



回顾与展

中国带电作业
六十年

中国电力企业联合会◎编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



回顾与展

中国带电作业

六十年

中国电力企业联合会◎编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是对我国带电作业发展六十年的回顾与展望,分为历史发展、技术发展、企业发展三个部分。历史发展部分主要讲述了我国自1954年至今的带电作业发展历程,经历了开端、积累、发展、创新、成熟、突破六个历史时期;技术发展部分包括输电带电作业发展、变电带电作业发展、配电线路带电作业发展、带电作业技术标准化发展、带电作业工器具发展等五个发展方向;企业发展部分囊括了近三十个供电公司的带电作业发展情况。整本书从时间跨度、技术跨度以及企业自身发展三个方面详细回顾了我国带电作业的发展情况以及取得的辉煌成就。

图书在版编目(CIP)数据

回顾与发展:中国带电作业六十年/中国电力企业联合会编. — 北京:中国水利水电出版社, 2014. 11
ISBN 978-7-5170-2641-9

I. ①回… II. ①中… III. ①带电作业—概况—中国
IV. ①TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第245929号

责任编辑:王 梅

E-mail: wm@waterpub.com.cn

封面设计:时代澄宇

书 名	回顾与发展——中国带电作业六十年
作 者	中国电力企业联合会
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京印匠彩色印刷有限公司
规 格	210mm×285mm 16开本 25.5印张 680千字
版 次	2014年11月第1版 2014年11月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	398.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



回顾与发展——中国带电作业六十年

编委会名单

主任：魏昭峰

副主任：沈维春

委员：江宇峰 胡小正 许松林 米建华 宋桓嘉

崔江流 胡毅 戴庆华 李龙 樊灵孟

编写组名单

主编：崔江流

副主编：胡毅 蚁泽沛 樊灵孟 刘洪正 易辉 刘晓玲

成员：陈鹏 方玉群 高天宝 高文婷 龚坚刚 龚政雄

郭海云 郝旭东 孔晨华 孔令宇 李薇 李如虎

林光龙 林土方 刘凯 刘夏清 陆益民 马建国

宁昕 牛捷 沈庆河 汤美云 陶留海 肖坤

薛岩 杨晓翔 张勇 张锦秀 张振泉 朱亮

从历史走向未来

历经峥嵘岁月的往事，践行时代前行的步伐，2014 年我国带电作业迎来它的 60 华诞。

60 年前，即 20 世纪 50 年代，新中国成立之初，全国各地气象万千、百废待兴。当时我国最大的钢铁生产基地——辽宁鞍山钢铁集团公司担负着供应全国经济建设所需钢材的重任，鞍钢供电线路的不停电尤为关键。为解决线路检修用户不停电问题，鞍山电业局职工首先在 3.3kV 线路上实现了不停电检修的作业方法——带电作业，由此开创了我国带电作业的先河。

1954 年 5 月 12 日，鞍山电业局以“生字 0358 号”通知号召全体职工开展带电作业技术的研究，这一天即作为我国带电作业的创始日载入我国电业发展的史册。

1956 年 6 月，鞍山电业局成立了全国第一个带电作业专业班。

1957 年 10 月，东北电管局设计出第一套 220kV 高压输电线路的带电作业工具。

1958 年，辽宁电业局举办了全国第一次较大规模的带电作业现场操作表演。

1958 年，沈阳电业局中心试验所第一次完成了在 220kV 高压输电线路上等电位修补导线的作业，开创了我国带电作业的新篇章。

当时新中国的重工基地——东北作为我国带电作业的中心，在不断探索中前行，在不断开拓中发展。截至 20 世纪 50 年代末，我国已基本具备了 3.3~220kV（35/（66）110/220kV）输、变、配电带电作业的技术能力。

20 世纪 60 年代到 90 年代末，我国的高压和超高压输电线路的带电作业获得了快速、全面的发展。

整个 60 年代，全国大部分省（市）供电局相继成立了带电作业班，带电作业已从

——写在《回顾与发展——中国带电作业六十年》前

单纯性的技术推广转入到结合本单位生产任务的实用和创新发展；作业工具在轻便化、绳索化方面有了长足的进步；作业项目也向带电更换导、地线，移动杆塔，改造塔头等更复杂的项目发展。

