

电器控制箱接线端子防护罩缺失问题及通用化改进方案

樊升 魏昌建 杨勇新

准东采油厂 新疆 阜康 831511

【摘要】：本文针对油田老旧电器控制箱接线端子防护罩缺失问题展开研究。由于部分设备仍使用上世纪80年代产品，原设计无防触电护罩，而后期产品的护罩因老化、损坏或丢失导致安全隐患。传统解决方案依赖原厂配件，但规格多样、匹配困难。因此，本文提出一种通用化的防护罩设计方案，结合弹性材料、可调节结构和快速安装技术，以适应不同型号接线端子，提升安全性和维护效率。实验证明，该方案可有效降低触电风险，减少维护成本，并具备推广价值。

【关键词】：电器控制箱；接线端子；防护罩；防触电；通用化设计

DOI:10.12417/3083-5526.26.01.009

1 引言

经过30余年的长期运行，油田部分在役电气控制箱存在严重的接线端子防护缺失问题。其中，上世纪80年代投产的一期产品因历史原因，其电源进、出线端子原设计即未配置防触电护罩。而后续改造或更新的二期、三期产品，虽原厂配备有防护罩，但经过多年使用，多数护罩已出现老化破损或意外丢失。这一现状导致大量接线端子裸露，极易引发触电事故或异物短路风险。鉴于现场设备型号繁杂、端子规格不一，采用原厂配件逐一补齐的传统修复方式成本高且难以实现，进行修复变得极为困难，常规防护方案难以奏效。这种防护罩的普遍缺失，已成为油田现场用电安全的主要隐患之一。为彻底解决这一“老设备”的“新风险”。因此，亟需设计一种具备高度通用性的新型防护罩，以兼容不同规格的接线端子，从根本上消除安全隐患。

本文结合现场调研和工程实践，提出通用组合式护罩、柔性硅胶护套及3D打印定制化方案，并进行对比分析，最终形成一套经济、安全、易维护的解决方案。

2 问题分析

火烧山油田开发已三十多年了，有些设备已更新换代了但还有一些设备还没有更新，有的还在使用，比如变压器出线第一级控制开关箱，有一部分还是上世纪八十年代的产品，产品引进安装时电源进、出线接线端子就没设计防触电护罩，这是第一期设备，第二期和第三期空开控制箱进出线接线端都具备防触电护罩，安装使用几年后有些护罩丢失、损坏，因护罩是随设备配备没有多余的，经多方查找都没有匹配的型号因此造成护罩的缺失。火烧山油田类似电器设备的相同情况还有不少，如：抽油机电源控制箱由于型号较多，护罩缺、丢失、损坏后相互又不能使用，单独采购没有相对应配件，因此造成油田部分电气控制箱的输入、输出接线端子防护罩缺失问题。防护罩的缺失让操作人员操作时存在有触电危险，降低了电气设备的安全系数，护罩的缺失还造成用电设备存在安全隐患。

因电器设备种类较多，接线端子大小不同，想补齐缺失的

护罩很难，所以要想解决此问题必须设计一种新型的可以满足不同型号的接线端子护罩。

2.1 现状调研

一期产品：上世纪80年代控制柜及空开箱统计；抽油机控制箱25台，空开箱29个，均无进、出线接线端子防护罩设计，裸露的接线端子在操作设备时易触电。二期/三期及以后产品：原配护罩，但部分因老化、机械损伤或管理不善丢失。

油田目前一级控制箱型号共有7种，其中有3种型号的控制箱缺失较多。抽油机控制箱共有11种型号，其中4种型号控制箱缺失较多。通过统计多为接线端子排，每个端子排内接线端子大小不一致的较少。

接线端子类型统计

电源控制箱缺失护罩统计				
类别	型号	外形尺寸 (mm)	数量 (个)	缺失原因
电源空开箱		30×25	29	出厂设计缺护罩
		50×55	73	一个箱子4个护罩易丢失
	AP01	50×35	25	一个箱子2个护罩易丢失
抽油机电源控制箱	XDM	80×60	19	出厂设计缺护罩
		70×50	37	出厂设计缺护罩
		65×50	88	护罩多易丢失
		110×70	22	护罩多易丢失

