

智能变电站实用技术丛书

智能高压开关设备分册

ZHINENG GAOYA
KAIGUAN SHEBEI
FENCE

主 编 宋璇坤
副主编 韩 柳 李敬如 肖智宏 李 军



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站实用技术丛书

智能高压开关设备分册

ZHINENG GAOYA
KAIGUAN SHEBEI
FENCE

主 编 宋璇坤

副主编 韩 柳 李敬如 肖智宏 李 军



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

智能变电站是实现坚强智能电网建设发展的重要组成部分，它涉及多学科理论和多领域技术。为加快智能变电站实用技术的推广，有必要编写一套综合性强且便于不同专业理解的《智能变电站实用技术丛书》。该丛书对智能变电站一、二次设备的基本原理、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修等内容进行了系统性阐述与经验总结，凝聚了编写单位及人员在智能变电站实用技术研究与实践方面的成果与心得，以期对智能变电站推广建设起到一定的促进作用。

本书为《智能变电站实用技术丛书 智能高压开关设备分册》，共分为4章，包括概述、集成式隔离断路器、智能GIS、展望，并以设备整体结构、特点、分类、应用效果、关键技术、工程方案、检测调试、运维检修为重点系统介绍了智能变电站高压开关类设备的整体情况，对推动我国智能变电站一次智能设备的理论研究、技术应用和工程建设具有重要的参考价值。

本书可供从事高压开关类设备等领域的研究、设计人员阅读，也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站实用技术丛书. 智能高压开关设备分册 / 宋璇坤主编. —北京: 中国电力出版社, 2018.12
ISBN 978-7-5198-2498-3

I. ①智… II. ①宋… III. ①智能系统-变电所-高压开关柜 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第230097号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 马 青(010-63412784, 610757540@qq.com)

责任校对: 朱丽芳

装帧设计: 张俊霞 赵姗姗

责任印制: 石 雷

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2018年12月第一版

印 次: 2018年12月北京第一次印刷

开 本: 787毫米×1092毫米 16开本

印 张: 15.5

字 数: 342千字

印 数: 0001—2500册

定 价: 62.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

《智能变电站实用技术丛书 智能高压开关设备分册》

编写组名单

主 编	宋璇坤			
副主编	韩 柳	李敬如	肖智宏	李 军
参编人员	张祥龙	张 籍	徐 江	李劲彬
	陈冰峰	白世军	钟建英	刘亚辉
	谢文刚	姚永其	谷松林	赖清平
	冯 涛	周容华	董力通	郭艳霞
	谷 毅	陆宇航	王 伟	肖培伟
	冯 腾	李 毅	闫培丽	胡君慧
	蔡 勇	刘庆时	王 涛	韩凝晖
	王 照	吴聪颖	张 锐	刘文轩
	申洪明	杜 娜	李铁臣	李 珊
	冯 英	张景超	朴哲勇	姜百超
	王芷诺	常伯涛	张志鹏	周航帆



序

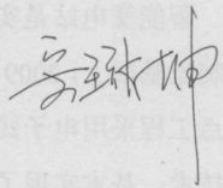
智能变电站是实现坚强智能电网建设发展的重要组成部分。在前期新技术研究与标准制定基础上,2009年8月,国家电网有限公司开始了智能变电站试点工程的建设工作,试点工程采用电子式互感器、智能终端、一次设备状态监测、DL/T 860规约等新设备与新技术,基本实现了全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化等功能要求。为了进一步提升智能变电站的设计、建设及运行水平,2012年1月,国家电网有限公司又提出建设以“系统高度集成、结构布局合理、装备先进适用、经济节能环保、支撑调控一体”为特征的新一代智能变电站,国网经济技术研究院有限公司(简称国网经研院)作为电网规划和工程设计咨询技术归口单位,牵头承担了新一代智能变电站的研究与设计工作。