1968 年鞍山电业局在全国首次完成沿绝缘子串进入 220kV 强电场的方法，并迅速在全国推广。

1971 年 3 月，西北关中供电局宝鸡分局职工身着“工学一号”、“工学二号”均压服第一次成功进入 330kV 刘天关超高压输电线路进行等电位作业，自此我国等电位作业从 220kV 跨入 330kV 的新高度。

1973~1975 年浙西供电局开展了 110kV 新衢线升压至 220kV 高压输电线路的大会战，将 16 种不同规格的 306 基水泥双杆带电升压，当时创造了带电作业的奇迹。

1979 年 3 月东北电管局召开了我国第一条国产设备 500kV 超高压交流“元锦辽海输电线路维护座谈会”，会上第一次拟定了我国 500kV 超高压交流输电线路带电作业项目开发规划。

6 年后的 1985 年 10 月，电力部武汉高压研究院结合我国第一条 500kV 超高压直流葛上线的投运召开了“500kV 超高压直流葛上线带电作业座谈会”。会上第一次提出我国 500kV 超高压直流输电线路带电作业研究课题，组成了超高压直流输电线路带电作业课题小组。

这两次座谈会先后开启了全国电力系统各科研单位、供电企业在 500kV 超高压交、直流输电线路带电作业方面的理论研究、作业项目开发、工器具研制、安全技术管理、标准制定等多方面的研究开发热潮并绵延至 90 年代末，成为 20 世纪 60 年代至 90

年代末我国带电作业最华彩的篇章,并为 21 世纪我国特高压带电作业的研究打下基础。

20 世纪 80 年代中期至 90 年代末,我国带电作业在快速、全面发展的同时,也进入了标准化发展的阶段。1984 年,中国带电作业标准化委员会成立,此后在国家相关部委和带电作业标委会的统一组织和推动下,在带电作业技术条件、工器具、防护试验等方面编制了一系列标准,为确保带电作业的安全奠定了坚实基础。1991 年 3 月电力部颁布了《电业安全工作规程》(DL409—1),该规程首次对带电作业的安全距离、技术措施、工器具试验进行了系统性规定,标志着我国带电作业在标准化的进程中实现了质的飞跃。

历史跨入 21 世纪的门槛,为配合国家西电东送在大范围内实现能源优化配置的战略方针,我国特高压、大容量、远距离交流 1000kV、直流 $\pm 800\text{kV}$ 输电线路相继投运。我国特高压交、直流输电线路带电作业的理论研究在技术参数、作业方法、人员防护、作业工器具的研制等各方面都取得了创新性的成果,并走在了世界的前列,同时 750kV、 $\pm 600\text{kV}$ 特高压交、直流输电线路带电作业的技术研究和实际应用也取得了可喜的成绩。

为建设环境友好型、资产节约型社会,我国 110kV、220kV、500kV 同塔双回、多回输电线路,紧凑型线路也快速增多,高压和超高压输电线路带电作业技术随着 21 世纪的到来也步入了一个更加精细化发展的全新时期。

随着全社会对供电可靠性要求的不断提高和我国城镇化的快速发展,配电带电作业作为提高供电可靠性不可或缺的手段,也迎来了它蓬勃发展的新时期。目前 10kV 线路带电作业常规项目已广为推广,较为复杂的作业项目不断拓展,此外为保证可靠供电,实现用户完全不停电,研究了一系列以旁路带电作业为核心的不停电作业方法。

60 年来,中国带电作业记录了电力前辈的奋斗历史,也凝聚了电力同仁的思想精髓,带电作业是电力生产的常青树,是“科学是第一生产力”的伟大实践。今天,站在新的历史起点上,带电作业将薪火相传、继往开来,开启中国带电作业更加广阔的新征程。

编 者

2014 年 10 月

目 录

历史发展

开端（1954—1964 年）	002
积累（1965—1974 年）	017
发展（1975—1984 年）	035
创新（1985—1994 年）	059
成熟（1995—2004 年）	095
突破（2005—2014 年）	106

