

来自自主创新一线的报道

# 半个多世纪的坚守

## ——我国蒸发冷却技术研发应用之路

本报记者 沈慧

“天河二号”的计算速度有多快？有人打了个比方，如果全国13亿人每人每秒计算一次，连算1000年，才能得出的结果，“天河二号”只需一个小时。

超级计算机的计算速度确实超乎想象，不过其能耗也大得惊人。“大型超算中心仅冷却能耗就相当于一个小型电站。”中国工程院院士顾国彪坦言。中科院电工所电力设备新技术实验室历经4年攻关，成功将蒸发冷却技术应用到超级计算设备中，使其冷却能耗降低40%以上！

谁能想到，如此节能绿色的技术从研发到应用却走过了半个世纪的漫漫长路。请看记者发自主线的报道。



### 另辟蹊径

电子信息装备只是蒸发冷却技术近年来开辟的全新应用领域之一。事实上，这一技术最早由中科院电工所专门为三峡工程“量身订制”。

就像炎炎夏日人们需要降温一样，发电机在运行时也会产生大量热量，需要冷却。冷却问题如何解决？

当时，国内外主要采用空冷、水冷两种冷却方式。空冷，即吹风散热，让发电机“自然降温”。但随着发电机容量增大、绝缘增厚，发热量不断提高，靠吹风已经达不到散热要求。

“单纯从冷却效果来讲，水冷确实很好，但存在明显的技术缺陷：发电机对绝缘要求太高，而水有导电性，一旦漏水后果难以想象。”1958年加入电工所的顾国彪与研发团队反复论证后，决定另辟蹊径。

“有没有一个两全其美的方案，既让发电机有效散热又可确保安全运行？”在当时大型电机研究室的技术负责人廖少葆的建议和支持下，顾国彪将研究方向瞄准了当时发展前景尚不明朗的蒸发冷却技术。

与空冷、水冷利用介质的比热吸热原理不同，蒸发冷却是基于相变换热原理的新型冷却技术，通过绝缘性能良好的介质汽化潜热带走热量。不过在当时，一种主流的观点是蒸发冷却技术无非就是类似冰箱压缩制冷的方式实现电机冷却，没什么前途。

选择了远方便只顾风雨兼程。明确研

究方向的顾国彪和研究团队买来一台冰箱，不分昼夜的研究其中的冷冻机。就这样，1958年底一台15千瓦的采用低温蒸发冷却技术的发电机研制成功。接下来新的问题很快出现。“基于冰箱强迫制冷原理的低温蒸发冷却技术应用在大型发电机上，不仅把发电机搞复杂了，就经济效益而言也是得不偿失。”顾国彪说。

电力专业出身的顾国彪又一头扎进了热力学领域。不久，研发团队提出常温下自循环蒸发冷却方案。那一年廖少葆33岁，顾国彪23岁。“国外都没有，你们这技术怎么行！”面对质疑，顾国彪他们咬牙坚持。

事实证明，他们的坚持没有白费。1959年底，团队制作出常温下无泵自循环蒸发冷却系统模型，验证了技术的可行性，而这个模型和40年后在蒸发冷却实验室里建造的长江三峡70万千瓦机组的模型相差无几。

### 漫漫长路

蒸发冷却技术的坎坷没有就此结束。

1985年云南省大寨电厂两台自循环蒸发冷却水轮机顺利通过专家验收。可还没来得及庆祝，顾国彪就接到了一纸命令：电机研究工作已完成，解散团队！

“当时院里认为，科研成果研发成功就算完成了任务，工程应用是企业的事。”深知科研成果转化难的顾国彪没有打退堂鼓，四处奔走，课题终于得以勉强延续。直到2000年，顾国彪第一次招收博士研究生，蒸发冷却研究团队已是第四次重建。队伍分分合合只是蒸发冷却技术产业化过程中的一个小插曲。类似的故事还有很多。

“文革”结束后，“翻身”的蒸发冷却技术研究重启，技术推广却处处受阻。“当时电厂用的都是国外技术，根本不敢用国产系统，害怕万一出事。”多亏一位老同学提着脑袋担保，顾国彪申请到一次性贷款160万元。两台自循环蒸发冷却水轮机研制成功并顺利应用。如今，除了早期工艺问题引起的一次小事故，这两台机组仍在一直安全运行。