历经10个月的研究与论证,2012年11月,国网经研院完成了新一代智能变电站近、远期概念设计方案,并得到了行业内多位院士与专家学者的认可。同年12月,北京未来科技城、重庆大石等6座新一代智能变电站示范工程开工建设,并于2013年底成功投运。在充分肯定新一代智能变电站的设计思路和工作方法的基础上,国家电网有限公司于2014年初启动了50座扩大示范工程建设,实现了110(66)~500kV电压等级的全覆盖。今昔之感,从2012年到2018年,国网经研院与相关协作单位攻坚克难,完成了关键技术研究、工程设计论证、技术标准制定、典型方案编制等工作,提出了基于整体集成技术的顶层设计方法,研发了集成式隔离断路器、一体化业务平台、层次化保护控制系统等新型智能装备,构建了融合设计、制造、调试、安装全环节的模块化建设技术,编写了《新一代智能变电站研究与设计》《新一代智能变电站典型设计》(110kV、220kV、330kV、500kV分册)等书籍,推动了智能变电站技术的创新与发展。

智能变电站涉及多学科理论和多领域技术。在智能变电站的建设与运行中发现,不同专业人员对智能变电站的认识往往局限于“点”,难以拓展到“面”。为加快智能变电站实用技术的推广,有必要编写一套综合性强且便于不同专业人员理解的《智能变电站实用技术丛书》,以提高智能变电站的实用化水平。

该丛书对智能变电站一、二次设备的基本原理、关键技术、工程应用、试验调试、

运维检修等内容进行了系统性阐述与经验总结，凝聚了国网经研院与各协作单位在智能变电站实用技术研究与实践方面的成果与心得，以期对智能变电站推广建设起到一定的促进作用。最后，对关心、支持本丛书编写与出版的相关单位、有关领导和编写组成员表示衷心的感谢！



2018年12月
于未来科学城



前 言

智能电网是传统电网与现代传感测量技术、通信技术、计算机技术、控制技术、新材料技术高度融合而形成的新一代电力系统。变电站是电网的基础节点，是重要的参量采集点和管控执行点，因此变电站智能化是建设智能电网的重要环节。近年来，我国智能变电站的建设稳步推进，相应技术不断发展，智能变电站采用可靠、经济、集成、环保的设计理念，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、系统功能集成化、结构设计紧凑化、高压设备智能化和运行状态可视化等技术特征为基础，支持电网实时在线分析和控制决策，进而提高电网整体的运行可靠性与经济性。2009年开始，国家电网有限公司先后启动了两批智能变电站的试点工程建设，覆盖66~750kV电压等级，2011年国家电网有限公司新建智能变电站由试点建设转入全面建设阶段，2013年开始又先后启动了第三批新一代智能变电站示范工程建设，标志着我国智能变电站发展进入高速阶段。截至2017年年底，共建成投运新建智能变电站4900座，预计到2020年，国家电网有限公司新建智能变电站将达到8000余座。智能变电站的设计与建设提高了大电网运行稳定性及控制灵活性，增强了变电站与电网协同互动能力，进一步提升了我国变电站建设与装备研制水平。

变电站的基本构成包括一次系统、二次系统、辅助系统。一次系统包括电气主接线、配电装置、主设备，其中主设备包括电力变压器、断路器、隔离开关、互感器、无功补偿设备、避雷器、气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear, GIS）组合电器、开关柜等，主接线是主设备的功能组合，配电装置是主设备在场地的空间布置。二次系统包括继电保护系统、变电站计算机监控系统、故障记录分析系统、时钟同步系统、计量系统等。辅助系统包括站用交直流电源系统、视频监控系統、火灾报警及消防系统、防盗保卫系统、环境监测系统等。为总结、梳理、深化、推介智能变电站中各类智能设备、系统的选型、设计、运维、调试等实用化技术知识，本套丛书选择了智能变电站内具有代表性的集成式隔离断路器、智能气体绝缘金属封闭开关设备（智能GIS）、电子式互感器、层次化保护控制系统、过程层合并单元智能终端、变电站时钟同步对时系统、智能变压器、智能中压开关柜、预制舱式组合设备等典型智能设备/系统，分别阐述了各个设备/系统的原理结构、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修，供读者有针对性地使用。

