

[变电站]

地埋式高压/低压预装式变电站的设计及应用

文/浙江万马电缆有限公司 王彤东

杭州电力设备制造有限公司临安恒信成套电气制造分公司 张琪英 王万亭 徐晓峰 于文

介绍了地埋式高压/低压预装式变电站的特点、应用的技术，对比传统美式箱式变电站、欧式箱式变电站的多方面优势，分析了两种类型预装式变电站的优缺点，阐述了地埋式高压/低压预装式变电站设计及建设过程中需要注意的事项。

地埋式高压/低压预装式变电站是电力建设的一种新型设备，伴随着电力线缆中由架空式发展为入地电缆，从传统美式箱式变电站和欧式箱式变电站演变而来。随着城市规模的快速发展，城市新区成立、各类高新开发区建立、老城旧区的综合改造和道路修建拓宽等，电力设备的传统外观及安装方式已经与现代城市发展的环境要求格格不入。于是，地埋式高压/低压预装式变电站就应运而生，或将原先预装式变电站的平面布局改变成立体布局，或将地面设备全部安置在预制箱体内，埋于地下，不留地上建筑物或缩小落地面积。地表建筑物占地面积积极小，外观与优美环境和谐匹配，美观大方并且实用，可广泛应用于人居要求高、环境要求高的现代电力工程。

地埋式高压/低压预装式变电站采用工厂内预制生产，现场吊装的方式，创新的立体结构大大减小了变电站的占地面积，良好的防水甚至防洪结构，对日趋严峻的城市内涝环境有着非常高的适应性。近年来，新材料、新工艺和新设计的使用使得地埋式高压/低压预装式变电站日趋成熟，原先预埋式变电站存在的防水、温度控制、湿度控制、检修空间小和故障维修问题都得到有效地解决。地埋式高压/低压预装式变电站占地面积小，靠近负荷中心，减少低压电缆长度，低电

力线损，高环境协调性，具有非常大的经济效益和社会效益。

特点及缺点

地埋式高压/低压预装式变电站的类型有：如图1所示的全地埋式和如图2所示的半地埋式。全地埋式的地埋式高压/低压预装式变电站其高低压设备、变压器和自动化设备全内置于一个防水箱体内，箱体全部埋藏在地下，地面预留通风孔及检修孔，可分为草坪型和广场型。半地埋式可分为全地埋式变压器加高压低压一体化地面景观式和美式地下变压器加地面景观式。半地埋式的变电站其地面设备有高压开关柜和低压开关柜，通常前后安装灯箱广告设施或LED屏幕，变压器安装在一个密封箱体内，埋藏于地下。

地埋式高压/低压预装式变电站的特点有：



图1 全地埋式变电站（绿色蘑菇为通风孔）



图2 半地埋式变电站（灯箱广告式）

1) 箱体采用了一体化设计或者模块化设计。全地埋式变电站一般为一体化设计，所有高压、变压器设备均安装在密封箱体，如图3所示；半地埋式变电站一般由模块化设计，分为地上部分和地下变压器部分，如图4所示。

