

35 kV变电站装配式建设方案研究

现阶段, 35 kV变电站的传统建设模式存在着施工周期长、占地面积大和运维工作量大等很多亟待解决的问题。提出一种基于一、二次设备以及土建、建筑一体化的35 kV变电站装配式建设方案, 具有标准化、一体化设计, 工厂化生产、调试, 机械化、装配式建设等特征, 符合资源节约型、环境友好型和工业化的设计、建设要求。通过对35 kV变电站装配式建设方案和相关技术的研究, 分析了该建设模式的工程建设特点, 并指出了其推广应用的價值。

刘强兴^{1,2} 田家运^{1,2} 韩德斌^{1,2} 祝德春^{1,2}/1. 国电南瑞科技股份有限公司
2. 南瑞集团公司 (国网电力科学研究院)

0 引言

新型城镇化和美丽乡村建设要求农村供电保障能力快速提升, 以满足新形势下生产及生活用电需求。目前, 农村电网的供电能力、供电质量和供电安全水平得到稳步提高, 但户外站占地面积较大, 且设备故障率偏高; 户内站建设工期较长, 且现场工程建设对气候环境有较大的依赖; 箱式变电站能够满足现场快装, 但其箱体寿命较短, 运行维护空间较为狭窄, 且箱体体积较大, 不能满足偏远地区的道路运输要求^[1-2]。

为了实现缩短建设周期、方便设备运行维护及提高设备使用寿命的目的, 国内开展了一些装配式变电站的研究和试点应用, 并取得了一定的成效^[3-6]。但目前的研究更多地集中在建筑物和构筑物方面, 对整个变电站一体化建设方案的研究较为缺乏。本文提出了一种基于变电站一、二次设备以及土建、建筑一体化的装配式建设方案, 将变电站的

一、二次设备以及变电站的建筑、围墙和电缆沟等通过标准化、一体化设计, 划分为多个功能模块, 各模块通过工厂化生产、调试, 现场机械化、装配式施工, 在保证质量的同时实现快速建站。

1 一体化、装配式建设方案综述

传统的变电站建设模式中, 变电站土建先行招标、施工, 各一次设备、计算机监控保护系统、对时系统、电能量系统、视频监控及一体化电源等分别招标、生产和供货, 运至现场后由施工单位负责安装、接线和调试工作。该建设模式往往存在系统设计重复、齐套供货难度大及现场施工复杂等弊端。一体化、装配式变电站采用一体化设计、一体化供货的模式, 从设计之初就将一、二次设备和土建、建筑等进行系统级的优化集成, 从而提升变电站建设质量和效率。

35 kV装配式变电站采用半户内布置方式, 主变压器户外布置, 35 kV开关柜、10 kV开关柜、电容器成套装置以及二次设备屏柜等布置于建筑物内, 典型35 kV装配式变电站平面布置图如图1所示。

装配式变电站不仅要实现变电站建筑、围墙和电缆沟等设施的装配式施工, 而且要实现电气设备的模块化安装, 从整体上实现变电站的模块化、装配式建设。变电站采用装配式建筑代替传统建筑, 建筑物模件标准化设计, 厂内规模生产, 运输至现场后快速装配。变电站电气设备按照功能模块进行设计



刘强兴/高级工程师

关键词/Keywords

变电站·
装配式·
一体化·
工厂化·
模块化·

国家电网公司科技项目 (EPRIPDKJ (2015) 1820号)。

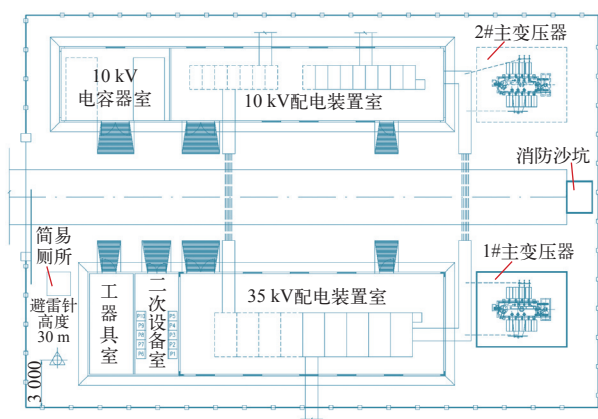


图1 典型35 kV装配式变电站平面布置图

划分,保护装置就地下放至开关柜,实现一、二次设备的优化集成。二次屏柜在厂内实现模块化集成与电缆连接,进而在厂内就能完成大部分调试工作。整个变电站具有一体化、标准化设计,工厂化生产、调试和装配式建设、施工的特征,符合资源节约型、环境友好型和工业化^[7]的设计、建设要求。

