

王秋梅 金伟君 徐爱良 钟新华 编著

10kV开闭所的 设计、安装、运行和检修

10kVKAIBISUODE
SHEJI、ANZHUANG、YUNXINGHEJIANXIU



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

王秋梅 金伟君 徐爱良 钟新华 编著

10kV开闭所的 设计、安装、运行和检修

10kVKAIBISUODE
SHEJI、ANZHUANG、YUNXINGHEJIANXIU



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书从 10kV 开闭所的设计、安装、运行、检修等四个方面对开闭所进行了较为全面的介绍。全书共分 6 章, 分别为: 10kV 开闭所的设计; 10kV 开闭所开关柜类型; 10kV 开闭所的安装; 10kV 开闭所的竣工验收和投运; 10kV 开闭所的运行; 10kV 开闭所的检修。

本书可供从事电力行业的工作人员学习和参考, 尤其适合于从事电力建设、检修、运行方面的工作人员, 是其日常工作中的必备资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

10kV 开闭所的设计、安装、运行和检修/王秋梅等
编著. —北京: 中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-3451-5

I. 1… II. 王… III. 配电装置—基本知识
IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 074725 号

中国电力出版社出版、发行

· (北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 6.375 印张 168 千字

印数 0001—4000 册 定价 13.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

序



电网坚强、资产优良、业绩优秀、服务优质，即“一强三优”是国家电网公司的战略发展目标，建设坚强的电网是“一强三优”的基础。配电网是整个电网的重要组成部分，10kV 开闭所是城镇配电网中最重要的供电设施之一，特别是在构建 10kV 城镇配网主网架方面起着主导作用。因此，10kV 开闭所是建设坚强电网必不可少的电力设施。

20 世纪 90 年代以来，我国的城镇配电网发展很快，10kV 开闭所的设备更新也很快，从经济发达的大城市发展到中、小城市，甚至进入到城镇地区；使用的设备也由当初的体积大、运行维护工作量大的油开关柜发展到现在的体积小、可靠性高、运行维护工作量小的真空负荷开关环网柜或 SF₆ 负荷开关环网柜。特别是国家加大对电力建设的投入，大规模开展城、农网改造以来，一方面 10kV 开闭所的应用更加普遍，另一方面也为 10kV 开闭所的设计、运行、维护、检修方面提出了一些新的课题。

本书作者根据长期从事配电网工作的实践，总结了二十多年来 10kV 开闭所设计、安装、运行、检修等方面的经验，以严谨的工作态度，勇于创新的工作精神，编写此书，提出了 10kV 开闭所设计、安装、运行、检修方面一些独到的见解，对 10kV 开闭所的建设运行具有很好的指导和借鉴作用。本书贴近实际、内容翔实、结构严谨、通俗易懂，指导性强。

在本书即将出版之际，谨以此序，对本书的出版表示衷心的感谢。

国家电网公司农电工作部

2005 年 5 月



前 言

20 世纪 80 年代以来,随着我国国民经济的飞速增长,电力工业迅速发展。10kV 开闭所作为 10kV 配电网中的重要设施,在具有一定负荷密度的配电网中的地位越来越重要。目前,10kV 开闭所在配电网中的使用已十分普遍。本书从 10kV 开闭所的设计、安装、运行、检修等四个方面对开闭所进行了较为全面的介绍。

全书共分六章,第一章、第二章由金伟君同志执笔,第三章至第六章由徐爱良同志执笔,全书由王秋梅、钟新华同志统稿、审核。

本书的编写得到了许多专业人员的帮助,在编写过程中得到了张莲英、张国庭、徐方平、童钧、李鸿志、魏泳、程极盛、陈升、张肖青、张波、高山、吴志敏、李黎、赵志刚、邵波等同志的大力支持,在此表示衷心的感谢。

限于时间仓促及编者的水平,书中难免有不足之处,恳请专家及使用本书的读者不吝指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录



