

一个高级工程师退休后从事电力节能技术 及设备研发推广的故事

黄留欣

讲节能故事，促节能事业发展，实现节能。从 2000 年我开始专门从事电力节能的研发与推广。本文介绍了我从事节能研究推广的全过程，包括如何研发、如何推广的经验及教训。目的之一是推广技术，二是与同行交流共同提高。

一、根据社会发展和国家需要选择研发方向，结合自己的特长和兴趣及企业实际需求确定项目，才能做到方向对头，项目才能落实，达到自己的目的。

1、节能环保是我国的基本国策，全世界都非常重视，巴黎世界气候大会 182 个国家及机构共同制定了 2020 年节能指标，保护人类生存环境。我国政府在制定国家计划时都明确提出节能指标，并进行考核。我国能源消耗普遍高于发达国家，建筑能耗，交通能耗，电力能耗（线损），等大都是发达国家的两倍以上。以电力能耗线损为例，发达国家都为发电量的 3%，而我国目前仍然为 6%以上。目前我国的发电量为 6 万亿 KWH，是世界用电大国，若能赶上发达国家线损水平，则会节电可达 2000 亿 KWH 以上，折合节约节准煤 6000 万吨。所以我选择了电力节能作研究方向，这是国家、社会和企业的共同需求，会得到国家社会的共同支持。

2、选择了研发方向，还要根据企业在节能方面存在的问题，

和自己的专业技术水平选择合理的研发项目。研发项目必须符合国家和企业需要，节能效果明显才能成功。根据自己的工作经历，大学毕业后先后在电解铝厂和电业局从事技术管理工作，对我国电力变压器，尤其是有载调压技术接触较早，了解比较深刻全面。从70年到75年参加了我国冶金部和机械部联合开发的35KV有载调压整流设备的研究和试运行工作。长年在西电公司参加该成套整流设备的监制工作。我国的第一批埋入式有载分接开关就诞生当时的西安变压器电炉厂，第一批10套SFPT--40000/35，整流变压器就在当时的兰州连城铝厂运行。我当时是兰州连城铝厂的电气专工。80年从兰州调回许昌电业局在电业局生产科、变电工区等单位从事技术管理，先后解决了许昌局围绕变压器出现的设备事故、变压器有载分接开关受潮、220KV电力变压器现场干燥、变压器严重漏油等问题，集攒了丰富的实践经验，为以后的节能技术研究奠定了基础。

铁路南京广电气化改造中变电站出现的技术问题和国网公司创一流供电企业活动帮我确定了电力节能的研究方向。

1990年京广铁路郑州至武昌段进行电气化改造，为牵引站供电的许昌薛坡220KV变电站、10KV电容器补偿装置经常出现问题不能正常运行，多次出现谐振，滤波电抗器烧坏等事故，谐振时电容器组的电流由280A升到500A以上，10KV配电室，出现放电现象。薛坡变电站一直处于低功率因数运行，电能损耗大。针对这一情况，1991年，我和局其他工程技术人员一起到西安交通大学求教，经西安交大教授指点，采取加大滤波电抗器电抗

的办法,解决了技术问题,提高了 220KV 主变器,运行功率因数,使其能运行在经济运行状态。

1999 年国家电网公司开展创一流供电企业活动,许昌供电公司是河南省局第一家一流企业。在一流企业验收时我负责的生产技术科,具体负责验收技术资料的准备工作。对照一流供电企业指标发现,几乎所有的变电站运行功率因数都达不到一流企业的要求,没有动态无功补偿设备,根本无法实现保证变电站功率因数达到 0.9---0.95 的要求,线损水平一直偏高。

根据许昌供电局生产实际出现的问题,我决定开展动态无功补偿装置的研发。查阅大量文献资料,发现当时国内出现的 SVC 动态补偿装置存在很多缺陷无法在电力系统推广。1991 年前后,河南省供电公司和清华大学合作在洛阳供电局朝阳变电站研发了我国第一套自主研发的 SVC 动态无功补偿装置,投资高达 1500 多万元,基本没有正常运行。于是根据自己的经历和经验,决定开发调压型动态无功补偿装置。其基本原理就是利用电容器输出容性无功和其端电压平方成正比的关系,通过控制电容器端电压的方法,实现动态无功补偿。其关键技术是如何实现电容器端电压的自动控制。

