



# 智能变电站试验与 调试实用技术

《智能变电站试验与调试实用技术》编委会 编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 智能变电站试验与 调试实用技术

《智能变电站试验与调试实用技术》编委会 编

常州大学图书馆  
藏书章



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

为实现国家电网公司“坚强智能电网”发展战略，建设好作为坚强智能电网重要基础和支撑的智能变电站，本书编委会依据国家及行业标准，特别是国家电网公司的企业标准，组织众多专家学者和一线试验调试人员编写了本书。本书共分3篇：第一篇为智能变电站技术；第二篇为智能变电站试验；第三篇为智能变电站调试。

本书可供智能变电站设计、施工安装、调试、试验、运维检修人员阅读，也可作为变电运行、继电保护等工种的岗位培训和职业技能鉴定教材，还可作为高等院校相关专业的辅导教材。

### 图书在版编目（CIP）数据

智能变电站试验与调试实用技术 / 《智能变电站试验与调试实用技术》编委会编. — 北京：中国水利水电出版社，2017.11

ISBN 978-7-5170-6049-9

I. ①智… II. ①智… III. ①智能系统—变电所—试验②智能系统—变电所—调试方法 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第281648号

书 名	智能变电站试验与调试实用技术 ZHINENG BIANDIANZHAN SHIYAN YU TIAOSHI SHIYONG JISHU
作 者	《智能变电站试验与调试实用技术》编委会 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 (营销中心)
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	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 42.5印张 1008千字
版 次	2017年11月第1版 2017年11月第1次印刷
定 价	198.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 《智能变电站试验与调试实用技术》

## 编委会名单

主任：刘劲松

副主任：开赛江

委员：白伟 张龙钦 乔西庆 车勇 王修江  
吕新东 陈海东 张健 毕雪昱 王宇辉  
肖伟 李吉文 张惠玲 杨新猛 米和勇  
于勇

主编：杨新猛

主审：乔西庆 吕新东

编写人员：姚晖 高秋生 周健敏 盛建星 贾鹏  
宋焕东 苗松虎 金晓兵 陈舒理 胡兵  
谭小刚 贾逸豹 李强 牛志 李树兵  
刘毅 孔文 张起福 梁慧 曹军  
焦傲 曹光辉 王龙龙 丁赞成 张辉疆  
徐世玉 尹涛 魏强 李家勇 王克侠  
殷章桃 刘跃辉 陈新海 席金星 熊坤  
杨新杰 杨玲

# 前言

## FOREWORD

智能化是当今社会发展的必然方向，电力行业也不例外，近些年出现了世界范围的智能电网建设高潮。国家电网公司顺应发展潮流，在2009年5月于北京召开的“2009特高压输电技术国际会议”上正式向外界公布了我国“坚强智能电网”发展战略。与此同时大规模地展开了坚强智能电网课题及相关课题的研究和实践，取得了丰硕成果。

智能变电站是坚强智能电网的重要基础和支撑，是电网运行数据的采集源头和命令执行单元，是统一坚强智能电网安全、优质、经济运行的重要保障。与常规变电站相比，智能变电站有了质的变化。IEC 61850标准体系、电子式互感器、智能化二次设备、光纤物理回路、逻辑虚回路、一体化监控系统等大量新技术和新设备的应用使得以往的经验和方法成为过去时，给电力职工特别是电网二次专业人员带来了新的挑战，急需大批掌握智能变电站相关技术和技能的员工充实到建设坚强智能电网的行列中来。

为实现国家电网公司“坚强智能电网”发展战略，建设好作为坚强智能电网重要基础和支撑的智能变电站，本书编委会依据国家及行业标准，特别是国家电网公司的企业标准，组织众多专家学者和一线试验调试人员编写了本书，希望能对智能变电站的建设、试验、调试及运行、维护、检修工作起到积极作用，保障智能变电站顺利投运和安全稳定运行。

