[带电作业]

带电作业工器具护理车的设计与应用

文/钟煜[1] 朱宇翔[1] 吴学民[1] 赵志修[2]
1. 浙江泰仑电力集团有限责任公司；2. 南太湖新区供电分公司

通过梳理现有文献，概述带电作业的有关工器具维护现状。研发一款带电作业工器具专用护理车和配套系统。应用结果表明所讨论与构建的工器具护理车能够较好地满足带电作业有关工器具的维护需要，有一定实践应用价值。

随着社会和经济的发展，大量的工业生产和电力供应活动已经成为现代社会不可缺少的组成部分。然而，其中存在着诸多的安全隐患，对于带电作业的工器具管理，必须采取科学的护理措施。这一领域已有一定规模的先行研究，诸定生等[1]介绍了一种包含电工器具清洁、检测、整理和烘干功能的多功能平台，旨在简化电工器具的维护、保养和检测流程，提升工作效率。宋晓明[2]提出利用带电作业工器具数据异地归属转移技术，以更合理的方式管理工具，避免数据混杂，便于工具的外借与归还记录和管理，提升采购方案的科学性和合理性。杨枝添等[3]介绍了一种基于高压蒸汽清洗装置的绝缘工器具清洗技术，用于清除工器具表面附着的铁锈、其他金属氧化物、导电膏和灰尘等异物，达到高效、无损的清洁作用，延长绝缘工器具的使用寿命，确保工作人员人身安全。陈宇宏等[4]提出利用RFID自动识别技术建立智能仓储管理系统，实现带电作业工器具信息化管理，记录每个工器具的使用环节，提供全面、可视化的库房管理信息，实现作业项目库并一键扫码领用工器具，提高带电作业效率，保障工器具库房的高效、安全运转。王星超等[5]研究了针对国内首条±500 kV同塔双回输电线路的常规检修和带电作业方法、工器具及安全防护措施。研究结果可直接用于±500 kV同塔双回线路的维护检修，提高作业效率，对确保我国超高压电网的稳定运行和发展发挥重要作用。

先行研究对带电作业中的工器具设计与维护工作进行分析，基于现有研究成果，本文从带电作业工器具护理车的设计、配套系统的设计、工具配置和应用方案等方面进行介绍和讨论。通过对带电作业工器具护理车的研发和应用，为推进高效安全的带电作业管理和保障工作人员的生命财产安全贡献力量。

带电作业工器具护理现状

随着电力行业的快速发展，带电作业已经成为电力维护工作中必不可少的组成部分。特别是在高压线路的维护和施工中，带电作业的技术及其相关的工器具已经越来越重要。带电作业中，如果使用不完好或者使用不当的器具，可能导致电气事故的发生。而且，由于带电作业的特殊性，维护带电作业工器具对清洁方式要求严格，通常不能采用清水冲洗等直接方式。

就实践而言，现有器具维护工作仍较多依赖于仓储库房内进行维护，主要用于清洗软质遮蔽类工器具，缺乏对其他工器具维护能力，且未能考虑户外环境、临时维护等更多需求，仅基于储存需求拓展形成专设维护区。

基于此类现有带电作业工器具的维护设备设施，本文则尝试分析设计一类带电作业工器具护理车，以移动推车方式满足护理需求而提升大规模库房内有关工器具维护效率。

带电作业工器具护理车的需求

带电作业工器具是电力行业中必不可少的工具。为保证工器具的安全可靠，必须进行规范的护理和维护，其中护理车是一个必不可少的手段。护理车有助于带电作业工器具进行有效管理和保障其安全性。

1. 尺寸限制需求

护理车的尺寸限制需求方面，需要考虑到储存空间的利用率，以确保所有工器具都能够全部存放。在自身尺寸与质量有限的前提下，需要通过合理的内部结构设计，如设置层板和隔板等，以充分利用空间，控制护理车总体尺寸。同时，在不影响操作和使用的前提下，护理车的结构设计应尽可能轻量化和简化，便于移动和搬运操作。

