[检修工具]

10 kV配电线路带电作业工具挂板装置的研制

文/国网湖南省电力有限公司检修公司智能带电作业技术及装备（机器人）湖南省重点实验室　隆晨海　杨　淼
甄朝晖　李金亮
国网永州供电公司　熊子萱

对传统工具挂板的不足进行详细分析与论述，研制出一种适用10 kV配电线路的工具挂板装置，并重点阐述该装置的结构组成。通过现场应用试验表明，本装置能够归类区分作业工具、便于作业工具取放以致提高作业效率等优点，解决了在配电线路带电检修过程中作业人员使用小工具、材料高空掉落的难题。

在10 kV配电线路检修或施工作业中，在更换及新装负荷开关作业时，通常采用绝缘斗臂车工具来协助完成不停电作业的任务。为方便斗臂车上作业人员对作业工器具的取放，一般都会在斗臂车斗内加装工器具挂板装置。但目前采用的工器具挂板装置存在作业人员的手工工具、材料不便于摆放和使用的问题，易造成金属工具与绝缘工具混装的难题。为了进一步提高作业人员的作业效率，有必要对工具挂板装置进一步优化。

传统工具挂板装置分析

传统的工具挂板装置如图1所示。为检验该装置存在的问题，在10 kV望培线配网线路的实训场地对传统的斗臂车工具挂板装置进行了实地检测和详细技术统计分析，并对5名作业人员在配网操作过程中拿取工器具完成情况进行记录和分析。具体情况如表1所示。

图1　传统工具挂板

表1　使用传统工具挂板装置进行配网更换开关操作时间统计

单位	完成时间/min	完成情况	备注
第一名作业人员	13	完成	–
第二名作业人员	15	完成	–
第三名作业人员	–	未完成	工器具拿取耗时长，出现工器具掉落的现象
第四名作业人员	12	完成	–
第五名作业人员	10	完成	–
第六名作业人员	11	完成	–
第七名作业人员	–	未完成	工器具拿取耗时长

整个试验过程，7名作业人员中有5名作业人员完成了10 kV配网场上更换柱上开关的任务，另外2名作业人员因挑选工器具时花费较长时间，体力消耗过大，且拿取工器具时出现螺帽、弹簧垫和平垫片等较小物品掉落的情况而未完成作业。

通过统计分析，传统斗臂车工具挂板用于存放分流线法更换柱上开关所需的工具时仍然会过度消耗作业人员体力，造成作业人员作业强度大，且作业中易出现螺帽、弹簧垫和平垫片等物品掉落的安全风险问题，降低了带电作业效率，甚至影响后续带电作业工作无法完成。

在10 kV配网线路更换柱上开关采用传统的工具挂板时，作业人员体力消耗较大，安全风险性高，主要有以下两个方面的原因：

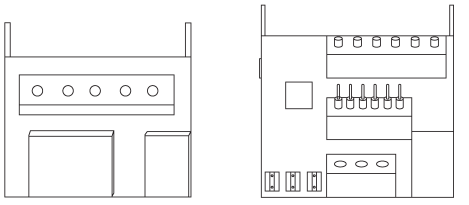
1）工具挂板分类布局不够清晰，作业人员拿取工具不够明确。

2）作业人员作业时戴绝缘手套不便于拿取螺帽、弹簧垫和平垫片等小物品材料，且易出现掉落风险而给地面人员带来安全隐患。

因此，本文总结以上传统的工具挂板存在的不足，结合实际的操作经验并根据斗臂车斗内的结构，合理设计方案，最终研制一种既能满足《安规》《导则》相关要求，又轻巧简易的工具挂板装置。

方案设计

本文以研制出一种能够方便高效安放斗臂车工具挂板，使得带电作业时方便工器具的拿取为目标，最终提出两种方案：方案一，根据斗臂车斗的结构以及工具结构设计简易工具挂板装置，如图2a所示；方案二，根据斗臂车斗的结构与工器具的特点，且考虑工器具的摆放和小器件的方便拿取，构思工具挂板如图2b所示。对这两种方案的优缺点进行分析、评估如表2所示。主要考虑到绝缘斗臂车用绝缘挂板布局设计合理，高空小工具、材料掉落风险低，能够一物多用等诸多优点，因此最终确定方案二为最优方案。



（a）工具挂板模型1　　（b）工具挂板模型2

图2　方案设计

表2　两种方案优缺点对比

特点	方案一	方案二
优点	装置结构简单，作业携带方便，易摆放	装置的工具摆放清晰明确，作业携带方便，易摆放，拿取工器具效率高
缺点	1. 工器具混装，易造成绝缘工器具损伤 2. 作业时戴绝缘手套不便于拿取小材料 3. 小工具、材料易出现高空掉落的风险	装置结构较复杂，不易加工

结构设计

本文采用方案二设计的工具挂板装置，包括用于挂钩在斗臂车上的绝缘挂钩架及用于归类区分储放作业工具的储放架组，其结构示意图如图3所示。

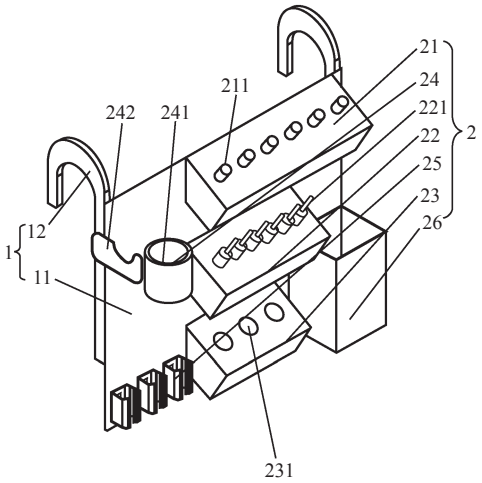


图3　工具挂板的结构示意图

1—绝缘挂钩架　11—绝缘板　12—绝缘挂钩　2—储放架组
21—螺杆储放架　211—插放套筒　22—螺帽储放架
221—套柱　23—套筒储放架　231—套孔
24—电动扳手储放架　241—头套　242—支撑杆
25—线夹储放架　26—综合储放架