本书为《智能变电站实用技术丛书 智能高压开关设备分册》。随着信息技术、新型材料的不断进步，以高压断路器以及气体绝缘金属封闭开关（GIS）为代表的高压开关设备智能化程度不断提升，使电网供电可靠性提高、监测能力增强、故障后恢复供电速度加快、运行维护更加经济便捷，并能及时、有效、自动地完成各种功能控制。集成式

隔离断路器、智能 GIS 是智能高压开关设备的典型代表。其中集成式隔离断路器实现了断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器等传统设备的高度集成，具有智能化操作、一体化运行、便捷化维护等特点，代表着户外空气绝缘开关（Air Insulated Switchgear, AIS）高压开关设备技术发展趋势；智能 GIS 结合了传统 GIS 设备与先进的传感器及智能组件，能够实现开关设备的智能化控制、运行及状态评估等功能，在安全、可靠、高效运行的基础上，为电网提供了更加丰富的数字化信息。本书以智能变电站研究、设计、建设、运维阶段的工作成果为基础，对两种开关设备的功能结构、关键技术、工程方案、试验检测、运行维护等内容进行了较为详细的阐述和分析，力求通过给出丰富全面的设备信息及典型应用实例，为读者提供有益参考。

全书共分 4 章，第 1 章介绍了高压开关设备的发展趋势、基本组成、技术特点、应用现状等，阐述了智能电网新形势下对高压开关设备的发展要求；第 2 章详细介绍了集成式隔离断路器的发展历程、基本结构、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修等，通过与传统断路器对比分析，说明了集成式隔离断路器的结构设计特点，阐述了其在可靠性、经济性方面的优势，以及在试验调试、运维检修等方面的特殊要求；第 3 章介绍了智能 GIS 的发展历史、基本结构、关键技术、工程应用、试验调试、运维检修等，突出其在集成化、数字化、智能化方面的技术革新，并对智能 GIS 调试、运维和检修方面的技术要求进行详细说明；第 4 章展望了未来智能高压开关设备技术发展路线，指出智能机构、专家诊断系统、固态电力电子开关、超高压真空断路器、环保气体绝缘高压开关等未来技术发展。

本书突出实用技术，编著过程中力求由浅入深、简明扼要地介绍智能高压开关设备的原理及现场应用的相关知识。本书主要为从事智能变电站研究、设计、调试、运行的人员提供实用技术知识，也可为广大高校和科研人员提供参考。

本书由国网经济技术研究院有限公司组织编写，国网湖北省电力有限公司、中国能源建设集团辽宁电力勘测设计院有限公司、平高集团有限公司、北京 ABB 高压开关设备有限公司、西安西电高压开关有限责任公司、山东泰开高压开关有限公司、国网河南省电力公司等单位参与编写，并得到了国家电网有限公司的大力支持，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者谅解并提出宝贵意见。

编者

2018 年 12 月

目 录

序 前言

第1章	概述	1
1.1	智能变电站简述.....	1
1.1.1	智能变电站技术特征.....	2
1.1.2	智能变电站发展需求.....	3
1.2	高压开关设备的组成及发展趋势.....	4
1.2.1	高压开关设备的基本组成.....	4
1.2.2	传统电网对高压开关设备的要求.....	4
1.2.3	高压开关设备的发展趋势.....	5
1.3	智能高压开关设备的组成及特点.....	7
1.3.1	智能高压开关设备的基本组成.....	7
1.3.2	智能高压开关设备的技术特点.....	10
1.3.3	智能高压开关设备分合闸选相技术.....	13
1.4	智能高压开关设备的技术现状.....	15
1.4.1	关键技术.....	15
1.4.2	电子式互感器.....	16
1.4.3	集成式隔离断路器.....	19
1.4.4	智能 GIS.....	20
1.4.5	应用情况.....	21
第2章	集成式隔离断路器	23
2.1	集成式隔离断路器简介.....	23
2.1.1	发展历史.....	23
2.1.2	设备特点.....	25
2.1.3	设备分类.....	26
2.1.4	应用效果.....	27
2.2	集成式隔离断路器的结构与关键技术.....	28