2. 维护需求

护理车应该配备相关的护理设备，包括肥皂水、滑石粉、肥皂和毛巾等清洁工具，方便对带电作业工器具进行清洗和保养。同时，护理车内还应该设置相应的维护工具，如扳手、剪刀、刷子和力矩扳手等，以便进行常规检查和维护。针对不同类型的带电作业工器具，还可以根据实际需要配置相应的维护工具和设备。基于有关工器具的实际维护需求，护理车也可以相应调节内部空间安排，通过可调整的隔板位置重新优化内部空间布局。

3. 材质选择

护理车的材质需要充分考虑耐潮湿、耐酸碱腐蚀与耐高温条件需求。带电作业有关工器具的安全保障需求更为严格，其储存环境应该保持干燥、通风、避免阳光直射和高温环境。但护理等工作中，清洗等工作将影响这一储存条件，而需要相应完善各类型材料隔离。其中，常见工器具应与机油、油脂、变压器油、工业乙醇以及强酸、强碱或其他腐蚀性物质隔离，避免损坏带电作业工器具。为此，护理车自身需要适当选择耐受性较强材料，以避免酸碱腐蚀等因素影响护理车自身结构、污染工器具。

4. 可拓展性需求

最后，在护理车的使用过程中，还需要根据实际需要进行一些定制化的设计，适应不同的工作需求。例如，加装一些附属设备，如紫外线杀菌灯、除湿器等，保证护理车的清洁环境。为防止静电和电磁干扰等问题，还可以在护理车内部设置一些防静电和防电磁的措施，如特殊材料的装饰和玻璃纤维隔板等。根据需要加装一些安全装置，如气体报警器等，有效预防意外事故的发生。

综上所述，带电作业工器具护理车是一种保证工器具安全可靠的重要手段。护理车需要满足空间和设备的要求，保证工器具的彻底清洗和保养。同时，需要根据实际需要进行定制化设计，适应不同的工作需求。

带电作业工器具护理车的设计

1. 护理车辆模式设计

本设计采用小型折叠式车辆，车身长度为0.9 m，宽度为0.55 m，高度为1.2 m，底盘为四轮支撑，配有推动握把，能够自由轻松行走与操作。

车顶配有展开式设计，当需要进行工器具护理作业时，车顶展开后为1.2 m × 0.8 m，可容纳大量的工器具进行护理，以及容纳护理工具和清洁用品。移动小车如图1、图2所示。

图1　移动小车参考示例1

图2　移动小车参考示例2

2. 护理车配套材料的选择

本系统包括多种护理工具和清洁用品，方便共同使用和调配。

（1）洗涤剂

清除因灰尘、油污、泥土和其他杂质等因素而导致的工器具表面污渍，充分满足工器具护理绝缘毯、护肩等材料清洁要求。

（2）消毒用湿巾

常规杀菌消毒产品，用于除去橡胶污点。

（3）橡胶树脂护理剂

对工器具绝缘平板进行防护和保养，防止因长期使用而导致的表面干燥、龟裂和老化等现象。

（4）RFID读写器和打印机

对于工器具的识别、记录和管理，需要配置读写器和打印机，方便使用和操作。

（5）万用表、试验电极和放大镜等工具

此类工具主要用于工器具状态分析、测试和维护等方面的操作。

（6）超柔毛刷、干湿抹布、废物收集容器和地面清洁工具等护理器具

配备多种便携式器具，方便工作人员进行现场护理。

3. 护理车的硬件配置

为提升车辆的维护能力，护理车应根据移动环境的需求选择合适的滚轮尺寸，基于库房地面环境确定通过性要求。

为保证护理车能够在不同的环境下进行移动和操作，需要考虑一些硬件配置方面的问题。

1）需要注意车辆的底盘设计，通过采用四轮支撑增强车辆的稳定性。同时车辆的滚轮尺寸应该选择适中，以确保车辆的稳定性和行驶性能。

2）为方便使用和操作，还需要配备推动握把。在车顶部分，护理车设计展开式的平台相应配置推动握把，便于在库房内进行移动。

3）护理车内部具备存放大量的工器具护理绝缘毯、绝缘披肩等设备，以及护理工具和清洁用品的空间。针对绝缘杆类的工器具，应使用特殊的悬挂装置固定在护理车上，便于使用和储存。

