

标准配送式智能变电站预制电缆“即插即用”实现方案及敷设方式研究

分析了智能变电站采用航空插头实现预制电缆“即插即用”功能的可行性及必要性。介绍航空插头及其在电气工程领域中的应用,研究了一次设备本体与其就地智能控制柜采用统一标准的航空插头并通过预制电缆连接的技术方案,总结了航空插头选型相关的技术要求,探讨了工程设计中航空插头选择需注意的问题,最后介绍了预制电缆的敷设方式。

刘继彦 宋燕霞 辛 欣/国网山东省电力公司泰安供电公司



刘继彦/工程师

关键词/Keywords

智能变电站·
预制电缆·
航空插头·
即插即用·

标准配送式智能变电站通过“标准化设计、工厂化加工、装配式建设”全新建设模式,能进一步深化标准化建设,不仅有利于提高工程建设质量和建设效率,提高建设的整体能力,同时也能节地节资,降低全寿命周期成本,从整体上提升变电站技术水平,进一步凸显变电站工业设施的定位,为智能电网的绿色、健康发展奠定坚实基础,对智能电网的发展具有重要的推动作用。

目前,已有多座智能变电站建成投产,在一次设备智能化、二次设备集成化、数据采集标准化、信息传输网络化和站控层信息一体化等方面取得了一系列成果,积累了丰富的工程建设经验,但是在标准化设计、二次设备即插即用、建构筑物标准化和高级应用功能实用化等方面还有较大的提升空间。

电缆连接技术现状

目前,大部分变电站屏柜内两侧均设置成端子排接线方式,如图1所示,该方式存在以下问题。



图1 传统屏柜端子排

1) 导线尾部压接过程,存在安全风险。压接压头是一个特殊过程,压头必须与导线规格匹配,同时压接需要专用工具,压接后对压接点接触电阻、拉脱力等均需进行检测,而现场施工基本不具备以上检测条件。

2) 导线压接后与端子排的连接过程纯靠手工经验,效率低下且存在安全隐患。端子排固定导线尾部的压头一般采用螺钉压紧的方式,该过程需要专用的螺钉旋具等工具才能进行,而且该过程效率较低,同时由于操作工人的不同,会造成旋紧螺钉的力矩不同,所以螺钉压紧导线压头的力也就不同,力小的接点可能存在导线压头脱出的情况,产品质量就存在一定的隐患。

3) 随着智能电网建设的推进,智能控制柜被广泛应用于GIS变电站中,柜中集合了本体设备的控制把手,智能组件部分的合并单元、智能终端和电能表等设备,使得汇控柜(智能控制柜)内二次装置数量大幅增加,从而导致端子排数量大幅增加,由此带来端子排接线数

量也大幅增加,这样就造成导线较多,布线比较凌乱,甚至可能出现线槽无法盖合的情况,亟须采取新的连接方法取代传统的端子排接线。

4) 以上现场做线、安装等均无固化的设计、工艺文件,标准化程度低,全靠现场工人的经验来操作,无法保证产品一致性。

5) 占用柜内空间大。由于端子排一般纵向单线排列,因此,当接线较多时端子排就很高,占用柜内空间比较大。

航空插头及其应用

1. 航空插头的概念

在较为复杂的工业自控领域中经常需要使用包在一根电缆内的多股电缆芯线来同时传输多路电信号,并且需要该电缆线在连接处能够很方便的断开或连接,以便于检查和维修设备等。为此开始使用一种插针、插孔组合的接插连接件,采用插拔连接的方式来确保准确传输信号、牢固连接以及方便迅速的连接与断开。起初这种连接件多用于飞机制造等航空领域,因此经常被俗称为“航空插头”。航空插头现广泛应用于航海、航天、电力及军事等领域,适用于电器设备及各类仪器仪表之间的线路连接。

按外形可分为圆形航空插头、矩形航空插头,按连接方式可分为螺纹联接、卡口(快速)连接、卡锁连接、推拉式连接和直插式连接等,按接触体端连接形式可分为压接、焊接、绕接和螺钉(帽)固定,按环境保护可分为耐环境航空插头和普通航空插头。

2. 航空插头优缺点

1) 航空插头的优点。①具有良好的环境适应性。航空插头壳体采用高强度镁铝合金,强度高,经久耐用。绝缘体采用热固塑料注塑成型,耐高、低温,耐腐蚀、密闭防潮和绝缘性好,适用于较恶劣的环境,有较好的环境适应性。②连接牢固,方便快捷。卡口式联接螺帽、螺纹式联接螺帽,能使插头与插座之间牢固相连,不易脱落,可实现快速、防错插连接。电磁干扰屏蔽能力。③导电性能好,接触可靠。接线体的插针强

