[开关设备]

特高压GIS现场安装用移动式装配车间的功能设计及应用

文/西安西电开关电气有限公司　黄少波　王旭光　屈　直　白家璇　张文强

为提高特高压GIS现场安装的质量及进度，特高压现场已广泛使用移动式装配车间进行设备安装。对移动式装配车间的吊装功能设计、环境控制设计和验收要求进行介绍，同时结合近年移动式装配车间的使用经验，简述使用步骤及使用过程中的管控措施。

现场安装1 100 kV气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称GIS）对装配环境和装配工艺有较高的要求。自2015年开始在1 100 kV GIS现场安装中推广应用移动式装配车间，目前已有多个特高压工程在现场实现了“工厂化”装配，在此期间不断完善装配车间的设计和使用要求，以提高设备现场安装的质量及进度。

移动式装配车间的功能设计

移动式装配车间整体结构以框架式龙门吊为骨架，以重型钢结构为外围框架，在外围框架敷设彩钢板，车间两侧布置柔性密封门帘，形成整体密封的结构板房。车间内置自行走机构实现车间在基础道轨上的整体移动，内置单梁起重机实现GIS运输单元的吊装，内置工业空调系统及风淋间实现车间装配环境的控制。针对1 100 kV GIS长条形布置特点，车间移动道轨铺设在长边两侧，移动式装配车间全跨主设备和主母线，车间通过内置电动行走系统在道轨上逐段移动，完成整个工程的安装工作。移动式装配车间在1 100 kV GIS工程安装应用如图1所示。

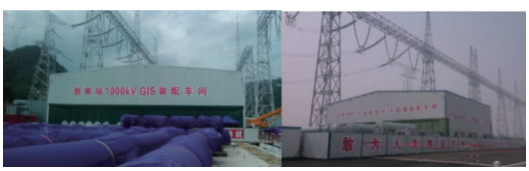

图1　特高压1 100 kV GIS安装用移动式装配车间

1．移动式装配车间的吊装功能设计

根据1 100 kV GIS的布置特点及运输单元的尺寸、吊重，设计车间的吊装功能以满足起吊安装的需要。移动式装配车间长21.1 m、宽29.6 m、吊点高度6 m，车间内部工作区域具有较大的有效工作距离。车间内置两台单梁起重机吊重范围覆盖所有主设备及主母线吊点，起重机主梁的运动方向垂直于GIS的布置方向，电动吊钩的运动方向平行于GIS的布置方向，两台起重机工作区域为25.2 m×16.5 m，能够满足车间内两个工作小组同时进行一台GIS主设备及一组（三相/六相）主母线运输单元精准、安全对接的需要。布置于主设备侧的15 t单梁起重机配有两个10 T电动吊钩，两个吊钩具备联动和单动两种模式，具有距离感应闭锁功能，双吊钩联动实现11 t带合闸电阻断路器的安装，并有效降低了设备的吊装高度；布置于主母线侧的10 t单梁起重机配有一个10 T电动吊钩，实现断路器外其他主设备及主母线运输单元的安装，如图2所示。

2．移动式装配车间的装配环境控制设计

参照特高压GIS装配车间的环境要求，移动式

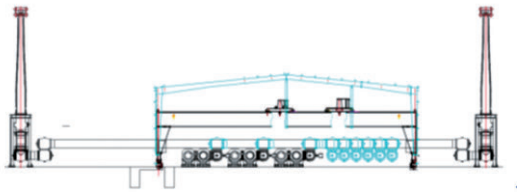

图2　移动式装配车间的布置

装配车间结构封闭防水，防尘级别为百万级洁净度（粒径0.5 μm及以上的尘埃≤3.5×10^{7}个/m^3），环境温度控制在20±8℃的范围内，相对湿度≤70%，照度管理值大于300 lx。从密封性设计、环境控制系统两方面方面予以考虑控制。

