

开关小车电动转运装置设计与实现

刘文平¹ 梁景明¹ 李新海¹ 池莲庆² 吴棉廷¹ 陈伟雄¹

(1. 南方电网广东中山供电局 2. 南方电网广东茂名供电局)

摘要：针对变电站 10kV 高压室开关转运小车存在操作费时费力、人机工效差、高度无法大范围升降、检修平台互不通用、开关底部无法维护检修的问题，提出并研制了开关小车电动转运装置，该装置采用了伺服电机控制技术、电动液压升降技术、宽度无极调节技术、镂空平台技术，实现转运装置电动平稳升降并移至地面，转运小车检修平台宽度无级调节，镂空平台设计便于开关底盘维护检修，提高 10kV 开关停送电转运操作及检修试验工作质量、安全和效率，改善人机工效，保障作业人员的人身安全。

关键词：开关小车；电动转运；无极调节；镂空平台

0 引言

目前变电站 10kV 高压室开关在停送电、检修试验过程中，需要通过转运小车将开关由试验位置转为检修位置或检修位置转为试验位置^[1-2]，现有 10kV 开关转运小车大多通过人工操作的方式实现小车检修平台升降及搬运，其存在以下问题：①开关转运小车检修平台人工升降调节操作费时费力，人机工效差。②开关转运小车检修平台高度无法大范围升降，在搬运小车开关时容易发生侧翻，损坏设备和砸伤工作人员。③大电流小车开关与小电流小车开关的开关转运小车检修平台互不通用，当多台小车开关同时转检修时，需要相同数量的转运小车。④开关转运小车检修平台为密封钢板，在检修平台上无法实现开关底部的

维护检修。

近年来，国内对开关小车转运装置开展了相应的研究，文献 [3] 设计宽度调节机构，实现了转运小车的通用性；文献 [4] 提出了一种遥控电动断路器搬运小车，提高了工作效率和工作安全水平；文献 [5-6] 设计了一种新型开关柜转运小车，有效提高了工作效率；文献 [7] 设计了一种电动履带式爬楼机，解决了 10kV 开关小车重物搬运难的问题。目前开关转运小车无法将开关小车电动平稳贴近地面升降，并将小车开关平稳移至地面。

为解决上述问题，本文集成应用伺服电机控制技术、电动液压升降技术、宽度无极调节技术、镂空平台技术，提出并研制了开关小车电动转运装置，该装

基金项目：广东电网有限责任公司职工技术创新项目 (032000KZ24010021)。

置通过宽度调节适用于不同尺寸的小车开关，只需配置一台开关小车电动转运装置即可实现全站不同规格小车开关的操作，升降平台可将小车开关电动平稳升降至地面，检修平台采用框架式镂空结构，便于小车开关底部检修维护，提高 10kV 开关操作、检修工作效率。

1 开关小车电动转运装置结构与功能设计
1.1 系统结构设计

开关小车电动转运装置主要由控制模块、框架式镂空检修平台、宽度调节模块、电动驱动模块、闭锁模块、电源模块等组成，如图 1 所示。装置可实现开关转运小车的电动升降，能把小车开关平稳移至地面，适合多种尺寸开关柜，同时框架式镂空检修平台设计便于开关底盘维护检修等功能。

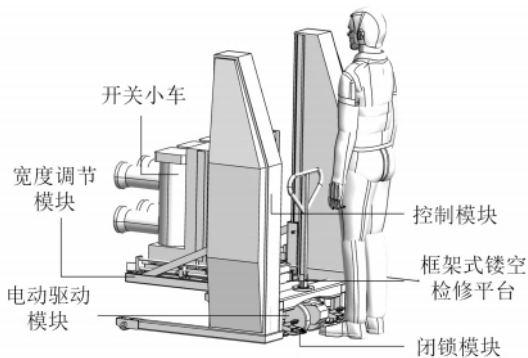


图 1 开关小车电动转运装置系统结构图

控制模块用于电动控制转运小车框架式检修平台的上升、下降、前后移动、停机，并检测、指示电动转运小车的运行状态。

框架式镂空检修平台由承板、挂钩、挂钩把手、限位板、限位柱组成。承板采用镂空设计，开关在转运小车检修平台上即可完成开关底盘维护检修工作；挂钩用于将转运小车与开关柜固定；挂钩把

手用于控制挂钩的左右移动，实现转运小车与开关柜的固定与脱离；限位板与限位柱用于将开关定位限制在转运小车检修平台上。

宽度调节模块由齿轮组、滑块、定位销组成。移动一边滑块时带动齿轮组转动，同时带动对边的滑块向另一个方向相同距离地滑动，实现检修平台宽度可调。

电动驱动模块由操作把手、电机、传动机构、保护单元、限位机构组成。操作把手通过控制模块控制电机转动，从而带动传动机构升降和检修平台前后移动，最终实现开关转运小车检修平台的电动升降和小车开关试验位置转检修位置或检修位置转试验位置的电动操作，操作省力、快捷。当电动升降功能失效时可切换至手动模式操作。保护单元作为电路的过负荷和短路保护、过力矩保护，当电机输出力矩超过规定值时应及时切断电源，防止损坏小车机构。限位机构在各传动机构过行程时自动断开电源，保护开关小车安全。