度高,插孔弹性好,两者配合能紧密吻合,导电性能好,接触可靠。

2) 航空插头的缺点。当壳体内接触体插针或插孔与导线脱落或电缆内导线折断时,很难实施壳体内导线的更换修理。

3. 航空插头在电气工程领域的应用现状

航空插头由于连接可靠性高,已在高压组合电器设备本体与汇控柜的连接上应用。平高、新东北电气、新日机和ABB等GIS厂家均采用航空插头将隔离开关、断路器机构的二次接线引至该间隔的GIS汇控柜内;在AIS站中,220 kV 断路器的分相机构至总汇控箱的电缆连接,西门子厂家一直以来都是采用带航空插头电缆连接。航空插头的应用如图2所示。

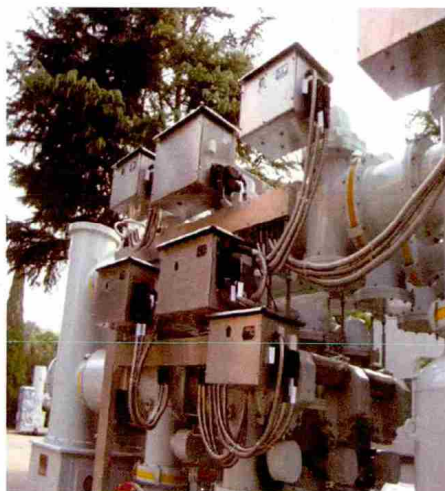


图2 航空插头的应用

变电站中航空插头应用

1. 变电站中航空插头应具备的性能

1) 系列化产品,应符合国标或者国军标等标准接口尺寸。

2) 快速插拔,可靠连接,连接到位后应具备锁紧功能,螺纹联接器应具备防松功能。

3) 电连接器针孔件端接形式采用压接,可拆卸,适合大批量生产及后续维修更换等。

4) 连接器应有防尘盖,特别是预制缆端,由于需要在施工现场安装、调试等,需要在连接前带好防尘盖,以防操作过程中对预制缆端连接器内部接触件造成损伤,或者插合端进入杂物等影

响连接器正常使用。

5) 连接器应有线缆附件, 主要起到线缆(光缆、电缆)与连接器连接后使线缆与连接器可靠固定在一起, 增加整体的抗拉、抗拖拽性能。外部预制缆与箱体, 以及箱体之间设备用连接器应带密封附件, 箱体内部用连接器可选用非密封附件。

6) 连接器应具备多种防错插键位, 在物理结构上避免因同一面板安装多个连接器而造成误插情况。

7) 连接器壳体应具备多种材质及镀层, 满足不同环境下的应用。潮湿、淋雨和浸水等条件下推荐使用铜合金或者不锈钢壳体材质的产品, 铜合金镀镍产品能够满足正常条件下户外使用(耐盐雾500 h以上), 但是该类型连接器不能在地上拖、拉等, 一旦因以上动作造成壳体镀层脱落, 铜基体外露, 产品将很快腐蚀, 因此作业环境恶劣情况下推荐使用不锈钢材质壳体的产品, 另外距海边较近的地区设备接口亦需使用不锈钢材质, 该材质耐环境性能较好, 有很高的耐腐蚀性能(耐盐雾1 000 h以上), 另外产品上的螺钉、弹垫等材质亦需满足长期耐腐蚀要求(耐盐雾1 000 h以上)。如果连接器产品用在室内, 环境相对较好, 可选用铝合金材质, 壳体镀镍即可(耐盐雾96 h以上)。

8) 外部预制缆与箱体, 以及箱体之间设备接口应满足外壳防护等级IP68, 以防止雨水、杂物等进入设备内部, 箱体内部设备接口外壳防护等级IP65。

9) 具有优秀的抗振动、耐冲击性能, 便于运输、安装等环境下正常使用。

2. 航空插头在选择时应关注的主要参数

航空插头应根据其主要参数进行选择。

1) 电气参数包括额定电压、额定电流、接触电阻和屏蔽性。

2) 安全参数包括绝缘电阻、耐压、燃烧性、机械参数、机械寿命、接触对数目和针孔性、振动/冲击/碰撞、安装方式、连接方式和外形、环境参数以及端接方式等。

3) 在智能变电站二次回路应用中可以按照交

流动力回路、直流控制信号回路和弱电回路来选择不同的航空插头。

4) 航空插头建议选择10、16、24和64的标准插芯数。

变电站预制电缆即插即用方案

该变电站110 kV 采用全户内GIS配电装置, 二次设备于配电装置处就地布置, 推荐全站采用单端预制电缆。通过比较分析, 预制线缆连接器推荐采用圆形高密度航空插头, 体积小、密度高, 解决传统矩形航空插头大量占用控制柜空间的问题。