序

前言

绪论	1
----------	---

第一章 10kV 开闭所的设计	5
-----------------------	---

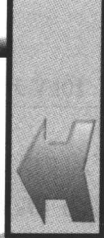
第一节 10kV 开闭所设计的内容	5
第二节 10kV 开闭所的设置原则及接线方式	7
第三节 10kV 开闭所高压电器的选择	14
第四节 10kV 开闭所母线设计	29
第五节 10kV 开闭所的电气布置	36
第六节 10kV 开闭所的保护配置及自动化装置	41
第七节 10kV 开闭所所用电	44
第八节 10kV 开闭所对土建的要求	45
第九节 防雷和接地	48

第二章 10kV 开闭所开关柜类型	51
-------------------------	----

第一节 10kV 开关柜订货技术条件	51
第二节 10kV 开关柜的辅助设备	62
第三节 SF ₆ 负荷开关环网柜	66
第四节 真空负荷开关环网柜	72
第五节 空气负荷开关环网柜	76
第六节 断路器开关环网柜	79
第七节 各种类型开关柜的比较	85

第三章 10kV 开闭所的安装	87
第一节 10kV 开闭所安装前的准备	87
第二节 10kV 开关柜的安装	93
第三节 10kV 开关柜二次接线的安装	105
第四节 设备的接地	110
第五节 电力电缆的安装	113
第六节 10kV 开闭所的交接试验和设备调试	127
第四章 10kV 开闭所的竣工验收和投运	137
第一节 10kV 开闭所投运前的准备工作	137
第二节 10kV 开闭所的竣工验收	142
第三节 10kV 开闭所的投运	148
第五章 10kV 开闭所的运行	152
第一节 10kV 开闭所运行中应建立的制度	152
第二节 10kV 开闭所的巡视和检查	155
第三节 10kV 开闭所的操作	158
第四节 10kV 开闭所的事故和异常处理	165
第五节 10kV 开闭所充 SF ₆ 气体开关设备运行 的特殊规定	166
第六节 10kV 开闭所设备缺陷管理	168
第七节 10kV 开闭所台账和记录管理	169
第六章 10kV 开闭所的检修	174
第一节 10kV 开闭所的检修管理	174
第二节 10kV 开闭所设备检修项目和内容	179
第三节 10kV 开闭所的预防性试验	184
参考文献	198

结 论



10kV 开闭所（也称开关站，下同）是城镇配电网的重要组成部分。为解决城镇供电问题，DL/T599—1999《城市中低压配电网改造技术原则》和国家电网农〔2003〕35号《国家电网公司系统县城电网建设与改造技术导则》均要求在一定的情况下应建设 10kV 开闭所。

我国 10kV 开闭所的建设起步于 20 世纪 70 ~ 80 年代，由于改革开放和经济的发展，原有的配电网适应不了经济发展的需要，在一些大城市和经济发达地区，出现了 10kV 开闭所。初期的开闭所所用的设备以变电所低压侧所用的设备为主，如 GG1A 开关柜（配 10kV 少油断路器）等。到了 80 年代后期 90 年代初期，10kV 开闭所在我国绝大部分大、中城市开始建设，所用的设备逐步由少油断路器柜过渡到空气负荷开关环网柜，开关柜的体积大大减少，操作也简单了很多。到了 90 年代中期，灭弧性能更好的真空负荷开关开始在 10kV 配电网中应用，逐步取代空气负荷开关，而成为 10kV 开闭所的主要设备。随着社会的发展和科技的不断进步，SF₆ 负荷开关开始在配网中得到应用。该负荷开关具有很好的灭弧性能、紧凑的结构。目前，SF₆ 负荷开关环网柜已成为 10kV 开闭所的主要设备。

随着大规模城、农网建设与改造的开展，10kV 开闭所不仅在大、中城市的配电网中得到广泛使用，而且在县城配电网和其他负荷密集的城镇配电网中也已普遍使用，10kV 开闭所已成为配电网的主要设施之一。10kV 开闭所的数量还在迅速增长之中，它在城镇配电网中扮演着越来越重要的角色。