闭锁模块对传动机构闭锁，通过将闭锁杆插入传动机构锁止孔，即可将传动机构锁死在当前位置。

电源模块采用电池作为电源，为控制模块、电动驱动模块供电。

1.2 功能设计

开关小车电动转运装置可实现转运装置电动平稳贴近地面升降，将小车开关平稳移至地面，转运小车检修平台宽度无级调节，适用于大电流小车开关和小电流小车开关的操作，实现一台转运装置可分别电动操作多台小车开关转检修操作，从而节省转运装置和室内空间，同时框架式镂空检修平台设计，便于开关底盘维护检修的功能，开关小车电动转运装置设计图如图 2 所示，提高 10kV 开关停送电转运操作及检修试验工作质量、安全和效率，改善人机工效，保障作业人员的人身安全。其主要功能如下：

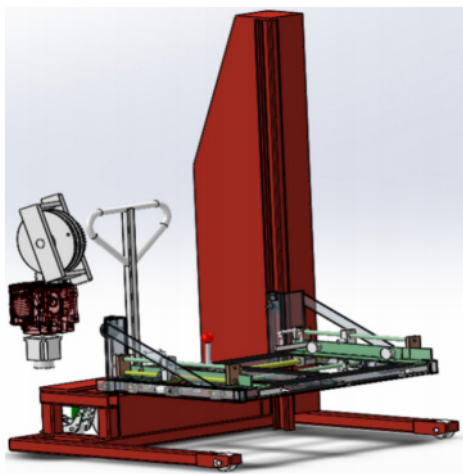


图2 开关小车电动转运装置设计图

- 1) 升降检修平台设计，升降平稳准确。装置采用电动技术控制检修平台升降，具有升降操作省力、快捷、准确的特点，可将检修平台降低贴地面高度搬运开关小车，有效解决现有开关转运小车检修平台高度无法大范围升降，重心较高在搬运小车开关时容易发生侧翻，损坏设备和砸伤工作人员。保障了小车开关搬运工作的设备与人身安全，同时实现一台转运装置可分别操作多台小车开关转检修操作，解决多台小车开关同时转检修时，需要相同数量的转运小车，转运小车不足的问题。
- 2) 框架式镂空检修平台设计，方便开关底盘维

护检修。开关转运小车承板采用镂空设计，检修人员无需将开关搬运至地面，在转运小车检修平台上即可完成开关底盘维护检修工作。

3) 防误闭锁设计，有效防止误下降。装置配置了传动机构闭锁，将传动机构锁死在当前位置，防止开关转运小车检修平台因误操作突发下降。

4) 检修平台宽度可调节设计，适合多种尺寸小车开关。装置采用了滑轮滚动时平行切线反向滑动相等距离的原理，使检修平台能保持中心轴不变，左右对称变宽，以适合不同尺寸的小车开关。

5) 试验位置转检修位置电动操作。小车开关由试验位置转为检修位置或检修位置转为试验位置实现电动操作，提高人机工效。

2 开关小车电动转运装置关键技术

2.1 伺服电机控制技术

伺服电机控制技术采用设备的位置、加速度、速度等控制量，以控制器输入给定值，与反馈值比较，构成自动化闭环控制系统。伺服电机控制系统是具有负反馈的闭环自动化控制系统，主要由控制器、伺服驱动器、伺服电机和反馈模块等组成，伺服电机控制原理如图3所示。伺服电机具有精度高、性能优

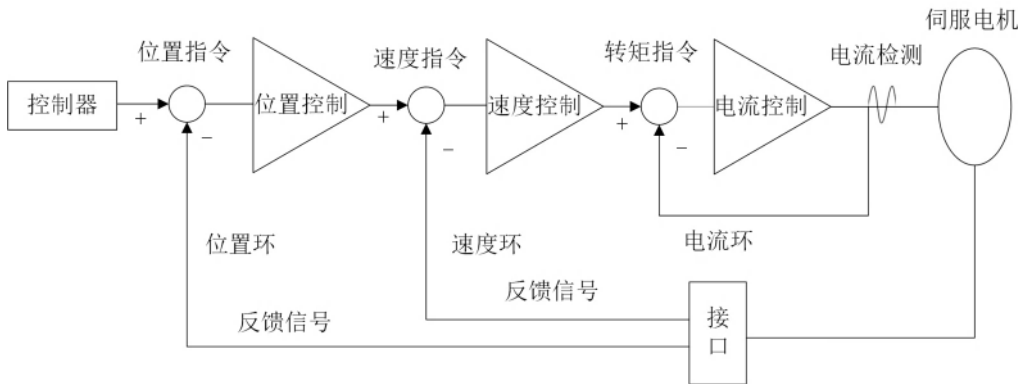


图3 伺服电机控制原理图

的特点，广泛应用于数控机床、机器人、航空航天等领域。

2.2 电动液压升降技术

电动液压升降技术主要是通过液压油的压力传动从而实现小车检修平台升降，机械结构使平台升降有较高的稳定性和较高的承载能力，可将检修平台降低贴地面高度搬运开关小车，有效解决现有开关转运小车检修平台高度无法大范围升降，重心较高在搬运小车开关时容易发生侧翻，损坏设备和砸伤工作人员。

