

智能变电站二次舱一体化设计研究

陆朝阳, 吴俊辉

(常州博瑞电力自动化设备有限公司, 江苏 常州 213025)

摘要: 回顾我国智能变电站二次舱的发展历史, 结合现阶段的应用现状, 分析目前仍存在的问题。以舱内空间有效利用、环境温度精确控制和线缆优化布置等几方面为突破口, 阐明解决问题的优化方案, 实现了资源节约型、环境友好型, 新技术、新材料和新工艺的“两型三新”的目标。

关键词: 变电站; 二次舱; 机柜; 机架式

The integrated design research of secondary cabin for smart substation

LU Chaoyang, WU Junhui

(NR Electric Power Electronics Co., Ltd., Changzhou 213025, China)

Abstract: Looking back the development history of secondary cabin for smart substation in our country, combining the application status at the present stage, existent problems and state optimization scheme of sloving problem are analyzed from efficient cabin space use, accurate environment temperature control, cable optimal layout and so on to realize the goal of saving resource, friendly environment, new technique, new material, new technology and process .

Key words: substation; secondary cabin; cabinet; frame type

0 引言

智能变电站二次舱是智能变电站的继电保护柜(屏)及其他二次设备柜(屏)安装的组合设备, 由舱体、照明设备和温控设备等设施组成, 并具备辅控、消防等设施接口。上述各部分作为一个整体在工厂内完成组件安装、配线和调试等工作^[1-2]。

作为配送式变电站的核心组成部分, 二次舱采用模块化、标准化和工厂化生产方式, 现场仅

进行简单的舱体就位安装和电气连通, 大大缩短了建设周期, 可以有效减少工程占地面积, 便于现场检修维护^[3-4]。

1 二次舱的发展历史及现状

1.1 二次舱的发展历史

自2012年起, 国家电网公司组织了各批次智能变电站二次舱的研究及小批量工程试点工作, 如表1所示。

表 二次舱试点典型工程信息汇总

Tab. Summary of typical engineering information of secondary cabin pilot project

典型工程名称	安徽 孙岗变电站	江苏 邹庄变电站	山西 太原变电站	新疆 城南变电站	江苏 大宋变电站
变电站电压等级 /kV	110	220	500	110	110
实施时间	2013 年 3 月	2013 年 8 月	2014 年 2 月	2016 年 9 月	2016 年 11 月
舱尺寸长×宽×高 / mm×mm×mm	9 125×2 438×2 896	12 192×2 438×2 896	9 200×2 800×3 133	12 200×2 800×3 133	12 200×2 800×3 200
舱外围防护材料	瓦楞钢板	金邦板	FC 板	FC 板	FC 板
机柜布置形式	屏柜、单排 中部布置	屏柜、单排 中部布置	屏柜、双排 靠墙布置	屏柜、双排 靠墙布置	机架、双排 靠墙布置
机柜宽度 /mm	800	800	600	800	700

1.2 二次舱的发展现状

二次舱发展至今,改变了传统变电站的建设模式,基本解决了施工周期长、现场接线等工作量大、占用资金大和建设质量难以保证等问题,建立了比较完整的标准体系,拟制并批准、发布了国家标准GB/T 36283—2018《智能变电站二次舱通用技术条件》、国家电网公司企业标准Q/GDW 11157—2017《预制舱式二次组合设备技术规范》等。

目前二次舱应用越来越广泛,国网110 kV智能变电站及大部分220 kV变电站的工程上均采用该种“制造”代替“建造”的建设模式。另外该项技术也广泛用于海外工程,取得了不错的社会效益和经济效益。

图1为代表当前主流发展方向的机架式二次舱。



图1 徐州110 kV大宋变电站机架式二次舱

Fig. 1 Frame type secondary cabin of 110 kV Dasong substation in Xuzhou

1.3 尚存问题

经过数年的努力,智能变电站二次舱的关键技术逐步成熟,而且重大瓶颈问题都得到了较好地解决,如前接线、前显示装置的成功开发,预制光电缆技术日臻成熟,舱内机架的结构形式突破了传统屏柜的一些概念。