本书共分3篇：第一篇为智能变电站技术；第二篇为智能变电站试验；第三篇为智能变电站调试。第一篇有9章，分别是智能变电站概述，智能变电站智能装置，智能变电站网络交换机和网络报文装置，新建智

能变电站设计，智能变电站模块化建设，智能变电站自动化体系，智能变电站一体化监控系统，智能变电站在线监测，智能变电站继电保护及相关设备。第二篇有6章，分别是智能变电站站用交直流一体化电源系统功能、技术要求和试验，智能变电站站用交直流一体化电源交接验收，智能变电站一次设备性能及试验要求，智能变电站数字化继电保护试验，智能变电站网络测试，智能变电站工厂验收。第三篇有13章，分别是智能变电站二次系统现场调试作业过程及要求，智能变电站二次系统信息模型校验要求，智能变电站自动化系统现场调试，智能变电站保护测控一体化装置，智能变电站 RCS-915 系列母线保护装置现场调试，电力系统同步相量测量装置 (PMU) 测试技术，智能变电站合并单元测试，电力系统二次设备 SPD 防雷技术，智能变电站现场工作安全措施，智能变电站自动化系统现场验收，变电站智能化改造，变电站智能化改造工程验收，智能变电站顺序控制和智能设备运维检修。本书还有三个附录，分别是智能变电站相关术语、智能变电站相关缩略语、智能变电站相关技术标准。

参加本书编写的还有王晋生、王源、李禹萱、李佳辰、王雪、杜松岩、李军华、张帆、胡中流等。

在本书编写过程中，得到了新疆送变电有限公司的高度重视并给予大力支持，同时得到了南瑞继保、北京四方等公司的大力支持与帮助，参考了近年来最新的技术标准、相关资料以及书末所列参考文献，在此谨向以上单位和相关文献编著者一并表示衷心的感谢。

由于智能变电站在我国还处于刚刚起步阶段，加上作者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

**作者**

2017年10月

# 目录

## CONTENTS

前言

### 第一篇 智能变电站技术

# 1

第一章 智能变电站概述	3
第一节 智能电网	3
一、坚强智能电网计划、内涵和特征	3
二、坚强智能电网体系构成	4
三、智能变电站是智能电网重要组成部分	4
第二节 智能变电站技术要求	5
一、智能变电站技术原则	5
二、智能变电站体系结构	6
三、智能变电站设备功能要求	7
四、智能变电站系统功能要求	8
五、智能变电站辅助设施功能要求	9
六、智能变电站设计要求	10
七、智能变电站调试、验收与运行维护要求	10
八、智能变电站的检测评估	11
第三节 我国智能变电站发展目标	12
一、组网技术进一步发展	12
二、可视化设计技术成为发展方向	12
三、模块化与可装配式变电站成为可能	12
四、海量信息与高度集成的自动化系统	12
五、实现分布式变电站与变电站集群绿色环保能源供应方式	13
六、电网层面的在线监测与评估实现变电站运行风险预警	13
七、智能化诊断与一键式运维检修管理实现电网自愈	13
第二章 智能变电站智能装置	15
第一节 智能变电站智能控制柜	15

一、技术要求 .....	15
二、技术服务 .....	18
第二节 智能变电站间隔层设备中的测控单元 .....	19
一、使用环境条件 .....	19
二、主要技术指标 .....	19
三、性能要求 .....	21
四、安装要求 .....	22
五、技术服务 .....	22
第三节 智能变电站智能终端 .....	23
一、主要技术指标 .....	23
二、主要性能要求 .....	25
三、安装要求 .....	26
四、技术服务 .....	27
第四节 智能变电站合并单元 .....	27
一、基本技术条件 .....	27
二、主要功能要求 .....	29
三、安装要求和技术服务 .....	31
<b>第三章 智能变电站网络交换机和网络报文装置 .....</b>	<b>32</b>
第一节 网络交换机 .....	32
一、主要技术指标 .....	32
二、主要性能要求 .....	34
三、安装要求 .....	36
四、技术服务 .....	37
第二节 智能变电站网络报文记录及分析装置 .....	37
一、对网络报文记录及分析装置的基本要求 .....	37
二、技术要求 .....	38
三、检验规则 .....	42
四、技术服务 .....	42
五、网络报文记录分析装置报文文件格式 (PCAP) .....	43
<b>第四章 新建智能变电站设计 .....</b>	<b>46</b>
第一节 智能变电站设计应遵循的原则 .....	46
第二节 智能变电站总体布置要求 .....	46
一、变电站布置 .....	46
二、土建 .....	46
第三节 智能变电站电气一次部分 .....	47
一、智能设备 .....	47
二、互感器 .....	49



