

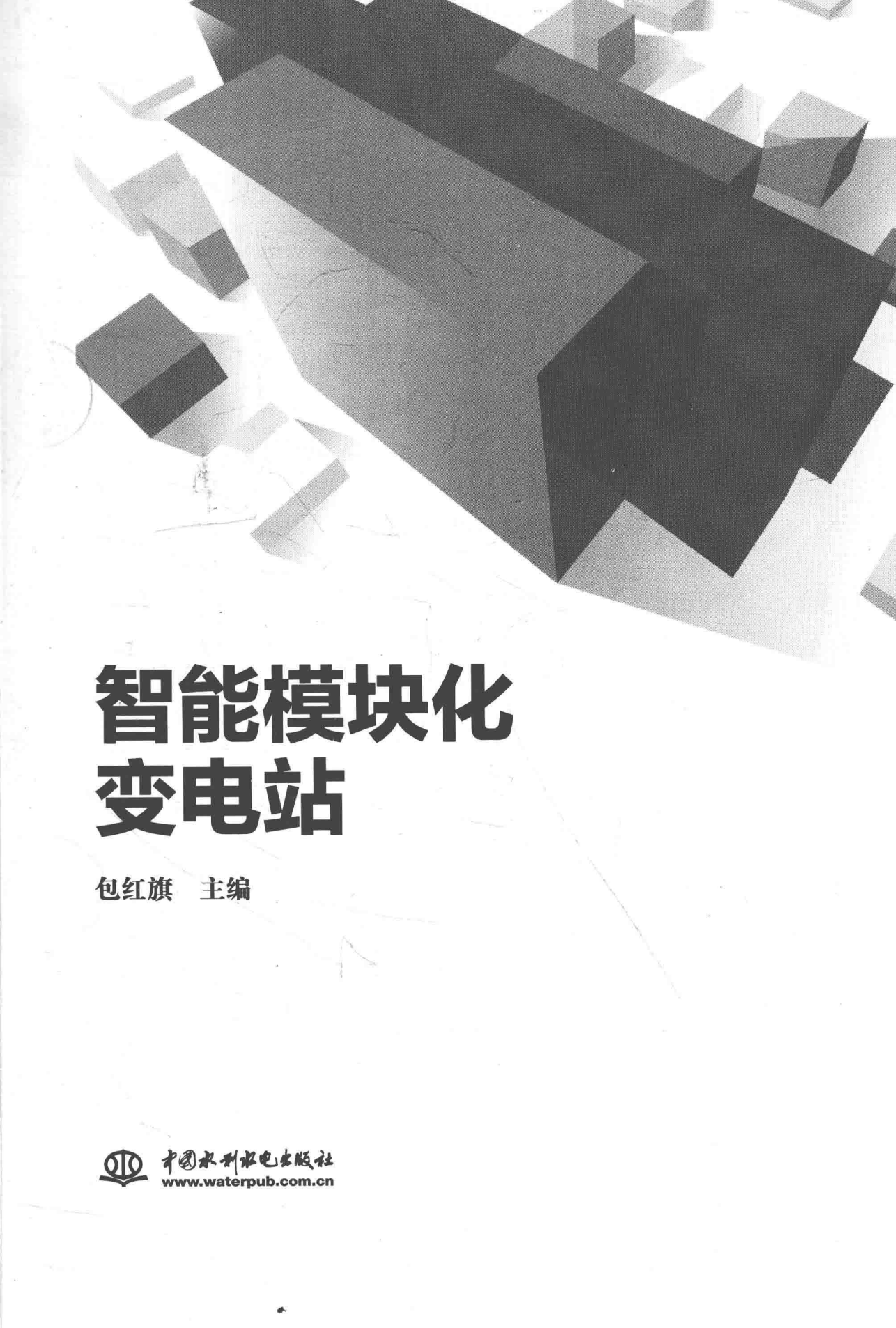


智能模块化 变电站

包红旗 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



智能模块化 变电站

包红旗 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了电力行业中一种新型大型成套电力设备——智能模块化变电站，详细阐述了智能模块化变电站的设计理念和基本理论、使用范围及条件、设计方法、制造工艺、整体设备的出厂检验、运输与固定安装方法、运行前的检查验收与技术措施、设备运行后期维护、故障诊断与防范措施以及现场实施相关过程中配套附属设施安装等内容，并通过案例详述了智能模块化变电站的设计布局以及工艺过程。