2.2.1	整体结构	29
2.2.2	隔离断路器本体	32
2.2.3	集成电子式电流互感器	40
2.2.4	集成接地开关	46
2.2.5	智能组件	47
2.3	集成式隔离断路器工程应用方案	54
2.3.1	主接线设计方案	54
2.3.2	技术参数及设备选型	57
2.3.3	配电装置布置方案	59
2.3.4	电气主接线可靠性分析	71
2.3.5	经济性分析	74
2.4	集成式隔离断路器试验与调试	77
2.4.1	型式试验	80
2.4.2	出厂试验	87
2.4.3	交接试验	94
2.4.4	检修试验	98
2.5	集成式隔离断路器运维与检修	102
2.5.1	与传统运维的区别	102
2.5.2	倒闸操作	103
2.5.3	设备巡视与维护	106
2.5.4	状态评价	108
2.5.5	设备检修	110
第3章	智能 GIS	116
3.1	智能 GIS 的简介	116
3.1.1	发展历史	116
3.1.2	设备特点	118
3.1.3	设备分类	120
3.1.4	应用效果	120
3.2	智能 GIS 的结构与关键技术	121
3.2.1	元件组成与结构	121
3.2.2	断路器	121
3.2.3	隔离开关和接地开关	125
3.2.4	电子式互感器	132
3.2.5	避雷器	136
3.2.6	终端元件	137
3.2.7	盆式绝缘子	138
3.2.8	母线及其伸缩节	139

3.2.9	智能控制柜	143
3.2.10	智能 GIS 的关键技术	143
3.3	智能 GIS 工程应用方案	167
3.3.1	主接线设计方案	167
3.3.2	技术参数及设备选型	167
3.3.3	GIS 的布置方式	170
3.3.4	GIS 组件配置要求	172
3.3.5	智能组件配置方案	174
3.4	智能 GIS 试验与调试	176
3.4.1	型式试验	176
3.4.2	出厂试验	186
3.4.3	交接试验	187
3.4.4	检修试验	189
3.4.5	整体联调	190
3.5	智能 GIS 运维与检修	191
3.5.1	设备操作	191
3.5.2	设备巡视与维护	192
3.5.3	状态评价	196
3.5.4	设备检修	197
第 4 章	展望	200
4.1	一、二次设备深度融合的智能机构	200
4.2	基于大数据的高压开关设备专家诊断技术	201
4.3	基于电力电子器件的高压直流快速开断技术	202
4.4	超高压真空断路器及环保绝缘气体高压开关设备	203
附录 A	集成式隔离断路器技术参数表	205
附录 B	智能 GIS 技术参数表	211
附录 C	引用技术标准表	226
附录 D	缩略语	229
参考文献		230
索引		233

第1章

概 述

1.1 智能变电站简述

我国变电站的发展大体上可分为三个阶段，尽管每个阶段变电站的基本功能都是电压变换、电能汇集和传递，但以变电站技术发展为着眼点，各阶段具有不同的技术特征，存在明显的差异和代际传承。我国变电站发展历程如图 1-1 所示。



