

# 带电紧固输电线路导线悬垂线夹 U 型螺栓工具的研制

巴东想, 宫衍平

(南京供电公司, 江苏 南京 210009)

**摘 要:** 输电线路在运行过程中导线悬垂线夹 U 型螺栓出现松动的现象较为常见, 针对带电消除此类缺陷传统作业方法工作流程复杂、劳动强度大、工作效率低的问题, 研制了棘轮扳手作为带电消缺的新工具。本文介绍了新工具的设计、技术性能及应用情况, 工程实践证明其使用效果好、有使用价值。

**关键词:** 带电作业; 安全距离; 等电位; 地电位; 新工具; 棘轮扳手

## 0 引言

输电线路是电网的重要组成部分, 其在运行中, 由于受到大风等自然环境或是外力因素的影响, 导线悬垂线夹 U 型螺栓 (见图 1) 松动的现象较为常见, 如果不能及时地处理这类缺陷, 久而久之, 导线悬垂线夹就会出现松动, 甚者脱落, 从而可能会出现导线掉线的重大事故。消除此类缺陷传统作业方法需要等电位与地电位相结合的作业方式, 该作业过程操作复杂繁琐, 劳动强度大, 工作效率低。因此, 研制出一种新工具来改变此类消缺的带电作业方法势在必行。



图 1 U 型螺栓

## 1 解决方案分析

带电紧固导线悬垂线夹 U 型螺栓的传统作业方法是采用等电位与地电位相结合的作业方式, 等电位电工可以借助绝缘硬梯 (见图 2)、绝缘软梯、吊篮 (见图 3) 等工具进入电场。目前输电线路多为同杆双回, 导线垂直排列形式较多, 使得上述方法受杆塔结构形式的影响较大。

对于 220kV 线路, 直线绝缘子串的长度一般为 2.25m, 《国家电网电力安全工作规程》(电力线路部分) 对带电作业规定: “带电作业时人身与带电体

的安全距离不得小于 1.8m”。采用绝缘硬梯进入电场时, 为了保证等电位电工与横担保持足够的安全距离 ( $\geq 1.8\text{m}$ ), 必须将导线下移 20~30cm, 这就给作业过程带来一定的不便。采用吊篮进入电场的方法相对采用绝缘硬梯、绝缘软梯进入电场的方法减少了地电位电工作业人数以及一些操作程序, 但其效果不是十分明显。此外吊篮也受现场作业外界环境约束, 若是环境湿度大, 则会大大降低吊篮绝缘绳索的绝缘性。



图 2 绝缘梯进电场



图 3 吊篮进电场

根据传统带电作业方法存在的问题进行分析研究, 研制出一种棘轮扳手, 可以采用地电位作业方式进行消缺。在满足足够安全距离的前提下, 地电位电工可以在塔身选择一个合适的位置紧固导线

悬垂线夹 U 型螺栓，整个作业过程简单、快捷。

## 2 采用棘轮扳手带电紧固过程

作业方式：地电位

作业工具：棘轮扳手，绝缘滑车，绝缘绳若干。

作业人员：共 4 人。其中工作负责人 1 名，地电位电工 2 名，地面电工 1 名。

作业步骤：

1) 工作负责人宣读工作票，并向工作人员交代作业过程中的危险点及安全措施。

2) 2 名地电位电工分别登塔至作业位置。

3) 地面电工在工作负责人指挥下将棘轮扳手、绝缘绳等排放有序。

4) 横担处地电位电工挂好绝缘滑车及绝缘绳。

5) 地面电工通过绝缘绳将棘轮扳手传至塔身处地电位电工。

6) 2 名塔上地电位电工相互配合，利用棘轮扳手紧固螺栓，见图 4、5。



图 4 紧固螺栓



图 5 紧固螺栓

7) 复紧螺栓后，塔上电工将工具传送至地面，人员下塔，工作结束，做好工作总结和记录。

## 3 棘轮扳手的设计及技术性能

### 3.1 设计制作绝缘操作杆

#### 3.1.1 绝缘杆的尺寸与外径

根据绝缘操作杆的制作材料及外形的不同，制作绝缘杆的绝缘材料可分为 3 类，其密度不应小于  $1.75\text{g}/\text{cm}^3$ ，吸水率不大于 0.3%，填充泡沫应粘合在绝缘管的内壁，绝缘管、棒材均应满足渗透试验的要求。绝缘杆选择 II 类空心管，直径选择 28mm，壁厚为 2.5mm。