2.3 宽度无极调节技术

宽度无极调节技术是一种通过连续调节检修平台宽度的技术，它可以在任意宽度范围内实现平稳调节，通常采用数字信号控制技术，具有较高的精度和稳定性，适用于不同宽度的小车开关操作与检修维护。装置采用了滑轮滚动时平行切线反向滑动相等距离的原理，使检修平台能保持中心轴不变，左右对称变宽，以适合不同尺寸的小车开关，如图 4 所示。

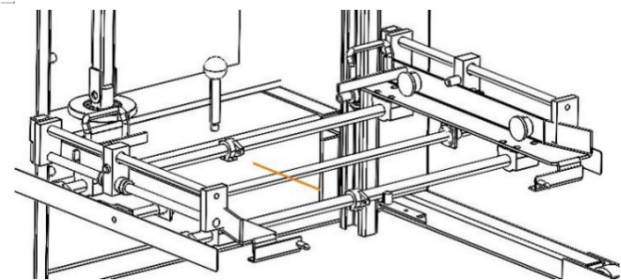


图 4 宽度调节机构图

2.4 镂空平台技术

镂空平台技术是采用一种框架式结构，方便小车开关底部检修维护，检修平台具体是一种“田”字形不锈钢面板，镂空检修平台如图 5 所示，检修人员无需将开关搬运至地面，在转运小车检修平台上即可完成开关底盘维护检修工作。

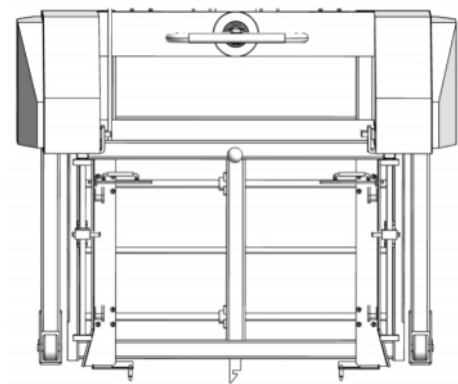


图 5 镂空检修平台图

3 应用实例

本文研制的开关小车电动转运装置已应用在中山供电局变电管理二所的运行班组，用于 10kV 手车开关检修操作工作。运行期间产生 4700 元的经济效益，并长期受益，经济效益测算如表 1 所示。其间装置未出现故障，大大减轻了作业人员的负担，提高了作业管理水平。

表 1 经济效益测算表

电压设备	使用次数/次	节约工时/h	节约总工时/h	节约总人力成本/万元	活动成本/万元	研发费用/万元	经济效益/万元
10kV 大电流柜	60	0.06	3.6	0.94	0.12	0.35	0.47
10kV 小电流柜	400	0.05	20				

4 结束语

本文在分析小车开关操作和检修维护工作存在的问题基础上提出了开关小车电动转运装置，实现开关转运小车的电动升降、能把小车开关平稳移至地面，适合多种尺寸开关柜、同时框架式镂空检修平台设计，便于开关底盘维护检修等功能。装置提高了 10kV 开关停送电转运操作及检修试验工作质量、安全和效率，改善人机工效，保障作业人员的人身安全。

(下转第 34 页)

参考文献

- [1] 唐健刚, 倪惠浩, 陶可鹏. 一种 10 kV 小车开关智能运维装置的研制 [J]. 设备管理与维修, 2023 (12): 123-124.
- [2] 璩光明, 陈泓岩, 应东, 等. 35 kV 手车升降式防倾倒转运小车的研制 [J]. 宁夏电力, 2023, (S1): 103-108.
- [3] 赖宝鹏, 张仪涵, 何晓燕. 变电站 10kV 开关柜通用转运小车的研制 [J]. 电工技术, 2022(10): 80-81.
- [4] 梁学敏. 35 kV 高压柜断路器电动转移小车 [J]. 自动化应用, 2023, 64 (18): 112-113, 122.
- [5] 张鸿伟, 鱼雅淇, 丁玮琦. 一种新型开关柜转运小车的研制 [J]. 中国战略新兴产业, 2023 (33): 119-121.
- [6] 李雄, 张强, 李志刚, 等. 变电站 10kV 开关机械转运小车结构优化设计 [J]. 机械设计与制造, 2023 (3): 106-109, 115.
- [7] 唐健刚, 倪惠浩, 冯奕钧. 变电站电动履带式爬楼机的研制 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2024 (2): 45-49.

(收稿日期: 2024-05-26)