

## 资源开发与生态环境保护协调发展

郭建堂

中国水利水电建设集团公司总经理

### 1 中国水电建设企业是推进中国水电发展的重要力量

自上个世纪 50 年代以来，特别是改革开放以来，中国水电建设走过了不平凡的发展历程，取得了辉煌业绩。以装机容量来说，据统计，截至 2003 年底，中国水电总装机容量已达 9490 万 kw，占全国电力总装机容量 3.9 亿 kw 的 24.2%，与建国初期 1952 年的 19 万 kw 相比，增长 499.7 倍，是改革开放初期 1979 年 1911 万 kw 的近 5 倍。2004 年，中国水电总装机容量突破了 1 亿 kw。截至 2003 年底，建成各种类型的大坝 25800 多座，建坝数约占全世界已建大坝总数的 51%，已建和在建的百 m 以上的大坝就达 108 座。目前，在建水电站总装机规模约为 4000 多万 kw。与世界各国相比，中国水电已建和在建装机规模、建坝数均居世界第一位。在这些工程中，包括三峡工程在内的一些大型水电站的建设，对中国乃至世界水利水电建设都产生了巨大的影响。辉煌的业绩，持续而广阔的开发前景，以及成熟的并在不断增强的开发能力，使中国成为当之无愧的世界水电建设大国。

作为中国水电建设的主力军，中国水利水电建设集团公司（Sinohydro Corporation，缩写 SHC）始终站在中国水利水电工程建设的最前沿，始终站在中国水电施工技术创新的最前沿，始终站在中国水电建设体制改革的最前沿，始终站在中国水电建设与国际接轨的最前沿，为中国水电发展做出了突出贡献。

半个世纪以来，SHC 先后承建或参建了中国 70% 的大中型水电站和水利枢纽工程，共建成大中型水电站近百座，总装机容量 5000 多万 kw。正在参与建设的水利水电工程中，包括长江三峡、红水河龙滩、澜沧江小湾等工程在内的特大型、大型水电站达 20 余座。建设的足迹踏遍了中国的各大江河流域。

改革开放以来，水电施工企业适应社会主义市场经济发展的需要，积极探索实践符合中国水电建设特点的企业发展规律，成为中国水电建设管理体制改革的推动者和实践者。20 世纪 80 年代中期，著名的“鲁布革冲击”拉开了水电建设管理体制改革的序幕，中国水电开始改革原有的计划经济管理模式，将市场机制、竞争机制引入水电建设中，逐步形成了以业主（项目法人）负责制、招标投标制、工程监理制为主要内容的新的水电建设管理体制，形成业主、设计、施工、监理协调运作的新格局。在投资体制方面，经历了由中央拨款到拨改贷、引进外资、集资办电、多方投资、上市融资的演变过程，实现了投资主体的多元化和投资方式的多样性。与之相适应，水电开发的运作普遍实行了公司制，一批流域开发公司应运而生，以母体电站为龙头的滚动开发机制得以形成。可以说，水电建设管理体制和运行机制一直处于适应市场经济的改革中，生产关系的变革大大解放了生产力，有力地推动了水电产业的迅猛发展。在这个变化

过程中，水电施工企业始终走在改革的前列，在推动水电建设管理体制改革的同时，积极实施企业内部管理体制和经营机制的创新，实现了由计划经济模式向市场经济模式的重大转变。特别是在工程项目管理方面，在 20 世纪 80 年代中后期大力推行项目法施工，采用科学的动态平衡管理体系，引入市场化手段调配项目生产要素，优化资源配置，实现了管理上的质的飞跃，并由此带动了企业各项管理向现代化、国际化方向转变，从而使企业自身不断发展壮大。以 SHC 为例，在经历了改革开放初期至 90 年代中期的徘徊波动阶段和低速增长阶段后，到 90 年代末，企业进入持续快速健康发展阶段，经营规模大幅增长，国际经营连续取得突破，经济增长方式不断转变，产业结构明显优化，管理体制发生重大变化，企业综合实力、国际竞争力和抗御风险能力显著增强，发展成为跨国经营的大型企业集团，在国际国内市场上牢固树立了“中国水电建设第一品牌”的形象。1999 年至 2003 年，企业总产值年均增长 14.3%，新签工程合同额年均增长 42.9%；全员劳动生产率年均增长 16.3%。2003 年与 1988 年相比，企业总产值增长 11.7 倍，全员劳动生产率增长 16.5 倍。在国家统计局排名的 2003 年中国 500 家大企业集团的进入前 80 名。