本书是从事变电站设计、安装、运行人员以及制造厂工艺技术人员的技术参考书，也可作为从事能源、铁路、水利、石油等建筑施工单位电力专业技术人员技术学习、培训用书，亦可作为大专院校有关专业师生的主要技术参考书。

图书在版编目（C I P）数据

智能模块化变电站 / 包红旗主编. -- 北京：中国水利水电出版社，2016.4
ISBN 978-7-5170-4296-9

I. ①智… II. ①包… III. ①智能系统—变电所
IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第095929号

书 名	智能模块化变电站
作 者	包红旗 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 20.75印张 495千字 1插图
版 次	2016年4月第1版 2016年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	78.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《智能模块化变电站》

编委会



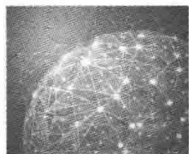
主 编 包红旗

副 主 编 张 闪

参编人员 梁立忠 邵华平 汪 彦 文化宾

序言

XUYAN



近年来,各种中低压工厂预制式变电站在全球供电系统中得到越来越广泛的应用。在我国,随着国内国民经济的快速发展,国内电网的各类型的智能变电站已经得到普及应用,各行业特别是大型企业和新能源的建设对自有高压变电站的建设提出了更高的要求。集中体现在:①建设周期短;②建设费用低;③设备免维护或者代维护。这对传统高压变电站的建设提出了新的挑战。

智能型模块化变电站属于电力系统中一种新概念的变电站,它彻底改变了传统变电站的建设模式,使得变电站的设计、生产、安装、调试全部在工厂内完成。

包红旗先生根据其多年研究和生产制造 35~220 kV 模块化变电站的经验,与张闪女士共同编著了《智能模块化变电站》一书。该书结合当前工厂预制式变电站的先进设计理念,系统地阐述了智能模块化变电站的基础理论、关键技术以及制造工艺,介绍了出厂试验、现场安装调试、运行与维护、故障处理与排除等工程实用技术。相信该书的出版,将进一步推动工厂预制式智能变电站的研制和推广使用,并对类似领域变电站的整体制造技术发展起到积极的促进作用。

包红旗

2015 年 10 月

前言

QIANYAN



目前市场上出现的所谓模块化变电站大多数停留在将变电站的建筑变成工厂预制式构架，一次设备使用户内 GIS 布置，二次设备使用集装箱，一、二次系统的组装、连接、调试等基本都在变电站现场完成。本书介绍的智能模块化变电站是将智能变电站的自动化系统和车载移动式变电站一次系统相结合而产生的一种新型系统，其主要特点一、二次系统的组装、连接、调试等全部在工厂内完成，整体运输到现场。

本书介绍的智能模块化变电站主要由五个模块组成，它包括高压组合电器模块、主变压器模块、智能舱模块、中压配电模块、辅助系统模块(含无功补偿系统、站用电系统)。各模块采用整体预制式结构，实现各种功能单元工厂模块化制作，并在预制过程中完成各模块内部连接和调试。研究和普及智能模块化变电站对国民经济事业的发展具有重要意义。

(1) 高压变电站的建设专业性强，对人员素质要求高，在电力需求高速增长地区和企业可以免除建设常规变电站对人力要求的困惑。工厂化的生产、建设以及代维护工作可以帮助企业提高工作效率，降低建设投资。

(2) 智能模块化变电站具有非常好的灵活性。智能模块化变电站整体性好，运行安全可靠，使用灵活，在野外各种恶劣环境下，都可以迅速投入现场安装，在极少工作量的情况下，在极短的时间里，完成变电站的连接组建。

(3) 组建智能模块化变电站具有非常好的快速性。智能模块化变电站正常的设备连接所需要的时间仅有一周左右的时间。由于所有的设备均经过预组装、预联调、预发电等，且已完成出厂试验。因此，在实际现场的工作量可以简单地理解为电气设备的重复连接。

(4) 智能模块化变电站具有极其重要的特殊应急意义。为保证特殊地点、特殊环境、超远距离施工、跨国工程等工作的顺利展开，智能模块化变电站可以使常规变电站在时间、距离以及规模上无法办到的工程得以顺利完成。在特殊时期，智能模块化变电站承担应急抢险变电站的作用；因此，智能模块化变电站具有极其重要的战略意义。