但即使是机架式二次舱,其空间利用率也偏低,舱内操作维护空间仍略显狭小,环境温度控制不够精确,线缆等走线方案不够完美等问题依然存在,需要有新思路才能最大程度地解决上述问题。

2 优化解决方案及实施要点

2.1 总体解决思路

取消原有二次舱内机柜(机架和屏柜的总称)这一层级,将舱作为一个较大的户外机柜,内设立柱、横梁等通用构件,将设备合理、有序、高效和高密度安装在舱内,具有良好的人机操作界面和温湿度环境控制,统一的对外安装接口及线缆接口,实现最大程度的工厂预制化。

2.2 舱内设备布置方案优化

图2为《国家电网公司输变电工程通用设计110(66) kV智能变电站模块化建设(2015版)》中的110-A1-2通用设计方案,图3为一体化设计后的优化方案。

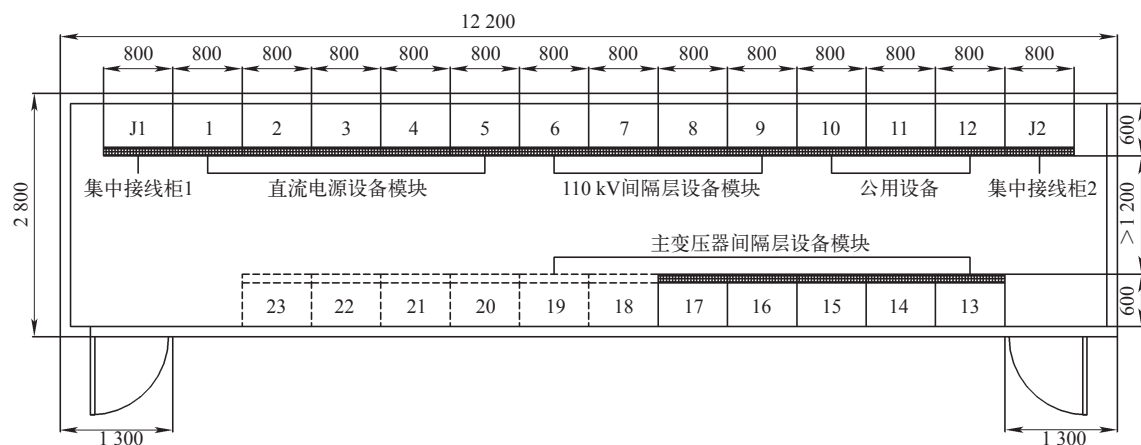


图2 通用设计方案

Fig. 2 General design scheme

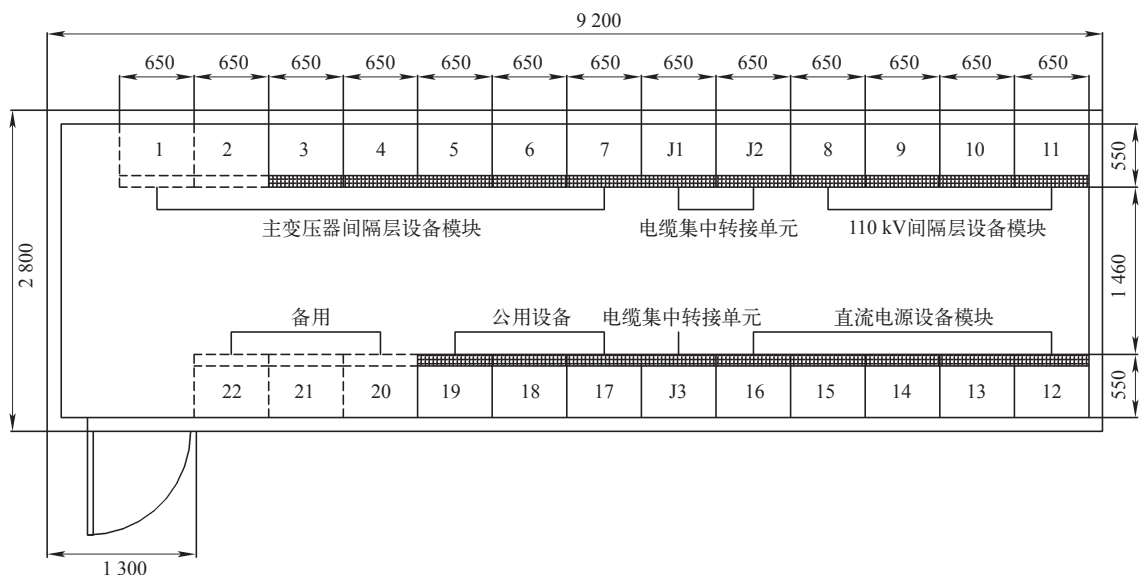


图3 一体化设计后优化方案

Fig. 3 Optimization scheme after integrated design

和二次舱的通用设计方案相比，主要改进点为：①从800 mm宽屏柜压缩为650 mm宽的空间单元；②增加了专用的电缆转接空间单元；③将光缆转接空间单元分设于舱内双排屏柜各自的中部位置。

优势一：空间单元宽度压缩，增加了舱体空间的利用率。舱体的长度可以压缩到9 200 mm，从Ⅲ型舱变成了Ⅱ型舱，在满足本期及远期规划时仍能预留3个备用位置。或者在Ⅲ型舱内集成更多设备，对于多舱体的变电站来说，集约化程度更高的二次舱一体化设计能减少舱的数量和舱间接线，也显著减少了建站面积和现场接线工作量。