图 1-1 我国变电站发展历程

20 世纪 70 年代之前为早期传统人工操作变电站，以低电压、小容量、弱联系、人工运维为技术特征，变电站二次系统采用模拟仪器仪表，实行就地监控和人工操作，基本不具备自动化能力。20 世纪 70 年代后进入自动化阶段，以超高压、大容量、强联系、自动化运维为特征。以 330kV、500kV、750kV 超高压变电站为代表，主变压器容量大幅提升，运动技术开始大规模应用，调度实现了实时监控电网运行，大量应用微机保护及自动装置，利用网络实现了计算机监控和自动化操作，运维模式为定期停电检修，降低了故障停电概率，减少了停电时间。自 2006 年，以应用 IEC 61850 标准和电子式互感器的“数字化变电站”为起点，进入变电站发展的智能化阶段。该阶段以智能化、集成化、协同互动、自主自治为特征，是变电站发展的高级阶段。该阶段变电站实现一、二次设备融合，应用集成化智能设备，基于网络实现高度自动化和智能化运行监控，运维方式向设备状态检修转变，站内设备除了满足自身功能的优化集成外，还将实现与智能电网的协同互动。自 2009 年起，以两批智能变电站试点工程为标志，正式进入智能变电站阶段。2009~2012 年投运的智能变电站以一次设备智能化、设备状态监测、高级应用分析功能为特征，处于智能变电站的初级阶段。自 2013 年开始，以能源消费方式变革为契机的电网发展方式的转变，要求变电站实现协同互动、态势感知、自主自治，适应接纳新能源、分布式电源、电动汽车等多元化用户，进入智能变电站的更高级阶段。

1.1.1 智能变电站技术特征

在 Q/GDW 383—2009《智能变电站技术导则》中，明确提出智能变电站是由先进、可靠、节能、环保、集成的设备组合而成，以高速网络通信平台为信息传输基础，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级应用功能。

从以上智能变电站的定义中提出采用先进、可靠、节能、环保、集成的设备，指明一体化、集成化、节能环保是设备发展的趋势；强调以高速网络通信平台为信息传输基础，不仅局限于变电站内，还包括变电站之间、变电站与调度端之间；指出信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等变电站基本功能的自动化程度需要进一步提升；提出变电站需要具备实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级应用功能。

智能变电站能够完成比常规变电站范围更宽、层次更深、结构更复杂的信息采集和信息处理，变电站内、站与调度、站与站、站与大用户和分布式能源的互动能力更强，信息的交换和融合更方便快捷，控制手段更灵活可靠。智能变电站具有全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化和高级应用互动化等主要技术特征。

(1) 全站信息数字化。全站信息数字化指实现一、二次设备的灵活控制，且具备双向通信功能，能够通过信息网进行管理，满足全站信息采集、传输、处理、输出过程完全数字化。主要体现在信息的就地数字化，通过采用电子式互感器，或采用常规互感器就地配置合并单元，实现了采样值信息的就地数字化；通过一次设备配置智能终端，实现设备本体信息就地采集与控制命令就地执行。其直接效果体现为缩短电缆，延长光缆。

(2) 通信平台网络化。通信平台网络化指采用基于 IEC 61850 的标准化网络通信体系。具体体现为全站信息的网络化传输。变电站可根据实际需要灵活选择网络拓扑结构，利用冗余技术提高系统可靠性；互感器的采样数据可通过过程层网络同时发送至测控、保护、故障录波及相角测量等装置，进而实现了数据共享；利用光缆代替电缆可大大减少变电站内二次回路的连接线数量，从而也提高了系统的可靠性。

(3) 信息共享标准化。信息共享标准化指形成基于同一断面的唯一性、一致性基础信息，统一标准化信息模型，通过统一标准、统一建模来实现变电站内外的信息交互和信息共享。具体体现为在信息一体化系统下，将全站的数据按照统一格式、统一编号存放在一起，应用时按照统一检索方式、统一存取机制进行，避免了不同功能应用时对相同信息的重复建设。

(4) 高级应用互动化。高级应用互动化指实现各种变电站内外高级应用系统相关对象间的互动，全面满足智能电网运行、控制要求。具体而言，指建立变电站内全景数据的信息一体化系统，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；满足变电站集约化管理、顺序控制等要求，并可与相邻变电站、电源（包括可再生能源）、用户之间的协同互动，支撑各级电网的安全稳定经济运行。

智能变电站的技术需求，决定了其设备信息数字化、功能集成化、结构紧凑化的重

要特征；智能变电站二次系统设备整合符合 IEC 61850 功能自由分配理念；同时二次系统优化整合、合理地压缩二次功能房间面积，符合变电站可靠、高效、节能、环保的要求。