10kV 开闭所一般按无人值班配置配电设备：采用环网柜，电源间隔不设保护，配变及分支出线采用熔断器保护。如今，除

了室内形式的开闭所外，还有室外环网箱等，本书将上述设备统称为 10kV 开闭所。

一、10kV 开闭所的功能和作用

1. 变电所 10kV 母线的延伸

建设 10kV 开闭所最早的目的是为了解决城市变电所 10kV 出线数量不足、出线走廊受限而采取的措施。多年来，向城市供电的变电所中，10kV 出线数量非常有限，而且，在以前建设的变电所中，往往又有许多 10kV 用户专线。随着负荷密度的增加，往往需要增加 10kV 线路的出线回路数，但是，由于受变电所出线数量和出线走廊的限制，即使变电所有剩余容量，也不一定能供出去。为此，将负荷集中输送到 10kV 开闭所，再从 10kV 开闭所把负荷转送出去。这样，10kV 开闭所的母线变成了变电所母线的延伸，既解决了变电所公用线出线不足问题，也解决了开闭所周边用户供电电源问题。

2. 电缆化线路分支线支撑的节点

随着城市的发展，旧城改造的力度不断加大，对道路景观的要求越来越高，在市中心、商业闹市区及城市景观有特殊要求的地段，10kV 架空线路“下地”改为电缆线路是必然的发展趋势。10kV 线路电缆化改造时，为了解决支撑分支线路、公用配电变压器和高压用户问题，必须建设一定数量的 10kV 开闭所，把 10kV 开闭所作为线路上的一个节点，通过其中的各个出线开关柜把电能输送出去，为周围的用户、分支线路提供电源。

3. 提高供电的可靠性和灵活性

随着社会经济的发展，城网供电可靠率已成为供电企业管理水平的重要标志。10kV 开闭所一般可以同时有来自不同变电所或同一变电所不同 10kV 母线的两路或多路相互独立的可靠电源，因此，可以解决城市中政府机关、高层建筑、大型商场等重要用户多路电源供电的问题，确保重要用户的可靠供电。另外，配电网中 10kV 开闭所的合理设置，可以加强对配电网的控制，提高配电网运行及调度的灵活性，从而大大提高整个配电网供电的可

靠性。有了一定数量的开闭所，可实现对配电网的优化调度，部分城网设备检修时，可以灵活进行运行方式的调整，做到设备检修时用户不停电；当发生设备故障时，开闭所可发挥其操作灵活的优势，迅速隔离故障设备单元，使停电范围减到最小。

4. 方便操作和提高操作的安全性

传统的架空配电线路为了进行分段操作或分支操作，在电杆上装设了开关、跌落式熔断器等分断或分支操作设备，需要时由线路工登杆用绝缘操作工具进行操作。这种操作不但作业人员劳动强度大、安全管理难度大，而且操作所需时间长，对供电可靠性影响大，同时还受气象因素和周围环境条件的影响，有时会因恶劣的气象条件而不能及时完成操作任务。而 10kV 开闭所的设备均安装在室内，操作安全、方便，有效地克服了上述缺点。而且室内设备运行环境好，运行、维护方便。

二、10kV 开闭所的主要类型

10kV 开闭所的类型，按其电气主接线方式可分为单母线接线、双母线接线和单母线分段接线三种类型。但是，按其在电网中的功能，可分为环网型开闭所和终端型开闭所两类。环网型开闭所每段母线有 2 路电源进线间隔，其他为出线间隔，其主要功能是功率交换和线路分段，在城网中实施运行方式的调整。这种开闭所常以“手拉手”方式进行环网，支接在开闭所的用户或分支线有较高的供电可靠性。环网型开闭所又可分为单母线接线和双母线接线两种，从配电网的网架结构看，前者为单环运行的开闭所，后者为双环运行的开闭所。终端型开闭所每段母线一般只有 1 路电源进线间隔（有时也有 2 路及以上相互闭锁的电源进线间隔，但各路电源一般不合环运行），其他为出线间隔，其主要功能是向周边用户及公用变压器提供电源。终端型开闭所又可分为单母线接线、双母线接线和单母线分段接线三种。

