

[开关设备]

大型预装式户外开关箱的设计及应用

文/杭州恒信电气有限公司 王彤东 张琪英 王万亭 陈 琛 徐晓峰 于 文

介绍了大型预装式户外开关箱的特点，以及大型预装式户外开关箱对比传统土建房屋式开关箱的多方面优势，分析了两种建设方式的优缺点，阐述了大型预装式户外开关箱设计及建设过程中需要注意的事项。

大型预装式户外开关箱是变电站建设的一种新型设备，也是变电站建设的一种新模式。大型预装式户外开关箱是一种安装在户外的大型配电间隔集成产品，是按照一定的电气系统方案将高压开关柜、二次继电保护设备和直流屏等电气设备合理地布置安装在预先制造好的大型箱式结构空间内的一种电气设备，也可以将预装式户外开关箱称为预装式变电站。建立变电站时，体积及重量较大的主变压器和高压无功补偿装置露天安装，其余配电间隔均安装在开关箱内。同时安装的还有空调系统、除湿系统、照明系统、排风排烟系统、火警声光报警系统和视频监控系统等，以满足运行维护人员的日常维护及监控需要，对设备安全稳定运行提供了保障。

大型预装式户外开关箱通过工厂内预制生产、现场装配安装的方式，大幅缩短了变电站设备的设计及生产安装周期，大大减小了变电站的占地面积。近年来，新材料、新工艺的使用使得大型预装式开关箱日趋成熟，原来户外开关箱存在的防火、防雨、温度控制、湿度控制、扩容难，检修空间小和故障维修问题都得到了有效解决。大型预装式变电站的常规尺寸可达到深5 m、高4 m，长度可按配电间隔台数定制，箱内可安装KYN28-12、KGN-12以及KYN61-40.5等较大开关配电设备。其预装式、模块化、集成化、智能化、可重复使用、智能化的特点，为偏远地区

的快速建站、厂矿单位扩容、电网应急抢修、人口集聚区的电站超载负荷转供和大型施工项目的供电都提供了有效的技术解决方案。大型预装式户外开关箱可短期或长期提供电力输送，解决电力分配不均的难题，具有非常大的经济效益和社会效益。

大型预装式户外开关箱的特点及要求

大型预装式户外开关箱的可靠性和安全性必须满足GB 50147—2010《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》、DL 5161.2—2002《电气装置安装工程 质量检验及评定规程》、《GB 50147—2010》高压/低压预装式变电站》的相关要求，并且具有可靠稳定的供配电能力。

大型预装式户外开关箱的基本特点如下。

1) 所有供配电设备都安装同一个开关箱内，集成化程度高，使用最小的空间来实现最大的功能。

2) 户外预装式开关箱其适应环境能力好，能使用在各种恶劣的环境，安装有性能优良的保温层及防火防水层。并且内部安装有恒温空调及除湿机，为箱内供配电及辅助设备的安全可靠运行创造良好的环境。

3) 系统集成化程度高，包含有一次供配电系统、二次继保系统、智能远控自动化后台系统、防火排烟报警系统、视频监控系统、环境控制系

统、安防系统和照明系统等。

4) 预制式模块化的设计制造方式。所有的外壳、内装的开关柜、照明系统和排风排烟系统都在工厂内预制好，或者系统单独组成模块预备好，在工厂内完成调试试验后在现场快速装配、联合调试。实现了开关间隔及箱体建设工厂化，辅助设备系统设计和制造的模块化、标准化。

5) 不同于传统的土建形式，预装式开关箱的现场工作量少，现场施工时间很短，而且其移动性及可重复利用的特点是传统土建形式所无法比拟的。

6) 箱体体积都比较大，按内装KYN28A-12共8个间隔来举例，整个箱体的外形尺寸是8.4 m（长）×4.5 m（深）×3.7 m（高）。这样大的箱体在运输时是非常困难的，所以在设计开关箱箱体时需要分段、分片设计制造，将大的开关箱分成若干小模块，便于运输。