技术发展

输电带电作业发展	136
变电带电作业发展	177
配电带电作业发展	186
带电作业技术标准化发展	202
带电作业工器具发展	222

企业发展

北京地区配网带电作业情况——北京市电力公司	238
通用航空有限公司	242
科技引领 创新为先——冀北电力有限公司带电作业培训中心	244
实践中发展起来的天津带电作业——天津电力公司	248
内蒙古 500kV 带电作业新方法和新工具的研究与应用 ——内蒙古超高压供电局	250
开拓进取 求实创新——蒙东检修公司	254
巴彦淖尔电业局配网带电作业创新之路——巴彦淖尔电业局	256
辛勤耕耘，科技引领——张家口供电公司	258
规范管理 筑造实力 持续推进配网带电作业勇攀新高 ——临汾供电公司	263

积极开展带电作业 提高供电可靠性——长春供电公司	265
砥砺风雨见彩虹——齐齐哈尔供电公司	268
与时俱进 不断创新——上海市电力公司	272
以创新为载体, 深入实施配网不停电作业全过程管控 ——厦门供电公司	274
烟台带电作业发展史——烟台供电公司	278
淄博供电公司带电作业——淄博供电公司	281
科技引领 银线起舞铸辉煌——金华供电公司	284
继往开来 求实创新——杭州供电公司	287
以科技创新为先导, 助推带电作业全面发展——衢州供电公司	290
技术铸造辉煌 开拓成就梦想——温岭供电公司	295
坚持带电作业创新持续发展——九江供电公司	298
积极首创, “研、培、用” 一体化——南方电网超高压输电公司	303
南网人“带电” 逐梦——广州供电公司	306
攻坚克难护航铁塔银线——广东省输变电工程公司	310
攻坚克难 筑牢安全基础——河南省电力公司检修公司	313
湖南带电作业“产、学、研” 一体化管理探索与实践 ——湖南省电力公司带电作业中心	315
平顶山供电公司线路管理和带电作业回顾——平顶山供电公司	318
继承发展 再铸辉煌——云南省电力公司	320
创新引领 750kV 输电线路带电作业大安全 ——甘肃省电力公司检修公司	324
光辉岁月——红河供电公司	328
莫道起步晚, 奋起直追向前赶——乌鲁木齐供电公司	330
基于专业化、标准化、精细化的 10kV 配网带电作业 技术应用模式研究与实践——泾阳县供电分公司	332