近几年来，随着配电网建设、改造力度的不断加大，网架建设的不断加强，10kV 开闭所在配电网中已十分普遍。因为科技的不断进步，10kV 开闭所所用的设备也在不断的更新，设备的

档次也越来越高，一些进口设备大量使用在开闭所中，如全密封、全绝缘的 SF₆ 负荷开关环网柜，这种设备与我们原先使用的国产设备有很大的区别，它没有明显的断开点，柜内没有可视的接地点，不能外挂接地线，从而给设备的运行检修带来许多新问题。另外许多进口设备，提出了免维护的概念，这与目前我国现行的运行、检修规程是不完全相适应的。这一系列的问题促使我们对 10kV 开闭所的设计、安装、运行、检修等多方面进行思考。

本书将从 10kV 开闭所的设计、安装、运行、检修等四个方面，对 10kV 开闭所进行全面的介绍。

10kV开闭所的设计

第一节 10kV 开闭所设计的内容

按照基建程序, 10kV 开闭所设计分为初步设计和施工图设计两个阶段。

一、初步设计阶段的电气设计内容

在 10kV 开闭所的所址确定之后, 根据上级下达的设计任务书, 就可开展工程的初步设计, 按设计任务书给出的条件, 提出符合设计深度的设计文件。初步设计所确定的设计原则和建设标准, 将宏观地勾画出工程概貌, 控制工程投资, 体现技术经济指标。所以, 初步设计是工程建设中的非常重要的设计阶段。初步设计应有多种设计方案, 并有充分的认证和比较。10kV 开闭所初步设计的主要内容有设计说明书、图纸、概算书等。

1. 设计说明书

(1) 概述: 主要描述设计依据、基础资料、电网现状情况及存在问题。

(2) 电气主接线: 主接线方案的比较和确定, 出线回路数, 分期建设及过渡方案。

(3) 系统接入方式: 开闭所与系统的连接方式, 进线导线和电缆的选择。

(4) 主设备选型及布置: 10kV 开关柜的选型及布置方式。

(5) 保护与自动化装置: 保护及自动化装置的配置原则及选型。

(6) 过电压保护及接地: 电气设备防止过电压的保护措施, 接地装置要求。

(7) 土建要求: 土建规模、结构型式、防火防水要求等。

(8) 其他：开闭所照明及其他需要说明的事项。

2. 图纸

- (1) 电气主接线图。
- (2) 接入系统后的系统接线图。
- (3) 电气总平面布置图。
- (4) 主要电气剖面图。
- (5) 主要设备材料清册。

3. 概算书

- (1) 工程概况。
- (2) 编制依据。
- (3) 汇总表及单项安装工程表。

二、施工图设计阶段的电气设计内容

初步设计经过审查批准后，根据审查结论和主要设备的落实情况，开展施工图设计。在这一设计阶段中，应准确无误地表达设计意图，按时提供符合质量和深度要求的设计图纸和说明书，以满足设备订货所需，并确保施工的顺利进行。10kV 开闭所施工图设计的主要内容有说明书、图纸、预算书等。

1. 说明书

(1) 初步设计说明书相关内容，并根据审查意见进行修改和细化。

(2) 简要叙述施工图设计原则。

(3) 简要说明设计中采用的新技术、新工艺、新设备，阐述其技术上的优越性、使用条件、性能特点等。

(4) 提醒施工中应特别注意的问题和设计考虑采用的有关措施。

2. 图纸

(1) 电气主接线图及订货图：主接线图一般以单线图表示，图中各种电气设备、材料均应注明型号、规格；订货图应注明开关柜的型号、方案编号、间隔编号、柜内设备型式规范等，对扩建或分期实施的工程，本期工程与非本期工程应有区别。