1.1.2 智能变电站发展需求

变电站作为发电、输电、变电、配电、用电、调度六大环节的衔接点，是智能电网建设的关键环节，是智能电网信息化、自动化、互动化的集中体现，是“电力流、信息流、业务流”一体化融合的重要节点，是接纳风能、太阳能、电动汽车等多元化用户的核心平台，将被赋予更加广泛和强大的功能，从而对变电站未来发展趋势提出了新的要求。

(1) 清洁能源和可再生能源的高速扩张要求变电站更加灵活可控。核电可调节性差，风能、太阳能发电具有随机性和间歇性，其大规模接入电网必将对电网产生重大冲击，安全、稳定、谐波等问题亟待解决，这就要求变电站作为各种电源的汇集点与接入点，具有及时有效的功率监测和能量调节措施，能够实时控制、平衡电能的接入，确保电网系统稳定。

(2) 多元化用户和优质服务的目标要求变电站更加友好互动。市场化改革的开展和用户身份的重新定位，使电力流和信息流由传统的单向流动模式向双向互动模式转变。分布式电源、电动汽车等多元化用户的出现，要求电网具有良好的兼容性；微网以及储能装置等这类既作为电力消费者又作为电力生产者的新用户，要求电网具有良好的互动性。因此作为能量调节的核心环节，变电站的互动化水平亟待提高。

(3) 经济社会发展要求变电站提供更安全、更可靠、更优质的电力服务。随着能源结构的优化调整和清洁能源的快速发展，电能在终端能源消费中的比例日益提高，经济社会发展对电力供应的依赖程度日益增强，停电事故对社会生产和人民生活的危害也越来越大。而随着电网运行与控制的复杂程度越来越高，发生连锁性事故和大面积停电的风险也日益加大，实现电能的安全传输和可靠供应面临重大挑战。

(4) 资源与环境约束要求变电站更高效、更节约、更环保。建设资源节约型、环境友好型社会要求不断提高资源利用效率，尽可能减少资源消耗和环境代价。变电站发展既要实现低损耗、高效率转化和传输能量，还要节材、节地、节能、免维护，提高建设效率、节约工程造价和运维成本，最大限度地节约土地资源、物质资源和人力资源。

(5) 企业发展方式转变和集约创新要求变电站支撑电力流、信息流、业务流的高度融合。为改变传统供电企业生产分工方式松散、管理链条长、生产机构设置复杂的局面，电网企业需要转变发展方式，实施人、财、物核心资源的集约化管理。智能电网对企业管理模式优化的支撑作用越来越重要。运行、检修业务纵向贯穿管理模式要求变电站信息一体化，功能集成化，支撑电力流、信息流、业务流的高度融合。变电站将更好地支撑调度运行业务一体化需要，实现变电站设备监控的统一管理，通过信息流优化整合，与调度系统全景数据共享，提升决策控制能力，提高运行效率。变电站将更好地支撑专

业化检修、维护需要，实现设备运维、检修一体化，通过在线监测、设备状态可视化技术，为检修管理提供优化和决策依据，提高设备利用效率和设备管理水平。

1.2 高压开关设备的组成及发展趋势

高压开关设备主要用于电力系统的控制和保护，是控制电网运行、保障电网安全的核心设备。高压开关设备既可根据电网运行的需要，将部分电力设备或线路投入或退出运行，也可在电力设备或线路发生故障时，将故障部分从电网快速切除，从而起到保证电网中无故障部分的正常运行及设备、运行维修人员的安全。

1.2.1 高压开关设备的基本组成

高压开关设备是指电力系统中电压等级在 3kV 及以上且频率不高于 50Hz 的户内和户外交流开关设备，是高压开关与控制、测量、保护调节装置以及辅件、外壳和支持件等部件及其电气和机械的连接组成的总称，主要有以下几种。