4）护理车的小车平台上还可以安装一些隐藏的U型卡槽，可以在需要时伸出，避免工器具滑落摔伤，确保工作安全。

护理车的硬件配置方面需要考虑定制化的设计，满足工器具的维护和保养需求。在选择配件和材料时，需要综合考虑环境、成本和耐用性等因素，确保护理车的性能和使用寿命。同时，还需要根据用户的实际需求和使用习惯进行合理的定制，确保护理车的实用性和操作性。

护理车的软件配置

1. 系统概述

护理车的软件配置是护理车设计中同样重要的一部分。在带电作业工器具的维护过程中，损伤信息与维修信息的报告是必不可少的。因此，需要在护理车的软件系统中基于硬件有关读写器和信息上传工具，支持信息上传和下达。在信息管理方面，可以通过构建一套基于仓储管理系统的软件系统，对工器具的维修需求进行分类、管理和跟进，便于工作人员能够更方便地查找和掌握相关信息，使数据的安全性和可追溯性得到保障。

软件系统的结构可以分为数据库层、应用层和用户界面层。其中，数据库层负责数据的存储和管理，应用层提供业务逻辑和数据处理的功能，用户界面层提供方便用户操作的界面，如图3所示。

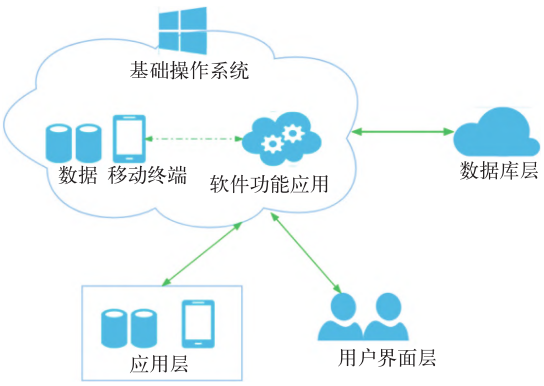

图3　软件结构示意图

2. 数据库层

在数据库层，使用MySQL关系型数据库实现对数据的存储和管理。

1）工器具表。记录工器具的基本信息，包括名称、型号、厂商、供应商和购置日期等属性。

2）维修记录表。记录工器具的维修记录，包括维修日期、维修人员、维修方式和维修原因等属性。

3）保养记录表。记录工器具的保养记录，包括保养日期、保养人员、保养方式和保养原因等属性。

4）巡检记录表。记录工器具的巡检记录，包括巡检日期、巡检人员和巡检结果等属性。

数据流如图4所示。

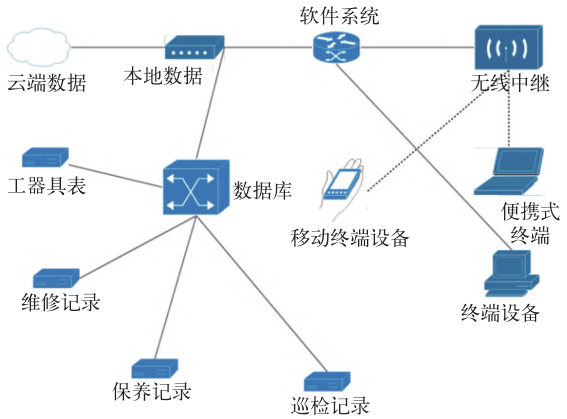

图4　数据库层数据流

3. 应用层

应用层实现数据库层的操作，提供业务逻辑和数据处理的功能。

1）维修管理模块。用于管理工器具的维修需求、维修进度以及维修历史记录等信息。

2）保养管理模块。用于管理工器具的保养需求、保养进度以及保养历史记录等信息。

3）巡检管理模块。用于管理工器具的巡检任务、巡检结果以及巡检历史记录等信息。

4）数据上传模块。通过读写器和信息上传工具，将工器具的维修、保养及巡检数据上传至数据库中。

5）报警处理模块。当工器具出现异常情况时，自动发出警报并通知相关人员进行处理。如图5所示。

4. 展示界面层

展示界面层是软件系统的对外接口，主要为管理人员提供信息参考。

1）登录模块。用于管理护理车用户的登录信息和权限控制。

2）维修管理界面。用于查看工器具的维修需求、维修进度和维修历史记录等信息。

