

[电力施工]

# 一种安全型绝缘透明电工套管 技术研究与应用

文/王勇 刘修理 常强 龚文玉 张国志  
贵州电网有限责任公司遵义绥阳供电局

研究低压电力施工和社会认可的安全型绝缘透明电工套管，使工作人员从套管外观就能直接检查管内电线安装工艺、质量和运行状况。进一步规范低压用户供电布线的标准化和透明化，建立完善的监督检查机制，保障工作人员生命、财产安全以及低压电力配网安全稳定运行。

低压业扩安装接户线、进户线需穿白色PVC（聚氯乙烯）硬质管，但是现行套管不透明，业扩工程项目验收人员不能检查管内电线安装工艺和质量，导致管内电线有绝缘破损、断股接线以及窃电等不能被及时发现，造成不易检查、维护工作量大及恢复原状困难等现象，因而会引发安全事故或电量损失。

目前国内外电力管材主要以白色PVC硬质管为主，其优势是性价比较高。而透明电力管材在电力工程中的应用还处于高端领域，其主要原因分为两方面：一是没有专门用于低压电力施工的透明电力套管；二是材料的透光性、耐腐蚀性没有经过验证，加之透明管成本高，是造成电力施工中很少采用的原因。

所以，量身定制电力行业专用的安全性能高、透明效果好、耐腐蚀、抗干扰、抗老化、使用便捷和施工效率高的新型透明管材成为亟需解决的问题。另外加强材料实用性的同时降低管材成本也是需要考虑的重要因素。

## 选材

优质选材选择性能优异的材料制造的电工套管，材料要求。能抗压、抗冲击。跌落不破裂、韧性强便于二次加工、耐高低温适合在室内外敷设、可长时间暴露阳光下、耐腐蚀、透光率高、吸水率低、绝缘电阻高以及在空气中不燃烧等特点。

通过对PVC、PE、PC、亚克力、FEP、PFA和PTFE等透明材料进行比较分析（见表1），以透光率、耐高低温特性、耐老化特性以及性价比为主要考核点，最终选择以FEP材料作为安全性型透明电工套管的制造材料。

FEP（聚全氟乙丙烯）是一种树脂塑料，具有较高的机械强度，高透明度在所有塑料中光折射率最低，其拉伸强度和耐磨性、抗蠕变性高于许多工程塑料。在很宽的温度和频率范围内具有很低的介电常数，不引燃可阻止火焰扩散，具有很好的耐候性。摩擦系数较低，耐辐射性优；既具有聚四氟乙丙烯的特性，又有热塑性塑料良好的加工性能。尤其透光率（82%~95%）、耐高低温

基金项目：遵义供电局 2023 年安全型绝缘透明电工套管技术研究项目（CG0600022001581914）

(-55℃~+195℃)、优异耐腐蚀性、低摩擦系数、良好的绝缘性能、机械强度较高和抗老化性能等条件是材料优选的首要条件。

表1 材料特点比对

| 材料名称  | 优点                                                     | 缺点                        |
|-------|--------------------------------------------------------|---------------------------|
| U-PVC | 透光度好、价格便宜、使用广泛                                         | 不耐紫外线、热稳定性差、机械强度低         |
| PE    | 透光度差、绝缘性好、容易加工                                         | 不耐高温、对紫外线敏感、对有机溶剂敏感、机械强度低 |
| PC    | 透光度好、电绝缘性好                                             | 不耐高温、容易刮伤、对紫外线敏感          |
| 亚克力   | 透光度很高、电绝缘性优良、耐化学腐蚀                                     | 易脆裂、耐高温性能差、燃烧释放有害气体       |
| FEP   | 透光度极高、优异耐腐蚀性、低摩擦系数、耐高低温性、良好的绝缘性能、机械强度较高、耐磨性好、水密性好、卫生性好 | 加工难度大，价格是UPVC的四倍          |
| PFA   | 透光度较高、极佳的耐化学腐蚀性、高耐热性、低摩擦系数、绝缘性能好、耐候性强、无毒无味             | 加工难度大、机械强度有限、价格高于FEP      |
| PTFE  | 透光度极高、耐腐蚀性强、低摩擦系数、耐高温、电绝缘性好、易于加工、无毒害、优良的抗老化性能          | 机械强度低、加工温度高、价格高于PFA       |

设计

安全型绝缘透明电工套管，满足JG3 050—1998《建筑用绝缘电工套管及配件》国家标准；根据现场施工情况，由直接接头和90°弯头对直管进行连接。电工套管应用范围广泛，可作为建筑装修电线明安装穿敷用，也可作为电气设备电线的绝缘保护套。

1. 管件设计

低压电力施工的安全性透明电力套管标准管件的设计和试制主要从外形、接口和使用便捷性三个方面考虑。

为提高安全型绝缘透明电工套管与其他材质电工管的兼容性，设计时不仅要考虑到管材的物理特性和化学特性，而且在尺寸、外形上也具备相似性和兼容性。图1~图3是FEP安全型绝缘透明电工套管的设计图。