安全隐患：

(1) 控制柜，尤其是抽油机配电柜，作为油田生产中最频繁操作的电气设备之一，其接线端子的裸露直接放大了触电风险。操作人员在日常巡检、启停机过程中，极易因误触而导致电击伤害。(2) 裸露的端子也为外部异物侵入提供了通道。

现场环境中常见的工具、金属丝或动物等一旦触碰端子，将直接引发相间短路或接地故障，不仅造成设备停机，还可能引发电气火灾。（3）更为严峻的是，油田户外恶劣的气候条件加剧了安全隐患。在大风、雨、雪天气下，空气中的灰尘和油污极易附着在端子上，形成导电介质。这些污染物在潮湿环境下会大幅降低绝缘性能，导致爬电或短路事故，严重影响电网的供电可靠性和设备寿命。

2.2 现有问题总结

（1）规格不统一：不同批次设备端子尺寸、形状差异大。

（2）配件短缺：供货厂家不提供相应配件，原厂护罩停产，难以采购。（3）维护困难：传统护罩需逐一定制，成本高、周期长。

3 改进方案设计

3.1 设计原则

（1）通用性：适配多种端子尺寸。（2）安全性：绝缘、阻燃、防尘防雨、雪。（3）便捷性：无需改造原有结构，快速拆装。（4）经济性：低成本、易量产。

3.2 方案对比

针对规格不统一、配件短缺、维护困难这三大痛点，传统的定制护罩确实已经无法满足灵活生产的需要。解决这个问题的核心思路应该是：去标准化，拥抱多样化、柔性化。接线端子型号多如果每种型号都要设计一个或定制一种难度较大，与购买同型号护罩一样困难无法实现。如果设计一种护罩可以满足各种型号端子是较为理想的。