优势二：将集中接线单元从舱的端部优化到中部，可以降低舱下部线缆夹层的线槽截面的最大线缆通过密度，同时减少线缆横向贯通的长度。以单排屏柜数量13个为例，假定屏柜间线缆均匀分布的话，线缆密度和横向贯通用量均可降低约40%。

2.3 二次舱一体化

二次舱一体化主要体现在结构和电气的设计一体化、舱体外壳和舱内部件的制造一体化、设备空间单元内和单元间的接线一体化以及舱内空

间的一体化利用等方面。

二次舱舱体从下至上依次为舱底部线缆夹层、同排间线缆施工检修通道、设备空间单元、风道及集成吊顶和带保温层舱顶。高度分配尺寸如图4所示。

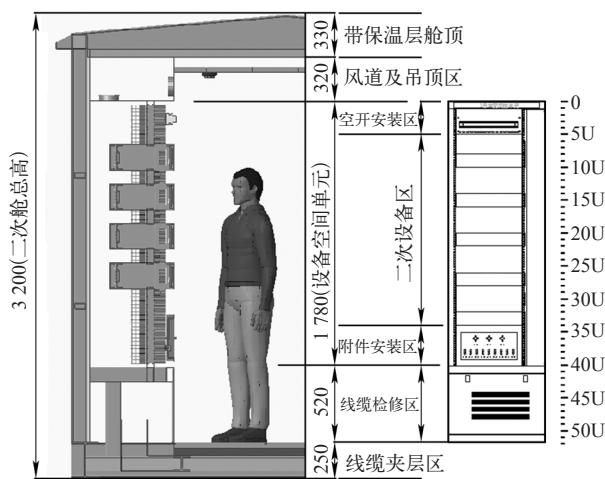


图4 二次舱及空间单元设备区高度分配

Fig. 4 Height allocation of secondary cabin and space unit equipment area

二次舱舱体预留了高为1 780 mm的设备空间单元区域，设备区高度从上到下分为断路器安装区、二次设备区和附件安装区。

在该空间的底部和上部均预留导轨式安装接口，导轨内设有可滑动螺母，可简单、快速和可

靠地将立柱固定于正确的位置。每个空间单元均配有两根立柱，设备及其他安装附件均以立柱为承载构件，可靠固定。

舱体外壳和舱内部件由同一制造单位承制，避免了大量的技术及接口的沟通。取消了机柜的层级，除舱体需要焊接外，舱内部件均采用标准及通用程度极高的零件进行组装而成。

采用平移结构形式的装置，可避免使用旋转构件，检修运维时对舱间过道的通畅无影响。

进一步，可以在每个空间单元前面贴近设置对应的移动玻璃门。该玻璃门设有双导轨形式，能完成前后、左右平移功能。操作时，将玻璃门从后导轨移到前导轨，然后再往左右移到相邻或更远的单元空间位置。移门位于工作位置时无错层，视觉效果较佳，同时能防止误触碰、误操作，更加安全可靠。