3）保养管理界面。用于查看工器具的保养需求、保养进度和保养历史记录等信息。

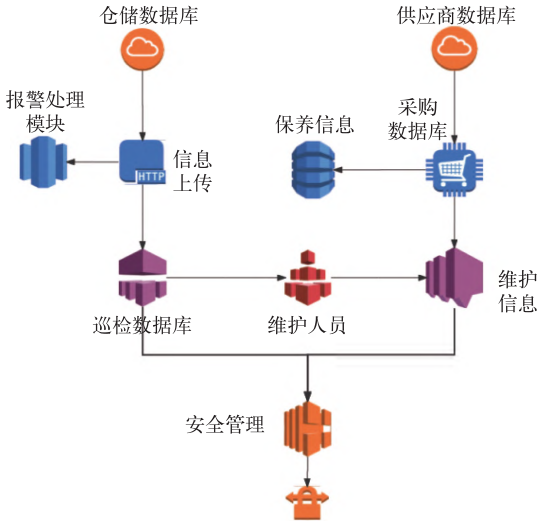

图5　应用层数据流

4）巡检管理界面。用于查看工器具的巡检任务、巡检结果和巡检历史记录等信息。

5）数据上传界面。用于上传工器具的维修、保养、巡检数据。

6）报警处理界面。当工器具出现异常情况时，自动弹出告警信息，方便用户随时处理。

另外，根据实际需要，大规模带电作业工器具管理中，可以为护理车的配套软件系统增加一些智能化功能，比如通过数据分析和人工智能技术，对工器具的维护需求进行预测，提前采取相应的措施，避免因为维修延误而影响生产和工作安全。如图6所示。

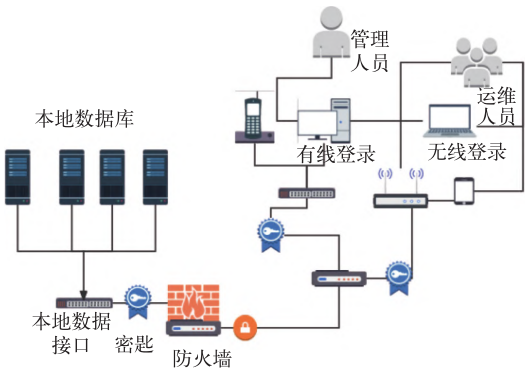

图6　展示界面层信息流

带电作业工器具护理车的应用

首先，带电作业工器具专用护理车能够方便快捷地为工器具提供全方位的护理，例如绝缘毯、绝缘披肩、绝缘服和绝缘手套等重要设备的清洁和维护。针对不同的绝缘毯、护肩和绝缘库等材料，存

在使用、清洁和护理需求，均可以根据实际情况进行调整。还可以使用洗涤剂、橡胶树脂护理剂和酒精湿巾等清洗工具清洗工器具表面污渍，避免外部条件对工器具的不良影响，提升工器具的光洁度和准确度。

为满足现场工作需求，配置万用表、试验电极和便携式放大镜等工具，方便工作人员快速地检测工器具状态和管理工器具过程中的问题。

此外，护理车辆还配备读写器和打印机等工具，便于工作人员操作记录工器具状态和管理相关信息，同时也便于平时存档和查询等。基于这一信息管理，护理车还可以实现远程控制和身份识别。通过网络连接，有效地管理工器具和工作人员的安全。

结束语

针对带电作业工器具管理的问题和需求，本课题设计一套护理车辆和配套系统，为工作人员进行工器具管理、护理和保养提供方便。护理车的研发和应用，对于提升带电作业管理的安全性、高效性和便捷性具有重要的意义。**EA**

（收稿日期：2024-08-10）

参考文献

[1] 诸定生，徐文辉，陈一旻．带电工器具的清洗检测维护系统设计[J]．集成电路应用，2023，40(3)：198-199．

[2] 宋晓明．带电作业工器具异地归属转移设计方案[J]．科技风，2020(8)：5．

[3] 杨枝添，罗文军，钟央，等．基于高压蒸汽清洗带电作业绝缘工器具的技术研究[J]．城市建设理论研究(电子版)，2018(24)：5．

[4] 陈宇宏，张世国，廖志华，等．配电带电作业工器具智能库房管理系统研究[J]．科技与创新，2018(6)：99-100．

[5] 王星超，沈晓龙．带电作业工器具研制及带电作业实用化研究[J]．湖北电力，2011，35(6)：71-73．