《智能模块化变电站》一书广泛适用于广大电力研究院所、设计专业、电力行业用户、设备制造商等相关读者借以参考，同时也可作为专业院校参考书籍使用。这里特别感谢钱清泉院士为本书作序，同时对参考文献、书籍的原作者表示衷心的感谢。

本书涉及高中压组合电器、变压器、变电站自动化、通信、防雷接地、材料结构等众多领域，如有存在疏漏之处，敬请广大读者与专家批评指正。

作者

2015 年 10 月

目录

MULU



序言

前言

第一章 绪论	1
第一节 诞生与发展	1
一、概述	1
二、经济及社会效益分析	2
第二节 使用范围	4
一、类型	4
二、使用环境	7
第三节 结构特点	10
第二章 智能模块化变电站的设计	14
第一节 总体技术要求	14
一、电气设备设计的原则	14
二、抗震设计	15
第二节 电气运行的技术要求	16
一、布置及电气距离要求	16
二、安全防护要求	18
三、电气运行安全的技术要求	18
第三节 主要技术参数	19
一、依据	19
二、电压等级	21
三、单个模块的最大尺寸	21
四、单个模块的最大重量上限要求	21
五、变电站占地面积和规模	21
第四节 主要电气设备选型	22
一、主变压器	22
二、高压开关电器	22
三、中压开关电器设备	24
四、无功补偿电容器	24

五、二次系统	24
六、模块化变电站连接及电气设备运行、巡视的要求	25
第五节 辅助设备的选型	25
一、配电自动化箱（智能舱）壳体	25
二、远动和通信	26
三、采暖	27
四、防盗	27
第六节 特殊环境的技术要求	27
一、抗低温	27
二、抗风沙	29
三、抗潮湿	32
第三章 高压组合电器模块	33
第一节 HGIS 设备的技术性能	33
一、技术特点	33
二、使用环境条件	34
三、技术参数	35
四、结构特点	38
第二节 HGIS 组合电器的特殊工艺要求	42
一、HGIS 结构工艺要求	42
二、辅助控制回路技术要求	44
三、断路器技术要求	45
四、隔离开关技术要求	46
五、SF ₆ 气体技术要求	47
六、防锈技术要求	47
第三节 HGIS 组合电器设备在线监测与智能诊断模型	47
一、HGIS 设备在线监测的内容与智能诊断模型	47
二、SF ₆ 气体密度及微水在线监测	48
三、SF ₆ 气体泄漏在线监测	49
四、HGIS 设备中 SF ₆ 断路器局部放电在线监测	50
五、HGIS 设备中断路器动作特性在线监测	51
第四节 HGIS 工艺流程质量控制及现场验收	52
一、HGIS 组装主要工艺流程质量控制	52
二、HGIS 组合电器的现场验收	54
第五节 HGIS 专用户外式自动化终端汇控柜	55
一、自动化终端汇控柜的技术要求	55
二、HGIS 户外式自动化终端汇控柜的温控柜的工艺要求	57
第六节 HGIS 组合电器现场安装工艺	61
一、包装、运输和储存	61

二、厂内安装的主要工作	61
三、调试与检查	61
四、注意事项	62
第七节 故障诊断与防范措施	65
一、常见故障分析	65
二、维护与维修	68
三、运行与操作	69
第八节 新型 HGIS 组合电器设备简介	70
第四章 中压组合电器模块	73
第一节 技术性能	73
一、概述	73
二、技术特点	75
三、特殊使用方式	80
四、母线连接方式	82
第二节 中压固定柜及其配电装置在模块化变电站的应用	89
一、温升	89
二、外绝缘爬电比距	89
三、对组(部)件的要求	89
四、防护等级和内部故障	89
五、开关柜结构	90
六、断路器	92
七、互感器	92
八、隔离开关和接地开关	92
九、测量仪表、继电保护装置及二次回路	93
十、联锁	93
十一、外壳及其支架的防锈	93
十二、母线	94
十三、其他	94
第三节 故障诊断与防范措施	94
一、常见故障分析	94
二、故障处理方法	97
三、改进措施	98
第五章 智能变压器模块	100
第一节 技术设计与要求	100
一、技术特点	100
二、结构技术要求	101
三、产品设计	103