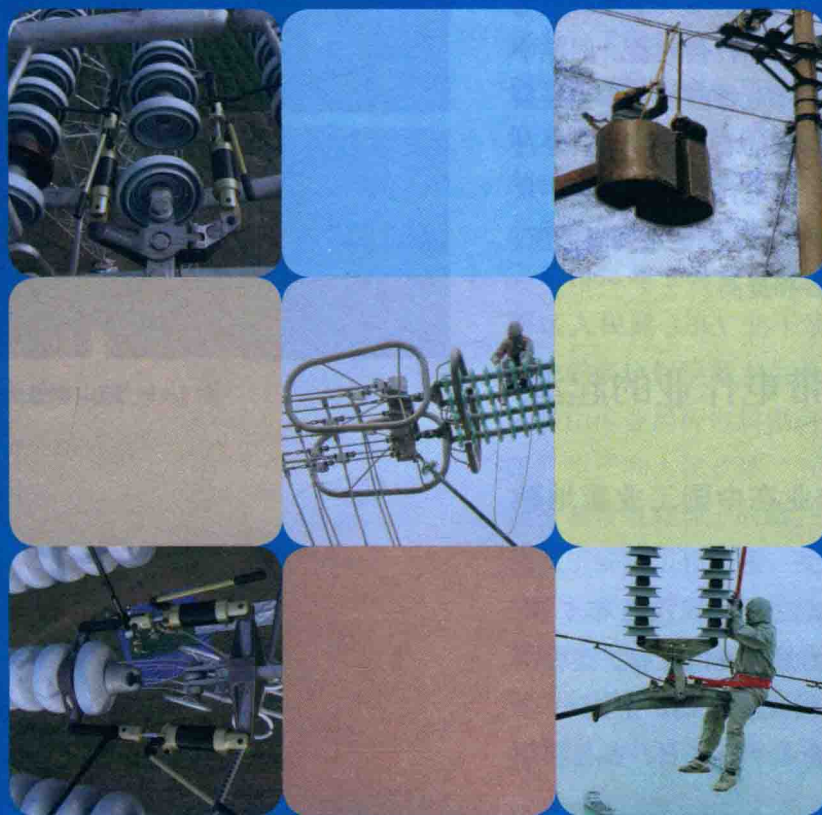
附 录

附录一 附图	334
附录二 技术成果	355
附录三 技术专著	364
附录四 发明专利	367

编 后 | 397

历史发展

- ▶ 开端（1954—1964 年）
- ▶ 积累（1965—1974 年）
- ▶ 发展（1975—1984 年）
- ▶ 创新（1985—1994 年）
- ▶ 成熟（1995—2004 年）
- ▶ 突破（2005—2014 年）



开 端

(1954—1964年)

带电作业是我国电力工业史上的一次重大技术革命，它将过去对电力设备传统的停电检修方式，改为电力设备在不停电的状态下进行作业检修，因而减少了故障停电和计划停电时间，解决了供用电之间的矛盾，可不间断地向用户供电。经 60 年的生产实践证明，带电作业解决了改造设备和工程建设中的许多关键性问题，不仅提高了安全供电的可靠性，而且也减少了停电损失。目前，带电作业已成为供电设备运行维护中不可缺少的检修手段之一，它为电网安全经济供电创造出可观的经济效益和社会效益。回顾中国带电作业史，带电作业每前进一步都凝聚着广大带电作业工作者的心血和汗水。经过几代人的不懈努力，带电作业从无到有、从简到繁、从笨重到轻便、从低电压到高电压，不断得到发展、完善和提高。

一、中国带电作业的起源

(一) 带电作业在中国工业重地鞍山破茧

为迅速发展国民经济，1952 年 5 月，中央决定集中全国力量首先恢复和扩建鞍山钢铁公司，号召全国支援鞍钢。全国 57 个大中城市的 199 家企业响应号召，参与鞍钢

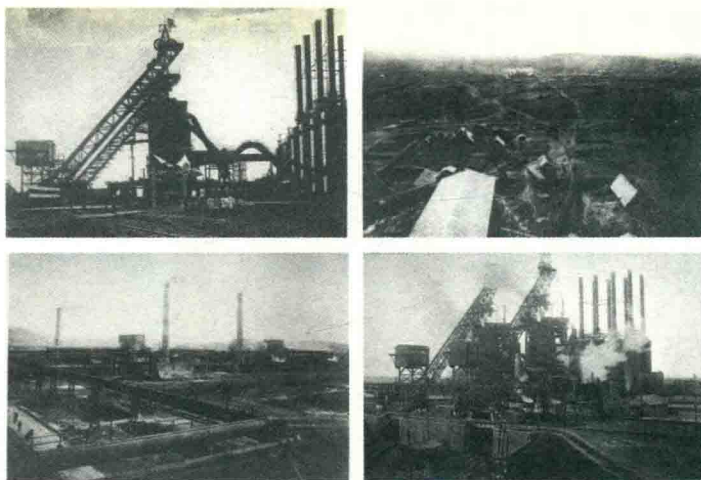


图 1-1 鞍山钢铁公司

无缝钢管厂、大型轧钢厂和 7 号炼铁高炉三大工程的建设。随着钢铁产量的飞速增长，鞍钢年用电量从 1949 年的 8201 万 kWh 猛增到 27395 万 kWh。

1952 年 6 月 23 日，水丰发电厂遭到侵朝美军的轰炸，鞍钢生产用电短缺严重。为减少停电对建设和生产的影响，鞍山电业职工掀起了热火朝天的生产竞赛和增产节约运动。在创造发明快速检修法、流水作业法及防误操作等成果的同时，萌发了研究带电作业技术的想法。