2 一、二次设备模块化与一体化

一、二次设备模块化集成与一体化创新主要包括以下四个方面。通过主变压器保护就地化布置可实现一、二次设备的深度融合;通过二次系统的横向优化集成,减少屏柜和装置数量;通过采用一、二次设备模块化集成和预制线缆即插即用技术,实现屏柜间电缆和通信连接的工厂化;通过采用工厂化调试技术,促进了现场调试工作向工厂内的转移,提高了变电站现场建设效率。

2.1 主变压器保护就地化与二次系统横向集成

目前,35 kV变电站主变压器保护和测控普遍为分散配置,保护装置分为差动保护装置、非电量保护装置和各侧后备保护装置,测控装置分为主变压器本体测控装置和各侧测控装置,并且保护装置和测控装置共计约七台,分别组屏安装于主控室。此种配置方式存在装置多、电缆多、屏柜多和调试工作复杂等缺陷。主变压器保护就地化是指主变压器保护测控一体成套装置由2~3台装置组成,分别安装于变压器高压侧开关柜和变压器低压侧开关柜,高低两侧间通过光纤或电缆

连接交互信息,实现整个主变压器的保护和测控等功能。具有结构简单,装置数量少,二次屏柜数量少,电缆用量少,一、二次设备融合,工作量减少及安全可靠等优点。

主变压器保护就地下放后,主控室仅剩余公共部分,如一体化电源、视频监控、后台机、远动机及电能量采集终端等。二次系统横向优化集成是通过减少后台计算机或前置通信工控机的数量,建立站内全景数据的统一信息平台,供各子系统统一数据标准化、规范化存取访问以及和调度等其他系统进行标准化交互^[8],从而使全站设备间通信更加可靠,运维工作更加简单快捷。

2.2 一、二次设备模块化集成

按功能和接线联系将35 kV变电站二次设备屏柜和开关柜分别划分成1~2个模块,变电站二次屏柜或开关柜在厂内集成安装在预制式模块化底座上。在厂内完成单个模块屏柜间的线缆敷设和连接工作,模块间的连线采用预制式线缆连接。如此,大量现场安装、调试工作即可转移到工厂内开展,安装、调试完成后模块化组合设备作为一个整体发运至现场。模块化组合设备产品示意图如图2所示。

预制式模块化底座由设备安装基础、布线通道和线缆收纳盒等组成。设备安装基础用于承载二次屏柜,布线通道用于线缆布置,线缆收纳盒用于收纳宽裕长度的预制线缆。沿模块化底座纵向布置两组接地铜排,用于设备接地。



图2 模块化组合设备产品示意图

2.3 预制线缆即插即用

35 kV装配式变电站多个模块化组合设备之间的部分电缆和光缆可采用预制线缆即插即用技术,以提高现场施工工作效率。预制线缆即插即用技术是指光缆或者电缆经过工厂预处理后,在线缆的一端或两端根据需要连接各种类型的线缆连接器,可实现预制端在施工现场的无熔接续点的快速连接。预制光、电缆组件在生产过程不受恶劣环境的影响,作业现场环境干净整洁,生产过程有严格的监督,生产车间具备线缆组件检测的各种设备及仪器,方便线缆组件生产过程及产品出厂等各环节产品的过程控制。预制光缆、电缆通过工厂标准化预制和现场“即插即用”,提高了线缆连接可靠性和施工效率。

2.4 工厂化调试

一、二次设备的工厂化、模块化集成,为变电站工厂化调试创造了硬件基础。在厂内调试阶段收集齐全相关文件和图样资料,并制定详细的调试方案和调试任务分解表,完成以往在现场实施的单装置参数设置、监控五防一体化后台数据库与画面制作、远动配置和五防锁具安装等,进一步开展单装置调试、间隔调试和系统联调等工作。设备到达现场后只需要开展信号核对、一次设备传动、调度通信调试及信息核对等验证性工

作即可投运。通过工厂化调试,施工现场调试工作量锐减,明显提高了调试质量和建设效率。

3 装配式设施技术方案比选

变电站装配式设施主要包括装配式建筑物、装配式围墙、装配式防火墙和装配式电缆沟等,装配式设施的设计和实施需要结合一、二次设备的具体需求,对其材料性能、施工工艺和工程造价等进行择优比选,以方便厂内规模生产和现场装配式施工。

3.1 装配式建筑物

装配式建筑物能够完全替代传统的变电站建筑物,并且性能更加优越。其采用钢结构和轻质高强、保温节能、耐火、环保及施工便捷的围护结构。现场预做建筑物基础,钢构件运抵现场后直接和基础上的预埋件连接,快速装配成整体结构,并固定墙板和屋面板等,安装门窗和集成电气设备等。