在二次舱线缆检修区内，按单元空间的排列方向敷设截面积 100 mm^2 的双层专用铜排。每层铜排首尾端连接，形成二次舱内一、二次等电位接地网。舱内各空间单元内的设备直接与舱内的一、二次等电位接地网相连。舱内一、二次等电位接地网各采用4根以上截面积不小于 50 mm^2 的铜带（缆）与舱外主接地网一点连接。连接点处设置明显的接地标识。

三维软件的应用及在其基础上开发的高级应用，使得一体化设计变得可行、简单和高效。实例化模拟装配，减少及消除现场施工风险。

2.4 光缆、电缆敷设方案优化

线缆管理解决方案是二次舱的核心。二次舱的电缆敷设分三个层级：①出舱电缆；②舱内空间单元间的电缆，含空间单元到集中电缆转接空间单元；③空间单元内装置到端子排。光缆敷设则为出舱光缆和舱内装置间光缆或尾纤。

为简明二次舱和现场施工的接口，简化现场接线的工作量，设置了专门的电缆转接单元和光缆集中转接单元。电缆转接单元一般采用单端或双端预制电缆。智能变电站由于出舱电缆数量有限，也可在电缆转接柜内采用端子排进行转接，

可以确保电缆长度精确。

光、电缆转接单元分设于两排的中部，两排间设线缆主通道，用于敷设对面一排中需要到本转接柜的线缆。

舱内的光、电缆各设置专门的线缆通道，充分利用立体空间，完全避免了光、电缆交叉的情况，光、电缆的分布原则为左、后和下为光缆，右、前和上为电缆。电缆还可将动力电缆和控制电缆进行分层敷设。

舱内及空间单元的光电缆走线方案如图5、图6所示。线缆室采用的正面接线的回拉式弹簧压接端子如图7所示，减少了对接线空间的需求。

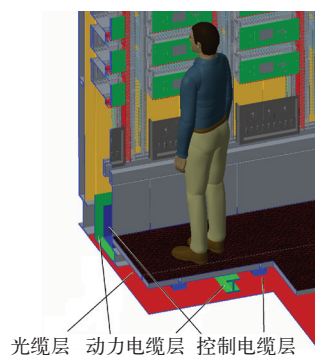


图5 舱内光电缆通道设置

Fig. 5 Optical cable channel setting in cabin

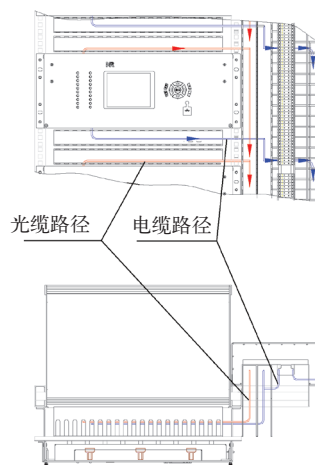


图6 空间单元光电缆通道

Fig. 6 Space unit optical cable channel

2.5 暖通优化设计方案

二次舱一体化设计优化了暖通设计方案。空调系统按热负荷计算和热力学仿真分析，



图7 弹簧式压接端子

Fig. 7 Spring type crimping terminal

采用一用一备的控制模式，将双空调器并排设置于二次舱的同一端，并用竖墙将空调器和舱内环境隔开。

采用上部冷出风模式的嵌墙安装的静音工业空调器。二次舱空间单元上部设有约320 mm高的冷风风道，用导流板将空调器冷风出口和风道连通。

通道内在每个空间单元后上部设置出风口，可根据内部的设备发热情况手动调节风口大小。出风口位于后上部，可以避免冷风直吹设备。通道的末端设置风机，可以提高远距离输送冷气的的能力。