四、变压器与高压组合电器的组合方式	107
五、变压器中性点气体绝缘组合电器简介	109
六、技术要求	111
第二节 工艺技术要求	113
一、布置要求	113
二、结构特点及工艺	113
三、工艺措施	118
第三节 在线监测与智能诊断模型	122
一、变压器在线监测的内容与智能诊断模型	122
二、变压器油中溶解气体与微水在线监测	124
三、变压器局部放电在线监测	125
四、变压器套管绝缘在线监测	126
五、变压器铁芯接地电流等工况量在线监测	127
六、变压器绕组温度在线监测	127
七、变压器有载分接开关在线监测	128
八、变压器红外热像仪测温检测	128
第四节 现场验收	129
一、验收	129
二、主要工艺流程的质量控制	133
第五节 故障诊断与防范措施	134
一、故障诊断与检修	134
二、故障诊断方法	137
三、变压器载油运输中注意的问题	142
四、变压器器身的干燥	142
第六章 自动化监控系统	144
第一节 智能化监控系统	144
一、概述	144
二、继电保护	144
三、系统架构	147
四、系统主要功能	149
五、系统主要性能	150
第二节 电子式互感器	154
一、电子式电流互感器	155
二、电子式电压互感器	157
三、组合式电子互感器	159
四、全光纤电流互感器	159
第三节 二次回路故障诊断和防范措施	161

一、二次回路断线	161
二、二次回路短路故障判断	162
三、逆变稳压电源问题	164
四、直流熔丝的配置问题	164
五、带直流电源操作插件	164
第四节 自动化系统故障诊断与防范措施	164
一、二次过电压所造成的损害	164
二、二次过电压出现的原因	165
三、二次系统防过电压措施	165
四、保护装置现场检验特别项目和方法	166
五、继电保护定值问题	167
六、智能模块化变电站自动化后台系统事故处理	168
第五节 二次系统状态监测技术	168
一、二次系统状态监测内容	168
二、二次系统状态监测方法	170
三、二次系统状态监测技术	170
四、二次系统状态监测配置方案	176
五、二次设备监测装置 (RSS)	177
第六节 智能舱箱体技术及工艺要求	180
一、智能舱箱体结构的总要求	180
二、智能舱箱体结构要求	180
三、防沙密封设计	181
四、智能舱箱体防尘防水防腐工艺	185
五、智能舱箱体防腐措施	189
六、智能舱箱体的保温与耐寒要求	190
七、智能舱箱体电磁兼容屏蔽密封设计	193
八、智能舱中二次屏柜安装工艺流程	194
第七章 在线监测系统	196
第一节 在线监测系统	196
一、概述	196
二、变电站在线监测的高级应用	196
三、在线监测系统的特点	212
第二节 智能模块化变电站与变电站的云计算	223
一、变电站云计算	223
二、变电站云计算平台的架构和技术实现	224
三、云计算在智能模块化变电站的应用	226
四、智能云服务系统	227

第八章 辅助系统	230
第一节 站用电系统	230
一、概述	230
二、站用电系统技术要求	230
三、交直流系统计算	232
四、站用交直流电源系统的运行方式	235
五、交直流控制电源一体化的系统	236
六、站用电辅助设备	237
第二节 静止无功发生器 SVG 系统	241
一、SVG 的技术指标	241
二、SVG 运行	245
三、SVG 常见故障处理	246
四、SVG 维护与保养	248
五、SVG 缺陷管理及异常处理	249
第九章 连接与防雷接地系统	252
第一节 一次电气设备连接的技术要求	252
一、一次设备母线、连接线的选择与动稳定分析	252
二、母线的主要工艺	253
三、一、二次电缆主要工艺流程	255
四、高压电缆敷设及电缆头制作的主要工艺	258
五、接引线路的现场验收	260
六、电气设备气体压力密封元件的连接	261
第二节 操作电源和二次设备的电气连接	262
一、抗震抗腐蚀的特殊要求	262
二、二次系统控制电缆线路与自动化设备的连接工艺	263
三、对综合自动化装置的技术要求	264
四、低压配线管路敷设的工艺要求	265
五、配电控制小间外管内穿线的质量工艺要求	266
六、二次系统安装调试中的工艺要求	267
七、配电控制小间二次安装的技术工艺要求	267
八、主要工艺流程的质量控制	268
第三节 一次防雷保护措施	269
一、概述	269
二、防雷接地技术	271
三、接地系统的现场验收	273
四、接地网	276
第四节 二次防雷措施	286

