

# 我国高校继电保护学科的奠基人

——记顾毓琇电机工程奖首位获奖者贺家李先生

◆ 李 辉 贾孝芬

2010年10月25日晚，首届中国电机工程学会顾毓琇电机工程奖颁奖仪式在杭州之江饭店千人会堂隆重举行。天津大学教授贺家李，凭借在电力系统继电保护领域的突出成就，成为中国电机工程学会顾毓琇电机工程奖首位获奖者。这位年届86岁，仍工作在教学、科研第一线的长者，是中国第一代继电保护教师和研究者的杰出代表。

## 1 志存高远，投身电机事业

1925年，贺家李出生于陕西省西安市的一书香之家。其父贺绂之的书房门上写着“尚友圣贤，继维东亚文化；旁研科哲，遐思西方美人”。父亲学识渊博，精通四书五经，研习西方文化。父亲给贺家李讲解道：这里的“西方美人”指的是西方国家的优秀哲学思想和发达的科学技术。中国传统伦理道德的精华是一个人的立身之本，而西方国家的科学技术则是报效国家的本领。因此，贺家李自小就在心中树立了学习科学、报效祖国的理想。

贺家李的父亲在辛亥革命前的1908年秘密加入了孙中山先生创办的同盟会。并联络几位志同道合的好友组织了革命秘密团体“丽泽馆”，还出版刊物《丽泽随笔》。1911年辛亥革命爆发，他参加了起义，带兵消灭政府军残部。后来担任了冯玉祥将军部队某部政治处处长等职。1931年，退出军界，任陕西省教育会评议员，督导教育工作，并投身于孤儿院、红十字会等慈善事业。他著书《孔孟学说的科学性》，指出中国的孔孟学说中的精华和西方的古典哲学有很多相似之处，都具有科学性，都是人类文明的伟大成就。

在贺家李很小的时候，父亲就教他背诵《大学》、《中庸》，并向他讲授科学救国的道理，勉励他向留德归来的、设计和建设了泾惠渠、渭惠



贺家李教授，2010年10月21日

渠两大灌溉系统，造福关中数百万人民的水利专家李仪祉博士学习。父亲的民主爱国思想和治学精神对贺家李影响极深，同样，李仪祉博士的学识与敬业精神也对他的成长产生了深远的影响，并成为他心中的偶像。

贺家李从7岁开始，先后就读于陕西省女师附小和力行中学。他天资聪颖、勤奋好学，学习成绩始终名列年级第一。在课余，他最喜欢买些零件自己动手做小实验。成功组装出矿石收音机后，初一的他心中充满了憧憬，立志要成为一名电机工程师。

1941年日军轰炸西安，高中外迁，贺家李到陕西省三原高中学习。由于他学习成绩出类拔萃，高中毕业获得了保送迁至四川的国立武汉大学的学习机会。然而，战乱年代父母不放心他离家太远，因而他毅然放弃了保送机会，报考坐落在陕南的西北工学院，因为该校是以声望很高的北洋大学为主组建而成的。1946年经时任西北工学院电机系主任、著名电机专家刘锡英教授的推荐，贺家李辗转来到渤海之滨天津的北洋大学就



读。1948年，他以第三名的优异成绩毕业，获得学士学位，并留校任教。随着新中国的成立，贺家李的教学、科研生涯从此开始。

## 2 敢于探索，奠定继电保护学科基础

被誉为电网保护神的继电保护，是电力系统安全可靠运行的重要保障。新中国成立之初，中国高校尚无电力系统继电保护专业，但又急需这方面的专业人才。政府于1950年决定扩建哈尔滨工业大学，聘请苏联教授，重点培养工业部门的工程师和大学的理工科师资。贺家李受北洋大学选派，赴哈尔滨工业大学攻读研究生，首次接触到了电力系统继电保护与故障分析的专业知识，成为新中国最早学习继电保护与故障分析的5位学者之一，也是唯一一位在学成之后在高校继续从事该领域研究与教学的科研工作者。在哈工大期间，他还作为苏联教授的助手，用俄语给中、俄的本科生上习题课。从此他体验到了作为教师的责任和乐趣，也坚定了毕生走教学与研究道路的决心。