3、电力节能技术调压型动态无功补装置的研究。2002 年结合许昌局禹县变电站实际需要和技术参数,和郑州变压器厂、许昌长安科技公司合作,研制成功了我国第一套调压型动态无功补偿装置。

当时该站 10KV 出线中有一条线路负荷重, 3000KW 左右,功

率因数在 0.62--0.68 之间，线路损耗达 20%以上，用户矛盾很大，我们研究开发了一台 600KVA 的调压型动态无功补偿设备，投入运行后该线路功率因数提高到 0.86，线损降低 50%以上，用户满意，解决了相互矛盾，达到了节能降损的目的。

为了在 110KV 变电站推广使用调压型动态无功补偿装置，2004 年又和北京思能达公司合作，试制了第一台 10KV3000KVA 的动态无功补偿装置，在河南济源供电公司党井变电站运行，投资不到 20 万元，至今仍在安全运行，为在全国推广调压型动态无功补偿设备树立了典型。

4、用试验数据说话，证明调压型动态无功补偿设备的节能效果，对整套装置及装置的主要元件，有载自耦调压器，先后请河南省科院（原科试所）多次到现场测试，对电容器运行中过电压倍数，合闸涌流等进行测试，测试结果为调节过程中过电压倍数最大为 1.3 倍；合闸涌流最大为 11.3 倍，普通电容器合闸涌流为 100 倍额定电流，证明装置中的补偿电容器工作状态优于普通电容器，保证使用安全，延长其使用寿命。装置中的自耦调压器先后两次在国家变压器质量监督检验中心按照国家变压器相关标准进行型式试验，各项技术指标符合标准规定，关键指标运行温升及损耗优于国内标准。温升试验，国家标准上层油温升限值为 55 度，而样机实际温升为 46.2 度，绕组温升国家标准为 65 度，样机公用绕组温升为 44.9 度，串联绕组温升为 44 度。空载电流为额定电流的 0.13%，空载损耗仅 0.93KW（变压器容量为 3000KVA，额定电压 10.5KV），负载损耗最大为 5.19KW，最小

为 1.31KW。说明有载自耦调压器自身损耗非常小，节能效果优于其它动态无功补偿装置。只有用权威部门的检验结果才能证明调压型无功动态补偿装置的优良性能及节能效果。

5、及时进行项目科技鉴定，为推广节能技术及设备提供可靠依据。线路型调压型动态无功补偿装置于 2003 年 9 月由河南省机械厅和河南省电力局进行了项目鉴定。DWZT 型变压器站用调压型动态无功补偿装置于 2014 年 11 月由中国电力联合会在北京进行项目鉴定，鉴定意见为：该装置改变了传统的投切电容器调节无功的方法，思路新颖，设计合理，属国内首创，达到国内先进水平，同意通过技术鉴定可小批量生产。

6、利用专业技术杂志和参加行业组织的会议，宣传调压型动态无功补偿装置的原理、结构，优质的技术性能进行宣传，做好推广节能装置的理论宣传。调压型动态无功补偿装置研制成功后我们先后在电容器及无功补偿、电网技术、电能质量杂志上发表了多篇技术论文，介绍该节能设备的性能。08 至 10 年先后参加了安徽省电业局无功工作会、中电联在海南岛召开的节电设备研讨会，电工学会无功补偿分会在黄岩召开的 2009 年年会。尤其在 2009 年无功专业年会上宣读了“调压型实时无功自补偿装置”的技术论文，受到与会专家的好评，论文被评为 2009 年优秀论文奖，为调压型动态无功补偿装置专利转让及推广创造了条件。2016 年到 2013 年又连续三年参加北京科博会，2010 年“调压型动态补偿技术”又被评为节能示范项目，并在人民大会堂颁布发证书。

7、做好典型示范项目的技术指导工作，推广节能设备的应用。从 2005 年开始以调压型动态无功补偿技术与设备的发明人的身份，先后到过河南驻马店南方钢铁公司、胜利油田供电公司、国网北京供电公司、国网陕西供电公司、国网乌海供电公司、山东济宁二矿煤矿石热电厂、吉林省电力设计院、国能北京电力设计院，进行技术交流、讲课、制定技术方案等推广调压型动态无功补偿的应用。推动该节能技术在我国石油、电力、煤碳等系统的使用。这里着重介绍一个成功的案例。