图3示出了本文研制的分流线作业工具挂板装置，包括用于挂钩在斗臂车上的绝缘挂钩架1及用于归类区分储放作业工具的储放架组2，储放架组2设置在绝缘挂钩架1上。该结构中，储放架组2用于归类区分储放作业工具，储放架组2通过绝缘挂钩架1挂钩在斗臂车上，由于各作业工具归类区分的储放在储放架组2上，避免了作业人员因各作业工具摆放混乱而影响作业工具选取和摆放的效率，方便了各作业工具取放以致提高作业效率。同时由于绝缘挂钩架1采用了绝缘材料，解决作业人员要穿戴厚厚的绝缘服和佩戴绝缘手套以致对拿取小物品以及工器具而造成的作业复杂度高、作业时间长和工作强度大的问题。

1．绝缘挂钩架

绝缘挂钩架1包括绝缘板和两个绝缘挂钩，绝缘板通过两个绝缘挂钩挂固在斗臂车上，作业工具挂板装置采用绝缘挂钩的挂固方式，方便作业工具挂板装置的挂装与拆卸操作。

2．储放架组

储放架组2包括螺杆储放架、螺帽储放架、套筒储放架、电动扳手储放架、线夹储放架及综合储放架，各储放架间隔分布在绝缘板上。该结构中，各个架子间隔分布设置在绝缘板上，使各作业工具在取放过程中互不影响。

螺杆储放架21上设有多个用于插放螺杆的插放套筒，优选为6个插放套筒。6个插放套筒沿着螺杆储放架顶部横向均匀间隔设置，各螺杆插放在不同的插放套筒中，插放套筒的内孔柱与螺杆

的杆柱相匹配，使得螺杆在插放套筒中不易随着作业工具挂板装置的晃动而晃动，同时也便于螺杆的取放。

螺帽储放架22上设有多个用于套挂螺帽的套柱，优选为6个套柱。每个套柱可套挂多个螺帽，套柱柱面略小于螺帽的内孔，使螺帽套挂在套柱上，不易随着作业工具挂板装置的晃动而晃动，同时也便于螺帽的取放，甚至套柱的柱面可设为与螺帽螺纹连接的螺纹柱，螺帽直接拧在套柱上。

套筒储放架23设有多个用于套放套筒的套孔，优选为三个套孔。各套孔的大小与套筒的大小相匹配，使套筒套放在套孔内不晃动，同时套孔的深度小于套筒的高度，便于螺帽的取放。

电动扳手储放架24包括头套和支撑杆，装放时，电动扳手的头部套入头套，其尾座放在支撑杆上，放置稳定且取用方便。

线夹储放架25设置为U形结构，其U形开口的相对端固接在绝缘板上。该结构方便线夹取放，线夹储放架可设置为多个，如三个，根据实际需要及绝缘板上整体布局而定。

综合储放架26设置为箱体结构，其箱体的一侧固接在绝缘板上可用来储放其他工具，如螺钉、起子等零散工具。

3．尺寸设计与材料选择

根据各工器具和斗臂车斗内的结构尺寸大小，同时根据实际斗臂车的长度和宽度，并考虑到一定安放的裕度，设计的斗臂车长为500 mm，宽度为420 mm。

从加工难度、重量和强度三个方面进行选择，由于3240环氧酚醛玻璃板材料和3640环氧酚醛玻璃管材料相对其他材料加工容易、重量轻、强度高，故选用3240环氧酚醛玻璃板作为工具挂板装置绝缘板的材料，3640环氧酚醛玻璃管材料作为工具挂板的管制材料。由于线夹为铝合金材料，且线夹一般较重，考虑到线夹对线夹固定处的易磨损，则选择槽型铝制材料作为线夹固定装置的材料。

现场应用

本文设计的带电作业工具挂板装置实物图如图4所示。具体使用方法如图5所示，该工具挂板适用于配网不停电作业时将金属工具和材料分区摆放，便于拿取工具及零配件。装置布局设计合理，高空小工具、材料掉落风险低，能够一物多用。

图4　加工后的工具挂板装置实物图

图5　工具挂板装置现场使用图

在实训场地10 kV更换开关实操时，统计了使用工具挂板装置在拿取工器具时所花费的时间，进行的5次实操均取得成功，工器具取放成功率为100%，平均用时为4.5 min左右，作业效率有较大提高。如表3所示。并且对所制作装置进行了载重和装置重量测量，测得固定装置质量为1.9 kg，可承重达15 kg。以上试验可知该装置质量较轻，易于操作，并且安全可靠性较高。

表3　使用工具挂板来取放工器具用时

作业次数	整个过程完成时间/min	完成情况
1	5	✓
2	4	✓
3	5	✓
4	4	✓
5	4	✓

结束语

创新研制了适用于10 kV配电线路检修或施工作业的工具挂板装置。由于各作业工具被归类区分储放在该装置的储放架组上，可避免作业人员因各作业工具摆放混乱而影响作业工具选取和摆放的效率，方便了各作业工具取放以致提高了作业效率，同时由于绝缘挂钩架采用了绝缘材料，解决作业人员要穿戴厚厚的绝缘服和佩戴绝缘手套以致对拿取小物品以及工器具而造成的作业复杂度高、作业时间长和工作强度大的问题。EA

（收稿日期：2018.09.03）
（编辑：朱金凤）