1. 主变压器本体电缆优化整合及即插即用方案

主变压器智能组件的配置如图3所示, 从智能变电站的应用现状看, 现阶段主变本体智能组件包括: 本体智能终端、非电量保护、中性点合并单元和在线监测IED等, 就地实现保护、测量、控制和监测功能。

本体智能终端功能相对比较单一, 功能为将本体非电量信号进行数字化转化之后上送测控装置。目前已有大量研究报告研究主变压器本体智能组件的功能整合, 如将非电量保护、冷却器控制、有载调压控制和状态监测等功能整合在主变压器智能终端中。

主变压器本体信号引出有两种不同的方式:

① 设置主变压器本体端子箱, 本体信号在端子箱汇总后送出至就布置的主变压器智能控制柜。
② 不设置主变压器端子箱, 本体信号直接引出至就布置的主变压器智能控制柜。考虑到一次设备集成应有一个循序渐进的过程, 且主变压器本体各元件布置比较分散, 每个元件送出的电气信号较少, 从这个角度考虑主变压器本体设备直接采用航空插头的优势并不大。因此建议在主变压器设置本体设置端子箱情况下, 主变压器本体端子箱至就布置的智能控制柜采用航空插头及预制电缆连接; 主变压器有载调压机构、风冷控制和中性点接地开关等回路可应用航空插头。

主变压器可按照控制、信号回路划分安装单元, 分为非电量保护回路油温及绕组温度测量等

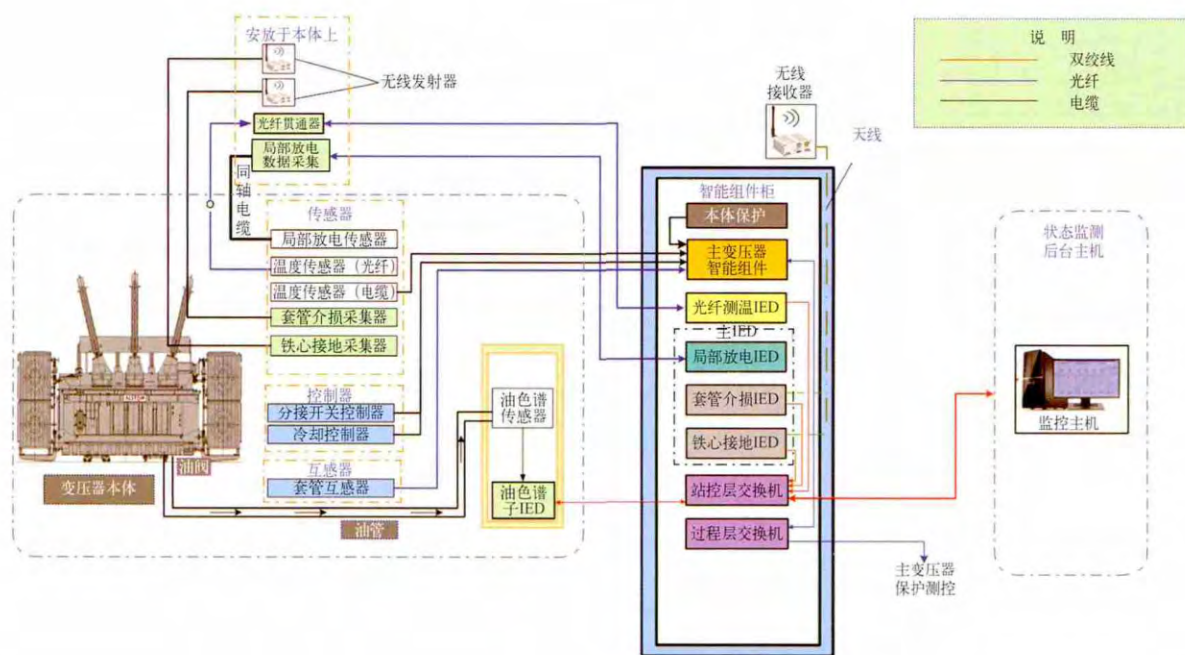


图3 主变压器智能组件配置连接示意

模拟量采集（弱电）回路、本体端子箱（与风冷控制箱接口回路）、有载调压档位信号采集与调压控制回路、风扇控制回路、主变压器中性点开关控制与信号回路等，划分的每个安装单元按照芯数及回路性质分别选择相应插芯数及截面积的航空插头，如主变压器非电量保护回路可采用1个31插芯的标准航空插头。另外，考虑以上电缆均为同一起止点的特点，在应用时机成熟时，主变压器本体端子箱至本体智能控制柜不同安装单元的不同预制电缆按照回路性质整合，如有载调压开关、风冷控制和中性点隔离开关的控制电缆整合为1根预制电缆，信号电缆整合为1根预制电缆，非电量保护回路电缆整合为1根，因此，除了电源电缆考虑经济性仍为现场敷设外，主变压器本体端子箱至本体智能控制柜之间只有3根预制电缆。