也可给每单元空间配置一小风机，在单元空间内设置测温元件，根据测量的温度起停风机，对冷风流量进行调节，从而实现对间隔内温度的精确闭环控制。

鉴于智能变电站无人值守特性，对设备的温度控制优于对检修过道内的环境温度控制，以提高设备的使用寿命和工作可靠性。另外在冷风道和过道间也设置风机，当检修工作人员需到舱内工作时，可预先通过远程控制起动过道上方的风机，将舱内过道的温度控制到人体舒适水平。

空调器根据回风口温度起停，确保对整舱内部空间提供适量制冷量。

2.6 天线穿管优化

GPS、北斗天线安装在舱顶部，线缆通过预

埋在舱壁内的钢管下到电缆夹层中，钢管为直上直下的通管，中间无弯头。钢管出舱顶口用盖板盖住防水，天线出钢管口后下行经盖板下部缺口后上至天线头处，如图8所示。该结构能确保绝对防水。盖板在运输过程中可拆下，避免运输超高隐患。

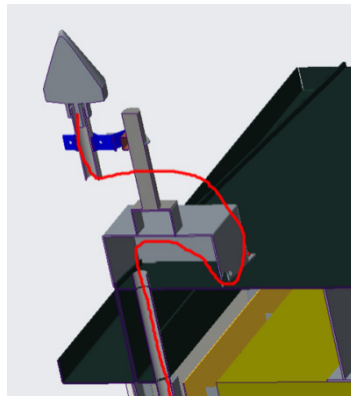


图8 舱顶天线穿管示意图

Fig. 8 Schematic diagram of overhead antenna tube penetration

3 结束语

综上所述，二次舱一体化可以达到设计的融合，功能的融合，生产工序的融合，具有以下优点：

- 1) 极大地减少了二次舱总成时的设计及生产协调配合工作，给用户提供了一站式的产品及服务。
- 2) 一体化设计风格一致，一体化施工表面处理无色差，能得到理想的外观效果。
- 3) 舱内由单一施工单位代替各屏柜厂家、组舱厂家配线，规范化一致性程度较高，有利于精品工程实施。
- 4) 柱上下顶天立地，框架强度高，无须其他加强措施，能承受吊装、运输的冲击。
- 5) 无大门板，增加舱内过道通过性及检修性能。
- 6) 空间单元间隔共用立柱，能有效提高空间利用率，减少材料使用。
- 7) 机械安装接口和电气连接接口极为简

洁，二次舱现场准确就位后焊接固定，进舱光电电缆敷设到位插接及接线即可。

8) 继电保护厂家从单一设备供应商到系统集成商的转变，先进的三维设计软件及高级应用的开发，使得二次舱的一体化设计得以实现，并做到全透明交付。

参考文献

- [1] 智能变电站二次舱通用技术条件：GB/T 36283—2018[S].
- [2] 预制舱式二次组合设备技术规范：Q/GDW 11157—2017[S].
- [3] 国家电网公司，国家电网公司输变电工程通用设

计110(66) kV智能变电站模块化建设[M]. 北京：中国电力出版社，2015.

- [4] 韩本帅. 风沙条件下配送式智能变电站预制舱环境适应性研究[J]. 电工技术，2016(3): 36-38.

作者简介



陆朝阳

陆朝阳（1970—），男，本科，工程师，主要从事预制舱产品设计与制造，并参与预制舱产品相关的多项国家、行业和团体标准的编制工作。

（收稿日期：2020—06—05）EA

广告 | AD

全新改版

色彩丰富 凸显主题

2021《电气应用》以鲜明色彩和新颖版式呈现精彩内容，力求赏心悦目。

栏目设置 独具风格

坚持继承与开拓并举，以丰富内涵充实经典栏目，持续深化专家视点、EA经理人等栏目，密切关注电气技术的发展和应用。

专家点评 精辟深刻

每期都将围绕一个热点话题，隆重推出一场专题讨论的盛宴，共邀知名专家、产品用户和生产厂家汇聚一堂，针对焦点问题作出评析。

行业案例 生动丰富

关注电力、建筑、石化和冶金等电气行业应用，以典型深刻的案例分析、方案设计构建技术互动的空间，促进应用经验交流。

国内邮发代号：82-341 国外发行代号：M1409

每期定价：30.00元 全年定价：360.00元

电气应用

· 电气应用 盛情呈现 ·

2021