1953年，贺家李回到了天津大学（1952年北洋大学改名为天津大学），从事教学与研究工作。他首次在国内创立了电力系统继电保护和自动化专业，开设了相关的专业课和专题课，编写了教材，还接收外校教师来天津大学进修。这在很大程度上加速了各高校电力系统继电保护专业的建设与发展，以及专业技术人才的培养。1954年贺家李率先在天津大学设计和建立了当时比较先进的计算工具“直流计算台”，创建了国内高校中第一个短路电流和继电保护实验室，为短路电流和继电保护课程的实验教学奠定了坚实的物质基础。

1955年，四川狮子滩水电厂由于一条35kV的输电线路很短，我国和苏联都没有现成的快速继电保护装置，因而无法按时投产发电。贺家李得知此消息后，便主动请缨：“我试试看”。他承担了短距离输电线路继电保护新原理和装置的研制任务，创造性地提出了“输电线方向纵差动保护原理”，并成功研制出相应的保护装置，确保狮子滩水电厂的如期发电，填补了国内空白，并且在可靠性和灵敏性方面优于苏联哈尔可夫工学院研制的短线路保护装置。为此贺家李被评为全国劳动模范，并作为天津市劳模代表出席了全国首

届先进工作者代表大会，获得了劳动光荣奖章，受到毛泽东、刘少奇、朱德、周恩来等中央领导人的接见。这是贺家李一生中最难忘的时刻。

当时天津大学考虑到贺家李的卓越贡献，准备晋升他为副教授，但被他婉拒了。他说：“我还年轻，学识还不够，还是多锻炼几年好。”

## 3 持之以恒，勇攀科学高峰

1958年底，贺家李赴莫斯科动力学院研究生院学习，攻读副博士学位。他跟随苏联电力系统继电保护首席权威、国际著名的电力系统继电保护专家A·M·费多谢也夫教授，研究输电线高频保护。



年轻时的照片

在学习和研究中，贺家李并不拘泥于导师的观点，他认为虽然纵联保护是输电线最理想的保护方式，但由于必须要有通信通道交换故障信息，因而会受通道性能和可靠性的影响和制约。他提出了将输电线故障点产生的高频分量的某个频率段用两端阻波器阻挡并加以利用的方法，实现无通道快速保护的设想。

当他将自己的无通道快速保护设想告诉导师时，教授非常好奇，便问道：“你是从哪里看来的？”贺家李答道：“是我自己想的。”导师对贺家李勇于创新、敢于探索的科研精神非常欣赏，并支持他的想法。

当时没有电子计算机，他只能用手摇计算器进行大量计算。虽然阻波器的结构设计出来了，但由于所需信号频率和幅值变化的范围很大，模拟式继电保护硬件无法可靠反应。因而他只好将这种无通道快速保护思想写在论文里，以待条件成熟时再重启研制。

留学苏联的锤炼，奠定了贺家李在继电保护领域一生成就的科学基础。学成后他带着沉甸甸的两箱书籍回到了祖国，从高起点开始其科研和



周恩来总理接见,前排左一为贺家李

教学生涯。

贺家李将留学期间研究的输电线路高频相差保护的改进原理和方法应用于国内第一条330kV线路的高频相差保护,并提出了提高长线路相差保护性能的4项措施:发讯机远方启动、保护装置三相负序电流启动、两半波比相和频率调制。其中前3项在330kV线路的高频保护中得到应用后,提高了保护的可靠性和动作速度。他还将这种保护原理推广应用于三端线路,解决了三端线路上应用高频相差保护的难题。几年后,贺家李提出的这种新原理也在苏联的分支线路高频相差保护中得到应用。