1953 年全国开始执行国家第一个五年计划。根据沈阳电业管理局指示，鞍山电业局于 5 月 15 日成立推广先进经验委员会，由局长担任主任，局技术主任刘承祜任副主任。推广先进经验委员会广泛、深入地发动职工开展创造发明及合理化建议活动，这一年全局就涌现发明创造和合理化建议 118 件。

1954 年 2 月 25 日，由于线路瓷瓶脏污，一场春雨造成鞍山地区 8 条 44kV 线路污闪停电，影响了鞍钢等 10 个厂矿的生产，经济损失达 45.2 万元。严重的事故教训进一步激发了电业职工研究带电作业的积极性和创造性。鞍山电业局的领导深感常规停电检修方法已不能适应国民经济发展的需要，必须在鞍山这个全国最大的工业基地探索出一条新的供电发展道路。

1954 年 5 月 2 日晚 8 时 40 分，鞍山铁西区人民路 3.3kV 北干线 25 号杆右 1 分歧杆上的高压保险器发生火花放电。当夜值班的鞍山电业局配电科副科长刘长庚为不影响工厂生产和人民欢度“五一”劳动节，戴绝缘手套带电处理了故障。刘长庚做的“好事”违反了安全工作规程，受到电业局的警告处分。为安全开展带电检修，刘长庚决定研究带电处理电气设备缺陷的工具，提出了在螺丝刀和钳子上安装绝缘把手实现不停电检修的办法。中国带电作业的嫩芽在以刘长庚为

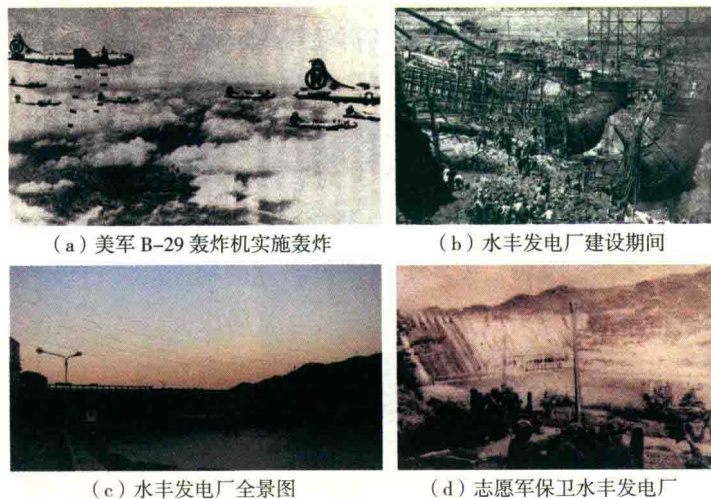


图 1-2 水丰发电厂

代表的一批电业工人的培植下破土而出。

5月12日,技术主任刘承祜在局长和党总支的支持下,以“生字0358号”通知号召职工开展带电作业技术研究。通知中共有六项课题,其中第五项是创造各种带电作业用的绝缘工具(例如低压作业、高压换保险丝、安装瓷瓶开关、接引线、换立瓶、清扫瓷瓶等)。通知下发后,至当年7月初已收到合理化建议和技术革新方案81件,年内研制出带电作业绝缘工具13件。

1954年5月12日,作为鞍山电业局带电作业“创始日”载入该局局志,更作为全国带电作业发展的“开端”载入中国带电作业史册。

1955年第三季度,鞍山电业局公布了9项带电作业课题,在全局组织5个专题研究小组。

8月15日,潘玉泉提出带电更换3.3kV木杆、横担、立瓶的方法,绘制出5张示意图,写出了5000字的说明书。9月14日,刘长庚提出带电更换木杆、横担、瓷瓶及绑线的方法,画出了14张草图,并对每件工具的使用方法、制造要求作了说明和计算。10月初,鞍山电业局成立了以刘长庚为首的“不停电检修研究组”,开始了有组织、有领导、有步骤的第一代3.3kV带电作业工具研制工作。这套工具研制出来后,取名为“升降涨

