

新能源智能电网和特高压输配电

1 能源、新能源、绿色能源

能源是人类赖以生存的物质基础，是现代经济社会发展的重要保障。专家认为，在能源领域，新的科技革命的焦点，一是新能源的利用，二是将信息技术用于能源产业。美国总统奥巴马就职后，打出振兴经济的王牌，就是新能源计划，用信息技术对电网进行彻底改造，优化电网的运行和管理。

能源发展面临的第一挑战，是以可再生能源逐步替代化石能源，建造能源使用的创新体系，以信息技术改造现有的能源利用体系，最大限度地开发电网体系的能源效率。

当前，节能减排、绿色能源、可持续发展成为各国关注的焦点。报载：全球协力向绿色能源领域进发。诸如：美国加利福尼亚州洪堡湾即将兴建全美首个大型海浪发电站；苏格兰计划开发潮汐发电为数据中心供电；以色列开发高效低价碟式太阳能系统；韩国建设最大生物气体发电设施；而英国宣布新建燃煤电厂须“填埋二氧化碳”。基于全球能源短缺及人类对环保的渴望，各国政府对绿色电力的开发给予大规模的投资支持，科学家们更是绞尽脑汁，设想了许多非同寻常的发电招数。一方面想方设法降低传统发电方式的污染，一方面加快对那些过去在人们视线中非主流发电领域的研发，包括提高发电效率并同时降低成本，最终将其送入商业化运营的轨道。同时，道路发电、绿

叶发电、体温发电……，这些少有所闻的发电方式，如今也一步一步地悄悄走向人们的生活。

中国是世界能源消费的第二大国，但能源利用效率比世界水平低 10 个百分点。资料显示，2008 年我国全社会用电总量近 35000 亿千瓦时，输电、配电和用户端损耗约 9%，每年线路损耗约 3000 亿千瓦时，折合 1.5 亿吨原煤，相当 7000 万千瓦装机容量、3000 亿元的电源投资和 3000 亿元的电网投资。实现电网信息化之后，每年在输、配、用电等环节即可节约 5%-10% 的电力资源，节省价值近 2000 亿元。在可再生能源发电方面，我国也启动了多项 863 高技术研究发展计划项目，如：以煤气化为基础的多联产示范工程，兆瓦级并网光伏电站系统，太阳能热发电技术及系统示范等项目。

新一轮能源产业革命的号角业已吹响，可持续能源已经进入产业化竞争阶段。其中，智能电网是新能源发展的重要技术支点。

2 智能电网，蓄势待发

电网是国民经济和社会发展的基础设施。随着经济社会的快速发展以及信息、通信等技术的进步和广泛应用，智能化已成为世界电网发展的一个新趋势。智能电网的核心技术是数字化电网、分布式能源系统、信息化家电和储能式混合动力交通工具。无疑，美国在这方面进行了大量技术准备。

2.1 美国的研究及实践

鉴于发展智能电网对保障能源安全、提高能源效率、改善能源结

构、提升服务水平都具有重要作用，有些国家已将其纳入国家能源战略，有的将其作为应对当前国际金融危机的重要举措。在美国总统奥巴马签署的高达 7870 亿美元的经济刺激计划中，就安排了 1200 亿美元用于基础设施建设，包括大规模建设智能电网。

欧美各国对智能电网的研究开展较早，且已形成强大的研究群体。美国主要关注电力网络基础架构的升级更新，同时最大限度地利用信息技术，实现系统智能对人工的替代。奥巴马总统复苏经济的计划有 6 方面重点，绿色能源中的智能电网和智能建筑、以电子健康档案为中心的现代医疗保健体系、21 世纪教室试验室和下一代宽带网等，都贯穿一条思路：以信息化投入带动当前紧迫问题的解决，促进经济复苏，同时又着眼于长远国家竞争力的提升。

仅就能源利用而言，智能电网和智能建筑是开源节流的两方面。据估计，现代化的数字电网将使美国能耗降低 10%，温室气体排放量减少 25%，并节省 800 亿美元新建电厂的费用。《纽约时报》刊文称，有研究表明：仅使用数字工具设定居家温度及融入价格信息，能源消耗每年可缩减 15%。根据建筑节能原理测算，只需要 1/4 的能量，就能达到现在的舒适程度，而且自然环境会变得更好。可以说，“能源效率和能源节约是未来能源发展的关键，智能电网技术将更好地管理、节约和监控能源使用。”