三、设备状态监测 .....	51
第四节 智能变电站二次部分 .....	52
一、一般规定 .....	52
二、变电站自动化系统 .....	53
三、其他二次系统 .....	64
四、二次设备组柜 .....	65
五、二次设备布置 .....	67
六、光/电缆选择 .....	67
七、智能变电站智能装置 GOOSE 虚端子配置 .....	68
八、防雷、接地和抗干扰 .....	68
第五节 智能变电站高级功能要求和辅助设施功能要求 .....	69
一、高级功能要求 .....	69
二、辅助设施功能要求 .....	69
<b>第五章 智能变电站模块化建设 .....</b>	<b>70</b>
第一节 智能变电站模块化建设技术 .....	70
一、智能变电站模块化建设的意义和技术原则 .....	70
二、装配范围和型式 .....	71
三、电气一次 .....	71
四、二次系统 .....	72
五、土建部分 .....	75
第二节 预制舱式二次组合设备 .....	78
一、基本技术条件 .....	78
二、预制舱式二次组合设备典型模块 .....	85
三、主要性能要求 .....	86
四、试验 .....	89
五、运输及吊装 .....	89
六、技术服务 .....	90
第三节 预制光缆 .....	90
一、表示方法与结构 .....	90
二、基本技术条件 .....	92
三、技术要求 .....	92
四、敷设及安装 .....	97
五、检验与检测 .....	97
六、包装、运输和储存 .....	98
第四节 预制电缆 .....	100
一、预制电缆表示与结构 .....	100
二、基本技术条件 .....	100

三、预制电缆技术要求 .....	102
四、预制电缆主要性能指标 .....	104
五、检验与检测 .....	105
六、包装、运输和储存 .....	109
<b>第六章 智能变电站自动化体系 .....</b>	<b>111</b>
<b>第一节 智能变电站自动化系统构成和分类原则 .....</b>	<b>111</b>
一、实现智能变电站大自动化体系的意义 .....	111
二、智能变电站自动化系统结构 .....	111
三、网络结构 .....	111
四、硬件设备 .....	111
五、软件系统 .....	113
<b>第二节 网络通信和数据采集控制 .....</b>	<b>113</b>
一、网络通信 .....	113
二、数据采集与控制 .....	117
<b>第三节 分析应用功能和调试检修 .....</b>	<b>119</b>
一、分析应用功能 .....	119
二、调试检修 .....	122
<b>第四节 运行管理功能和性能指标 .....</b>	<b>123</b>
一、运行管理功能 .....	123
二、智能变电站自动化系统性能指标 .....	126
<b>第五节 其他要求 .....</b>	<b>127</b>
一、场地与环境 .....	127
二、防雷与接地 .....	127
<b>第六节 试验与验收 .....</b>	<b>128</b>
<b>第七章 智能变电站一体化监控系统 .....</b>	<b>129</b>
<b>第一节 智能变电站一体化监控系统功能 .....</b>	<b>129</b>
一、基本原则 .....	129
二、数据采集 .....	129
三、运行监视 .....	131
四、操作与控制 .....	133
五、信息综合分析 with 智能告警 .....	136
六、运行管理 .....	143
七、辅助应用 .....	144
八、信息传输 .....	145
<b>第二节 智能变电站一体化监控系统建设 .....</b>	<b>147</b>
一、智能变电站一体化监控系统建设的技术原则 .....	147
二、智能变电站一体化管控体系架构 .....	147