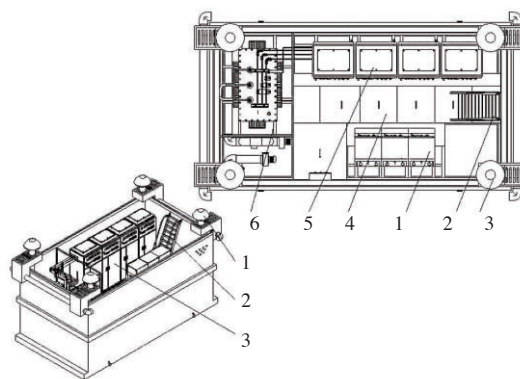


图3 全地埋式变电站

1—通风口 2—检修扶梯 3—高压柜 4—检修维护走廊
5—低压柜 6—变压器

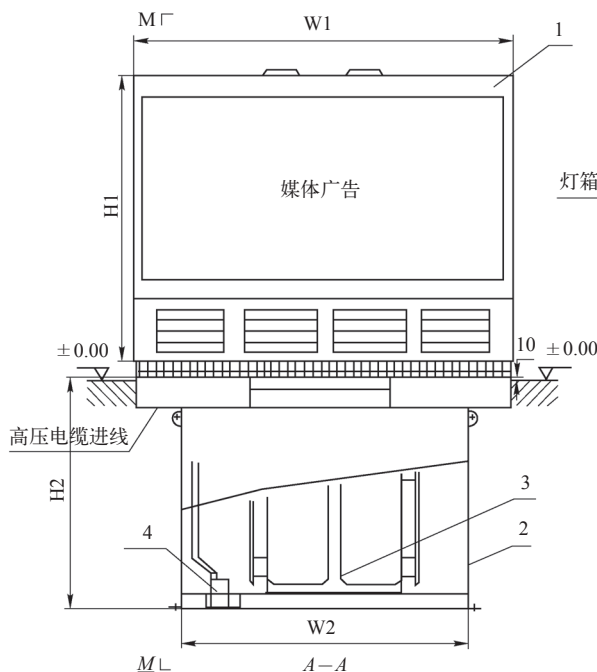
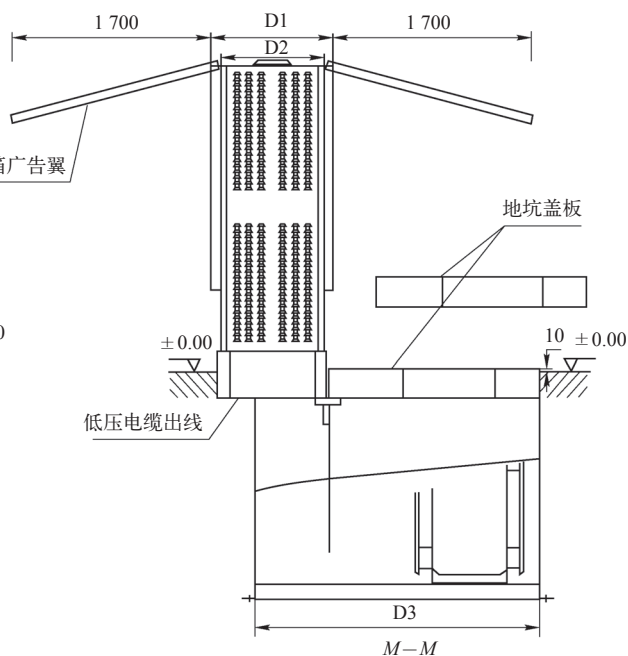


图4 半地埋式变电站

1—灯箱式开关柜 2—预制式地坑 3—地下式变压器
4—自动排水系统

2) 地埋式高压/低压预装式变电站适应环境能力好，能使用在各种恶劣的环境，对城市洪水及内涝有着极强的适应能力，严苛情况下可浸水运行。

3) 系统集成化程度高，满足配网自动化要求，实现遥控、遥测、遥信和遥调功能，可安装配电变压器综合智能终端，是新一代的智能化变电站。

4) 外形美观、多样，与周围景观协调，巧妙

地把让人害怕的电力设备隐藏在景观式箱体，而且将噪声、辐射局限于地下，消除大众对电力设施的恐惧心理。

5) 占地面积小，对安装地点要求小，易于深入负荷中心，减少供电半径，极大地提高末端电压质量；并且可以大量降低低压电缆的敷设长度，减小电力投资成本。

6) 附加收益高，可在半地埋的地上箱体布置

广告灯箱或者LED广告牌，成为广告宣传，信息传播的有效工具。

7) 和谐美观的外形设计避免了周边用户对供电设备的抵触心理，不影响周边房屋的销售价格，以及提高了电网供电公司的社会形象。

地埋式高压/低压预装式变电站的缺点有：

1) 密封箱体部分受制于箱体强度、材料等因素制约，地埋式高压/低压预装式变电站单体设备价格较高，一般为传统欧式箱式变电站的1.5~2倍。

2) 土建施工工程量较大，土方开挖大，施工周期较长。

3) 电缆进出线出入口需做好防水封堵工作，专业性强；防水、耐浸泡的性能对材料耐久性、施工工艺要求高。

与传统美式、欧式变电站的比较

地埋式高压/低压预装式变电站与传统箱式变电站的不同点如下表所示。

表 地埋式高压/低压预装式变电站与传统箱式变电站有以下几方面的不同点

序号	对比项目	传统箱式变电站	地埋式高压/低压预装式变电站
1	选址地点	考虑到现场的地理环境，不能靠近电力负荷中心，相对占地面积要大（6~15 m ² ）	其外型占地面积小（2~5 m ² ），受环境制约因素比较小，可以深入电力负荷中心
2	土建施工	挖方工程量相对较小，接口需浇筑混凝土及预埋槽钢	挖方工程量相对较大，深基坑需借助钢板桩进行围堰施工，坑底浇筑混凝土（≥100 mm），对水平标高控制比较严格
3	外型外观	整体外型体积较大，一般为国网绿、裸体不锈钢色常规外壳贴木条等颜色，与环境协调性较低	整体外型体积较小。全地埋式变电站地上仅仅留有通风孔等小体积设施；半地埋式留有景观式地上设施，外部前后安装广告灯箱或LED显示屏，与环境极其协调，美观大方
4	节能	由于安装位置距离负荷中心较远，敷设电力电缆比较多，整体线损较大；一般采用S11电力变压器	安装位置灵活，受环境制约小，离负荷中心较近，使用电力电缆较少，整体线损较低；使用S13、SH15等以上全密封式变压器，变压器本体损耗低
5	环保	变压器置于地面以上，噪声水平一般，只能满足常规要求；电磁辐射虽满足国家标准，但仍无法被周边群众接受	变压器置于地面以下，噪声水平很低，减小了电磁辐射等心理因素，容易被周边群众接受
6	经济及安全因素	箱体一次性投入较低，但电缆等敷设费用相对较高。运行维护成本相对较高，无广告宣传功能，基本无商业附加值，反而与环境不协调，影响周边楼盘价值。高低压设备、变压器均在地面以上，一般会加装围栏，安全性相对较低	箱体一次性投入较高，但电缆等敷设费用相对较低。本体可10年以上免维护，综合成本低。外置广告灯箱及LED屏幕具备广告宣传功能，无论商业广告还是政府宣传，附加值巨大。变压器整体埋入地下，地上部分外壳有多道门锁隔离，安全性较好