高压断路器：最基本、最重要的高压开关设备，能够关合、承载和开断正常回路条件下的电流，并能关合、在规定时间内承载和开断短路等异常回路条件下的电流。它承担着在电力系统发生短路故障时将短路部分与系统其他部分隔离开的任务。

隔离开关：具有关、合两种位置。在分位置时，触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的开断标志；在合位置时，能承载正常回路条件下的电流，及在规定时间内能承载短路等异常条件下的电流。

接地开关：用于将回路接地的一种机械式开关装置。在正常回路条件下不要求承载电流，但在短路等异常条件下，要求在规定时间内承载规定的异常电流。

隔离断路器（Disconnecting Circuit Breaker, DCB）：一种触头处于分闸位置时满足隔离开关要求的断路器，它兼具了隔离开关和断路器的特点。

气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear, GIS）：将母线、断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器等电器设备，按一定的接线方式连接，密封于充有高于标准大气压的六氟化硫（SF₆）绝缘气体并接地的金属外壳的不同气室内，构成紧凑的电能接受和分配的配电装置。

开关柜：以断路器为主，把有关的高低电压器（包括控制电器、保护电器、测量电器）以及母线、载流导体、绝缘子等装配在封闭的或敞开的金属柜体内，作为电力系统中接受和分配电能的装置。

1.2.2 传统电网对高压开关设备的要求

高压断路器等带触头的高压开关设备，能够通过触头的分、合动作实现开断和关合电流的功能，但是这一功能的实现必须依靠一定的机械操动结构。为断路器动触头提供能量使其运动的系统称为操动机构，而操动机构一般就是指独立于断路器以外的部分。操动机构包括动力装置、传动机构、动触头和缓冲机构等几个部分，其结构框图如图 1-2 所示，具体要求如下所述。

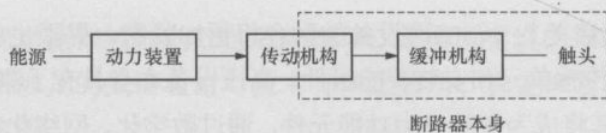


图 1-2 操动机构框图

(1) 较强的短路关合能力。

在电网正常工作的情况下，操动机构驱动断路器关合比较容易，因为此时断路器关合的电路流过的电流为工作电流。但是当发生短路故障时，电路上的电流可能高达几万安培以上。此时由于断路器的关合电流非常大，断路器导电回路受到的电动力非常大，且电力的方向往往是阻碍断路器关合的，这就给断路器的关合造成困难。因此，操动机构必须具有关合短路电流的能力，能够使断路器克服较大的短路电动力顺利合闸。一般用操动机构输出的机械功作为评价操动机构合闸能力大小的一项主要指标，12kV 断路器需要的操作功约为几百焦耳，126kV 断路器则需要几千焦耳甚至更高。

(2) 较快的分闸速度。

操动机构的输出特性应能够与断路器的反力特性相匹配，保证断路器动触头达到较快的分闸速度，以满足断路器灭弧性能的要求。同时，在保证动作可靠性的前提下，应该避免分、合闸时速度过快、动能过大而造成断路器触头和自身结构的损伤。

(3) 保持合闸、分闸。

在断路器分、合闸过程中，分、合闸命令只持续很短的时间，操动机构也只在短时间内提供操作动力。因此，断路器操动机构必须保证在分、合闸命令消失以及操动机构不再提供操作力以后，仍然能使断路器稳定地保持在分闸、合闸位置。

(4) 自由脱扣和防跳跃。

自由脱扣是指断路器在合闸过程中如果操动机构又接到分闸命令，则操动机构不继续执行合闸命令而应立即分闸。自由脱扣可以保证断路器合于短路故障时能够迅速断开，避免扩大事故范围。

当断路器关合有预伏短路故障的电路时，断路器应自动分闸。此时若合闸命令尚未解除，则断路器分闸后将再次短路合闸，之后又短路分闸，出现连续多次分、合短路电流的情况，这一现象称为跳跃。出现跳跃现象时，断路器将无谓地连续多次分、合短路电流，造成触头严重烧损甚至引起爆炸事故。因此，操动机构必须有防跳跃装置。不少操动结构中装设自由脱扣装置就是常用的防止跳跃的方法。