1) 直管见图1，外径25 mm，内径22 mm，壁厚1.5 mm。

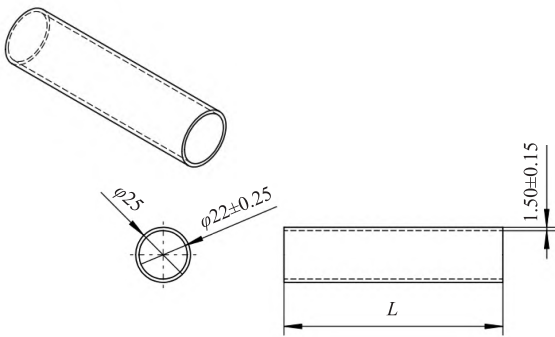


图1 直管示意图

2) 90°弯头见图2，外径31 mm，内径25 mm，壁厚3 mm。

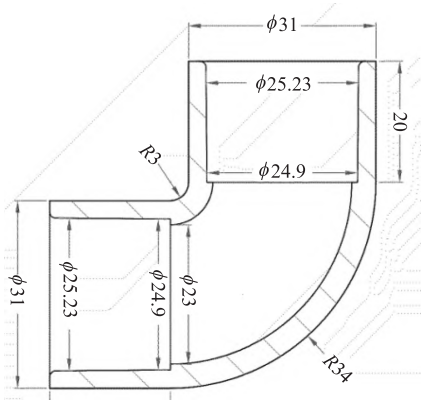


图2 90°弯头示意图

3) 直接接头见图3，外径31 mm，内径25 mm，壁厚3 mm。

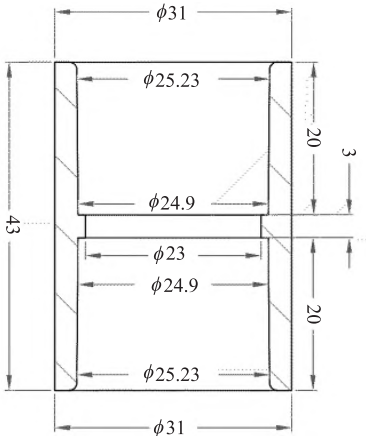


图3 直接接头示意图

4) 设计特点如图2、图3所示，在弯头接口内壁采用微坡斜面设计方式，有利于现场安装时，直管的接入和紧固。

2. 管件模具

1) 按照以上图样规格要求和FEP材料的特征设计模具，包括分型面设计、浇注系统设计和冷却系统设计等。在设计过程中，充分考虑制品的形状、尺寸和使用要求因素，以确保模具设计的合理性和实用性。

2) 分型面设计。分型面是模具的重要组成部分，其设计合理与否直接影响到制品的质量和生产效率。在FEP透明电工管模具设计中，应选择合适的分型面位置和形状，以保证模具的加工和制品的质量。

3) 浇注系统设计。浇注系统是控制塑料熔体流向模具型腔的通道。在设计中应考虑到流道截面形状、尺寸以及浇口位置等因素，以确保熔体能够顺利、均匀地填充型腔。

4) 冷却系统设计。冷却系统的作用是控制模具温度，保证制品成型过程中的温度稳定性。冷却系统的设计应考虑到冷却水的流量、流速和均匀性，以及冷却水道的位置和尺寸等因素。

3. 材料的成分组成和质量，以及产品提高性价比

1) 材料选择。选择质量稳定、性能优异的原材料，选择的是国内外大品牌原材料进行加工。

2) 成本比较。考虑到电工管用量大的特点，要综合考虑产品的性价比，材料选择国产料，国内知名品牌的材料已经完全能够替代中高端的应用。而对于弯头、直接头的生产工艺要求高、要求强度大的特点，选择进口原料颗粒。

生产

FEP传递模塑的成型工艺，用于传递模塑FEP材料牌号的选择，以及挤出塑化与贮料缸保温、模具处理、传递压力、保压与冷却等工艺参数的确定。

(1) 生成过程

1) 原料准备。选用高品质的FEP原料，保证产品的性能和稳定性。

2) 熔融挤出。将FEP原料加热至熔融状态，通过挤出机将其挤出成管状。

3) 冷却定型。将挤出的管状物冷却至室温，使其定型。

4) 表面处理。对管状物进行表面处理，以提高其耐腐蚀性和机械强度。

5) 检测包装。对处理后的管状物进行各项性能检测，合格后进行包装。

(2) 质量检测

产品的质量不仅需通过出厂检验，还须通过第三方CNAS机构的检测（见表2）。

表2 产品检验项目

| 项目            | 依据标准              |
|---------------|-------------------|
| 高温存储          | GB/T 2423.2—2008  |
| 低温存储          | GB/T 2423.1—2008  |
| 透光率           | GB/T 2410—2008    |
| 耐腐蚀性（中性盐雾）    | GB/T 2423.17—2008 |
| 阻燃性能          | GB/T 5169.16-2017 |
| 绝缘性能          | GB/T 1408.1—2016  |
| 外观及内径偏差       | QB/T4883—2015     |
| 壁厚偏差          | QB/T4883—2015     |
| 密度            | QB/T4883—2015     |
| 拉伸强度          | QB/T4883—2015     |
| 断裂标称应变（纵向、横向） | QB/T4883—2015     |
| 低温弯曲性         | QB/T4883—2015     |