凭借“安全高效”形象蒸发冷却技术陆续拿到一些订单，但对顾国彪来说服务三峡工程仍是他多年未圆的一个梦。1994年他提议三

### 迟来春天

机遇垂青有准备的人。李家峡水电站蒸发冷却发电机的成功运行让蒸发冷却技术迎来了迟到的春天。

2011年12月15日，对顾国彪来说是个特殊的日子：三峡电站首台70万千瓦蒸发冷却水轮机成功运行。这一天距离蒸发冷却团队的成立已经过去了53年。

蒸发冷却技术工业应用之前，我国大型水利工程电力设备领域几乎采用的都是国外的技术。“无论从装备容量还是从技术指标上，这台发电机都超越了一些跨国公司，达到了国际领先水平，而且完全自主知识产权的技术确保机组更加稳定、可靠运行。”顾国彪的第一个博士研究生、现任实验室常务副主任阮琳研究员介绍。

不仅如此，相较于水冷，蒸发冷却技术更适合大功率发电机的需要。“如果水轮发电机的功率提高到百万千瓦以上，水冷技术估计是满足

不了的，但蒸发冷却技术可以做到。”顾国彪说，研究组已开始百万千瓦级蒸发冷却机组的预研，争取应用于国内一些大型电站。

另外，经过4年多攻关，研发团队将蒸发冷却技术成功应用超级计算机等IT设备中，完成3套样机和1套商业运行超算产品制造以及一台自循环浸泡蒸发冷却服务器的制造。

“大型超算中心冷却能耗、运营电费惊人，我们设计的冷却系统能够部分或全部取消风扇和精密空调。”阮琳介绍，各类数据中心在提高运算能力的同时，也存在严重的能耗问题。比如，天河二号一期工程计算能耗为17.8个兆瓦，而冷却系统耗能高达8个兆瓦。蒸发冷却技术的应用，可将冷却能耗降低40%以上。

如今，研究团队又开始寻找蒸发冷却技术新的生长点。“蒸发冷却技术是一种通用冷却技术，该技术还将在新能源发电、抽水蓄能、城市配网大有用武之地。”阮琳表示。

峡工程使用蒸发冷却技术。对方半开玩笑说，“你们的发电机才做到5万千瓦，我看还是等你完成40万到50万千瓦的发电机，且正常运行两年不出任何问题时，我们再谈吧。”对方的一句玩笑让顾国彪有了新的奔头。恰巧，青海李家峡水电站有个40万千瓦的机组要上马，顾国彪积极争取；写项目申报报告，光材料复印费就花了3万元；经费短缺一时难以以为继，向所里贷款40万元……1999年底李家峡水电站的蒸发冷却水轮机正式发电，并荣获2002年国家科技进步奖二等奖。蒸发冷却技术获得了来之不易的“准生证”。

如今回想起来，顾国彪的那份使命感仍溢于言表，“不能让外国人牵着鼻子走，一定要做成一两件超越国外的事，这是我一辈子的信念。”

三峡蒸发冷却水轮机转子吊装。

务，2008年由工信部电信研究院发起，新网互联启动了信息名址12114的推广服务，2011年推出了“信息名址+双模网站+双模邮箱+微博微信互动”的企业移动应用全面解决方案……

“企业不仅赢在起点上，还能赢在拐点上，当产业处在一个突破期的时候，如果能很好地抓住机会，就能获得很好的发展。”李晖说，“像诺基亚、黑莓等等巨头倒下了，而社交媒体facebook、youtube等获得了飞速发展，其中的关键在于业务战略方向上的把控。我们很幸运，方向选对了，把握住了机会。”

如今，随着智能终端销售量的激增，移动互联网用户快速增长，中国已成为全球最大的移动互联网用户市场，呈现在新网互联面前的是一个“蓝海”。得益于移动互联网这一产业链的催生，新网互联从最初的百万水平发展到现在的千万水平，实现了高速增长。



三峡蒸发冷却水轮机转子吊装。

### 采访感言

## 给自主创新多点掌声

□ 舒云

作为我国蒸发冷却技术的带头人，顾国彪院士如今已近80高龄。回首50多年来的起起落落，顾国彪坦言，技术、资金不是让他最头疼的问题，蒸发冷却技术遇到的最大困难是“不被认可”。