一、概述	286
二、防雷系统设备	288
三、二次系统的接地、防雷全面解决方案	289
四、一体化独立设备接地防护解决方案	292
五、小型 10~35kV 模块化变电站的雷电防护方案	294
六、通信网络降低误码、减少退服和信号端口损坏的解决方案	295
七、站用新型防雷技术的优点	296
第十章 运输与固定	297
第一节 站用支撑平台	297
一、概述	297
二、技术要求	298
第二节 机械设计有关计算	300
一、支撑平台上主要变电设备的剪切力强度计算	300
二、支撑平台机械强度计算	303
三、模块化变电站智能舱箱体钢底架强度计算	305
第三节 运输	308
一、车辆超限超载认定标准	308
二、道路等级划分标准	309
三、智能模块化变电站的运输	310
四、运输模块化变电站时的最小转弯半径的计算	311
五、车辆行驶时的稳定性计算	313
第四节 固定安装技术要求	315
一、场所的选址	315
二、安置与固定	315
参考文献	317

第一章 绪论

第一节 诞生与发展

一、概述

智能电网是一个巨大的系统工程，是未来电力工业综合技术发展的方向，是一个需要长期完善的过程，甚至是一个永远在路上的创新目标。同时，随着能源电力化进程的加快，电力占终端能源消费比重的不断提高，智能电网必将成为智能新能源网的核心和基础，对此应有清醒而深刻的认识。

在我国，随着国内电网各类型的智能变电站的普及应用，虽然还存在一些观点上的分歧，但总体目标是一致的，智能变电站的建设已经逐步进入了一个快速发展的阶段。各行业特别是大型企业和新能源的建设对自有高压变电站的建设提出了更新的要求，集中体现为建设周期短、建设费用低、设备免维护或者代维护，这对传统高压变电站的建设提出了新的挑战。

新建和改造传统变电站建设存在以下几个突出的问题：

(1) 安全保证难度大。由于变电站整体设备结构复杂、设备繁多、站内场地狭小，当存在登高和吊装作业时极易发生人身和设备事故。如果变电站处于扩建改造工程状态，在施工过程中，作业面周围很多设备都处于带电运行状态，有时施工中的一个微小疏忽，就会影响供电安全，造成事故。

(2) 受环境影响，施工难度大。大部分的新建变电站都处于城市的边缘地区，给施工人员的日常生活带来不同程度的困难。特别是高原地区和高寒地区，人员对恶劣环境的不适应性将会加大施工的难度。另外，就是地质条件给变电站的设计、施工带来更大的困难，如狭窄的山坡，松软的沙漠地带，潮湿的淤泥构成的海滩等，都会加大变电站的设计和施工的难度。

(3) 施工周期长。正常一个 110kV 变电站的建设从设计到投入电网运行，一般需要半年左右的时间，而且受到现场施工天气等环境因素影响，时间没有保证，越来越多的大型非电力专业企业倾向于整体“交钥匙工程”的变电站建设模式来替代传统的分散管理的电网基建模式。

面对新的形势和挑战，电力设备制造商适时推出了多种模块化变电站的解决方案，本书介绍的方案是在作者多年工作经验的基础上提出的优选方案。既遵循相关标准与规范，又突破传统变电站的建设理念，以“工厂化预制、模块化结构”的全新理念实现变电站的

快速组装。

智能模块化变电站解决方案,以一、二次融合的智能设备为模块,通过工厂化生产预制、现场模块化装配建设变电站,可以减少现场施工及调试的工作量,缩短变电站的施工周期;变电站整体连接调试简单,提高了运行的可靠性,并与周围环境协调,容易选择建设地点;节省变电站的占地面积、建筑面积和投资规模。它是当前和今后国网电力建设事业发展的热点和重点,将大大提高电网的效益。