大型预装式户外开关箱与传统土建形式的比较

大型预装式户外开关箱与传统土建形式建站有以下几方面的不同点，如下表所示。

表1 大型预装式户外开关箱与传统土建形式建站区别

序号	对比项目	传统形式建站	大型预装式户外开关箱建站
1	选址地点	既要考虑到电力负荷中心，又要考虑到现场的地理环境，选址地区地势要平，相对面积要大，且对地形条件要求高，不允许站内地势有较大落差，还需要考虑施工现场的运输条件	其外形体积小，受地理环境的影响相对较小，一次系统接线灵活，可根据现场的地形条件定制箱体，灵活布置。分段、分片的箱体设计受现场运输条件及安装条件影响小。模块化、高度集成化的设计使得占地面积比传统形式建站更小，成套性更强
2	土建部分	需修建单层或多层建筑，土建的现场工作量大，盖楼工序复杂，各工种交叉施工，对工作的质量控制难度大	由生产厂家在工厂内制造好箱体，现场整体吊装完成或者现场拼装完成。之前仅仅需要土建做好基础，现场工序少，交叉作业少，工作量大大减小
3	电气一次、二次	站内杆塔比较多，支架林立，站内设备间连接线多。二次模块化集成度不够，配置不够灵活，模块化水平比较低	全电缆化的设计使得站内布局更加简洁，设备间的接线更多的以电缆线连接，配置灵活，各种模块、柜型组合安装在一个完整的箱体内，模块化水平高
4	施工工期、现场管理	现场施工工期长，土建、吊装、装潢、预埋预埋等工种工序交叉施工，质量要求和稳定性控制难度大。由于工程比较大，施工单位多，造成现场施工人员繁杂，大大加重了现场管理的难度，容易出现施工安全事故	分段分片的模块化设计，在工厂内预先生产完成，现场施工的工作量小，现场柜体拼装由工厂安装人员指导或者参与施工，工期短，效率高。设备运输对途经道路的要求低，运输方便。现场施工单位少，各个施工工序交叉少，工序衔接简单明了，模块化的设计使得电气及各个辅助系统的安装时间也大大减少，大大缩短了工期。而且相对于土建现场施工，预装式开关箱极大程度的减少了现场施工的工作量，在工程项目的进度控制上有很大的优越性及确定性，也就极大减小了工程进度延迟造成损失的风险
5	可重复利用性	土建项目完全不可移动，安装的开关柜可以迁移至其他地方使用，但辅助系统不是模块化设计、生产、安装，可重复利用性不高	整个箱体采用模块化设计，当此变电站需拆除时，或本工地完成施工需迁移，开关箱可以模块化拆卸，装车运送至新站点重新安装，移动性强，并且可重复利用，箱内安装的系统为模块化设计，可重复利用性强
6	经济及安全因素	现场施工安装时需要大量的人力、物力，同时施工单位多，施工队伍也多，造成现场安全文明施工的措施费用变大，工程的造价高，经济效益不高。由于施工时设备外露连接线多，而且规格多，施工人员极易缠绕，试验时现场容易发生事故，安全生产投入费用大	由于不需要修建建筑物，现场需要的人力、物力不多，箱体分段分片运抵现场后，直接吊装在预制基础上，稍作调整，即可完成各个分段分片箱体的拼装。整个施工过程人员需求量少，施工队伍单一，人工费、间接费用少。箱内的连接线都在工程内预制好，现场安装方便，外露线束极少。柜体试验已在工厂内事先完成，现场只需要做好联调就可以投入生产，不容易发生意外事故

大型预装式户外开关箱的注意事项及应用

大型预装式户外开关箱的建站方式相对于传统的土建变电站的建站方式有很多的优势，值得大力推广使用，但在其设计和生产建设过程中还是有一些需要特别注意的地方，主要事项阐述如下。

1. 箱体的结构设计、材料选择

箱体的结构一般采用钣金结构件拼装而成，有的是钣金结构件焊接而成，有的是全拼装结构，整体除槽钢底座外都用螺栓连接。两种方式各有各的好处，全拼接结构施工运输灵活方便，焊接成形的经济费用省，对机床要求低。全拼装

结构的开关箱对设计的要求高,对机床精度要求也很高,而且还需要注意防水、防腐蚀等问题。有的大型开关箱是工厂整体预制,整体吊装;有的是工厂分段分片预制,现场分段、分片拼装,这些都需要设计时根据制造商现有的技术力量、加工能力、施工现场的地理位置、运输沿途的路况决定。分段组装式开关箱及顶盖如图1、图2所示。材料选择上有采用覆铝锌板加喷塑防腐,也有采用不锈钢板加喷塑设计,还有一些采用金邦板等材料的。一般建议采用镀锌板加喷塑防腐,虽然在镀锌板上喷塑工艺要求较高,但这个组合在工艺、经济效益、成本、防腐性能和力学性能上都达到了一个较好的水平,并且材料可回收利用,节能环保。