三、智能变电站一体化监控系统功能要求 .....	148
四、应用功能数据流向 .....	152
五、智能变电站一体化监控系统结构 .....	154
六、智能变电站一体化监控系统配置 .....	157
七、数据采集与信息传输 .....	160
八、二次系统安全防护 .....	160
<b>第八章 智能变电站在线监测</b> .....	<b>162</b>
<b>第一节 智能变电站在线监测系统</b> .....	<b>162</b>
一、技术原则 .....	162
二、系统架构 .....	162
三、监测系统选用与配置原则 .....	164
四、功能要求 .....	166
五、通信要求 .....	167
六、技术要求 .....	167
七、在线监测系统的试验、调试、验收 .....	168
八、变电设备状态监测数据接入规范 .....	169
<b>第二节 智能变电站在线监测装置</b> .....	<b>175</b>
一、工作条件 .....	175
二、技术要求 .....	175
三、试验 .....	179
四、检验规则 .....	182
五、标志、包装、运输、储存 .....	184
<b>第三节 基于 DL/T 860 标准的变电设备在线监测逻辑节点和模型创建</b> .....	<b>185</b>
一、在线监测逻辑节点定义 .....	185
二、在线监测设备建模总体要求 .....	213
三、在线监测设备建模原则 .....	213
四、LN 实例建模 .....	215
五、服务 .....	222
六、配置 .....	224
七、测试 .....	225
<b>第九章 智能变电站继电保护及相关设备</b> .....	<b>227</b>
<b>第一节 智能变电站继电保护技术基本要求</b> .....	<b>227</b>
<b>第二节 继电保护及相关设备配置要求</b> .....	<b>228</b>
一、一般要求 .....	228
二、具体要求 .....	228
<b>第三节 继电保护装置及相关设备技术要求</b> .....	<b>231</b>
一、继电保护装置技术要求 .....	231

二、相关设备技术要求 .....	232
第四节 继电保护信息交互原则 .....	236
一、信息交互要求 .....	236
二、信息交互内容 .....	236
三、站控层相关设备的要求 .....	237
第五节 继电保护就地化实施原则 .....	237
第六节 支持通道可配置的扩展 IEC 60044-8 协议帧格式 .....	238
一、链路层 .....	238
二、应用层 .....	241
三、可配置的采样通道映射 .....	246
四、IEC 61850-9-2 点对点传输的额定延迟时间 .....	250
第七节 3/2 接线形式继电保护实施方案 .....	250
一、线路保护配置方案 .....	250
二、断路器保护和短引线保护配置方案 .....	251
三、变压器保护配置方案 .....	252
四、母线保护配置方案 .....	254
五、高压并联电抗器保护配置方案 .....	254
六、GOOSE 网及 SV 网组网方案 .....	256
七、合并单元技术方案 .....	256
八、智能终端技术方案 .....	257
第八节 220kV 及以上变电站双母线接线型式继电保护实施方案 .....	260
一、220kV 线路保护 .....	260
二、母线保护 .....	260
三、变压器保护 .....	260
四、220kV 母联（分段）保护 .....	262
五、110kV 线路保护 .....	263
六、66kV、35kV 及以下间隔保护 .....	263
第九节 110(66)kV 变电站继电保护实施方案 .....	265
一、线路保护 .....	265
二、变压器保护 .....	265
三、分段（母联）保护 .....	266
四、35kV 及以下电压等级间隔保护 .....	266
第十节 智能变电站继电保护设备的命名规则 .....	268
一、线路保护命名规则 .....	268
二、线路保护相关辅助、接口设备命名规则 .....	268
三、远跳保护命名规则 .....	268
四、远跳保护相关辅助、接口设备命名规则 .....	268
五、母线、发变组、发电机、变压器、电抗器、电容器、断路器、短引线保护命名规则 .....	268