2. GIS本体电缆优化整合及即插即用方案

GIS本体至智能控制柜的控制电缆主要是连接断路器、隔离开关机构至智能控制柜的二次回路，在传统变电站设计中已广泛地采用了航空插头。结合智能变电站中智能终端的功能整合与优化设计，传统二次回路可进行简化和优化，采用

航空插头的数量会大大减少，如图4所示。

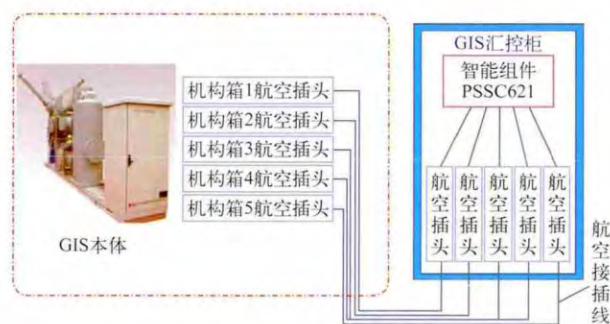


图4 GIS和智能组件即插即用示意图

对于电流、电压互感器送出的交流电流信号，考虑到电流互感器不允许开路、电压互感器不允许短路等原因，对航空插头的性能要求更高。因此航空插头质量满足安全要求时，才可采用航空插头方式进行连接。

GIS本体与智能控制柜的预制电缆可分为断路器控制电缆2根（对应单套保护、交流电源）、隔离开关控制及电源电缆4根（对应4个刀开关）、信号电缆2根（1根用于断路器、1根用于刀开关）、电流互感器1根及电压互感器1根。线路间隔共10根预制缆。

110 kV母线设备间隔，智能控制柜对外的电缆

连接仅有电源回路，除母线设备间隔外，各间隔可配置交流、直流电源，共2根预制缆。母线设备间隔可配置交流、直流电源1及直流电源2，共3根预制缆。

预制电缆的敷设方式

1. 预制电缆敷设方式

预制电缆总体可分为单端预制和双端预制两种形式。单端预制是指电缆的一端预制航空插头（座），另一端甩线（现场制作与航空插头座的端接）或接常规端子排。双端预制是指电缆的两端均预制航空插头（座）。

预制电缆的型式选择应遵循如下原则。

1) 当一次设备本体至就地控制柜间路径满足预制电缆敷设要求时（全程无电缆穿管）优先选用双端预制电缆。

2) 当电缆采用穿管敷设时，宜采用单端预制电缆，预制端宜设置在智能控制柜侧。

3) 在预制缆端采用圆形连接器且满足穿管要求时也可采用双端预制。

4) 预制电缆采用双端预制且为穿管敷设方式下，宜选用圆形高密度连接器。

5) 预制电缆所采用的圆形或矩形插头应与所连接设备上安装的连接器插座相配套。设备制造商在选择矩形或圆形连接器时，应充分考虑连接器插座的安装方式、电缆插头与插座插合的整体尺寸要求、接线与维护的方便性以及经济性。

2. 预制电缆沟技术

通过对电缆、光缆采取集成优化措施，使得二次回路的光/电缆充分整合，采用预制光/电缆后，电缆沟截面积充分优化，结合优化后电缆通道布置和截面积，综合考虑技术性能、工程造价和便于运行、维护及扩建等要素，变电站中可以

考虑采用预制电缆沟技术。

该方案具有构造简单、光/电缆敷设、检修方便、电缆运行环境好、工程造价低及缩短工期的优点。同时全站二次电缆沟宽度一致，充分体现智能化变电站“两型一化”的设计理念，同时符合当前厉行节约环保趋势。

结束语

在智能变电站中使用航空插头这种接插件连接方式取代传统端子排连接，实现设备二次接口标准化，优化、简化了二次回路的设计，实现了一、二次设备模块化，对于一次设备的智能化有着重要的意义。站内控制电缆采用预制电缆，同时全站采用预制光缆，通过工厂化的预先装配和测试，可实现二次接线即插即用，将有效缩短现场施工、调试时间且显著降低现场安装人工成本。

参考文献

- [1] 高翔. 智能变电站应用技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 16-29.
- [2] 钟连宏, 梁异先. 智能变电站技术与应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 125-132.
- [3] 国家电网公司. Q/GDW 393—2009 110 (66) kV ~ 220 kV 智能变电站设计规范 [S]. 2009.
- [4] 国家电网公司. Q/GDW 58—2011 国家电网公司. 国家电网公司2011年新建变电站设计补充规定 [S]. 2011.
- [5] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程通用设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [6] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程通用设备 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.

(收稿日期: 2014-07-01) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告