护罩的功能：防止人员直接触碰到接线的金属导体上，防护灰尘、防泥砂大量的堆积在金属导体上。

根据护罩的功能提出方案一：制作一个整体护板将不同大小的端子排统一覆盖，在端子排两端加装两条螺杆，护板两端打孔，将两条螺杆穿入孔中用螺母固定护板。

优点：防护程度高，有一定的防砂功能，护板稳定性能强，加工制作方便。

缺点：受空间限制固定螺栓不宜安装，护板长度随接线端子长度的改变而改变，拆装电源线需卸下护板。

方案二：护板制作为伸缩式以适应不同长度的端子排，加工“L”型支架，端子排两段箱体打孔将“L”型支架固定在箱体上，护板固定在“L”型支架上。

优点：防护程度高，有一定的防砂功能，一次性加工的护板适应不同长度端子排，支架固定稳固。

缺点：伸缩板易损坏，加工较复杂，拆装电源线需卸下护板。

方案三：制作一个整体护板，加工“U”型托架，托架上安装磁铁，通过磁力将托架吸附在端子排两端的金属箱体上，

护板放在“U”型托架上。

优点：防护程度高，有一定的防砂功能，护板稳定性能较强，加工制作方便，拆装电源线时，取、放护板方便。

缺点：磁力的吸附强度低于螺栓固定强度（稳定性较低），托架的加工相对繁琐。

护罩选材：护板材料

a、绝缘板材：优点是经济、易加工。缺点是没有透明度看不到接线端子及端子排的工作状况。

b、亚克力板：优点是经济、易加工、可以直接看到端子排是否损坏及端子的工作状况。

方案四：材料升级采用“柔性”防护代替“刚性”护罩

选择耐磨工业皮革/帆布软连接、工程塑胶板（如PP板）或硅钛合金防火布。

优点：a、包容性强：软性材料有一定的伸缩性和可塑性，即使螺丝孔位对不上，也可以通过绑带、魔术贴、磁力吸盘等方式固定。

b、现场裁剪：PP板或皮革可以用剪刀或美工刀在现场直接裁剪，根据实际设备形状“打补丁”或包裹，无需精密测量。

缺点：非透明材料达不到目视化要求，想对材料成本高，采用绑带及魔术贴冬天寒冷天气操作不方便，有一定局限性。

以上四个方案都能满足护罩的功能要求，决定将四个方案同时进行实施。

方案实施后：通过实施效果、市场经济、加工难易度、现场操作方便度等进行对比确定选择方案三，材料选择亚克力板为最佳实施方案。

3.3 优选方案：模块化组合式护罩

3.3.1 结构设计

底座：亚克力塑料粘接，采用带磁性装置吸附于金属外壳上作为支撑，适配不同型号不同规格的控制柜的安装，并且没有孔距的限制。

上盖：透明亚克力护板，现场剪裁方便不需要专用工具，磁性底座可以随意调整内部预留缓冲空间。

锁紧机构：将裁剪后的护板直接放入底座的U型槽中。

3.3.2 安装流程

测量控制柜两侧金属壁间距→截取亚克力护板长度→将磁性底座吸附在控制柜两侧的金属壁上→将护板放入固定底座的U型槽内→调整护板内部及上下间距。

3.3.3 性能测试

绝缘耐压：≥500V。

环境适应性：调整相应内部距离抗温-40℃~120℃高于原

装护板、抗老化预计每个护板在 10 以上的使用寿命。

4 实施与验证

4.1 试点应用

绘制图纸：方案确定后首先绘制出护罩的加工图纸，联系加工单位，制作加工产品。

加工制作：2024 年 6 月 21 日第一批加工完成，共加工托架 100 套，护板总长 80 米。

现场验证：2024 年 6 月 23 日现场实施验证，实施中各控制柜型号不同其控制箱宽度也不同，所需护板长度不等，安装时根据控制箱的型号裁剪护板以适应控制箱，大小控制箱互相搭配合理裁剪护板，最大限度节约材料。



问题发现：实施中发现有部分托架与磁铁之间的粘胶不牢，“U”型托架的粘胶强度不够的问题，及时将问题信息反馈到加工单位，部分托架返厂让其进行整改。

2025 年 2 月又加工 220 套，现场安装 193 套，2024 年 6 月 23 日至 2025 年 2 月 20 日共实施安装 293 套，其中电源空开箱安装 127 套，抽油机控制箱安装 166 套。

设计新型电器控制箱输入、输出接线端子防护罩实施至今已有 18 个月时间，没有发现丢失、损坏现象，防护效果良好，得到了上级领导及同事们好评，达到设计的预期效果。



参考文献：

- [1] GB 4208-2017,外壳防护等级（IP 代码）。
- [2] GB/T 14048.1-2012,低压开关设备和控制设备。
- [3] 李建鹏,史晓龙,孟延辉,等.敞开式高压隔离开关接线端子过热分析及现场处理方案[J].河北工业科技,2023,40(04):294-299.
- [4] 冯璟.超大容量 ACB 接线端子散热技术研究[J].电器与能效管理技术,2018,(14):33-36+78.
- [5] 黄佳,任昌宾,张彦阳.小型断路器接线端子温升研究[J].电器与能效管理技术,2021,(08):40-42.

运行 6 个月后的评估：

安全性：无触电或短路事故。

维护性：更换时间缩短 80%。

经济性：成本较定制护罩降低 70%。

4.2 推广价值

标准化管理：将设计防触电护罩图纸入档案库，向公司推广部门申请产品在油田内部推广。

长期效益：预计年维护成本下降 80%，故障率减少 90%。

5 结论

设计新型电器控制箱输入、输出接线端子防护罩，适应不同型号的电器控制箱，连接或拆除电源线时不需要取下护罩，只需要将护罩整体上移或下移即可，护板宽度与端子排宽度比是 1:0.7，操作时无论是在端子排上部还是下部操作都无法触碰到接线端子上，护板体积大不易丢失，亚克力板韧性较好不易损坏，一套接线端子护罩总价 25 元。截止 2025 年 4 月 1 日我油田共采购 500 余套，其中采油用 320 套，联合站用 200 套，新型电器控制箱输入、输出接线端子防护罩应用范围广受推广。

6 总结

本文提出的通用化防护罩方案有效解决了老旧控制箱端子防护难题，具备以下优势：

- (1) 安全提升：满足控制柜接线端子的防护，杜绝了操作者触电风险。
- (2) 经济高效：模块化设计减少备件种类，维护便捷。
- (3) 可扩展性：适用于油田其他电气设备防护。