在改革发展的同时，SHC 大力实施国际化战略，国际经营规模持续扩大，经营层次逐年提高，地域市场不断拓展，品牌形象稳步上升，取得了丰硕成果。5 年来共完成国际工程营业额约 5.7 亿美元，签订国际工程合同 17.5 亿美元（按公司股份）；截至 2003 年底，SHC 在亚、非、欧、美的 19 个国家在建 28 个工程项目，设置在不同国家和地区的驻外机构已达 20 个。目前，SHC 在建着多项多种类型的大型水利水电工程，如碾压混凝土方量约 547 万  $m^3$  的巨型碾压混凝土坝——泰国科隆泰丹碾压混凝土大坝，非洲最大的水利枢纽之一——埃塞俄比亚泰可泽水电站，具有马来西亚“三峡工程”之称的巴贡水电站，在尼罗河上修建的坝长 9.2 公里的苏丹麦洛维水电站等，其规模和技术在中国乃至世界水利水电建设史上具有举足轻重的影响，展示了雄厚的实力，树立了强有力的品牌。自 1999 年以来，SHC 连续进入全球最大 225 家国际工程承包商行列，2002 年跃入“百强”，居第 89 位，2003 年居第 81 位，2003 年在国家商务部评选的全国外经公司前 30 名的排名中，以当年新签合同额和产值分别列第 3 和第 11 位。SHC 已经成为国际上新近崛起的、具有重要影响力的跨国经营集团。在国际招标工程实践中，SHC 主动引进、吸收、消化先进的理念、技术、经验，使企业的管理理念、管理模式、技术水平、装备水平与国际接轨，加快了企业国际化进程。

## 2 中国水电施工技术居世界同行前列

### 2.1 中国水电施工技术发展历史进程

伴随着中国水电建设取得辉煌的发展成就，中国水电施工技术经历了一个从弱到强、从落后到先进的发展进程。从新中国成立以后划分，大致可以分为三个阶段。

第一阶段（建国初期——上世纪 60 年代初期）：技术落后阶段。新中国成立时，中国水电除东北的丰满、水丰、镜泊湖等工程外，几乎没有什么水电，仅有的小水电装机容量十分有限。此外，水电建设人才匮乏，据 1950 年统计，当时全国水电技术人员只有 300 余人；建筑材料短缺，施工设备落后，机械化水平很低。这一阶段具有明显的技术制约特点，主要依靠技术外援搞建设，“土法上马、人海战术、手拉肩扛”是当年水电建设的形象写照。从这一阶段开始起步，组建水电建设机构、培养管理技术干部，学习国外经验，修建了以三门峡水利枢纽为代表的一批水利水电工程，虽然装机规模不大，但为以后的发展奠定了一定基础。

第二阶段（20世纪60年代中期——80年代末）：技术持续发展阶段。这一阶段，培养出一大批水电建设方面的优秀技术人才，水电施工技术取得长足进步。同时，随着国民经济的发展，装备水平逐年上升，施工机械化水平逐步提高，已有能力依靠自己的技术力量建设水电站。建成了一批有代表性的水利水电工程，如60年代中期在黄河上游修建的甘肃刘家峡水电站（中国第一座百万kw级水电站，装机122万kw，坝高148m），20世纪70年代开始建设的吉林白山水电站（装机150万kw，坝高近150m），20世纪80年代在长江干流建成的第一座水电工程——湖北葛洲坝水电站（装机271.5万kw），到80年代末，中国水电装机容量已达3458万kw。

不仅如此，中国水电还承担了一批以技术为主的援外项目。到1986年，先后向20多个国家派出各类专家3000多人，共援建了13个国家的16座水电站，总装机容量达到93.89万kw。

第三阶段（90年代初期至今）：技术先进阶段。在这一阶段，以长江三峡水利枢纽工程（装机规模1820万kw）、黄河小浪底水利枢纽工程（装机规模180万kw）为标志，中国水电施工技术已具备了世界先进水平，某些技术领域（如全碾压混凝土重力拱坝技术）达到世界领先水平。经过这一阶段的发展，中国水电建设已形成雄厚的技术积累和很强的自主创新能力，全面实现了施工机械化，深入推行信息化，广泛开展国际间的技术交流与合作，积极推进水电建设管理的国际化、现代化，开创了崭新局面。到2003年底，中国大陆常规水电装机容量达到8900万kw，跃居世界第一位，2004年实现了水电总装机容量1亿kw的新突破。作为世界水电大国，中国水电在国家能源产业中占据了十分重要的地位。