1973年,从甘肃某地向有色金属冶炼基地供电的220kV输电线路开始建设。但因线路比较长又很重要,要求在一相断开后其余两相仍能在短时期内运行。当时的各种保护原理均满足不了此要求。受西北电力设计院的委托,贺家李接受了这一研制任务。他提出了“相电压补偿式方向元件”的原理和结构。由西北电力设计院等4个单位组成的科研组,在他的指导下,在天津大学经过一年的实验论证,研制出以此元件为基础的新型方向高频保护装置。该装置实现了保护装置在两相运行状态下仍能正确反应故障,方向性强,伴随系统振荡时发生反向故障,且在任何过渡电阻下都不误动。该保护装置自1977年投入实际运行的20余年中,多次正确动作,排除了线路上的重大故障,确保了给我国有色金属工业基地可靠供电,创造了巨大的经济效益。贺家李也因此于1977年被天津市文教委员会破格提升为教授。当年整个天津市被破格提升为教授的仅两人。1978年他出席了第一次全国科学大会,并获科学大会奖。

贺家李科研的步伐没有因各项荣誉的纷至沓来而有丝毫停滞。1978年,受北京电力设计

院和华北电管局的委托,他又承担了研制大同至北京500kV输电线路高频保护的任务。他以“相电压补偿式方向元件”为基础研制了用于500kV输电线路的新型静态方向高频保护装置,并于1980年投入运行,性能优良,保证了该线路按期投产向首都送电。1984年,鉴于他在科技事业上的不懈追求与拼搏精神,成果显著,再次被评为天津市劳动模范。

在贺家李的生活和工作中,从来就没有节假日的概念。在研究相电压补偿方向元件过程中,贺家李带领科研组在实验室进行上千次静模试验和数次动模试验,终于研制出第一套国产500kV输电线路的静态方向高频保护装置。1985年,水电部决定将这套国产保护装置与国外的几套保护装置同时在葛洲坝至武汉的500kV超高压输电线路运行。实践表明,该装置运行20多年,动作正确,而进口设备多次出现不正确动作。运行经验表明,贺家李科研组研发的保护装置由于符合我国电网的实际情况,其运行特性一般都优于国外产品。这套静态方向高频保护后来大量应用于西北330kV和山西500kV电网,成为20世纪80年代超高压线路快速保护的主流产品之一,为国家创造了巨大的经济效益和社会效益。1988年贺家李因此获得了水电部科技进步二等奖。

#### 4 不断创新,开拓研究新方向

贺家李还在众多机构中担任学术要职。繁重的社会工作占去了他很多时间,但他在学术研究上丝毫没有松懈。他始终不忘父亲的谆谆教诲,感恩国家的大力培养。他甘愿为科学事业奉献终身,在艰难的科研道路上不断创新。

改革开放,给贺家李带来了科研的黄金时期。身为电力系统及其自动化学科领域的权威专家之一的他,从不墨守成规,更不囿于现有的科研思想与手段。从1988年起,贺家李主持研究微机成套线路保护装置。所研制的多套微机保护装置至今仍在电力系统中运行。该项研究成果获1999年教育部科技进步二等奖。1986~1990年间,贺家李主持研究“七五”国家科技攻关项目——输变电站主要设备的故障诊断。1991年该项目经国家验收,获部级荣誉证书。他主持研究的神经网络距离保护,参加研究的集成电路保



指导外籍学生

护, 均获国家教委科技进步二等奖。

随着计算机网络的发展, 为了简化变电站二次系统, 节约大量并行电缆并提高系统效能和可靠性, 贺家李于1992年在国内率先提出了保护、控制、测量、信号、数据通信一体化的概念, 即用同一台微机装置同时实现这5种功能。变电站的这些微机一体化装置用计算机光纤网络连接起来, 再与调度联网。为此, 1992~1993年贺家李获得批准研究一体化设备的博士点基金项目和国家自然科学基金项目各一项。到了21世纪, 随着光电互感器的研发与应用, 光纤通信技术和网络技术的发展, 国际电工委员会(IEC)陆续颁布了数字化变电站自动化系统和通信网络的国际标准, 由此派生出的厂域保护和控制的思想都与贺家李早先提出的一体化装置思想不谋而合。