智能模块化变电站技术来源于移动式变电站,属电力系统未来新技术、高科技型变电站的制造技术领域,主要由支撑平台、抗震型高压组合电器模块、抗震型低高度变压器模块、抗震型中压开关模块以及相适应的自动化控制保护系统(智能舱)等互相连接构成。整体结构设计合理,机动性强,短时间内即可投入运行,且供电可靠,操作灵活,组装简单方便,各组件亦可单独运输。它具有以下特点:

(1) 设备高度集成化,具有组合灵活,便于运输、安装快捷、建设周期短等特点。

(2) 工厂预制化,所有模块均可由工厂生产;厂内完成变电站整体调试,用户在工厂完成变电站的整体验收。

(3) 安装简约化,用户在工厂完成验收后,现场仅为重复线缆连接的工作,大大减少了现场安装的工作量。

(4) 投资节约化,由于其具有集成度高、建筑面积少、选址方便、运行方式灵活、施工便利等优点;可以有效地缩短施工周期、节约人力物力、减小征地面积。

智能模块化变电站与传统的变电站建设相比,模块化变电站的建设省略了设计阶段和现场建设阶段的时间过程,大大减少了土建和现场调试的工作量。模块化变电站一般从订货到投入运行只需要2~3个月,其中现场安装调试只需要1~2周时间。最重要的是它可以不断实现变电站搬迁,特别适合油田、露天矿开发、大型施工工地等恶劣环境。

二、经济及社会效益分析

智能模块化变电站适用于大型工矿企业电源建设需求,电力系统的老旧站改造及新站建设,水利、铁路、石油、大型工程等施工电源的需求。当前,随着国民经济的发展,电力设施需要保持同步并略高的发展速度,对模块化变电站来说存在极大的市场空间。电力产品市场供应商众多,竞争激烈,只有掌握核心技术,领导产品新技术方向的企业才有立足之地。对工厂化预制式智能变电站的投资研发、推广将为社会带来巨大的经济及社会效益。

从一个常规布置的变电站设计与模块化变电站设计比较来分析:某变电站原设计110kV配电设备和10kV配电设备均为室内设备,分别需要建设110kV高压配电区及10kV开关室,3台主变位于10kV配电室和110kV配电装置室之间。主控制楼为单独一栋,单层建筑长20.44m,宽12.64m,建筑面积为258.36m²,站内占地为4292.5m²,约6.5亩。

改用工厂预制式智能模块化变电站设计方案,110kV配电设备、主变压器、10kV配电设备均安装于3条平行布置的基础钢构支撑平台上,2座集装箱式主控制室(智能舱)安装于与3条平行钢构支撑平台垂直的钢构支撑平台上,所有的钢构支撑平台通过金属性硬连接互相连接形成整体,钢构支撑平台安装于预制基础上。控制电缆桥架沿钢构支撑平



台布置。

采用工厂预制式模块化变电站设计,除集装箱式主控制室外不需要永久建筑结构,总占地面积为 2500m²,节约了 40% 的占地面积和 50% 以上的安装工作量,与原设计概预算相比较,减少了 25% 的投资。由于整站已在工厂完成调试,各模块运至现场后,仅为吊装就位、线缆连接、试验与验收后即可竣工投运,现场工作周期不超过 15 个工作日。

综上所述,对工厂预制式模块化变电站试(投)产的可行性、经济及社会效益分析总结如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 智能模块化变电站与常规变电站可行性、经济及社会效益分析比较

序号	项 目	常规变电站	智能模块化变电站	原 因
1	占地面积	100%	减少 60% 以上	布置紧凑
2	土建基础工作量	100%	减少 80% 以上	基础少、电缆沟少、建筑面积减少
3	降低安装工作量	100%	减少 80% 以上	电缆铺设、接线工作量减少模块化生产,工厂预装、预调
4	维护工作量	100%	实现专业化维护	专业公司代维护
5	可靠性	100%	由于安装不当引发的初期故障大为降低	整体出厂高于常规变电站
6	施工安装时间	100%	减少 70% 以上	模块化生产,工厂预装、预调试
7	投资成本	100%	减少 10% 以上	降低土建、电建工作量,减少材料使用,设备成本增加
8	增容扩建灵活性	100%	停电时间少,影响范围小	易于接入,减少安装工作量
9	抵御各类地质灾害的能力	100%	抗震与防洪灾明显提高	全部选用抗震设备,全部采用防水密封 IP54
10	抵御雷电灾害能力	100%	采用等电位金属托板和金属密封箱	有效防止雷电反击,以及雷电感应对弱电系统的影响