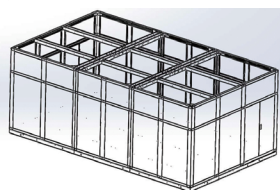


图1 分段式(3段)组合式箱体

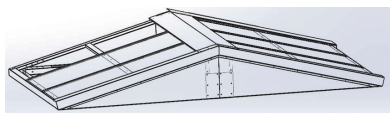


图2 分段式顶盖(其中1段)

2. 箱内空气温湿度控制

大型预装式户外开关箱有两种箱体,一种是完全密封式,箱内内部有微正压,湿气、潮气、灰尘不会进入箱内,箱内安装有空调,除湿机等空气调节装置;另外一种为敞开导流散热式箱体,留有通气孔等空气导通通道,通过启动风机散热或者自然散热,通过安装加热器来达到除湿的目的。全密封式的箱体一般需采取保温、防水和密封等措施,如在各个钣金件细小接缝处施以防水密封胶填充密封,采用卡口式设计并敷设密封胶条的箱门等。箱体内部安装保温棉,石棉硅酸铝纤维隔热棉、STP超薄真空保温板和橡塑布帛保温棉等,保温棉外侧加装防火扣板或者铝合金扣板装饰。开关箱的设计一般不采用敞开式的设计,因为敞开式的箱体,灰尘、污秽和水汽容易侵入,小动物小虫子也容易进入,而且加热器的频繁加热容易使得绝缘件加速老化。敞开导流散热式箱体一般都需要专人看守,以策安全。

3. 运输及安装注意事项

大型预装式户外开关箱都是超宽、超高和超

长的,设计时就应该考虑到运输问题,如施工现场离制造厂比较近,则箱体可考虑采用一体化设计,整体制造,整体起吊安装,这样现场工作量更少,安装更方便。但是必须使用特种车辆,并需联系交警协调沿途道路的交通管制,还需要采用大吨位的起重机,采用高强度钢缆,必要时还要制作吊装桁架。如项目点离制造厂比较远,而且沿途道路比较狭窄,无法通过大型运输车辆,那就可以考虑采用分段、分片的制造模式。在工厂内制造好箱体的分段、分片部分,安装好开关柜、电气辅助系统,然后到现场进行吊装、拼装。分体式箱体现场吊装、拼装作业过程中,需要有生产厂的工作人员实施或指导。拼接面需做加强处理,还需要做好防水层、保温层的加装以及室内装饰面恢复的工作。全散件现场拼装的方式一般不宜选择,因为现场的作业条件不确定,制造厂需安排大量人员,造成生产成本的大幅上升。

(1) 进线方式的选择

大型预装式户外开关箱的进线方式有两种,一种是电缆进线,一种是铜排架空进线,如图3所示。电缆进线就是变压器出线端使用电缆连出,经过电缆沟连接到进线柜的下方接线端。这样的接线方式,开关箱周围就没有了带电裸露的导体,而且没有林立的支架,安全性大大提高。另外一种方式是变压器出线端使用铜排架空至开关箱侧,使用穿墙套管引流至开关柜内。在变压器与开关箱间需要架设铜排支架及设立绝缘支柱,安装穿墙套管的地方需要做好防水。穿墙套管的上方,顶盖屋檐落水的地方需要做好雨水的集中排水,防止雨水直接冲刷穿墙套管和铜排,防止发生绝缘击穿、闪络的事故。

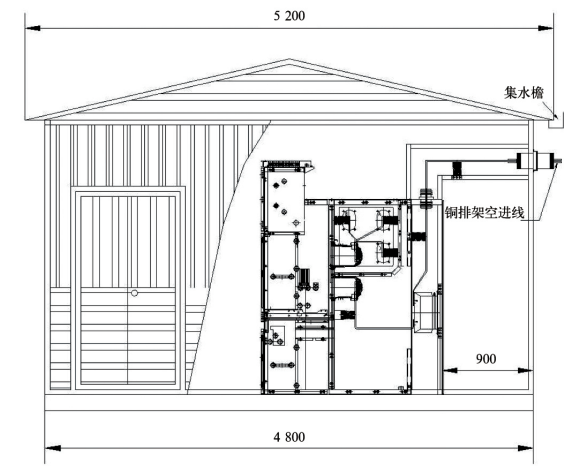


图3 铜排架空进线图示

(2) 箱内布局

箱内布局一般有两种，一种是一字长排单列布置，如图4所示；另一种是面对面双列布置。开关柜单列布置时，一般柜前留2 m操作通道（按照相关标准，对于固定式开关柜，设备单列布置的操作通道为1 500 mm；对于手车式开关柜，设备单列布置的操作通道为单车长加上1 200 mm），柜后留1 m检修通道（按照相关标准，设备单列布置的维护通道为800 mm），开关柜排列左右两侧