(2) 接入系统后的系统接线图：应注明与设计开闭所相关的 10kV 线路、其他 10kV 开闭所及变电所的接线情况。

(3) 电气总平面布置图（含电气剖面图）：应表示所有电气设备及其附属设施的轮廓外形、定位尺寸、必要的安全净距校验尺寸和门、窗、楼梯的位置；配电装置应注明间隔的名称；与电气相关的建筑物尺寸应按比例表示，应注明层高或标高，注明与附近建筑物、道路的名称及相对尺寸。

(4) 设备安装及制作图：图纸比例及所取断面、详图应能清晰表达安装意图，安装材料表应正确、齐全。

(5) 保护及自动化图纸：原理清晰、规范。

(6) 防雷接地：应画出接地网布置及接地引下线的位置。

(7) 照明：注明灯具的数量、瓦数、标高和型式；照明系统图应标明设备规范、用途代号等。

(8) 电缆敷设及清册：电缆技术层或电缆沟应画出支架位置、注明间距，电缆路径应标明电缆起点、终点及走向示意图，电缆管道应注明管径、孔数、型式；电缆清册应有每一根电缆的编号、型号、规格、长度。

(9) 设备材料清册：各种设备、材料的名称、型号、规格、数量。

3. 预算书

(1) 工程概况：工程简要概况，主要设备及工程量。

(2) 编制依据：施工图设计图纸，套用定额名称，装置性材料价格及取费标准等。

(3) 汇总表及单项安装工程表：工程费用汇总表，其他费用汇总表，单项工程表等。

第二节 10kV 开闭所的设置原则及接线方式

一、10kV 开闭所的设置原则

10kV 开闭所的主要功能是加强对配电网的控制，提高配电

网供电的灵活性和可靠性，同时还具备变电所 10kV 母线延伸的功能。在不改变电压等级的情况下，对电能进行二次分配，为周边的用户提供供电电源。10kV 开闭所所具有的这些作用，使得 10kV 开闭所在配电网中的使用越来越普遍，如何做好 10kV 开闭所的设置，是开闭所设计的关键环节之一。

由于 10kV 开闭所能加强对配电网的控制，提高配电网供电的灵活性和可靠性，因此在重要用户附近或电网联络部位应设立 10kV 开闭所。如政府机关、重要宾馆、电信枢纽、重要大楼及有多条 10kV 线路供电的十字路口等部位，应该设置 10kV 开闭所。

由于 10kV 开闭所具有变电所 10kV 母线延伸的功能，对电能进行二次分配，为周边用户提供供电电源，因此在用户比较集中的地区应设立 10kV 开闭所。如大型住宅小区、高层建筑地区、商业中心地区、工业园区等地，应设置 10kV 开闭所。

因为城市建设及城市景观的需要，旧城改造及城市道路拓宽改造大规模开展，原先的架空线路需“下地”改造为电缆线路。为了解决原先接在架空线路上的分支线及用户的供电电源，必须在改造地块或改造道路的沿线建设部分 10kV 开闭所或电缆分接箱，为周围用户提供电源。

由于 10kV 开闭所内有大量的 10kV 开关柜等高压设备，这些设备对环境的要求比较高，为了便于管理，要求 10kV 开闭所设置在通道顺畅、巡视检修方便、电缆进出方便的位置。一般情况下要求 10kV 开闭所设置在单独的建筑物中，或附设在建筑物一楼的裙房中。因为建筑物的地下室防止进水比较难处理或湿度较大，巡视检修不方便，因此尽量不要把 10kV 开闭所设置在大楼的地下室内部。目前有部分开闭所设置在地下室内部，由于湿度太大，造成开闭所支柱绝缘子闪络，引起线路跳闸；部分设置在地下室的开闭所，通道不畅，巡视、检修极为不便，特别是在故障情况下，不能及时进入开闭所，影响事故的抢修。