随着全国联网的进行、三峡水电厂的建设, 贺家李指出:大型电站及重要的超高压多回路母线故障对整个电网的安全可靠运行带来了极大的威胁。为此, 他申请了基于计算机网络的并行处理的自适应微机母线保护与控制的博士点基金项目, 首次提出并研制了分布式母线保护原理与装置, 有关学术成果也在IEEE的学术会议和核心期刊上予以发表。从技术、经济等方面来看, 分布式母线保护是电力系统母线保护发展的必然趋势。目前分布式母线保护装置在国际上已从学术研究领域走向工业应用, 取得了良好的运行经验与发展。此外, 贺家李还很关注人工智能的发展及其在各领域的应用, 并指导博士生探索继电保护新概念, 用人工智能方法使继电保护原理跳出传统模式。在此理念的指导下, 于1999年完成了神经网络继电保护的博士点基金项目。

鉴于贺家李在电力系统继电保护领域的卓



接受俄罗斯工程院院士证书

越研究, 多项研究成果已为国际继电保护界所认可, 贡献卓著, 因此1999年俄罗斯圣彼得堡工程院选举他为外籍院士, 2000年又当选为俄罗斯工程院外籍院士。

我国用于发电的一次能源与电力负荷的地理分布很不均衡。在此背景下, 贺家李在20世纪90年代提出: 要想解决21世纪国民经济发展的能源供应问题, 必须建设兆伏级特高压输电线路, 实现西电东送。为此他提出申请“特高压输电”的自然科学基金项目, 但未能获得批准, 理由是时机尚不成熟。前苏联是世界上唯一有特高压输电线路运行经验的国家, 因此, 贺家李于2001年特地邀请俄罗斯莫斯科动力学院巴拉班诺夫教授来华进行为期3个月的学术交流, 就特高压输电相关领域的研究进行深入探讨, 并正式在天津大学开辟了特高压输电线路继电保护与过电压的研究领域。贺家李还邀请国内兄弟院校和科研院所的科研工作者, 在天津大学听取俄罗斯专家的经验介绍和进行学术讨论。就在贺家李指导课题组在特高压保护控制领域初探时, 国家经过多方论证, 决定在西北建设750kV输电线路。这是我国电压等级向特高压领域迈进的重要一步。这更加坚定了贺家李在特高压系统的保护控制领域研究的决心和信心。

2002年, 贺家李及夫人赴美国西雅图探望女儿。贺家李到达西雅图后, 每天乘公交车到华盛顿州立大学图书馆查阅资料, 并发现了当时还鲜为国人所知的大量750kV及以上特高压输电的资料。为此他在美国探亲期间撰写了特高压输电线的特点及其保护与过电压控制的高水平论文。当他将自己的学习记录和论文发回天津大学时, 课题组所有人员都惊呆了, 谁也没想到在美国度

假的贺老师会在短时间内完成如此大的工作量，撰写如此高水平的论文。大家在惊叹贺家李对新课题高深的学术认知的同时，对他一如既往，矢志不渝的钻研精神更是钦佩不已！

贺家李撰写的两篇特高压输电系统保护和过电压控制的论文被国内核心刊物陆续发表。他还在全国继电保护专业会议上作了750kV线路保护和过电压问题的综述报告，对特高压线路保护和过电压的研究起到了推动作用。

贺家李指出，特高压远距离输电线路具有电容电流很大、分布参数特性明显、过电压严重等特征，传统的继电保护原理应用于特高压输电线路时原理上有缺陷，这就给继电保护、控制领域带来新的难题与科研目标。他指导研究生进行研究，提出了完善的特高压输电线路继电保护配置方案，并提出了兆伏级特高压输电线路的光纤电流差动保护新原理、分相电流相位差动保护、能量方向纵联保护新原理以及基于分布参数特性的距离保护新原理等。这些理论研究成果陆续在国内外核心学术刊物和国际会议上发表，引起了国内外学者的广泛关注。贺家李也多次受邀在国际、国内会议上做大会报告。

