

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	国网杭州供电公司输电运检中心	
实践单位地点	杭州市滨江区火炬大道 337 号	
实践岗位名称	国网杭州供电公司输电运检中心带电作业工	
专业实践训练时间	分段进行	2020 年 06 月 01 日开始 至 2021 年 12 月 31 日结束
		专业实践训练累计 578 天（单位考核前），其中项目研究天数 120 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>国网杭州供电公司是国家电网有限公司大型重点供电企业、浙江省电力有限公司直属企业，营业范围覆盖杭州全地区，供电区域 16596 平方公里，电力用户 469.46 万户。输电运检中心是杭州供电公司的职能部门，主要担负着杭州地区 35-1000 千伏输电线路的运维检修、带电作业及故障抢修工作。</p> <p>实习实践的主要内容为研制一种新型工具可以适用于大部分塔型在带电情况下进行等电位作业，尤其是紧凑型杆塔，进而安全、高效的完成缺陷处理工作。</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>本项目名称为 500kV 紧凑型输电线路杆塔等电位带电作业方法的研究，项目来源为杭州供电公司输电运检中心群众性创新项目。依据《DL/T400-2010500kV 交流紧凑型输电线路带电作业技术导则》，500kV 紧凑型输电线路作业人员在中间电位时，与带电体和接地体之间的组合间隙应不小于 3.2m。然而杭州地区现有 SZT 型、ZT 型紧凑直线杆塔依照常规的等电位带电作业方式无法保证 3.2m 的组合间隙距离。因此本项目的主要目标是研制一种适用于 SZT 型、ZT 型紧凑直线杆塔等电位带电作业的工具，通过利用新工具安全、高效的完成紧凑型直线塔的等电位带电作业。技术要求有以下几点：1、解决新工具绝缘性能问题，能够在 500kV 线路带电情况下使用；2、要在尽可能轻便的前提下增加工具的机械强度；3、在工具的设计上要保证实用性同时不能对线路设备造成损伤；4、新工具应操控方便、操控精度高，对人员技能水平要求应较低。</p>		

(3) 项目开展情况（含项目研究内容、研究方案及技术路线，研究团队分工、本人承担任务及完成情况，存在问题与改进建议等，不少于 500 字。）

本项目的目标是紧凑型直线杆塔等电位进电位工具研制，我们的方案是研制一种绝缘机械摇臂，将机械摇臂一端通过连接装置与横担处传动装置连接，并用定长绳分三段吊住机械摇臂，横担处作业人员转动传动装置将机械摇臂另一端旋转至导线侧与导线连接。通过绝缘机械摇臂，将带电导线与横担头搭设一个绝缘平台，作业人员可通过此平台进入电位，进行等电位带电作业。此种方式能够增加人体与接地体之间的距离，从而满足 3.2m 组合间隙要求，进而安全、高效的完成缺陷处理工作。

本项目的技术方案有以下几点：1、机械摇臂本体结构及材料的选择，我们主要考虑其结构的稳定性、整体的重量、长度的需求以及运输的便利性。为了保证绝缘机械摇臂的稳定性，我们采用三角梯式的整体结构，同时考虑运输便利以及长度的调整将三角梯结构做成了可拆卸式。材料选择环氧树脂，环氧树脂作为目前大多数带电作业工具的材料具有较强的机械强度及良好的绝缘性能，同时能将控制重量在 200kg 以内，便于人力起吊。2、机械摇臂的导线端挂钩采用带闭锁保护装置的挂钩，传动装置采用水平旋转平台，材质选用 CSM435 合金钢。3、结构优化，使用仿真软件对机械摇臂进行静拉力有限元仿真，在满足破坏拉断力、承载力等安全要求的前提下对导线端挂钩，横担端旋转平台以及三角梯的机构进行优化，同时对其受力位移情况和形变情况进行分析，考虑适合人员转移活动的摇臂长度范围。

本项目小组成员共有 8 人，其中本人主要负责机械摇臂的本体结构设计，通过 SolidWork 仿真软件对各个部件的具体结构、连接方式等进行设计，同时对机械摇臂进行受力仿真分析。小组其他成员主要负责结构优化、材料选择、工具的加工制作、送检试验以及现场实际操作等。团队成员分工明确，各司其职，成品加工完成后多次进行现场实际试验并不断完善改进，使工具更加实用化。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

在领导和同事们的帮助和支持下我们的项目得以顺利的实施开展，从刚开始的概念模糊，经过不断地借鉴、讨论，大家在一起头脑风暴，我们的思路渐渐清晰，并在不断地试验实践中修正改进方案，最终取得了满意的成果。在项目的开展过程中我获得了以下几点启发：

一是提高我在工作中发现问题的能力。杭州地区 500kV 乔良 5823 线、乔山 5824 线全线采用的是单回路 JT 型耐张塔、ZT 型直线塔以及 SZT 型双回路直线塔，均为紧凑型杆塔。这是杭州公司投运的首例全线紧凑型 500kV 线路杆塔，其杆塔尺寸及空气间隙相比常规塔型要缩小很多，导致在该线路检修作业时存在较高作业风险。我们的团队根据计算发现常规的几种等电位方法均无法在这种紧凑型直线塔上开展作业，因此为了保障这两条线路的稳定运行，及时消除缺陷同时减少停电损失，我们认为有必要研究紧凑型杆塔的等电位作业方法，同时也可以适用于其他等电位作业组合间隙无法满足要求的情况。通过在工作中发现问题并加以解决能够培养我们的创新能力和工作热情，提高解决问题的能力同时在查阅资料、反复实践的过程中提高自己的知识储备，掌握科学的科研方法。