室外环网柜或电缆分接箱，与室内的开闭所相比，具有体积

小、占地面积小、设置比较灵活等优点，一般可设置在绿地或绿化带上，也可设置在对行人影响比较小的空地或道路人行道上。室外环网柜及电缆分接箱安装之处应有避免外力碰撞措施，同时避免安装在有腐蚀性物质的附近。

二、10kV 开闭所的主接线

开闭所的电气主接线是 10kV 开闭所电气设计的首要部分，也是构成 10kV 配电网的重要环节。10kV 开闭所主接线的确定与 10kV 配网及开闭所本身运行的可靠性、灵活性和经济性密切相关，并且对电气设备的选择、配电装置布置有较大影响。因此，必须全面分析开闭所在配网中的地位、用途及配网规划等有关影响因素，通过技术经济比较，合理确定其接线方案。

1. 主接线的设计依据

(1) 10kV 开闭所的接入系统方案。10kV 开闭所接入系统时，应考虑其供给电源的配电线路能否承担接入开闭所所增加的负荷，这是一个不容忽视的问题。对于为终端型开闭所供给电源的配电线路，其 10kV 开闭所接入后的配电变压器总容量一般控制在 10000 ~ 15000kVA；对于为环网型开闭所供给电源的配电线路，由于正常运行时两条环网线路是各自分开运行的，在事故或其他特殊情况时需要将部分或全部负荷进行互倒互供，有个别情况有可能把两条线路负荷全部由一条线路供电，所以供给电源的两条环网线路配电变压器的总容量一般不超过 20000kVA。

(2) 10kV 开闭所在 10kV 配电网中的功能和重要性。10kV 开闭所按其配电网中的功能分为环网型开闭所和终端型开闭所；按其重要性可分为重要开闭所和一般开闭所。

(3) 10kV 开闭所的分期及最终建设规模。10kV 开闭所的规模应根据 10kV 配电网的规划、用户及负荷增长情况和电网结构等因素进行选择。10kV 开闭所的规模一般为：每座 10kV 开闭所内设置 1 ~ 2 段 10kV 母线，每段 10kV 母线支接配电变压器总容量不宜大于 5000kVA，进出线回路不宜大于 8 回；总容量大于 5000kVA 的大用户，宜从 10kV 主干电缆直接接入该用户或采用

10kV 专线供电。

(4) 负荷的重要性。

1) 对于一级负荷,必须有两个独立电源供电,且当任何一个电源失去后,能保证对全部一级负荷不间断供电。

2) 对于二级负荷,一般要有两个独立电源供电,且当任何一个电源失去后,能保证全部或大部分二级负荷的供电。

3) 对于三级负荷,一般只需一个电源供电。

(5) 对电气主接线提供的具体资料。出线回路数、出线方向、每回路输送容量和导线截面等。

2. 10kV 开闭所主接线设计的基本要求

10kV 开闭所主接线应力求简单,并应满足可靠性、灵活性和经济性等要求。

(1) 可靠性。可靠性是 10kV 配电网安全运行的基本要求,主接线首先应满足这个要求。

1) 应注重各类 10kV 开闭所长期运行的实践经验及其可靠性分析,主接线可靠性的衡量标准是运行实践。

2) 主接线的可靠性在很大程度上取决于各类设备的可靠程度。

3) 主接线可靠性的具体要求:进线开关检修时尽量减少对用户供电的影响;开关或母线故障及母线检修时,尽量减少停运的回路数和停运时间,并要保证对一级负荷及全部或大部分二级负荷的供电;尽量避免开闭所全停的可能性。

(2) 灵活性。主接线应满足在调度、检修及扩建时的灵活性。

1) 调度时应可以灵活地投入和切除 10kV 线路,调配电源和负荷,满足系统在事故运行方式、特殊运行方式下对系统调度的要求。

2) 检修时可以方便地停运开关、母线等设备,而不影响 10kV 配电网的运行和对用户的供电。

3) 扩建时可以方便地从初期接线过渡到最终接线,在不影