注意事项及应用

地埋式高压/低压预装式变电站相对于传统的美式、欧式变电站有很多的优势，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

地下部分壳体采用6 mm以上钢板预压成型，

全密封结构（见图4），确保地表水及其他杂物不能进入，外表热镀锌或喷涂树脂、橡胶护甲，保证箱体20年寿命，不腐蚀，不透水。地上部分需采用不锈钢或者覆铝锌板加以喷塑烤漆，提高气候防护性能。外壳防护等级需达到IP34及以上，高低压开关设备部分采用双层门结构，并安装锁具，杜绝非专业人员闯入。开关设备的保护外壳

采用箱式结构，外壳的两门可全角度打开，并有气动弹簧支撑定位，便于开关设备的操作和维护。



图5 地下部分壳体

(2) 箱内环境控制

由于地下部分的箱体处于一个密封状态，所以散热、泄压及防火都是设计时需注意的地方。当变压器故障时，需要一个安全的泄压通道。设计隐藏在灯箱外壳中的风机可以自动对地下箱体内部进行排风和送风来降低整个系统的温度及湿度。

(3) 运输及安装注意事项

由于半地埋式变电站采用立体结构，高低压配电设备置于变压器上方，如整体运输时需考虑沿途道路的超高问题；全地埋式变电站由于箱体材料厚度、重量等因素，运输吊装时需考虑吊车的站位位置及有效荷载。

4) 防水及排水

在箱体的最底部设置集水池，并安装自动排水的潜水泵。在地表的检修盖采用密封性能良好的产品，或者采用双重密封的产品，有效防止地表水的渗入。而进出线电缆接口部分，最好是法兰密封技术、海底电缆连接技术综合使用，使电缆与箱体连接处这一最薄弱环节的防水性能得到提高。

5) 扩容及维修

由于地埋式高压/低压预装式变电站其结构非常紧凑，电力设计院设计供电方案时就需要综合考虑好本区域的总体供电规划，高压部分使用终端型还是环网型，变压器容量的大小，低压出线回路的多少都需考虑完善，以免给后续扩容带来困扰。地下部分箱体内部安装有高低压电缆安装支架，方便电缆安装固定；地表基础顶盖需设有可打开的

防水型检修孔。地上部分的高低压设备需充分考虑检查、更换元器件的作业条件，尽量能够柜前操作，方便电缆连接以及元器件的螺钉固定。

6) 其他

箱体内部不管地下部分还是地上部分都需要安装有防水照明灯，以方便检修。繁华地段的埋地式高压/低压预装式变电站需加强监控系统，加装非正常闯入的监控、跳闸功能，以免发生非正常触电事故。

自2005年开始，已有相当大的一部分全地埋式变电站和半预埋式变电站在电网挂网运行，在全国20多个省市得到了应用。如11台景观式半地埋式变电站在平顶山宝丰大驰首府项目中运行良好，小区环境品质得到了一定的提升；湖南长沙城区也应用了一部分景观式半地埋路灯变，路面景观和谐，受到了路灯所及市民的一致好评；北京国家大剧院、西单北大街的埋地式箱式变电站也正常运行了十几年，有效解决了供电设施与环境美观之间的矛盾，使得原本比较碍眼的电力设施能够与周边景观交相辉映，通过广告灯箱宣传了公益广告，充分体现了“人文奥运，科技奥运”的特点。

结束语

在当前社会的快速发展以及城镇化的持续推进，城市区域负荷越来越高，市区电力用电越来越紧张，城市电网逐步由架空系统向电缆地下系统过渡，电力设施与环境和谐要求越来越高。因此，预装式变电站，尤其是小型化的埋地式预装变电站将成为城市电力建设中不可缺少的重要电力设备之一。随着科学技术的进一步发展，材料科学、自动化等技术的不断提高，立体化、智能化和数字化的埋地式高压/低压预装式变电站成为进一步的研究对象，甚至于埋地式户外开闭所也在研究当中。埋地式高压/低压预装式变电站的综合自动化水平、运行可靠性和经济性等诸多优点，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。埋地式高压/低压预装式变电站的发展有效地促进了城市电网改造、改进的快速推动，占地少、能耗低、噪声小、外观和谐、寿命长和免维护等优点，使其有着非常好的社会效益和经济效益。EA

(收稿日期：2019.07.24)

(编辑：朱金凤)