二是增强了团队协作及分析问题的能力。在项目开展前我们团队所有成员就进行了明确的分工，在完成本职工作以外我们围绕项目开展各项工作，同时定期组织讨论。在这其中老师傅们丰富的工作经验给了我很大的启发和帮助，我受益良多。在摇臂稳定性的问题上一开始由于没有经验并没有考虑随着摇臂长度的加长其稳定性会变差，采用环氧树脂材料如果结构不稳定人员在摇臂上行动时会左右摇晃危险性较大。因此我们除了采用三角梯式以外我们在单端三角梯的三根主轴之间增加支撑帮以增加其稳定性。同时各段三角梯之间连接部分用航空铝材料插销式连接，增大其破坏拉断力。通过反复优化才能让作业人员能够安全稳定的在摇臂上移动。

三是学会了工具设计软件。在本项目中我通过自学学会了 SolidWork 的使用，从最开始尝试制作简单的结构到逐渐复杂，并制作工具的演示动画以及受力分析，熟练度逐步提高。通过 SolidWork 我们可以更直观的展示工具的整体结构、运动方式、受力情况并指导工具加工和改进。

(二) 取得成效

以杭州地区为例，杭州是经济较为发达的省会城市，而杭州供电公司作为地方经济发展的先行官，改革开放以来杭州电力取得了蓬勃的发展。截止 2020 年底，国网浙江杭州供电公司管辖的 110kV 及以上等级输电线路共计 695 条，8554.615 公里。面对如此庞大的输电网络，输电线路的运维管理工作也面临着更大的挑战。在线路运维过程中，经常会发现各种导地线缺陷，如防震锤滑移、档距中央的导线断股、档距中央导线异物等，这些类缺陷数量多，占比较大，威胁线路的安全稳定运行，必须及时进行缺陷消除。

目前杭州供电公司要求杭州核心区域的供电可靠性达到 99.999%，停电检修势必会降低输电线路的供电可靠性，尤其是针对一些严重危及缺陷若采用非计划停电检修方式对线路的供电可靠性势必会造成影响。因此，带电检修已成为保证电网的安全运行和稳定供电的重要手段。

500kV 输电线路带电作业绝缘摇臂经过电气试验和机械试验，确保作业人员安全。同时三角形结构稳定，水平转动平台操作简单，极大地降低了等电位作业人员的安全风险。团队利用绝缘摇臂成功完成了 3 次紧凑型杆塔的等电位带电作业，并同时将其应用到了耐张瓷长棒绝缘子杆塔的等电位带电作业中，均取得了成功。

经济效益：降低了带电设备的能源损耗，线路停电会使得电网运行方式发生改变，在这个过程中会发生较大的能源损耗，采用带电作业方式实现了不停电检修，大大减了设备和输电线路的损耗，而且目前，参与带电作业的人员都是经过专业的培训有具备专业的安全工具，这些措施都给带电作业人员带来了基本的安全感。开展带电作业可有效减少停电时间和面积，为供电企业带来可观的经济收入。以 2021 年 10 月至 12 月为例：共使用绝缘摇臂开展带电作业消缺 5 次，共减少线路停电时间 1350min，多供电量 2646.6 万千瓦·时，等效经济效益 2117.3 万元。未来若将绝缘摇臂运用到更多特殊绝缘子或塔型的等电位带电作业后，经济效益将更为显著。

社会效益：通过绝缘机械摇臂进入等电位作业方式的产生，丰富了等电位作业方式，大大增加了输电线路缺陷消除率，减少停电时间和面积，保证了对用户进行连续可靠的供电，带电作业不需要停电就可对故障设备进行检修，极大的提高了供电可靠性。本项目也是我学位论文其中的一种带电作业的优化方法，以杭州地区 500 千伏乔艮 5823 线、乔山 5824 线 ZT 紧凑型直线塔为例，研制适用于紧凑型 500kV 线路杆塔同时满足带电作业间隙距离要求的等电位带电作业进电场工具。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别[含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
一种绝缘机械摇臂	实用新型	2021-01-26	ZL202021129 141.0	4/16	

本人承诺

在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守


学术道德、遵循学术规范。

签字：张律宇

2022年5月30日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力，以及通过技术创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价：</p> <p>项目期间张泽宇同志表现积极，有创造性，建设性独立开展工作的思维，所取得研究成果提高，带也尚缺效率，具有一定推广价值。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字：张泽宇 年 月 日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价：</p> <p>张泽宇同学具有一定的创新精神，较好的完成了实践项目并获得了一定成果，其实践研究项目与其论文相关。</p> <p>校内导师签字：陈向荣 2020年 6月 1日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间:2020年6月1日 实际实践结束时间:2024年12月31日 专业实践训练累计天数:527 其中项目研究天数:120 实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格 审核签字并盖公章:  2022年6月1日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩（由现场答辩考核成绩90%+单位过程考核成绩10%组成）： 是否重修: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 教学管理部（或相关分院）审核签字（公章）： _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。