事实的确如此。蒸发冷却技术从提出到投入工程实践，直至获得社会认可足足“走”了半个多世纪，而其中取得用户承认的时间远远超过了技术研发本身的时间。

上世纪60年代左右这一技术已日渐成熟。之后就是漫漫推广路，研发人员怀揣着技术东奔西走四处“游说”，却因为这一技术在国外没有先例而被拒之门外。直至2011年，几经波折三峡电站首台70万千瓦蒸发冷却水轮机成功运行，蒸发冷却技术这才“扬眉吐气”。

蒸发冷却技术不是个案，目前我国仍有相当一部分自主创新成果面临推广困难的困境。以北大交等单位成功研制的CBTC(基于无线通信的列车自动控制系统)信号技术为例，2010年即成功实现示范化、工程化、产业化，但在国内大范围推广应用时屡屡遭受质疑。与此类似的，还有广州地铁的直线电机技术，重庆的跨越式单轨技术，等等。

是他们技不如人吗？不尽然。自主创新成果遭遇推广难，一个重要原因是相当一部分人仍坚守“国货不如洋货”的陈旧落后观念，对“国货”抱有怀疑态度，担心不保险，以至于他们宁可多花钱用国外的技术也不愿尝试国内的新技术。

建设创新型国家，离不开新技术的推广与应用。我们期待国人给予自主创新多一些宽容、掌声和机会。同时也希望国家制定的“鼓励订购和使用国产首台(套)重大技术装备”的“首台套”政策能够更好地落实，惠及更多自主创新成果，使其走完最后一公里。



## 赢在拐点上

本报记者 刘松柏

1996年早春的一天，北京中关村南大门竖起了一块硕大的广告牌：中国人离信息高速公路有多远——向北1500米。这一天被认为是中国互联网的一个纪念日。

也就在这一年，26岁的李晖成了互联网行业的一名从业者，开始了与互联网的亲密接触，只不过距离不是“1500米”而是“零”。从1996年初涉互联网到2003年创立北京新网互联科技有限公司至今，李晖一直在“网”中。不同的是，李晖和他的团队将工作重心从互联网增值服务领域，逐渐转移到移动互联网应用领域。

在清华科技园科技大厦A座20层的一间办公室里，冬日的暖阳

洒满一地，如今已到不惑之年的李晖递给记者几本关于企业移动应用方面的小册子。“这是我们基于移动互联网应用的代表作：12114信息名址、‘雨滴’移动应用程序，等等。”作为公司副总经理的他，言语中透着自豪。

3G时代的到来，开启了移动互联网应用蓝海，拥抱移动互联网、开发推广APP已成为企业的当务之急。“雨滴”作为新网互联自主研发的APP在线生成系统，具有多、快、好、省等特点，与花费几万元请专业公司开发APP的传统方式相比，“雨滴”移动应用解决方案投入极少、操作非常简单。也因此，“雨滴”迅速赢得了市场青睐，

为企业尤其是中小企业，打开了移动互联网应用的新天地。

从2009年3G牌照发放至今，短短三四年时间，原本在互联网大潮下创业的新网互联，如今在移动互联网新时代抢占了领先地位，不仅成功为国家会议中心、千龙网、腾讯、金象网、证券日报等1000多家企业提供了APP定制服务，而且公司的移动应用事业部也从最初的几个人的小团队发展到今天拥有30位技术骨干的相对成熟的团队。

在外人看来，新网互联的业绩无疑让人艳羡，但在李晖看来，这一切来得自然。2003年，已经在互联网领域浸润多年的李晖和他的团队抓住互联网高涨的机会，开始了创

业，并且迅速在互联网增值服务方面取得了良好业绩。但他们很快发现，这是一个“红海”，互联网产业已经相对成熟，可以挖掘的机会不多了。

经历了互联网的潮起潮落、见识了一些IT企业的生死轮回，李晖心里知道，这个行业“不能好生，便是好死”，也因此一直在摸索新的机会。“新的机会2005年被发现了，手机便是我们每个人手中的机会。我们可以运用在互联网中积累的经验，把互联网移动起来，这是一个重要的机会。”李晖在2007年中国互联网大会上的演讲中这样提到。