2.2 中国的步伐举足轻重

随着我国特高压电网的建设和电力体制改革的不断深化，智能电

网也将成为我国电网发展的一个新方向。

我国智能电网由 IT 和特高压输电“双剑合璧”而成。以坚强网架为基础，以信息通信平台为支撑，以智能控制为手段，实现“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合。智能的基本特征是能够实现信息化、数字化、自动化、互动化，主要依靠信息平台的建设和信息通信技术实现。目前，我国大电网安全运行控制能力和调度技术装备水平居于国际领先地位；形成了以光纤通信为主，微波、载波等多种通信方式并存的通信网络格局，以 SG186 工程为代表的国家电网信息系统建设取得阶段性成果。这些为智能电网的发展奠定了技术基础。

引入特高压输电后，电网控制中心需要专门技术进行安全和经济目标的协调：需要更长时间来优化经济目标，还需要在更广泛的空间范围来考虑安全约束目标。随着进行安全分析的电网规模扩大，为满足实时应用的要求，就需要更高性能的计算机、更多计算机组成集群、更智能的多代理技术来实现。智能电网不仅要求物理电网本身智能化，也要求电网企业的管理实现智能化。智能电网不仅是单纯的技术问题，其建设还需要大量的基础设施投入，这能够带动信息技术等相关产业发展。

智能电网也并非神秘事物，而是对数字化、信息化等高科技技术的综合应用。在中国，工业和信息化整合已成趋势，电子信息产业振兴计划将提升各行业信息化水平。整合和集成企业资产管理和电网生

产运行管理资源，从而为电网发展提供全方位的信息服务，这是发展智能电网的内在动力。通过建设坚强智能电网，实现各类电源和用电设施并网接入标准化和电网运行控制智能化，提高电力系统资产的运营效益，提高电能质量和供电可靠性，创新商业服务模式，提升电网与客户增值服务水平。

电力行业需要满足建设资源节约型和环境友好型社会的要求。到 2020 年，中国将全面建成统一的坚强智能电网，使电网的资源配置能力、安全稳定水平、以及电网与电源、用户之间的互动性得到显著提高。坚强智能电网在服务经济社会发展中将发挥更加重要的作用。然而，坚强智能电网目标宏大，决不可能一蹴而就。在智能电网的探索之路上，中国的步伐举足轻重。

3 江河之上，璀璨明珠

水，最古老的能源之一，也是最早用来发电的能源之一。水电是最具规模发展的清洁能源，在维护国家能源安全、优化能源结构、保障电力供给、提高供电质量、减少污染物排放、保护生态环境、发展区域经济等方面，水电具有不可替代的作用。我国水能资源得天独厚，总量居世界第一；从 2004 年起水电装机容量就雄居世界首位。那奔腾不息的江河世世代代造福人类，而耸立在江河上的大坝犹如一座座丰碑，铭记中国水电建设的辉煌。

福建水口水电厂装机容量 140 万千瓦，是国家“七五”期间兴建的华东地区最大的常规水电厂，工程概算总投资 85 亿元。截止 2008

年年底，累计发电 788 亿千瓦时，创产值 213.6 亿元，为推动福建电力发展、服务海西经济区建设做出了巨大贡献。

3.1 水电厂智能化

3.1.1 持续改进，不断提升装备能力，夯实安全生产基础

投产初期，水口水电工程遗留的缺陷比较多，经逐年大修、技改和科技投入，提高了设备健康水平，运行环境明显改善，高可靠性、高自动化程度、少维护、少干预的现代化装备水平初具规模。

本着优质、先进、求实的原则，大胆地选用国内外先进成熟的设备和新技术。充分发挥、利用科研机构 and 高等院校的技术优势，以多种形式加快先进技术的应用。设备更新改造与整治完善并举，坚持安全性和可靠性第一、先进性和实用性相结合的原则(优化配置)，不断提高设备健康水平和电厂综合自动化水平。投产 12 年期间，水口水电厂共投入科技、技改两项费用愈 4 亿元。

3.1.2 总结经验，积极推行无人值班，开创水电厂现代化管理模式

水口水电厂运行管理模式走过了从“分散值班”到“集中值班”、“机电合一”、“无人值班”(少人值守)的发展之路。

投产发电以来，电厂依靠科技进步，对机电设备进行了大量有针对性的改造和完善，全厂设备可靠性和综合自动化水平有很大提高。计算机监控系统基本满足了电厂运行和电网调度的要求;大坝自动观测系统、水情自动测报与水库调度自动化系统以及工业电视监视系统

都比较完善;水电厂管理信息系统已实用化;对设备状态监测、诊断与状态检修也有一定的实践和探索,这些都为“无人值班”(少人值守)打下了良好的基础,同时在人员培训和管理制度建设方面也取得了显著的成效。2000年5月,水口水电厂通过国家电力公司“无人值班”(少人值守)验收。在实现“无人值班”(少人值守)近10年的基础上,进一步实现水电厂无人值班的各项要求,开创常规水电厂无人值班的现代化管理新模式。