## 第二篇 智能变电站试验

# 2

六、静止型动态无功补偿设备 (SVC) 保护命名规则 .....	268
七、滤波器保护命名规则 .....	268
八、断路器操作箱命名规则 .....	269
九、电压并列装置命名规则 .....	269
十、电压切换装置命名规则 .....	269
十一、故障录波器、故障测距装置命名规则 .....	269
<hr/>	
<b>第一章 智能变电站站用交直流一体化电源系统功能、技术要求和试验</b> .....	<b>273</b>
<b>第一节 基本技术条件</b> .....	<b>273</b>
一、环境条件 .....	273
二、主要性能指标 .....	273
<b>第二节 系统组成和系统功能要求</b> .....	<b>276</b>
一、系统组成 .....	276
二、系统功能要求 .....	276
<b>第三节 站用交直流一体化电源技术要求</b> .....	<b>276</b>
一、交流电源技术要求 .....	276
二、直流电源技术要求 .....	277
三、交流不间断电源 (逆变电源) 的技术要求 .....	279
四、直流变换电源装置的技术要求 .....	281
五、变电站用交直流一体化电源系统总监控装置的要求 .....	282
<b>第四节 结构及元器件要求</b> .....	<b>289</b>
一、结构要求 .....	289
二、元器件的要求 .....	290
<b>第五节 站用交直流一体化系统试验</b> .....	<b>290</b>
一、站用交直流一体化电源系统设备参数 .....	290
二、试验 .....	293
<b>第六节 技术服务</b> .....	<b>295</b>
一、运输与安装要求 .....	295
二、技术服务 .....	295
<b>第二章 智能变电站站用交直流一体化电源交接验收</b> .....	<b>297</b>
<b>第一节 通用要求</b> .....	<b>297</b>
一、外观检查 .....	297
二、绝缘电阻试验 .....	297
<b>第二节 交流电源</b> .....	<b>298</b>

一、站用交流电源 .....	298
二、交流不间断电源 (UPS) .....	298
第三节 直流电流 .....	298
一、蓄电池 .....	298
二、充电单元 .....	299
三、通信用直流变换电源 .....	299
四、直流电源供电能力试验 .....	300
第四节 监控模块 .....	300
一、一般要求 .....	300
二、监测功能 .....	300
三、报警功能 .....	301
第五节 资料审查和提交 .....	302
一、资料审查 .....	302
二、资料提交 .....	302
第六节 交接验收及记录 .....	302
<b>第三章 智能变电站一次设备性能及试验要求</b> .....	<b>306</b>
第一节 总体要求 .....	306
第二节 智能变电站变压器技术性能和试验 .....	306
一、变压器本体 .....	306
二、传感器 .....	307
三、智能组件 .....	307
四、配置 .....	307
五、变压器试验 .....	307
第三节 智能变电站高压开关设备技术性能和试验 .....	309
一、高压开关设备本体 .....	309
二、传感器 .....	310
三、智能组件 .....	310
四、配置 .....	310
五、高压开关设备试验 .....	310
第四节 智能变电站互感器技术性能和试验 .....	312
一、技术性能 .....	312
二、电子式互感器试验 .....	312
第五节 智能变电站避雷器技术性能 .....	314
<b>第四章 智能变电站数字化继电保护试验</b> .....	<b>316</b>
第一节 测试仪器和测试前准备 .....	316
一、测试仪器 .....	316
二、测试前准备 .....	316