1）车间密封性设计。移动式装配车间外墙采用5 cm的保温层夹心彩钢板，彻底封堵顶棚与外墙的间隙。车间两侧采用柔性高密度聚酯纤维复合材料与外墙硬质结构相连式结构，柔性复合材料外侧敷设防雨布、遮阳布，进一步密封、防雨并隔温，柔性密封门帘长度较硬质结构距离地面高度长50 cm，以便使用沙包压覆柔性复合材料实现车间两侧包装的密封防水。四周边角、轨道和软布帘搭接处使用软布二次封堵，达到双层防尘。车间两端柔性密封门帘预留9个防尘接口，末端带有捆扎绳，内侧使用拉链、外侧使用粘接布粘接的形式进行双层密封，如图3所示。

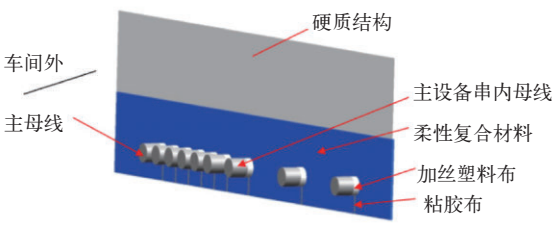

图3　移动式装配车间两侧结构

2）车间环境控制系统设计。根据移动式装配车间的百万级防尘要求、内部工作区域体积、环境温湿度控制范围、墙体选用材料热传导系数以及内置设施、人员和灯光的热负荷等因素，设计并选用满足装配环境要求的环境控制设施。车间内置六台工业空调器和一间单人风淋间。六台空调器室内机底座均布焊接固定于车间内框架两根地梁，空调室外机底座均布焊接固定于车间外框架两侧钢结构梁，空调机组具备制冷、制热、除尘和抽湿功能，通过定期更换空调器过滤网及加装工业级空气过滤机组，保证车间内部净化要求。风淋间底座固定于车间内框架地柱，喷口风速＞27 m/s，风淋间吹出洁净空气可去除人员携带的尘埃，有效地减少尘源进入车间。内部设施如图4所示。

图4　移动式装配车间的环境控制设施布置

移动式装配车间的验收

1）移动式装配车间在现场安装完成后对车间的结构及功能设施进行验收。由当地特种设备检测机构依据相关国家标准，对车间的起重机结构进行技术文件、电气与控制系统、安全保护与防护装置以及空/静/动载荷性能等进行检验，并出具检验报告。

2）由GIS现场建设管理单位对移动式装配车间的密封、环境控制功效及安全生产防护措施进行验收。在车间密封条件下，环境控制系统运行3 h待室内环境达到动态平衡后，检测温度、湿度、洁净度和照度管理值是否符合设计要求；检测车间防水密封措施是否有效；检查起重设备操作规范制度及注意事项是否明确齐备、电气线路防火设施及应急照明设施是否齐全。

移动式装配车间的应用

通过动式装配车间在数个特高压工程的使用，不断改进完善移动式装配车间管理制度，优化工艺流程，规范人员操作行为，明确车间环境监测方法与标准，最大程度发挥移动式装配车间的安装效用。

1．规范移动式装配车间的使用步骤

根据现场安装计划，每移动车间一次应满足安装一台（三相）GIS主设备设备及三/六相主母线运输单元的需要；在移动车间前，首先清理预安装区域的基础地面、设备外表面，并按照运输单元临时就位图吊运运输单元预就位在相应的GIS基础上，如图5所示；在移动车间至预安装区域后，预安装区域地面铺设洁净地板革，并使用车间两侧的密封门帘隔离密封已安装设备与预安装设备；经检查车间密封措施执行完毕及检验车间环

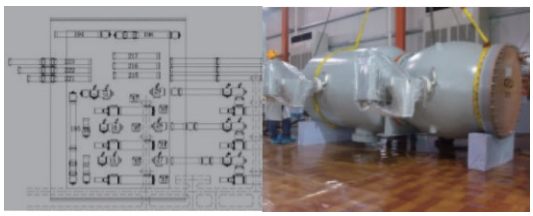

图5　运输单元临时就位

境符合要求后，方可进行设备的安装。

2．移动式装配车间的异物及环境管控

移动式装配车间的环境管控从阻断灰尘异物进入通道和消除灰尘异物入手，通过执行车间密封措施、监管人员设备进出行为和监控车间环境指标等方面，以保证GIS现场装配环境的要求。

