



28号机单机

13 大型蒸发冷却水轮发电机

现代社会对电能具有很强的依赖性，一旦电网故障，损失将极为严重。电气设备自身安全是保障电网安全的基础，而大型设备的绝缘损坏、结构变形大多为发热问题造成。合理的冷却方式是保障电气设备安全运行的重要基础。电气和电子装备蒸发冷却技术是基于相变换热原理，利用绝缘性能良好的液体冷却介质的汽化潜热来吸收传递热量，直接冷却发热部件，达到迅速、高效的冷却目的。中科院电工所顾国彪院士带领的科研团队经过50余年持续不断的坚持研究，将这一自主创新技术由实验室推进工业应用。

为了充分发挥蒸发冷却技术优势，促进我国大型发电机领域的自主创新和技术进步，在“十一五”期间，科技部将“发电设备蒸发冷却技术”项目列为国家科技支撑计划项目，并予以重点支持。

该项目采取产学研用相结合的组织模式，以优势

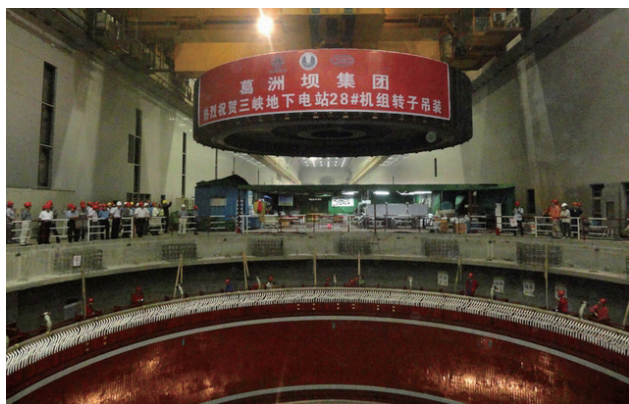
技术为牵引，集成我国发电设备制造、电站建设和电力运营领域的核心企业协力攻关，旨在攻克我国发电设备蒸发冷却技术的关键技术和系统集成，研制出大容量的蒸发冷却发电机设备并投入实际运行。经过关键技术攻关、设计、制造、安装、调试和运行等各项工作，圆满实现了三峡地下电站两台 840 MVA 蒸发冷却水轮发电机的商业运行。中科院电工所在蒸发冷却系统仿真计算、优化设计方法、结构设计、新型冷却介质优选等方面做了大量的工作；编制了蒸发冷却系统全周期的专用技术标准、质量控制规范、监造与监理细则以及紧急预案等指导性文件；同时完成了蒸发冷却系统的制造厂内监造和工地现场安装技术指导和监理工作。

两台三峡地下电站 840 MVA 蒸发冷却水轮发电机先后于 2011 年 12 月和 2012 年 7 月投入商业运行并完成全部的型式试验，4 年来的运行表明：发电机各项技术指标

满足合同要求，其定子绕组具有温升高、温度分布均匀等特点，能显著延长绝缘寿命，避免热应力、热变形造成的各种弊端。

2011年12月至2014年12月期间，28号蒸发冷却水轮发电机一台机组新增产值14.09亿元，新增利税4.227亿元；最大输出负荷达到704.5 MW，一般所带负荷在600 MW—700 MW之间；从监测和直接观测所得数据，蒸发冷却系统压力一般在1 kPa—47 kPa之间，发电机定子线棒温度一般在60℃—67℃之间，最高温度不超过68.8℃。

2015年1月三峡地下电站700 MW通过电工技术学会组织的技术鉴定，其研究成果为国际首创，为三峡地



28号机转子吊装装配

下电站840 MVA蒸发冷却水轮发电机的研制提供了技术支撑，其技术内涵属原创性，具有我国自主知识产权，是冷却技术的重大突破，处于国际领先地位。

专家点评

冷却方式是大型水轮发电机的一个关键技术问题。不仅与其能否达到预期运行性能及技术经济指标有关，而且往往是超大型发电机能否制成的瓶颈。中科院电工所将经多年努力研发的常温自循环蒸发冷却技术应用于三峡电站两台700 MW水轮发电机，经过4年的安全运行，充分表现其技术成熟性。与其他冷却方式（如全空气冷却或水冷却）相比，具有下列优点：

- （1）电机绕组温度均匀，且较低；
- （2）冷却系统是无泵自循环，安全可靠，操作简便；
- （3）彻底解决了大型发电机常见的线圈绝缘脱壳等影响其寿命的难题；
- （4）因大大减少了冷却风量，而且线圈温度较低，所以电机效率较高，运行平稳。

本项冷却技术是中科院电工所数十年来潜心研究并和东方电机有限公司密切合作，通过实验室模型试验和10 MW、50 MW、400 MW 3个台阶的中间机组长期运行考验，证明了这是一项我国具有完全自主知识产权的技术。我们完全掌握了这项冷却技术的设计、分析方法，处于世界首创地位。

实践证明，本项技术不仅可以推广应用于单机功率比三峡机组更大的机组，而且在大型抽水蓄能机组及其他相关领域也有广泛的应用前景。

点评专家

饶芳权 电机设计及工程专家。中国工程院院士。上海交通大学电子信息与电气工程学院教授，博士生导师。1958年毕业于哈尔滨工业大学电机专业，在哈尔滨电机厂设计科工作，1966年调四川东方电机厂设计科工

作，1983年任东方电机厂总工程师。1986年获得国家级中青年有突出贡献专家称号。曾获四川省科技进步奖特等奖以及国家科技进步奖一等奖。