教授致欢迎辞,国际青年水行动组织秘书长李荣超博士和国际青年水行动组织地区会议秘书 Ilona 女士先后讲了话,河海大学董增川教授主持了开幕式并致开幕辞.会上有 10 多位知名学者作了学术报告.

国际青年水行动组织(Young Water Action Team,简称 YWAT)是一个非政府组织,由世界各地从事水利工作的青年科技工作者组成,其宗旨是通过组织全球及地区性水论坛,开展与水资源利用、保护相关的活动,提高全球青年人的水资源可持续发展意识.河海大学是该组织在中国地区的合作伙伴.本次会议是 YWAT 在中国召开的地区性讨论会,也是 YWAT 召开的第一次地区性水论坛.

(本刊编辑部供稿)