缩器”,又称为“升降立管”。这套工具具有带电更换3.3kV线电杆、木横担和针式瓷瓶的多种功能。

不停电检修技术的出现并取得明显成效,立即得到原沈阳电业管理局和电力工业部领导的重视与支持。1955年,电力工业部委派沈阳电业局刘庆丰、天津电业局何树声、上海供电局成木金、长春送变电公司宋桓嘉等六位同志赴苏联学习带电作业。期间,苏方只允许观看,不让参加实际操作,他们努力记住带电作业项目的方法和原理,收集有关技术。回国后,刘庆丰、何树声分配到沈阳电业管理局,宋桓嘉和成木金分配到北京电业管理局,负责筹备成立带电作业技术研究组,积极从事带电作业项目和工具的开拓性工作。

不久,鞍山电业局试制出22~66kV单回线路直线杆不停电更换电杆、绝缘子串的升降涨缩型工具及装拆U型螺丝用的挑钩,解决了绝缘子与导线线夹的拆装难题。随后又研制一种蜗轮拉线调整器,解决了临时抱杆的稳定调整问题。到1956年10月,第一批3.3~66kV不停电检修工具全部配套研制成功,包括各种工器具共60种81件。

为了巩固和发展不停电检修研究的初期成果,1956年6月14日,鞍山电业局成立由张仁杰任组长的中国第一个带电作业专业



图1-3 原水电部选派人员赴苏联学习有关带电技术

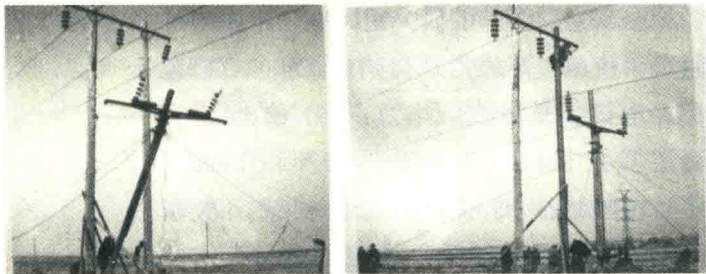


图 1-4 鞍山电业局使用第一代工具带电更换 66kV 线路直线杆绝缘子

组。通过培训作业队伍，制定了《不停电检修工作规程》等。

鞍山电业局开始把不停电检修技术列入设备的正常检修方法中。从 1956 年 12 月起，这个检修组在 66kV 营（口）华（铜矿）线大修工程中，应用不停电检修方法更换了木杆 32 根，减少停电时间 72 小时，多提供电量 10 万 kWh。

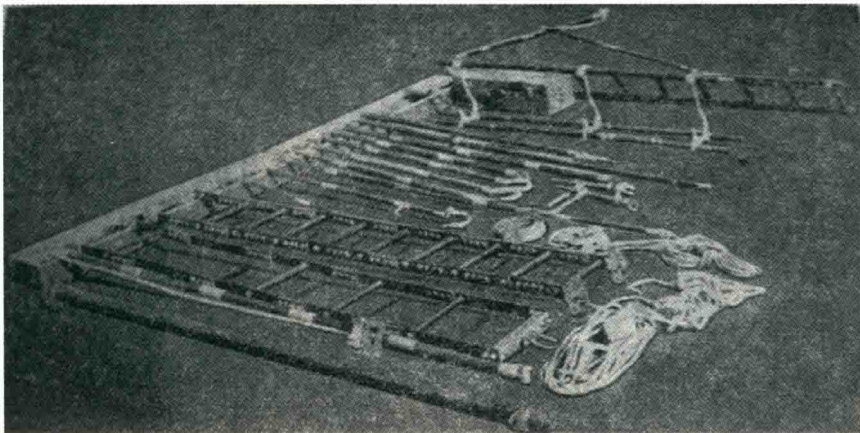
（二）电力工业部协调组建带电作业研究组

为了加速不停电检修工具研究和试制工作，1956 年 11 月至 12 月，沈阳电业管理局副局长方深多次向电力工业部领导建议，集中 4 位留苏同志一起研究带电作业技术、项目、工具和拟定规程制度。电力工业部生产司、干部司与北京电业管理局领导研究决定，同意方深副局长的建议，把宋桓嘉、成木金从北京电业管理局调到沈阳电业管理局。沈阳电业管理局决定由东光烈负责组建 154 ~ 220kV 不停电检修工具研究组，负责开发 154 ~ 220kV 带电作业项目；鞍山电业局继续研制 3.3 ~ 66kV 第二代带电作业工具。