也就从那时起，新网互联开始了移动互联网应用的战略布局。2005年探索发布了短信寻址业

务，2008年由工信部电信研究院发起，新网互联启动了信息名址12114的推广服务，2011年推出了“信息名址+双模网站+双模邮箱+微博微信互动”的企业移动应用全面解决方案……

“企业不仅赢在起点上，还能赢在拐点上，当产业处在一个突破期的时候，如果能很好地抓住机会，就能获得很好的发展。”李晖说，“像诺基亚、黑莓等等巨头倒下了，而社交媒体facebook、youtube等获得了飞速发展，其中的关键在于业务战略方向上的把控。我们很幸运，方向选对了，把握住了机会。”

如今，随着智能终端销售量的激增，移动互联网用户快速增长，中国已成为全球最大的移动互联网用户市场，呈现在新网互联面前的是一个“蓝海”。得益于移动互联网这一产业链的催生，新网互联从最初的百万水平发展到现在的千万水平，实现了高速增长。



### 新装置

我国首套焦炉气制压缩天然气装置投产

本报讯 记者刘松柏报道：由西南化工研究院与四川天科股份自主研制和设计的30000标立每小时焦炉气甲烷化制压缩天然气工业装置，日前已在河北邯郸市裕泰燃气有限公司投产。这是我国首套焦炉气制压缩天然气装置，可实现减排二氧化碳90万吨、年产天然气1亿立方米的该项目，开辟了我国重污染工业废气制备清洁能源的新途径。

目前，西南化工研究院、天科股份正与山西国新正泰、山西襄矿恒通等多家单位合作焦炉气甲烷化项目，已向10余家企业提供技术转让，为30多家企业提供项目可研报告。

### 新技术

数字电视可选字幕关键技术取得突破

本报讯 记者董碧娟报道：依托企业建设的北京市数字视频工程技术研究中心近期完成数字可选字幕系统的关键技术开发和演示，对于服务听力残障人士及国内外多语种民族、增进国内外文化交流起到促进作用。

据了解，电视字幕是传达节目内容信息的重要构成部分，在国内的电视节目播出中，目前通用做法是将字幕作为图像的一部分，观众没有选择字幕的可能性，同时对于需要多语言版本的节目，也增加了节目的制作成本。该技术的研发解决了这一问题，可以更好地满足观众需求，是科技创新服务百姓生活的又一生动案例。

### 新成果

东南大学研制出“光电直立平衡车”



南京东南大学近日举行了2013年大学生创新创业成果展示会。图为东南大学自动化学院学生研制的一件可精确识别道路、可高速拐弯、能在地面摩擦力改变时自我控制车身姿态平衡的“光电直立平衡车”在进行演示。新华社记者 孙参摄

### 新动态

2013年全国企业科协工作座谈会召开

本报讯 记者余惠敏报道：全国企业科协工作座谈会近日在京召开，主要探讨在新形势下，科协组织如何围绕全面深化改革，服务企业技术创新，促进企业加快成为技术创新主体。据统计，截至2012年底，全国已建有企业科协20968个，目前企业科协个人会员达345万人，企业科协已经成为科技人员服务企业创新的重要平台。

截至2012年年底，最早由科协组织协调设立的院士专家工作站，全国已有30个省市区(除海南、西藏外)和新疆生产建设兵团建立院士专家工作站2685家，进站院士专家27531人次。

### 新项目

农转资金助“小泡菜”作出“大文章”

本报讯 科技部农转资金“优质泡菜现代产业关键技术集成与中试转化”重大项目，集成多项重点技术成果，运用纯菌种发酵泡菜及泡渍蔬菜发酵液回收技术，有效促进了泡菜产业规范化、标准化、现代化生产。

项目重点实施直投式功能菌发酵泡渍泡菜与泡渍蔬菜发酵液回收利用的集成技术中试转化，将泡菜中分离的乳酸菌等功能菌进行富集、浓缩、干燥所得的菌粉进行复配得到菌剂，利用直投式功能菌发酵生产泡渍泡菜，促进泡菜的生产规范化、标准化，增加了泡菜的营养性和安全性。(柯娟)

### 新展馆

秦皇岛社区有了科技馆



河北省秦皇岛市文博城社区青少年科技馆正式建成开馆，展览内容包括科普图片、磁悬浮地球仪、电子模型等。图为孩子们在科技馆参观磁悬浮地球仪。新华社记者 杨世尧摄