## 2.2 主要施工技术成果

在丰富的工程建设实践中，中国培养了一大批数量可观的专家和专业技术人才，水电施工领域取得了丰硕的技术成果。

在坝工技术领域，掌握了各类坝型的成套建造技术和在复杂条件下建造水库大坝的技术，攻克了诸如在多泥沙河流上建造大坝、在岩溶地区建造大坝、在高寒地区建造面板堆石坝等多项世界级技术难题；掌握了大型混凝土重力坝、混凝土拱坝、碾压混凝土坝、面板堆石坝等多类坝型的成套建造技术。正在建设的最大坝高181m、长2309m的三峡混凝土重力坝，是世界上最大的水电工程大坝。已建成的坝高240m的二滩混凝土双曲拱坝，其高度在同类坝型中居中国第一位，世界第四位，考虑泄洪等条件，其施工综合难度居世界同类坝型的首位。其他如坝高154m的小浪底粘土斜心墙堆石坝、目前世界上最高的碾压混凝土拱坝普定大坝以及沙牌碾压混凝土薄拱坝等等，都代表着当今世界筑坝技术的先进水平。

在机电设备安装及金属结构制作安装领域，掌握了大容量、超高压成套机电设备的安装和调试技术，其中包括大型水轮机转轮现场组焊，大型水轮发电机定子现场装配，超大型金属结构和大直径压力钢管的制作安装、500KV高压封闭组合电器GIS安装、计算机监控系统的安装调试和抽水蓄能电站机组起动试验等。已经完成了二滩水电站单机容量55万kw、总装机容量330万kw的水轮机组的安装调试，运行良好；正在进行三峡水电站单机容量70万kw、总装机容量1820万kw的水轮机组的安装调试，其中已有10台机组已顺利并网发电。

在地下工程施工领域，掌握了大断面、长洞深、复杂地质条件下的地下工程施工技术，其中包括光面爆破和锚喷支护技术，使半孔率和平均超挖控制达到新水平；不良地质条件下的成洞技术和高压灌浆加固技术；双护盾全断面掘进技术；岩壁吊车梁开凿技术和针梁模板、各种滑模技术等，在工程建设中应用情况良好。

在岩石开挖和基础处理方面，掌握了光面爆破、预裂爆破、控制爆破技术，乳化炸药混装

车技术，可以做到坝基不留保护层一次爆破成型；掌握了高坝地基处理和对复杂地质进行基础处理的先进技术，其中包括断层破碎带和软弱夹层的加固灌浆（包括化灌）处理技术、喀斯特地高压灌浆防渗帷幕技术、岩质高边坡锚喷支护和大吨位预应力锚索加固技术，塑性混凝土防渗墙技术，都已广泛应用，完成了世界上综合难度最大的地基防渗工程——三峡二期工程上游围堰防渗墙，以及小浪底工程深达 82m 的主坝防渗墙施工。

在工程检测、监测领域，掌握了一系列的先进技术，如真空激光测坝变形技术、地面立体摄影测量技术、高坝安全监测技术、大坝监测资料计算机处理技术、防渗墙观测仪器埋设技术、地下厂房围岩监控技术等。

在抽水蓄能电站建设方面，具备了自主完成大型抽水蓄能电站施工和机电设备安装调试的技术能力。除对上述技术的综合运用外，能够安装、调试大容量、高扬程的可逆式抽水蓄能水轮发电机组及其启动设备，其中包括世界上最先进的能带负荷和使机组变速运行的可控硅静止式变频装置（SFC）；掌握了上水库防渗的先进施工技术和工艺、斜井安全快速施工的成套技术。目前已建成和在建着一批百万 kw 级以上的抽水蓄能电站，其中的广州抽水蓄能电站总装机容量 240 万 kw，单机容量 30 万 kw，是目前世界上最大的抽水蓄能电站。