2005 年和河南艾迪赛特公司一起到驻马店南方钢铁公司作技术推广，发现该企业无功补偿设备因技术原因不能投入运行，功率因数只有 0.8，每月公司电费支出中有 30---25 万元罚款，年罚款达 300 万元以上，线损电量非常高。经和该公司供电技术人员分析情况，制定技术方案，在钢厂总降变电所利用调压动态无功补偿技术改造了一套固定电容器组，又根据就地补偿原则在负荷中心安装了两套 DWZB-1600/10.5 调压型动补偿装置，投资 150 万元左右，调压器动态无功补偿装置投入运行后，功率因数由 0.8 提高到 0.9 以上，力调电费每月罚款 25--30 万元到每月奖励 8000 元，一年为该公司节约电费近 300 万元，降低线损电量近 200 万 KWH。使用成功后包头钢铁公司、山西解州钢铁公司等采用了该方案，取得了明显的经济效益，为公司节约了电费开支，降低了线损。南方钢铁公司老板是福建人，后来他又把该装置介绍给他的朋友，在湖北等地的钢铁公司也选用了调压型动态无功补偿装置。

2005 年济宁二矿矸石电厂建成后，由于设计不合理，不能正常发电，原因是 6KV 联络线配置感性无功过大，出现发电机出口电压高，但仍带不上负荷的情况。2005 年我和该厂技术人员陈彬、李万利等分析发电系统存在的问题，将串联限流电抗器退出并在 6000 伏母线安装一套 DWZT--4000/6.3 调压型动态无功补偿装置，改造后使电厂发电机出口电压正常能带满负荷，提高了发电机出力，降低了线损。改造成功后电厂技术人员在煤炭加工与综合利用杂志上发表了“电压型无功补偿装置在济宁二矿煤矿石热电厂的应用”的技术论文。

类似典型示范项目的推广项目还有许多，国网乌海供电公司地区变电站，胜利油田变电站，无功改造项目都非常成功。胜利油田设计院已将调压型动态无功补偿方案列入典型设计在油田推广使用。

8、通过技术合作和专利转让方式，开展和无功补偿设备制造企业的合作，让他们掌握生产调试该技术，让他们在技术合作中取得经济利益，大面积推广该节能技术。

从 2004 年实用新型专利授权后我已先后通过技术合作，专利转让等方式将专利技术转让给北京思能达科技有限公司，山东泰开电力电子公司，河南艾迪赛特公司，锦州通利公司等，让他们在市场上推广节能技术，北京思能达科技有限公司 2005 年利用该专利技术在北京投资 100 万注册公司，到 2008 年已发展为年销售量达 8000 万元的高科技公司，山东泰开电力电子公司及河南艾迪赛特公司，通过调压型动态无功补偿技术，取得了丰厚

的利润，并提高了他们在无功补偿行业和知名度。同时通过专利转让发明人也可以有一定的经济收入，为完善该节能技术，并开发新的节能技术，提供资金帮助。

二、举一反三，完善节能技术，条件成熟时，开展新节能节电技术的研究。

一项发明创造也好，一项专利技术也好，要想很好推广必须不断完善，在完善中推广，在推广中完善。完善过程中会有新的发现，可以产生新的技术。完善过程中一是对技术推广中发现的问题进行解决。二是能否将该技术用于其它行业及领域。调压型动态无功补偿技术研制成功后，我们对该技术（主要是有载调压技术）在其它领域的应用进行了开发。开发了低压配电系统无功补偿装置，调压型路灯节能电源，变压器集中动态无功补偿装置等，并申请了多项专利。较成熟的是变压器集中动态无功补偿装置（自补偿变压器）的开发。