绝缘操作杆的总长度由最短有效绝缘长度、端部金属接头长度和手持部分长度的总和绝境，其各部分长度应符合表 1 的规定。

表 1 操作杆各部分长度要求

额定电压 /kV	最短有效绝 缘长度/m	端部金属接头长 度不大于/m	手持部分长度 不小于/m
35	0.90	0.10	0.60
110	1.30	0.10	0.70
220	2.10	0.10	0.90
500	3.90	0.10	1.00

以 220kV 为例，考虑到杆塔结构，在每项长度均满足要求的前提下，取绝缘操作杆的长度为 4.5m。

#### 3.1.2 绝缘操作杆的接头要求

绝缘操作杆的接头可采用固定式和可拆卸式接头，但连接应紧密牢靠，固定在操作杆上的接头宜采用强度高的材料制成，对金属接头其长度不应超过 100mm，端部和边缘应加工成圆弧形。本项目设计制作的绝缘操作杆的接头采用固定式接头，接头的材料为硬铝，接头的长度为 60mm，其设计图和实物图分别见图 6、图 7。

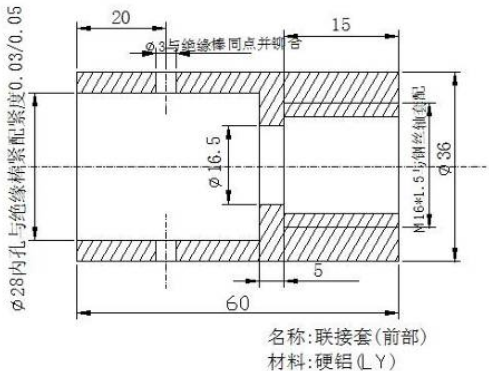


图 6 接头设计图



图7 接头实物

### 3.2 设计制作棘轮套筒扳手

### 3.2.1 棘轮套筒扳手的尺寸

1) 与绝缘操作杆接头连接的螺杆长度取4.5cm, 螺母型号为M16。

2) 扳手的手柄长度:

手动拆装螺母时的扭矩一般为  $10000\text{N}\cdot\text{cm}$ ，人的推力一般为  $250\text{N}$ ，由此得出手柄的长度为  $L=10000/250=40\text{cm}$ 。

3) 扳手的套筒长度:

考虑到导线线夹 U 型螺栓的螺杆一般较长, 套筒的长度取 10cm。

### 3.2.2 棘轮扳手的设计图与实物图, 见图 8~11。

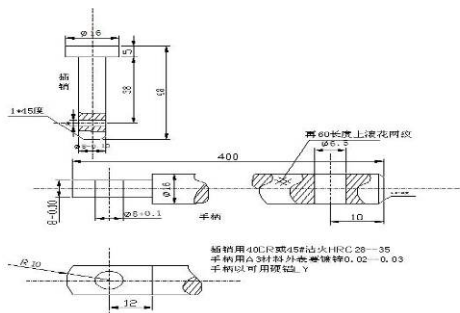


图 8 棘轮扳手手柄设计图

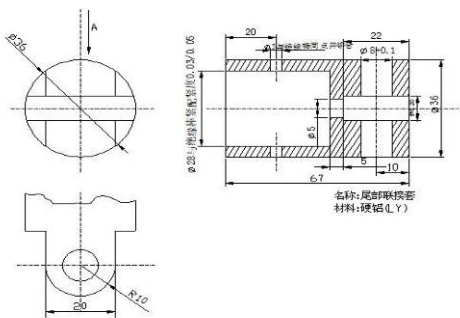


图 9 手柄连接处设计图



图 10 绝缘操作杆和套筒扳手



图 11 棘轮扳手

### 3.3 棘轮扳手的机械性能及电气性能试验

### 3.3.1 机械性能试验

棘轮扳手按实际受力状态布置,分别进行动、静状态的整体抗拉及破坏试验,试验在液压拉力机上进行。

1) 动态负荷试验: 在 1.5 倍额定负荷作用下对试件按夹具实际工作状态进行 3 次操作, 操作灵活可靠。

2) 静态负荷试验: 在 1.5 倍额定负荷作用下, 持续 5min 后卸载, 试件各组成部件无永久变形或损伤。

3) 破坏性试验: 在拉力试验负荷达到静态试验负荷值后, 继续均匀缓慢加载 (采用  $9.8\text{MPa/s}$  的应力增加值) 直至试件任何一处破坏为止, 其破坏负荷值应达到 3 倍额定负荷以上。