留1 m以上的通道，这样就满足日常巡查及检修的空间要求。另外一种是对面双列布置的，两排柜体中间预留2 m左右的检修及操作通道（按照相关标准，对于固定式开关柜，设备双列布置的操作通道为2 000 mm；对于手车式开关柜，设备双列布置的操作通道为双车长加上900 mm；设备双列布置的维护通道为1 000 mm）。开关柜后一般不留检修通道。开关柜柜体设计时就考虑好不在柜后检修，或者在开关箱外面留有检修门。

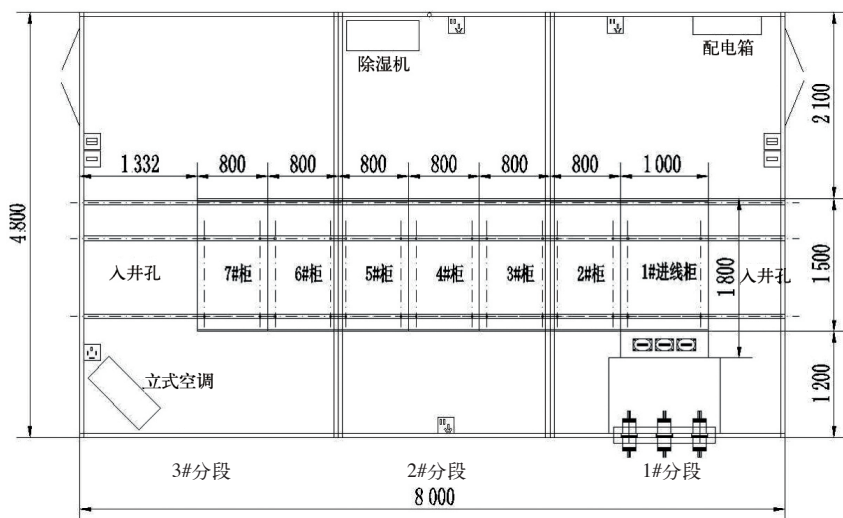


图4 一字长排单列布置3分段平面布置图

(3) 其他

箱内配电柜的安装底座优选采用8#及以上槽钢，槽钢底座平面应该高于箱内地面3~5 mm，以防开关柜下门开启时与地面有干涉。箱内配电柜柜前地面宜采用2 mm厚及以上的钢板敷设，且底座槽钢、角钢的敷设间距不应过大，间距不宜超过400 mm，防止检修时断路器移送到转运小车后，引起地面钢板受力变形，影响检修操作。铜排架空进线方式所选用的穿墙套管，户外端宜选择比系统电压高一级，以保证户外侧在严苛条件下的安全运行。

结束语

大型预装式户外开关箱相对来说更加的适用于城市、厂矿和工地等区域环境，可以使供电网络尽最大限度的靠近负荷中心，并且可以减小变电站的占地面积，有效解决大、小范围和负荷的供电问题，临时用电、长时间用电都可以使用，有着相当宽广的适用性。当然，大

型预装式户外开关箱也有一些存在的问题，如箱内扩建难度大，虽然可以预留配电间隔的空间，但扩建间隔相对比较麻烦，需拆除侧边墙面或者拆除顶盖；箱体内部的检修空间相对还是偏小，事故抢修空间紧凑；变电站一旦发生事故，容易波及其他设备及系统，会造成连锁反应。

随着科学技术的进一步发展，材料科学和自动化等技术的不断提高，发展立体化的预装式开关箱及智能数字化的开关箱成为了进一步的研究对象。大型预装式箱式开关箱的综合自动化水平、运行可靠性和经济性的诸多优点，越来越得到电力部门及电力用户的进一步认识、认同和认可。大型预装式户外开关箱的发展有效地推进了智能坚强电网的快速发展，给电网和电力用户带来良好的应用效果，有着良好的社会效益和经济效益。EA

(收稿日期: 2016.10.10)

(编辑: 刘群点)