第二节 软件设置 .....	316
一、手动设置 .....	316
二、自动设置 .....	317
第三节 测试 .....	317
第四节 保护定值校验 .....	317
一、差动保护 .....	317
二、距离保护 .....	318
三、零序保护 .....	318
四、TA 断线 .....	319
五、工频变化量距离 .....	319
六、TV 断线过流 .....	319
七、距离加速保护（以距离Ⅲ段加速为例，时间 0.8s） .....	319
第五节 继电保护装置 GOOSE 压力测试 .....	320
一、测试目的 .....	320
二、测试方法 .....	320
<b>第五章 智能变电站网络测试</b> .....	<b>321</b>
第一节 网络测试目的和网络流量估算 .....	321
一、网络测试目的 .....	321
二、网络流量估算 .....	321
三、网络流量压力对 PTP 授时系统影响的测试 .....	321
第二节 工业以太网交换机测试检查 .....	322
一、交换机基本测试检查项目 .....	322
二、交换机功能手段测试 .....	322
三、单机调试中交换机应检查项目 .....	323
四、智能变电站工业以太网交换机吞吐量测试 .....	325
五、智能变电站工业以太网交换机优先级队列测试 .....	325
六、智能变电站工业以太网交换机转发率测试 .....	327
七、智能变电站合并单元网络环境影响试验 .....	327
八、交换机网络风暴抑制功能测试 .....	328
第三节 智能变电站过程层、站控层网络压力测试 .....	328
一、智能变电站过程层网络压力测试 .....	328
二、智能变电站站控层网络压力测试 .....	329
<b>第六章 智能变电站工厂验收</b> .....	<b>330</b>
第一节 工厂验收应具备条件 .....	330
第二节 工厂验收的组织和原则 .....	330
一、智能变电站工厂验收的组织 .....	330
二、智能变电站工厂验收的原则 .....	331

第三节 智能变电站工厂验收的主要项目 .....	331
一、设备验收及资料审查 .....	331
二、监控后台验收测试 .....	331
三、过程层设备验收测试 .....	331
四、网络设备验收测试 .....	332
五、间隔层设备验收测试 .....	332
六、系统性能测试 .....	334

## 第三篇 智能变电站调试

# 3

第一章 智能变电站二次系统现场调试作业过程及要求 .....	337
第一节 总体要求和调试过程控制 .....	337
一、总体要求 .....	337
二、调试过程控制 .....	337
第二节 调试作业准备 .....	338
一、范围与要求 .....	338
二、调试条件 .....	339
三、设备检查 .....	339
四、系统配置检查 .....	339
第三节 单体设备调试 .....	340
一、范围与要求 .....	340
二、站控层设备 .....	340
三、网络及间隔层公用设备 .....	341
四、间隔层设备 .....	343
五、过程层设备 .....	344
第四节 分系统功能调试 .....	345
一、范围与要求 .....	345
二、保护与安自 .....	346
三、测控及监控 .....	347
四、告警直传及远动 .....	347
五、电能计量 .....	347
六、PMU 相量测量 .....	348
七、一体化电源 .....	348
八、在线监测 .....	348
九、辅助控制 .....	348
第五节 系统联调 .....	349



一、范围与要求	349
二、数据采集	349
三、操作与控制	349
四、高级应用	349
五、运行管理与信息传输	350
第六节 送电试验	350
第七节 调试资料	350
一、调试报告	350
二、资料移交	350
第八节 调试模型	351
一、精密时间信息检测	351
二、合并单元采样值转换性能校验	352
三、智能终端实时响应性能检测	352
四、同步采样与时间失步试验	353
五、交流同步采样全站一致性试验	354
六、一体化监控与视频联动试验	354
<b>第二章 智能变电站二次系统信息模型校验要求</b>	<b>356</b>
第一节 校验总则	356
一、校验目的	356
二、校验原则	356
三、校验结果划分原则	356
四、校验指标要求	356
第二节 校验流程	357
第三节 校验项目和要求	357
一、模型标准化校验	358
二、工程应用模型规范化校验	361
三、模型动态校验	363
四、不同 ICD 模型文件之间的一致性校验	363
五、同一工程不同类型模型文件的一致性校验	364
第四节 校验方法	364
<b>第三章 智能变电站自动化系统现场调试</b>	<b>365</b>
第一节 自动化系统现场调试内容	365
一、站内网络系统调试	365
二、计算机监控系统调试	365
三、继电保护系统调试	366
四、远动通信系统调试	366
五、电能量信息管理系统调试	367