其他如人工砂石料的制备技术、在大江大河上的施工导流的新技术等，多项成套技术的掌握与应用，使中国水电施工企业有能力建设世界上任何类型的水利水电工程。

### 2.3 在水电工程施工中的环保措施及效果

随着社会的进步和生产力水平的提高，中国水电工程建设日益重视对环境的保护。在工程建设中，不断强化环境保护意识，探索实践一系列有效的管理和技术途径，取得了良好效果，积累了宝贵经验。

一是水电工程建设实行“三同步”，即：工程建设与环保水保设施建设、生态环境建设同步。其中的一些工程在进行施工区总体规划时，将现场绿化建设纳入其规划设计范围，并邀请园林绿化方面的专家，对施工区生态环境建设按园林绿化的标准作总体规划和专业咨询。在建设过程中，采取招标方式选定专业队伍。从而使水电工程建设环保走上制度化、专业化的道路，大大提高了环保效果。

二是控制施工区水土流失。水电工程土石方开挖量很大，特别是在高边坡开挖时极易造成水土流失。为此，水电建设企业在工程建设时针对不同情况，采取了多种有力的保护措施，并通过合同等手段加强现场的监督与管理。如在边坡开挖时及时进行喷护加固处理，防止因塌方和降水造成水土流失；在弃渣处理上，科学规划，合理设置渣场，加强渣场排水和拦渣设施建设，采取分层砌护等技术措施防止弃渣流失，施工单位则严格按照合同规定到指定渣场弃渣。

三是生产废水“零排放”，保护江河水质。一些工程建立了生产废水处理系统，基本实现了生产废水的“零排放”。

四是恢复植被，建设坝区生态园区。在工程建设中普遍加强了对营区、道路两侧、荒地等地的绿化工作，使植被得以恢复，环境得到美化。一些工程还建成了独具特色的坝区生态园区，形成一道亮丽的景观。

五是建设文明工区营地。近些年来，水电建设企业以创建文明工程、精品工程为目标，不断提高文明施工的水平，并始终把环保标准作为文明施工的重要内容，起到了积极的保证作用。如在施工中，严格按照国家有关部门的规定组织生产，特别是在“三废”处理、材料运输、道路降尘等方面采取了多种有效措施。在生活区，注重保持环境卫生，及时清除垃圾和废弃物，

定点堆放处理。

### 3 高度重视生态问题，促进中国水电可持续发展

#### 3.1 生态问题是水电建设必须认真对待和解决的重要问题

因生态问题，在世界范围内对水电建设引发了一场争论。随着中国水电开发高潮的来临，这一问题在国内也引起社会的广泛关注。作为水利水电建设者，应当看到这是社会进步的表现。同时还应以辩证思维方式来认识水电建设与生态的关系，以科学的发展观统领我们的实践，认真对待和解决水电建设中的生态问题。

水利水电工程的建设对社会发展发挥着积极作用，产生了巨大的经济效益和社会效益，其中还有生态效益，这已为实践所证明。当然，所有人类活动都会在一定程度上影响、改变自然生态，水电站建设也不例外。正因为如此，越来越多的国家将水电开发的环境影响和可持续发展概念纳入了水电开发的战略、政策及规划的整体框架中。未来的水电开发无一不是环境可承受的、可持续的资源开发，进行可持续的水电开发已成为时代使然，大势所趋。因此，必须正确认识水电建设对生态环境的负面影响，高度重视水电发展中的生态问题，用科学发展观和人与自然和谐相处的理念正确认识并妥善处理水电开发与生态的关系，实现资源开发利用与生态环境保护双赢。

#### 3.2 水电开发和工程施工要从传统走向科学，建设生态环境友好的水电工程

在 2002 年南非约翰内斯堡可持续发展世界首脑会议上，将水电作为减排温室气体和实现可持续发展的措施予以肯定，并承诺通过加强合作促进水电健康发展。就目前大多数国家的生产力发展水平和社会需要而言，发展水电符合人类社会和资源、环境协调发展的要求，对发展中国家尤其如此。中国水电建设企业赞同这次会议作出的结论，并愿意以积极有效的行动推动水电开发和工程施工从传统走向科学，建设生态环境友好的水电工程。