另一方面，在国家电网公司和科研单位的积极推动下，国家在“十一五”规划纲要、国家中长期科技发展规划纲要中均明确提出了“重点研究开发大容量远距离特高压交流输电技术与装备”。国家电网公司决定建设中国第一条1000kV特高压输电示范线路。这一重大决定无疑更加推进了特高压领域研究成果的产业化。国内权威继电保护研发制造企业和公司先后与贺家李课题组建立合作关系，逐步将理论成果实用化。在后续的科研过程中，贺家李课题组在特高压输电系统保护控制领域的研究又获得两项国家自然科学基金项目。根据贺家李提出的基于贝瑞隆模型的分相差动保护原理研制的装置，已成功地运行于我国第一条1000kV输电线路。

值得一提的是，在后续的这些科研项目中，贺家李都主动让年轻人负责项目，自己甘当“配角”。并戏称自己是青年人的“后备保护”。

## 5 执教60载，培养专业人才

除了在科研领域取得辉煌成就以外，贺家李在教育领域也是硕果累累。他从1962年起就开始



白头偕老

培养研究生，1981年被国务院学位委员会批准为首批博士生导师。他是我国电力系统继电保护专业的奠基人和开拓者，培养了一批高级人才，对该专业的发展起了重要作用。

贺家李曾长期担任中国电力工程专业教材编审委员会副主任委员，讨论制订高等学校电力工程类专业的教学大纲，指导教材的编写工作。他任主编撰写的教材《电力系统继电保护原理》与专著《超高压输电线故障分析与继电保护》，分别获国家优秀教材奖和水电部电力优秀科技图书一等奖，其中《电力系统继电保护原理》一书已成为中国电力系统继电保护专业的权威教材。2007年该书再次被列为“十一五”国家级规划教材。

贺家李曾受教育部研究生司委托主持制订了电力系统及其自动化专业硕士生的第一个培养方案。为促进我国高校在科研教育领域的广泛交流，贺家李在20世纪80年代初提出了定期在国内各高校轮流开展“专业学术年会”的想法，并得到国内各高校的一致拥护。1985年，由贺家李发起并主持，邀请国内众多重点院校参与，在天津大学召开了第一届“全国高校电力系统及其自动化学术年会”。该年会一直延续至今，成为该专业教师和博士生、硕士生的重要学术论坛。

1989年，又是在贺家李的积极奔走努力下，创办了《电力系统及其自动化学报》，并由他担任学报的编委会主任。学术年会、专业学报的创办，大大促进了电力系统及其自动化专业的学术水平的提高。鉴于他毕生的辛勤耕耘和贡献，贺家李被中华教育基金会的许继奖教金授予特殊贡献奖。

计算机技术、通信技术的飞速发展，给继电



保护原理与技术注入了新的活力。为使继电保护现场技术工作人员的专业知识和技能随着科技的发展而不断更新和提高,在贺家李的积极筹划下,于1997年在天津大学创办了“电力研究与培训中心”。他亲自撰写多种教材,亲自授课。给华北电网以及山西、山东、内蒙古等地电网的2000余继电保护运行人员进行了系统培训和专题培训。他还主动留下电话号码和邮箱地址,以便日后联系和进行讨论。学员们对他这种诲人不倦的精神给予了高度评价。但也有人对此不理解,包括他的子女,认为贺先生这么大岁数,这么高的威望,该享享清福了,何必亲自上讲台讲课?可贺家李却说:“过了古稀之年还能上讲台,是人生最大的幸福!”他把讲课的酬金大部分捐给了天津大学的“北洋励学金”。