### 3.3.2 电气性能要求

### 1) 工频耐压性能要求

绝缘杆的绝缘材料应进行 300mm 长试品的 1min 工频耐压试验, 试验结果满足要求。

## 2) 湿态绝缘性能要求

绝缘杆的绝缘材料应进行 1200mm 长试品的 1h 淋雨试验,试品在 100kV 工频电压下应满足无闪络,无击穿,表面无可见漏电腐蚀痕迹,无可查觉得温

升等要求。试验结果满足要求。

### 3) 绝缘耐受性能要求

绝缘杆能耐受相隔 300mm 的两电极间 1min 工频电压试验, 试品在 100kV 工频电压下无闪络, 无击穿, 表面无可见漏电腐蚀痕迹, 无可查觉的温升等要求。试验结果满足要求。

## 4 应用情况

本项目研制成果已在生产实际中得到广泛的应用。自 2008 年以来, 南京供电公司采用棘轮扳手已成功带电紧固导线悬垂线夹 U 型螺栓 100 余处, 实践操作证明, 采用本方法可顺利完成 220kV 及以

下输电线路导线悬垂线夹 U 型螺栓松动处理工作。使用棘轮扳手, 地电位作业方式就能紧固导线悬垂线夹 U 型螺栓, 操作过程简单、快捷, 操作强度小, 劳动效率高, 只需要 4 名作业人员(工作负责人 1 名, 塔上地电位电工 2 名, 地面电工 1 名)就可以完成作业人员, 完成一相导线作业大约只需 20min。而传统作业方法作业过程复杂繁琐, 劳动强度大。

## 5 效益分析

将带电紧固导线悬垂线夹 U 型螺栓的三种作业方法进行分析, 结果见表 2。

表 2 带电紧固导线悬垂线夹 U 型螺栓的三种作业方法

方法	方法一	方法二	方法三
作业方法	等电位与电位相结合	等电位与电位相结合	地电位
作业工具	绝缘承力工具, 绝缘操作杆, 绝缘保险绳, 绝缘梯, 绝缘滑车, 拔销器, 屏蔽服, 紧固扳手, 绝缘绳若干。	吊篮, 绝缘保险绳, 绝缘滑车, 屏蔽服, 紧固扳手, 绝缘绳若干。	棘轮扳手, 绝缘滑车, 绝缘绳若干。
作业人员	共 8 名。其中工作负责人 1 名, 地电位电工 3 名, 等电位电工 1 名, 地面电工 3 名。	共 7 名。其中工作负责人 1 名, 地电位电工 2 名, 等电位电工 1 名, 地面电工 3 名。	共 4 名。其中工作负责人 1 名, 地电位电工 2 名, 地面电工 1 名。
作业时间	约 60min	约 50min	约 20min
作业流程	复杂、繁琐	复杂、繁琐	简单、快捷
对系统要求	需要停用重合闸	需要停用重合闸	不需停用重合闸

从表中直接看出采用棘轮扳手进行作业是最好的方法, 平均节时 30 分钟, 减少 4 名人工, 目前江苏省带电作业检修工的工时是 69 元/人·小时, 则消除一相导线 U 型螺栓松动的缺陷需要节省费用:  $69 \times 4 \times 0.5 = 138$  元。目前大部分线路多为同杆双回, 共六相导线, 那么六相导线作业共节省费用:  $138 \times 6 = 828$  元。目前南京供电公司每年消除此类缺陷的次数多达百次, 所以棘轮扳手研制出来后带来的效益是非常可观的。另外, 带电作业工器具减少了 70% 以上, 也节省很大一笔费用。对系统的要求中, 地电位作业不需要停用重合闸, 这样就节省了停用及恢复重合闸的操作时间。

## 6 结束语

本项目研制的棘轮扳手, 是绝缘操作杆与金属扳手的巧妙结合, 工具轻便灵活, 操作简单, 同时通用性强, 可用于 220kV 及以下输电线路上的消缺工作, 不受杆塔结构形式的约束, 提高了工作效率,

降低了劳动强度。

### 参考文献:

- [1] 胡毅. 送变电带电作业技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [2] 孟遂民, 孔伟. 架空输电线路设计[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [3] GB/T 18037-2000, 带电作业工具基本技术要求与设计导则[S].

### 作者简介:

巴东想 (1986-), 男, 山东巨野人, 助理工程师, 从事输电线路带电检修工作;  
宫衍平 (1966-), 男, 江苏南京人, 高级技师, 从事输电线路带电检修工作。