针对变电站建筑物的特殊要求,比较成熟的围护结构主要有ALC板(蒸压轻质加气混凝土)、岩棉夹芯FC板(复合纤维水泥加压板)和岩棉夹芯钢板等。各围护结构的厚度应根据地域特点设计,本文以普通地区常用厚度为例分析其性能,如表1所示。

表1 装配式建筑围护结构方案比较

比较内容	ALC板	岩棉夹芯FC板	岩棉夹芯钢板
墙板厚度/mm	100	120	50
使用寿命/年	≥50	约50	约30
重量	50 kg/m ²	60 kg/m ²	10.53 kg/m ²
耐火性	A1级不燃,耐火极限为4 h	A1级不燃,耐火极限 2.6 h	A1级不燃,耐火极限2 h
导热系数[W/(m·K)]	0.13	0.21	0.041
立方体抗压强度/MPa	4	5	0.6
现场可修复性能	现场用专用修补粉修补	现场模块更换	现场模块更换
抗震性能/度	6~8	6~8	6~8
价格	较低	较高	较高

ALC板、岩棉夹芯FC板和岩棉夹芯钢板等三种围护结构材料均能满足变电站建筑物的要求,其中ALC板不需抹灰即可直接做面层,室内可以

刮腻子涂乳胶漆,室外可以刷外墙涂料等,可以达到或超过传统建筑物的装修效果,造价低,具有一定的优势。

稳定的室内温度是确保装配式建筑物内电力设备可靠运行的保障，建筑物的耗热量是衡量其热设计的关键指标之一。对于装配式建筑物来说，耗热量主要由通过建筑围护结构的传热量、建筑物空气渗透耗热量和建筑物内部得热量等三部分组成，计算方法如下，即

$$q_H = q_{HT} + q_{INF} - q_{IH} \quad (1)$$

单位时间通过围护结构的传热量与围护结构的平均传热系数紧密相关，传热系数大则单位时间通过围护结构的传热量就多，建筑物的保温和隔热效果就差。

采用ALC板作为围护结构时，墙板之间通过自身结构和施工工艺的改善可实现墙体与门窗、隔墙和地基等的相对密封。因此，通过建筑物空气渗透的热量十分微弱。值得注意的是，装配式建筑物的设计应充分考虑太阳辐射的影响，应在围护结构外层通过涂覆反射物质的方式对太阳辐射热进行屏蔽。

3.2 装配式围墙与防火墙

装配式围墙主要由柱、墙板、压顶和柱帽等构件组成。基础施工完毕，预制构件按立柱→插板→压顶→柱帽的顺序现场装配。

围墙的墙体可选择清水混凝土和ALC板材等，优先选用ALC板材，因其具有较好的防火性能且重量较轻。围墙柱主要有预制混凝土柱和预制型钢柱等，两者方案比较如表2所示。

表2 装配式围墙柱体方案比较

比较内容	混凝土柱	HW型钢柱
柱断面尺寸	300 mm × 300 mm	125 mm × 125 mm
工艺	需要制模浇筑养护，工艺较复杂；采用清水混凝土，不需饰面	采用成品型材，重量轻，安装方便；需要做好钢结构防腐和接地
吊装设备	中型	小型
单价	较高	较低

从表2中可以看出，装配式围墙柱采用钢柱具有一定的优势，施工时需做好钢柱的防腐工作。

装配式防火墙的选材、施工等和装配式围墙类似。当选用钢柱时，要满足3 h的防火极限要

求，需要设防火板并涂覆防火涂料。

3.3 装配式电缆沟

装配式电缆沟主要由电缆沟体、支架和盖板等组成。

装配式电缆沟体由单位长度的预制电缆沟单体组成，断面为“U”字形，底部设有弧形排水槽，克服了砖砌或现浇混凝土施工工序多、工期长、受气候条件影响大以及工程质量难以保证等缺陷。

支架主要有钢支架和复合材料支架等，优先选用复合材料支架。复合材料支架具有表面摩擦系数小，不损伤电缆；整体绝缘，无电腐蚀，不需接地；耐热，耐寒，耐水；防腐蚀，不生锈，寿命长；价格低。盖板主要有铸铁盖板、水泥盖板和复合材料盖板等，优先选用复合材料盖板。复合材料盖板不仅克服了铸铁和水泥类盖板“跑、跳、响”等缺陷，而且具有整洁美观、轻质高强、耐腐蚀、防水、抗老化及安装方便等优点。