这里重点介绍一下自补偿节能配电变压器项目的情况。针对电力系统损耗主要发生在输电线路和电力变压器上，其中电力变压器损耗约 60%，尤其是配电变压器，其损耗约线损电量的 50% 以上。全国年损耗电量高达 1700 亿 KWH，是三峡电站年发电量的 1.7 倍。从 2012 年开始自补偿变压器的研究，技术方案确定后 2012 年 5 月向国家知识产权局申请了发明专利，专利名称“变压器集中补偿装置”。一方面制造样机，另一方面准备技术资料，接受发明专利的实质性审查，争取专利授权。从 2013 年起国家知识产权局专利审查部门对该专利进行了三次审查，但均没通过。

我认为没有通过的原因其一是专利申请中写法存在问题，没能对专利的新颖性作出充分的说明，其二是专利审查人员多数都是年轻博士、硕士，理论知识多而经历少实际经验不足，看不到专利的新颖性及对节能工作的作用，因此未能及时授权。2016 年底我又编写了全面的复审材料，要求复审委员会复审，2017 年初复审委员会复审认为审查人员驳回意见理由不足，要求重新审查，直到 2017 年底重新审查通过，2017 年 10 月授予发明专利权，并颁发了证书。申请专利是保护知识产权及保护发明人正当权益的主要手段，也是技术推广的有利条件。因此我用了 5 年多的时间，拿到了专利证书。从 2013 年底到 2015 年底我和合作单位共同作出了样机，并在中国电科院配网试验室根据国家配电变压器标准进行了型式试验，各项技术指标符合国家标准。利用中国电科院 400V 可调功率因数负荷进行了样机的节能试验，样机在 60% 负荷功率因数 0.8 的状态下投入自补偿装置 10KV 倒电流由 13.36A 降到 11.07A，变压器发热损耗降低 30%，节能效果十分明显，样机损耗可达到国家一级能耗标准。样机分别在国网许昌供电公司和国网南阳供电公司挂网试运行。运行数据表明样机可把变压器运行功率因数由 0.83 提高到 0.91，节能效果明显，且运行可靠。目前正编写项目鉴定材料，进行鉴定，并上报国家发改委和工信部，争取列入国家节能推广目录进行推广。上报国家节能中心，争取通过节能认证，并在全国推广。

三、未来继续做好节能技术开发与节能产品的推广。几年来，我在节电技术开发了作了一些工作，取得了一点成绩，但节能技

术推广确没能做好。今年我七十四岁，能够继续健康工作的时间已经不多。按照活到老学到老干到老的原则，只要身体条件许可将继续参与用电、供电企业的节能技术研究及推广工作。

作为自补偿节能配电变压器的发明人这两年将通过各种渠道做好自补偿节能配电变压器的推广工作。首先是争取国家节能中心的支持与帮助，通过节能中心让用户、制造厂家了解自补偿节能配电变压器节能原理、构造及节能效果，创造条件能在 2018 年召开自补偿节能配电变压器技术推介会。其次通过技术合作，专利转让等方式，和配电变压器制造商合作，推广自补偿节能配电变压器，实现国家发改委、工信部、技术监督局制定的配电变压器能效提升计划中配电变压器节能示范基地的建设。做好自补偿节能配电变压器在国网公司、南方电网公司的普及应用工作，争取 2018 年能批量试用并列入招标目录。

有载自耦调压节能技术，已经在供电系统推广使用，并取得明显的节能效果，同时它也可以应用于用电系统，尤其城市照明及交流电机节能。我准备寻找合作伙伴进行调压节能交流电机的技术研究，争取 2018 年写出技术方案，并申请国家专利，2019 年高压交流电机调压节能装置样机投入试运行，2020 年上半年进行项目鉴定，在开发过程争取国家政策和资金的支持。

电力系统节能空间十分巨大，做好电力节能技术的研究推广工作可以节约能源，为保护人类生存环境作出贡献。愿通过本人节能故事的介绍，加强同行交流经验，共同做好电力节能技术的研究开发、推广工作，共同为电力节能作出更大的贡献！

2018年4月10日

故事主人公介绍:

黄留欣，已七十多岁，2004年退休，从2000年开始从事电力节能技术的开发与推广工作，围绕电力节能技术，申请了10项专利，国家知识产权局已授权8项，其中两项已在国内推广，一项正在推广。编写这个故事的目的—是介绍电力节能技术，促进电力节能工作的开展，二是和同行交流经验。