表 1-2 智能模块化变电站与 GIS 变电站可行性、经济及社会效益分析比较

序号	项 目	GIS 变电站	工厂预制式模块化变电站	原 因
1	占地面积	100%	相同	HGIS 与 GIS 同属于组合电器
2	土建工作量	100%	减少 90% 以上	无建筑
3	降低安装工作量	100%	减少 80% 以上	GIS 一次设备需要现场组装(罐体清洁、抽真空、吊装等);模块化生产,工厂预装、预调
4	维护工作量	100%	减少 60%	设备技术寿命期内, GIS 需要更换法兰密封垫及部分盘式绝缘子; HGIS 不需要更换密封垫,无盘式绝缘子元件
5	可靠性	100%	提高 60%	HGIS 在净化车间完成组装的,而 GIS 是在变电站现场环境中完成组装的,这样使得 GIS 设备内部及法兰面清洁度很难达到技术要求,由此引起的故障率比 HGIS 高;另外 GIS 法兰面多,致使其漏气率增加;再者由于 GIS 维护工作量大,检修停电时间长,也造成了可靠性降低



续表

序号	项 目	GIS 变电站	工厂预制式 模块化变电站	原 因
6	施工安装时间	100%	减少 70%以上	模块化生产，工厂预装、预调试
7	投资成本	100%	减少 20%以上	降低土建、电建工作量，减少材料使用
8	扩容扩建一个间隔引起的母线停电时间	100%	减少 90%以上	易于接入，减少安装工作量；由于 GIS 的母线是全封闭气体绝缘，导致新设备接入困难是 GIS 普遍存在的问题。HGIS 接入一个间隔正常需要 2h 停电时间，GIS 接入一个间隔最短需要 24h 停电时间
9	抗震能力	100%	提高 150%以上	HGIS 耐受地震能力为 9 度（0.5g）以上，GIS 最大耐受地震能力为 8 度（0.2g）
10	寿命期	100%	提高 300%以上	由于 GIS 大量使用的盘式绝缘子是环氧树脂材料，而环氧树脂在强电场或金属气体作用下容易发生老化，使绝缘水平降低。HGIS 无盘式绝缘子，只使用真空浸胶绝缘棒

第二节 使用范围

一、类型

模块化变电站从组装方式、适用环境以及系统配置大致可以分为三大类型：①按组装方式分为现场拼装型和工厂预制型；②按适用环境分为户内型和户外型；③按技术层次分为智能化、数字化和综合自动化型。

（一）现场拼装型和工厂预制型

模块化变电站从组装方式上可分为现场拼装型和工厂预制型两种类型。现场拼装型适合变压器容量比较大，一般变压器容量大于 50MVA，就要考虑变压器本体的现场组装。这个容量无论是重量还是体积都超过了整体载油运输的极限。另外，电压等级在 220kV 及以上的变电站，由于 220kV 变电站的设备尺寸过于庞大，高压电器的运输都将遇到超宽和超高的问题；特别是远途运输带来的运输安全方面和道路运输方便的规则阻碍问题就会更多。即便是以上两种情况，除变压器和高压电器的设备外，其他设备都可以工厂预制。工厂预制型适合变压器容量在 40MVA 及以下，电压等级在 145kV 及以下的模块化变电站。这种情况下，所有设备都可以在发货前安装在一个固定的平台上，整体运输到现场，进行必要的试验和检验后投入电网运行。

根据电力用户需求的不同以及使用范围的不同，现场拼装型和工厂预制型的模块化变电站层出不穷，模式多样。目前市场上常见的模块化变电站类型大致有 3 种，分别是：敞开分散布置型（Open the dispersion TS）、封闭串联布置型（Closed series arrangent TS）和模块叠拼布置型（Fold spell layout module TS）。这三种类型的模块化变电站都具有一定的特点，其中敞开分散布置型模块化变电站是本书着重介绍的类型。

1. 敞开分散布置（Open the dispersion TS）。

设备选型与布置：高压设备采用 HGIS 组合电器，变压器采用高低压套管引出，中压