4 一体化、装配式变电站特点分析

一体化、装配式变电站改变了变电站传统的电气系统布局、土建设计和施工模式。主要特点如下。

1) 装配式设施和一、二次电气设备有效融合，实现了标准化设计，既保证了设计质量，又提高了设计效率。

2) 全站电气设备优化配置，选择通用设备，减少了设备数量，实现了功能模块化集成、调试工厂化和搭积木式建设方式，节约了二次设备室面积。

3) 装配式设施使用了节能环保材料，实现变电站全寿命周期内的节能管理。装配式施工方式节约了施工材料，减少了施工粉尘、噪声和污水等污染和水资源的消耗。

4) 采用标准工艺，实现工厂化加工，现场装配式建设方式。最大程度地实现工厂规模生产、集成调试，质量可控，减少现场湿作业和劳动力投入，提高变电站建设效率。

5) 装配式设施基础、装配式构件、一、二次设备工厂化集成和调试等可同时进行，变施工串

联流程为并联流程。据测算,采用装配式建设模式较传统变电站建设模式工期可缩短50%左右。

6) 传统变电站现场建设工程人员繁多,施工机械使用多,管理和组织协调任务重,安全文明施工压力大。装配式施工所需工种少,人员少,施工机械少,工期短,简化了检修维护工作,安全上更有保障。

5 结束语

35 kV变电站通过一体化、装配式建设,可以有效促进一、二次设备和土建建筑的一体化融合及模块化集成,利于新材料、新设备、新技术及新工艺的应用,体现了节地、节能、节水、节材和环境保护等绿色建设理念,提高了变电站的可靠性、建设效率和建设效益。本文所述的建设方案支撑了国家电网35 kV装配式变电站通用设计的编写、国家电网35 kV装配式变电站试点工程项目的方案设计和试点应用,预计在未来将有更加广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 柳国良,张新育,胡兆明.变电站模块化建设研究综述[J].电网技术,2008,32(14):36-38.
- [2] 叶建峰.110 kV全预制装配式变电站建设实践[J].供用电,2010,27(2):42-45.
- [3] 王红.无混凝土装配式变电站设计研究[J].供用电,2011,28(4):37-40.
- [4] 张树红.谈变电站电缆沟的优化[J].山西建筑,2012,38(7):127-128.
- [5] 靳远.变电站装配式墙体应用浅析[J].河南科技,2013(3):35.
- [6] 沈青松.变电站装配式围墙与防火墙的设计及工程应用[J].浙江电力,2014(3):28-30.
- [7] 许学亮,周晋中.“两型一化”在变电站设计中的应用[J].电力技术,2010,19(1):47-49.
- [8] 汪际峰.南方电网一体化电网运行智能系统建设初探[J].南方电网技术,2012,6(2):1-5.

(收稿日期:2016-03-24) **EA**

(上接第88页)

- [5] DL/T 5056—2007 变电站总布置技术规程[S].北京:中国电力出版社,2006.
- [6] DL/T 5218—2005 220~500 kV变电站设计技术规程[S].北京:中国电力出版社,2005.
- [7] 史京楠,胡君慧,黄宝莹,等.新一代智能变电站平面布置优化设计[J].2014,35(4):31-37.
- [8] 晋海滨.220 kV智能变电站设计方案优化研究[D].北京:华北电力大学,2013.
- [9] 陈燕华.小型化GIS设备在某220 kV户内变电站优化设计中的应用[J].福建建设科技,2013(5):74-76.
- [10] 戈东方,等.电力工程电气设计手册(电气一次部分)[M].北京:中国电力出版社,2014.
- [11] DL/T 5352—2006 高压配电装置设计技术规程[S].北京:中国电力出版社,2006.
- [12] Danish Khan. GIL与架空线路的比较及GIL替代架空线路的可行性分析[D].北京:华北电力大学,2014.
- [13] 刘盛,周志超,钱锋,等.主变压器压器与GIS的GIL连接方案分析[J].电力建设,2012,33(6):27-29.
- [14] 翟长春.核电厂500 kV主变压器压器进线方案的比较[J].广东电力,2007,20(12):44-46.
- [15] DL/T 5222—2005 导体和电器选择设计技术规定[S].北京:中国电力出版社,2005.
- [16] GB 50217—2007 电力工程电缆设计规范[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [17] 戴静旭,刘杰,王彦伟.高压电缆故障原因分析及对策措施[J].高电压技术,2004,30(增刊1):54-57.
- [18] 刘锦江,支峰.试论全绝缘屏蔽铜管母线在变电站中的应用[J].太原大学学报,2012,13(3):138-140.
- [19] 张北宁.管型绝缘母线和矩形铜排母线性能比较及应用[J].水电与新能源,2010(6):60-64.

(收稿日期:2015-11-03) **EA**