至今,贺家李依然没有节假日的概念。他说:“我什么都不缺,就缺时间。”他将节约的每一分钟都用在了科研和教学上,年过八旬的他,仍工作在第一线。他常说:“人生也有涯,而知也无涯。”这就是他直到老年仍孜孜好学,手不释卷的心得和体会。

贺家李先生一生热爱电力系统继电保护事业,勤勤恳恳,孜孜不倦。其治学精神做到了“苟日新,日日新,又日新”。而他的人生修养更是永葆年轻单纯,执教60载,精神不减当年。他一向严于律己、宽以待人。贺先生的品德风貌,尽显大师风范,受到师生敬仰。👍

### 贺家李主要论著

- [1] 贺家李. 650~750KV输电线路幅-相差动保护的研究(俄文). 莫斯科动力学院副博士论文, 1961
- [2] 贺家李. 短距离输电线路纵差动保护构成的新原理. 天津大学学报, 1963, (12): 47-60
- [3] 贺家李, 李广铃. 利用高频发信机远方启动原理提高相差动高频保护性能的研究. 天津大学学报, 1964, (16): 31-48
- [4] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理. 北京: 中国电力出版社, 1979, 第二版(1985), 第三版(1991), 增订版(2004), 第四版(2010).
- [5] He Jiali, Zhang Yuanhui, Yang Nianci. New type power line carrier relaying system with directional comparison for EHV transmission lines. IEEE Transaction PAS-103, 1984: 429-436

- [6] 贺家李, 葛耀中. 超高压输电线路故障分析与继电保护. 北京: 科学出版社, 1987
- [7] 贺家李. 电力系统谐波对继电保护工作影响的研究(英文). 二次电力系统谐波国际会议论文集, 温尼伯, 加拿大, 1986
- [8] He Jiali, Li Chunlin, Li Yongli. Digital simulation of protective relaying systems of 500kV transmission lines. IEEE/CSEE Joint Conference on High-Voltage Transmission System in China. 1987 Beijing, China: 404-409
- [9] 张艳霞, 贺家李, 等. 反应全相及非全相状态下各种故障的方向元件. 中国电机工程学报, 1995, 15 (6): 429-434
- [10] He Jiali, Wang Gang, Li Yongli. Directional relay for power line carrier protection with directional comparison for extra high voltage transmission lines. Transactions of Tianjin University, 1996, 2 (1) :1-6
- [11] He Jiali, Luo Shanshan, et al. Implementation of a distributed digital bus protection. IEEE Transactions on Power Delivery, 1997, 12 (4): 1445-1451
- [12] He Jiali, Duan Yuqian. Distance relay protection based on ANN. Proceedings of Fourth International Conference on APSCOM, IEE Hong Kong, 1997
- [13] He Jiali, Sun Yaming, He Jihong. Fault location and recoding system of transmission lines based on computer network. Transaction of Tianjin University, 1987, (1): 15-21
- [14] 段玉倩, 贺家李. 基于人工神经网络的微机变压器保护. 中国电机工程学报, 1998, 18 (3): 190-194
- [15] 贺家李, 李永丽, 郭征, 等. 特高压输电线路继电保护配置方案: (一)特高压输电线路的结构与运行特点. 电力系统自动化, 2002, 26 (23): 1-6
- [16] 贺家李, 李永丽, 李斌, 等. 特高压输电线路继电保护配置方案: (二)保护配置方案. 电力系统自动化, 2002, 26 (24): 1-6.
- [17] 贺家李, 郭征, 杨晓军, 等. 继电保护的可靠性与动态性能仿真. 电网技术, 2004, 28 (9): 18-22.
- [18] 贺家李, 郭征. 有串补电容输电线路分相电流差动保护的新原理. 继电器, 2005, 33 (1): 1-9.
- [19] He Jiali, Li Yongli, Li Bin, et al. New relay protection principles used on UHV power transmission. China-Korea forum on Protective Relaying, Jeju, Korea, 2006

### 撰写参考文献

- [1] 李斌, 贺家李. 二十世纪中国知名科学家学术成就概览·能源与矿业工程卷