3.1.3 在线监测,逐步开展设备状态检修,提高水电厂综合实力

水口水电厂率先应用在线监测技术,已达12年之久。产学研联合构建的PSTA2003状态监测与诊断分析系统,以实用性和先进性为基本设计思想,以技术创新为手段,侧重工程实际和降低对使用者的专业能力要求,针对现场需求,全新设计了软件模块和用户功能界面。PSTA2003系统的建立和成功应用,为状态监测行业和水电机组的状态检修工作,提供一个更完善和简捷的实现思路,其强大的网络化结构和自动状态报告制作能力也为状态监测系统的实用化指明了设计方向。

必须总结经验,充分利用监测设备和诊断技术,收集和积累设备的状态信息进行系统分析、诊断,结合设备实际情况,科学合理制定检修计划,以提高设备安全性、可用性、经济性,进一步提高水电厂运行检修的综合管理水平。

3.2 开源节流

智能电厂的首要作用是节能。创建“能效机组”，促进节能工作。通过节水多发电，包括水库汛限水位动态控制、按最大出力运行等先进技术，以及采取各种节能措施降低厂用电率，以其多发的或节省的电能“计算”为该虚拟机组的发电量。

水口水电厂水能利用提高率多年平均为 14%，即每年节能电量约 6.5 亿千瓦时。其次，7 台 20 万千瓦机组按最大出力(23 万千瓦)运行，可增容 15%，年增发电量约 2 亿千瓦时。这不仅能充分利用水能资源，增加发电效益，而且能提高系统调峰、调频和事故备用容量。再者，基于全厂电能集中管理系统，搞好电量平衡，促进节电降耗工作，采取一些综合措施后，主变压器冷却器的节能效果初见端倪。

3.3 水电厂仿真系统

水口水电厂仿真系统的研究开发，始于二十世纪末，应用于二十一世纪初。该系统是目前国内水电厂唯一建设的仿真系统。除了满足深层次的培训要求，实现水电站的全范围仿真和高效的全工况培训，又可以在一定程度上作为原型运行状态的参照，为电厂的安全经济运行服务，还将拓展为大型水电厂仿真培训中心。

系统具有以下主要特点：

a.逼真度。采用动态数学模型，计及水轮发电机组及其调速器、励磁调节器的实际参数和惯性环节，按照传递函数以不同的阶次构成描述系统机电过程的精确数学模型，可以计算各种运行状态下引水系统、机组系统的实时物理参数，逼真地反映受到各种大小干扰后的过

渡过程，全面仿真电站运行中的系统状态。

b.实时性。在各种运行状态下，从仪表或显示器上观察到的全部操作或故障(事故)的响应时间，与原型系统同样行为的时间相一致。

c.鲁棒性。仿真系统的拓扑变化，停、送电部分的不同，以至电力系统的解列不会影响仿真机运行的连续性，不会中途中断，更不需要重新启动;故障设置不以必须恢复至正常工况为前提，即使所仿真的系统崩溃也不会造成“死机”。

4 工业化融合信息化

电力工业是一个技术密集型、资金密集型的行业。欲赶上和达到世界发达国家电力工业的现代化水平，必须通过电力行业信息化应用水平，提升我国电力企业产业水平。在电力生产、经营管理和服务用户的各个领域，实施电力行业信息化发展战略，把信息技术和理念密切地与电力工业结合起来，实现信息化与工业化的融合。

4.1 电力信息化

电力信息化是利用现代信息技术对传统电力工业的生产过程、管理流程以及企业经营和服务方式等进行技术改造、流程优化和管理方式的现代化改造的过程。其主要任务是：建设信息网络、开发利用企业信息资源，改造生产工艺和提升电力工业现代化技术水平，改进企业管理流程、提高企业管理水平和领导决策能力，降低企业经营和生产成本、提高企业经济效益，提高企业对社会的服务水平和质量，提高企业市场竞争力和国际竞争力。通过信息化，推动电力企业的现代

管理水平和现代技术水平的提升，使企业在技术装备和管理水平达到国际先进、国内领先的水平，建立“数字化电厂”、“数字化电网”和“信息化企业”。

电力信息化建设分为战略决策层、中间管理层和生产经营层等三个层次。

(1) 企业战略决策层。首先是制定企业信息化发展的规划，使之服务于和服从于企业整体发展战略。确定企业信息化建设的整体路线图，奖励企业信息化的完整体系。从企业发展方向和改革走向以及企业管理模型的变化，制定企业信息化战略规划和实施计划，并根据企业决策的需要建立企业决策分析系统和辅助决策系统，为领导集团决策服务。