图 1-5 我国首条 220kV 输电线路（松东李）工程纪念邮票及工程竣工典礼

图 1-6 第一代 154 ~ 220kV 不停电检修工具



154 ~ 220kV 不停电检修工具技术研究组的成员有：沈阳电业管理局的东光烈、李绪波（机械工程师）、丁然（女）和刚从苏联学习归来的刘庆丰、何树声、宋桓嘉、成木金等八人，由方深副局长亲自领导，技术上由生技处崔应龙负责。方深副局长连续两次带领电管局线路专责工程师崔应龙和沈阳中心试验所技师东光烈等专业人员到鞍山视察指导，亲自到营华线观看现场实地操作，及时肯定了鞍山局的研究成果。

1957 年，根据方深副局长的要求，鞍山电业局抽调专业人员参照日本、美国的有关资料，开始研制第二代 3.3 ~ 66kV 不停电检修全套工具。刘长庚不分昼夜揣摩每件工具的部件结构，用纸片、萝卜、薄铁板制作模型，用两个多月时间学会了制图技术，画出了 100 余张机械加工图。通过省内外上百个兄弟单位和厂家的通力协作，于 1957 年底研制出第二批 3.3 ~ 66kV 不停电检修工具。刘长庚整理出第二批 3.3 ~ 66kV 不停电检修工具 150 多种 378 件的图纸共数百张，工人出身的王鑫铨同志编写了 3.3 ~ 66kV 不停电检修安全及操作规程十余万字。根据带电作业快速发展的需要，鞍山电业局将原有 8 人的不停电检修组扩大到 18 人，组成不停电检修班。

不停电检修班将带电作业列为正常检修方法，负责维护全局输配电线路，参加带电作业工具的研制、使用和改进工作。1957 年 11 月，沈阳中心试验所研制的第一套 154 ~ 220kV 带电更换铁塔瓷瓶的工具送到不停电检修班，从 11 月 16 日开始在 154kV 青鞍线进行了十余天培训后就应用到生产上，并为全国各地到鞍山学习的人员演示。1957 年，鞍山电业局使用新研制的第二批工具进行带电作业 301 次，消除设备缺陷 323 件，其中紧急缺陷 45 件，多提供电量 150 万 kWh。

以东光烈为首的研究组，在一年多的时间里，快速、高质量地研制出 154 ~ 220kV 不停电更换铁塔直线串及耐张串绝缘子全套工具。工具的各类卡具按照东北地区 154kV、220kV 的松虎线、松滨线、水鞍山、鞍营线及青锦线等线路的金具结构及塔型设计制作，具有较好的适用性和通用性。工具问世后，沈阳电业管理局会同中国电业工会辽宁省、吉林省工会委员会颁发《154 ~ 220kV 铁塔带电更换瓷瓶暂行安全工作规程》。规程明确东北地区管辖 154 ~ 220kV 线路的电业局及供电局的总工程师、带电检修组全体人员及有关技术、行政领导人员，必须熟悉该规程，同时还明确带电检修组不执行经济核算制，不从事劳动竞赛，在安全的基础上有效地完成任务。这些规定，为带电作业新技术的推广铺平了道路，许多指导原则甚至一直沿用至今。