同许多发展中国家一样，中国经济社会发展仍然需要大力发展水电。一方面，中国提出了全面建设小康社会的奋斗目标，需要强大的电力作为重要支撑。据测算，到 2020 年，人均国民生产总值要达到 3000 美元以上的话，年人均用电量应在 3000kw 小时左右，按 15 亿人口测算，全国年用电量是 4.5 亿 kw 时。未来 20 年中国电力需求预计年增长 6% 左右，2020 年全国用电量将达到 4.32 万亿 kw 时，电力总装机容量需达到 9.5 亿 kw。基于国民经济发展对电力需求及实现可持续发展的考虑，中国今后仍要大力发展水电。按照这一规划，2020 年水电总装机要达到 2.5 亿 kw，占电力装机总容量的 30% 左右，其中常规水电 2.0 亿 kw，届时常规水电开发程度将达到 50% 以上。另一方面，中国的水电资源丰富，而开发程度还比较低，目前已开发和正开发的水能资源约占经济可开发量的 30%，远远低于发达国家 60% 以上的平均开发程度，也低于印度、巴西等发展中国家，如果按人均装机容量对比则差距更大。中国水电开发空间广阔，可以预见，今后 15~20 年内，中国水电开发将进入一个新的发展高峰期。

要实现中国水电发展的目标，必须用科学发展观对待水电资源开发，促进人与自然的和谐发展，建立与生态环境友好的水电工程建设体系，从而保证水电自身发展的健康和可持续。这就要求我们在水电建设上要统筹考虑生态环境问题。传统的建设方针是在安全、技术可行、经济合理的前提下，再考虑生态环境问题。今后则需要从规划、勘测、设计、施工、运行管理各个阶段的环节，把生态环境问题放在重要位置来考虑。在传统的施工管理过程中，水电建设者

考虑较多的是如何建设高质量的水电工程，对相关的生态问题考虑得不够。现在，历史赋予我们的责任是挑起大坝建设与生态保护两副重担，在水利水电工程建设中正确对待、科学处理生态问题。

### 3.3 加强建设“绿色水电工程”的施工技术、施工方案的研究与应用

处理好水电开发与生态的关系是一个系统工程，牵涉到社会的方方面面，既有宏观的，也有微观的，既有法律、政策及舆论的引导、监督与约束，也有具体实施的体现。这里仅从水电工程施工层面谈几点认识。

一是加强工程精细施工及加固技术的研究与应用。工程中大量洞挖、坑挖、边坡开挖改变了原有的自然地形、地貌，使生态环境受到破坏和影响，与建设生态环境友好的大型电站工程的要求不相适应。为尽量减少工程建设对自然环境造成的影响，开展工程精细施工及加固新技术研究尤为必要。其中包括精细边坡开挖技术研究、复杂环境条件下爆破开挖技术研究、精细开挖爆破成洞和锁口技术研究等。二是加强复垦造地技术的研究与应用。要加强施工场地复垦造地、料场生态修复的技术研究，特别是要做好保护和回填地表土的研究工作。三是合理选择砂石料场、弃料场，保护良田耕地、森林草场，减少对原有地形、地貌的破坏，把对环境的影响降到最低程度。四是加强弃料综合利用技术的研究与应用。水电工程施工过程中，对遗弃的大量的土石料（包括洞室开挖、边坡开挖土石料），应进一步加强弃料综合利用技术的研究，如利用洞室爆破石料来做骨料或做面板堆石坝材料的研究等。五是加强库区生态环境重建工程管理。植被的恢复不是在工程建设期实现的，而是要经历一个较长的恢复期。因此，要制定库区综合开发计划，通过合理的景观设计和重建，发展新的栽培业，逐步改善由于工程建设而破坏的库区生态环境。六是加强对环境保护的教育与管理。通过教育培训，提高全员的环保意识和环保方面的法律意识，从而树立科学的发展观。要加强对环境保护的管理，建立水电工程环保工作的制度体系；施工单位要不断提高文明施工水平，把环保作为其中一项重要的考评条件，要积极创造条件，在水电工程建设中引入环境管理体系（ISO14000）。同时，要做好环保经验的总结推广工作，健全环保工作的激励与约束机制，形成有利于建设“绿色水电工程”的环境和氛围。

## 4 结束语

中国水电建设的春天已经来临，水电产业和水电建设企业正面临着难得的发展机遇期。作为中国水电建设的主要力量，目前，SHC 正在实施跨越式发展战略，推进企业持续快速健康发展。通过这次难得的机会，相互学习，相互交流，共同致力于中国和世界水电产业的健康发展，为开创美好未来而努力奋斗。