(5) 复位和连锁。

复位是指断路器分闸后，操动机构中的各个部件应能自动地回复到准备合闸的位置。

另外，为了保证操动机构的动作可靠，要求操动机构具有一定的连锁装置。常见的连锁装置有：分合闸位置连锁、低气（液）压与高气（液）压连锁、弹簧操动机构中的位置连锁等。

1.2.3 高压开关设备的发展趋势

随着高压设备智能化技术的不断发展，未来智能化高压设备将逐步走向功能集成化

和结构一体化，传统意义上一、二次设备的融合将更加紧密，界限也将更加模糊。通过在高压设备里嵌入智能传感单元和安装智能组件，高压设备本身具有了测量、控制、保护、监测、自诊断等功能，其将成为智能电力功能元件，通过数字化、网络化实现在智能变电站中的信息共享，每个设备采集的信息及其本身的状态信息都可以被网络上的其他设备获取。目前，高压开关设备正向着超高压大容量、小型化、组合化和智能化方向发展。

1. 超高压大容量

随着电力系统工作电压的提高和输电容量的增加，很多理论问题和技术问题也不断涌现。从技术经济性和可靠性角度出发，都要求发展单元断口容量大、电压高的断路器。针对断路器的要求，相关厂家多年来围绕高压断路器的许多问题，如灭弧方式、灭弧室结构、灭弧介质、开断性能及绝缘性能和操动机构等做了大量工作，已经成功开发研制出了 550kV、63kA 单断口断路器，目前 1100kV 双断口断路器在电力系统中也有应用。

2. 小型化

高压开关设备小型化的目的是减少占地空间、进一步与环境相协调和易于组合化。目前，作为良好的绝缘和熄弧介质， SF_6 气体在高压、超高压和特高压开关设备领域占有不可替代的地位。但 SF_6 气体是一种温室气体，开关设备的小型化，可以减少对 SF_6 气体的使用量，从而减小对环境的影响，因此具有重要的社会意义。小型化的关键技术是绝缘结构的合理设计，选用高性能的绝缘材料和良好的加工工艺是高压开关设备小型化的重要保证。此外，开发 126kV 及以上高压真空断路器以取代 SF_6 断路器也是未来开关电器发展的重要方向。因此高压开关设备的小型化需要依赖于高电压绝缘技术、触头材料、绝缘材料、制造工艺等相关领域的支持。

3. 组合化

高压开关设备的组合化主要基于小型化技术，最重要的是可以实现体积小、具成套性、可靠性高、少维护、易于安装、抗严酷环境等目的。由于对各元件和各部位都采取小型化措施以及整体的小型化布置，因此组合电器的尺寸不断减小。组合电器品种很多，组合方式很灵活，结构非常小巧紧凑。GIS 几乎囊括大部分高压开关电器和保护检修电器，使得原来分立电器的功能成为一个整体概念，GIS 的设计生产水平成为了高压开关设备水平的代表。组合化后的进一步发展是更多地加入技术创新观念，一是在一次设备方面采用自能式断路器、设计新型隔离开关和接地开关等；二是在二次检测、控制设备和元件方面提高技术含量，开发新型控制检测单元，适应现代电力系统控制和保护的要求。

4. 智能化

智能电网是电网自动化技术的进一步发展和提升，是以统一的信息平台为纽带，集成现代控制理论、传感技术和信息技术，兼容多种能源，具有自我调节和适应能力的新型电网。电力设备是智能电网中非常重要的组成部分，也是构建智能电网的物质基础。为了适应智能电网的需要，提升电力设备自身性能，发展“智能化电力设备”已经成为趋势。智能化电力设备应具备以下 3 个方面的特征：电力系统运行、控制所需参数，以及电力设备自身各种状态物理量的获取和数字化处理；自我监测与诊断能力；能够根据