1）建立移动式装配车间环境监控制度。设备安装前，首先检查车间密封完成无漏洞，特别是四周边角、轨道和软布帘搭接处应进行仔细检查，检查地面铺设有洁净地板革无灰尘；然后开启车间内置的环境控制调节设施，半小时后在车间四角和设备预安装位置，使用已校验的专门仪器，检测车间0.7～1.5 m高度空气中粒径0.5 μm及以上的尘埃不多于3.5×10^7个/m^3，检测温度在20±8℃范围内，相对湿度≤70%。设备安装中，不能破坏车间密封措施和关闭环境控制设备，每天上下午对车间的尘埃量、温度和湿度进行监测。

2）对外围整个GIS施工区域，从外至内铺设防尘网－围栏阻隔－铺设塑料防尘布－移动车间（或移动防尘室、防尘帐篷）形成多级防护屏障，防止异物进入装配车间；外部防护包括：架设高度为2 m的围栏，设立门禁制度，使得GIS安装基础的安装区域与外部隔离。周边20 m范围内露土地面需采取防尘措施（铺设草垫或防尘网和定期洒水），围栏以内的作业区铺清洁塑料布或彩条布，定期清理保持洁净。

3）待安装设备进入车间前，必须拆除外包装，清除表面异物后再吊运至安装区域；设备和工具、工装进入车间前，必须彻底清理外表面；安装作业使用过的O型圈、辅消材料及其他废弃物及时放入回收桶，每天完工后清理出车间。

4）严格控制进出车间人员，须着工作服、更换干净工作鞋或戴鞋套后，持车间出入通行证经风淋间进入。

5）车间内不得进行产生粉尘及产生金属微粒的作业，设备清理打磨区与安装区分离，严格控制车间内异物产生。每日工作前和工作后清扫车间内部异物，可使用吸尘器、拖把清扫地面，不得使用压缩空气、扫帚等扬尘工具。

6）针对雾霾等恶劣天气，在作业区围栏上加装喷淋系统，以降低空气中悬浮颗粒数；在移动车间内增加空气净化设备，对清理和对接作业面进行局部防护，确保产品安装满足要求。

移动式装配车间的应用效能及意义

应用移动式装配车间实现了特高压GIS安装现场的“工厂化”装配，通过不断完善提高了安装的质量及进度，提升了设备现场装配工艺水平。

1．特高压GIS现场装配环境的保证

经长期对移动式装配车间装配环境的监测统计知：日均洁净度粒径0.5 μm及以上的尘埃为2.3×10^7个/m^3，日均温度为22.5℃，日均相对湿度为47.3%，满足特高压GIS现场装配环境的要求。

2．特高压GIS现场吊装质量的提升

使用车间内置起重机进行设备吊装，实现了起重机操作人员与设备装配人员的密切配合，提高了起重机操作人员对吊装过程中设备运行轨迹调整的反映及时性；内置起重机运行速度2～20 m/min，起吊速度0.8～5 m/min，保证了设备吊装准确度，提高了设备吊装移动过程的水平平稳性。

3．特高压GIS现场安装进度的提升

使用移动式装配车间安装克服了外界环境的不利因素，能够在连续阴雨、大风扬尘等恶劣天气下进行装配作业，可提成安装进度。

4．特高压GIS制造厂家生产效率及现场装配策划实施水平的提升

特高压GIS现场安装使用移动式装配车间，对特高压GIS制造厂家的供货履约、现场安装方案的策划与实施、现场装配工艺水平都提出了更高的要求。通过优化特高压GIS生产制造流程，提升生产制造技术，提高人员工作技能，以满足特高压GIS现场安装高效高质及设备长期运行可靠的要求。EA

（收稿日期：2020.04.27）
（编辑：朱金凤）