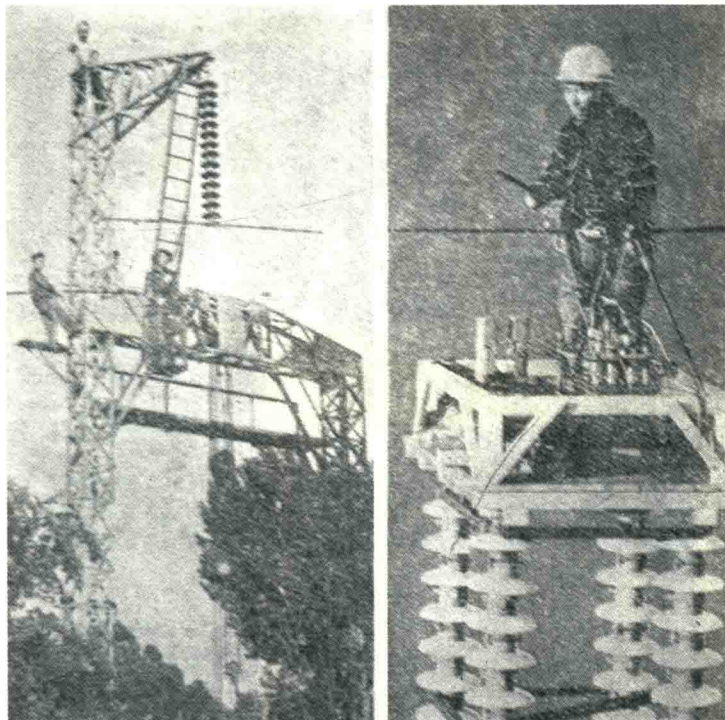


图 1-7 首次 220kV 等电位试验

1958 年 7 月 15 日, 沈阳中心试验所借鉴国外的经验, 开展了 220kV 人体直接接触带电导线的“等电位”试验。青年技术人员刘德成在研究组负责人王遵和东光烈的指挥监护下, 第一个进入强电场, 成功地进行了 220kV 等电位作业试验。7 月 18 日, 该研究组又在沈阳北郊虎石台变电所附近的 220kV 李虎线 2 号塔上, 成功地进行了等电位更换导线线夹和补修导线的检修工作。

线路设备带电检修仅能减少因线路检修而造成的停电, 变电设备出现问题仍需停电处理。变电所停电影响的范围更大, 造成的损失有时比一条线路的大几倍, 特别是每年一度的变电设备 (包括避雷器、电容器、各类互感器、隔离开关及户内设备) 预防性试验, 仍需完全停电才能进行。1958 年, 继线路采用带电检修技术成功之后, 鞍山电业局新开发了变电带电检修技术项目, 历时 10 个月。开发成功的项目共有 10 项之多, 详见《不停电检修高压配电装置》(鞍山供电局编, 1960 年) 一书。项目的成功开发进一步减少了系统停电, 为增加电网效益创造了条件。

1960 年 2 月至 12 月, 为了满足带电作业发展初期的工具需要, 鞍山、沈阳电业局牵头, 组织了大连、营口、阜新、抚顺、本溪、丹东、齐齐哈尔、太原、乌鲁木齐、天津、北京等供电 (电业) 局和石景山发电厂等 22 个单位于年初进行了 44kV 支柱式带电作业工具的联合加工, 成立了联合加工组。基地设在沈阳电业局送电工区, 由沈阳电业局送电工区主任李光济、技术员于德金、鞍山供电局工程师刘长庚负责组织工作。联合加工组下设制图组和工具加工组。这个联合组计划加工制作工具 105 套。由于三年自然灾害影响和其他多方面的原因, 工厂提出停止加工协议的要求。经过联合加工组的研究, 决定在 1960 年年末中断工具加工工作。已

加工出的成品和半成品, 按原订货单位计划数量分发各局自行组装。这次 22 个单位联合加工带电作业工具的工作, 持续不满一年, 虽然未能达到预期的目的, 但这一行动反映出当时带电作业人员热爱自己专业工作及艰苦创业的精神。

(三) 经验交流促进带电作业走向全国

1956 年, 沈阳电业管理局先后安排鞍山电业局研制组及部分老电工去沈阳、长春进行四次规模较大的操作表演, 共 70 余人



图 1-8 《人民日报》刊登新华社记者采访鞍山供电局不停电检修取得成功的消息