安全型绝缘透明电工套管实物图

1) 安全型绝缘透明电工套管的直管实物图如图4所示。

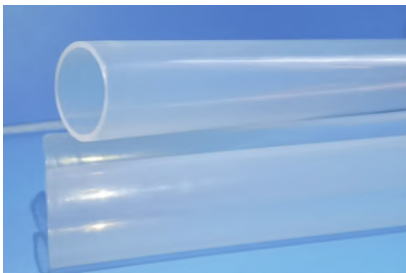


图4 直管示意图

2) 安全型绝缘透明电工套管的直接实物图如图5所示。

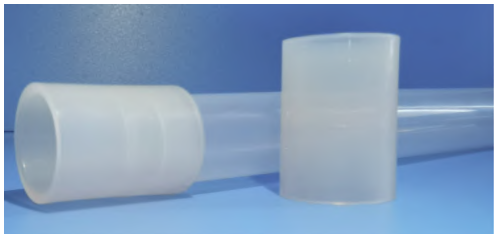


图5 直接示意图

3) 安全型绝缘透明电工套管的90°弯头实物图如图6所示。

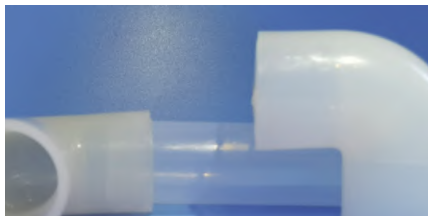


图6 90度弯头示意图

## 项目创新点

### (1) 材料性能优

量身定制电力行业专用的安全性能高、透明效果好、耐腐蚀、抗干扰、使用便捷和施工效率高的新型透明管材。

### (2) 适用范围广

具有耐腐蚀、抗冲击、绝缘高、不吸水和冷弯弯管易加工等优异的材料性能，适用于建筑工程的混凝土内外，楼板间或墙内外作为电线导管的明管和暗管，也可作为通信网络布线用管等，满足各种布线需求。

### (3) 安全性能高

从安全性、透光性、耐辐射性、耐污性等角度看，FEP材质在电力系统施工中的使用综合效益远大于PVC等材料。对于保证日常的巡检、项目验收、安全排查等方面起到PVC材料无法达到的效果。

### (4) 使用寿命长

因受工作时的位移、压力、温度、工作介质、振动条件、频率范围和冲击条件等因素影响。在同条件下FEP介质的使用寿命比PVC等介质的使用寿命大一倍以上。

### (5) 施工检查维护简便

重点解决人员直接从套管外观，就能检查管内电线安装工艺、质量和运行状况的问题，确保无缠绕、打结、拼接、绝缘受损和窃电等隐患。

### (6) 提高配网供电可靠性

进一步规范低压用户供电布线线路的标准化、透明化管理，建立完善的监督检查机制，保障人员生命、财产安全以及低压电力配网安全稳定运行。

## 应用场景

FEP管具有优异的耐高温、电气绝缘和耐腐蚀

等性能，在许多高端领域有广泛的应用。以FEP材料重新设计研发的安全型透明电工套管（FEP）主要是在低压供电侧水泥砖房环境下应用如图7所示，木质房屋环境下应用如图8所示。初步应用已经达到了设计效果。



图7 水泥砖房低压供电侧现场图



图8 木质房屋低压供电侧现场图

## 结束语

通过研发一种新型的安全型绝缘透明电工套管技术，将低压用户的关键线路进行进一步优化，提升电力线路工程的质量和工艺，既保证了电线的安全，又便于日后的检修和维护。有力保障人员生命、财产安全以及为低压电力配网安全稳定运行起到积极的作用。

在选择电工套管时，应考虑其材质、性能以及适用场合，以确保电路安装的安全性和可靠性。尤其针对木质房屋，由于供电线路故障引发的火灾时有发生，存在巨大的安全隐患。采用安全型绝缘透明电工套管才能达到防患于未然、防微杜渐的超前安全效果。**EA**

(收稿日期：2024-01-23)

## 参考文献

- [1] 聚全氟乙丙烯管材：QB/T 4883—2015[S].
- [2] 周传昆，朱洪宇，顾杰，等. 换流阀冷却管路用FEP塑料使用寿命评估[J]. 新技术新工艺，2022(12)：93-96.
- [3] 徐洪，杨永祥. 聚全氟乙丙烯(FEP)性能与成型方法和应用[J]. 有机氟工业，2009(3)：31-35.