(2) 业务职能管理层。主要涉及电力企业各级管理部门的业务管理模型的优化，管理流程再造，实现管理的现代化和规范化。当前，电力企业重在建设企业级一体化平台上的企业门户系统、数据中心、协同办公环境下的 MIS、OA 系统建设，以企业经济运行为核心的财务管理系统、企业资源规划(ERP)以及企业资产管理(EAM)等项目建设。

(3) 生产经营操作层。主要是解决电力企业生产、经营过程中的流程化、标准化和信息化，提高电力生产、经营的网络化和自动化水平。以水口水电厂为例，该层次包括计算机监控系统、机组状态监测系统、“无人值班”(少人值守)和远程监控，以及设备管理、安全管理、物资管理等系统。管控一体化，生产实时系统和管理信息系统结

合，实现对生产过程的动态管理。

总之，电力信息化建设必须从自身实际出发，必须要有行业的高度和视野。信息化已经不仅是技术问题，还是管理问题，更是战略问题，固有管理理念的转变、管理流程的梳理优化以及管理水平的提高是其成功的强大支撑。

4.2 企业信息化

据国家信息化测评中心的调查，我国信息化 500 强企业整体信息化水平进步明显，其中 1/3 达到世界中等发达国家水平。大部分企业信息化基础设施建设基本完成，开始以信息系统应用为重点，更加关注如何通过信息化构建企业能力。

水口发电公司由水口水电厂改制成立，是国家电网的大型发电企业。公司在其发展历程中，始终坚持科学发展观，也探索出一条利用信息系统支撑电厂基础管理、以信息化推动生产自动化和管理现代化的成功之路。

1996 年初，开始筹建管理信息系统(MIS)。在信息化建设的 10 年中，水口发电公司基本形成了面向不同部门、面向生产、面向职能的 16 个信息化子系统。但是由于信息化工作起步较早，信息化建设过程采取以部门职能为导向的信息化建设方式，多年积累下来就形成了以部门和职能为中心的诸多信息“孤岛”。

随着公司信息化建设的深入，进一步做好企业信息化整合工作。认真执行信息化规划所制定的实施计划，理顺信息化建设、运行、维

护和安全保障体制，提高专业人员信息技术能力，建立服务和管理常态机制，提升信息化服务、运行和管理水平，努力打造一个“系统安全、管理规范、服务优质”的信息化专业技术管理体系。企业信息化建设与国家电网公司“SG186”工程一脉相承，业务体系数据交换顺畅。公司开发了多种应用系统，企业管理各种业务基本上经信息网络方式来完成。近年来，加快了信息化建设步伐，安全高效地完成公司总部网络建设及迁移、数据中心存储升级及容灾中心建设，建立了支撑信息基础安全的网络管理、安全管理、机房监控等系统，使公司的信息化水平又上新台阶。

加快信息化建设是提高企业核心竞争力的有效途径。必须继续拓展信息系统应用的深度和广度，优化管理流程，调动生产、管理两大信息资源，以各层次的可视化展现促进信息的互通与利用，消除信息“孤岛”，促进企业的高效配合与协作，建成“纵向贯通、横向集成”的一体化企业级信息系统。

5 结语

150年前马克思曾论证信息将是一种资源。新能源产业革命就是要将信息变成资源。IT产业的数字革命和新能源热潮正成为孪生兄弟，而智能电网的横空出世将推动新能源革命的深度变革。由于各个国家能源和用户分布及电网情况各不相同，各国对智能电网的认识和理解并不统一，但利用信息技术、控制技术实现电网的智能化已形成共识。发展智能电网是一项长期的系统性工程。目前，智能电网尚处

于起步阶段。

与时俱进。综合应用现代信息技术、现代控制技术和现代管理技术，全面提升水电厂“自愈、安全、经济、清洁、优质”水平，将传统水电厂转变为智能水电厂，是当代水电厂必由之路。水口发电公司跻身国内一流水力发电企业，见微知著，任重而道远。

参考文献

- [1]陈树勇, 宋书芳, 李兰欣, 沈杰.智能电网技术综述.电网技术, 2009, 4: 1-7
- [2]林礼清.试谈企业 MIS 的成功之路.福建电业, 1999, 4:34-36
- [3]林礼清.水口水电厂“无人值班”(少人值守)工程实践.水电自动化与大坝监测, 2003, 3: 12-16
- [4]林礼清, 陈伟, 任继顺, 王利霞.水口水电厂设备状态监测与诊断分析系统.第二届水力发电技术国际会议论文集, 北京 2009.4
- [5]林礼清, 罗铸, 顾元昌.水口水电站仿真系统.系统仿真学报, 2001, 1: 50-52
- [6]林礼清.以信息化推动生产自动化和管理现代化.信息化助力海峡西岸经济区建设专题暨福建省科协第六届学术年会分会场论文集, 福州 2006.11