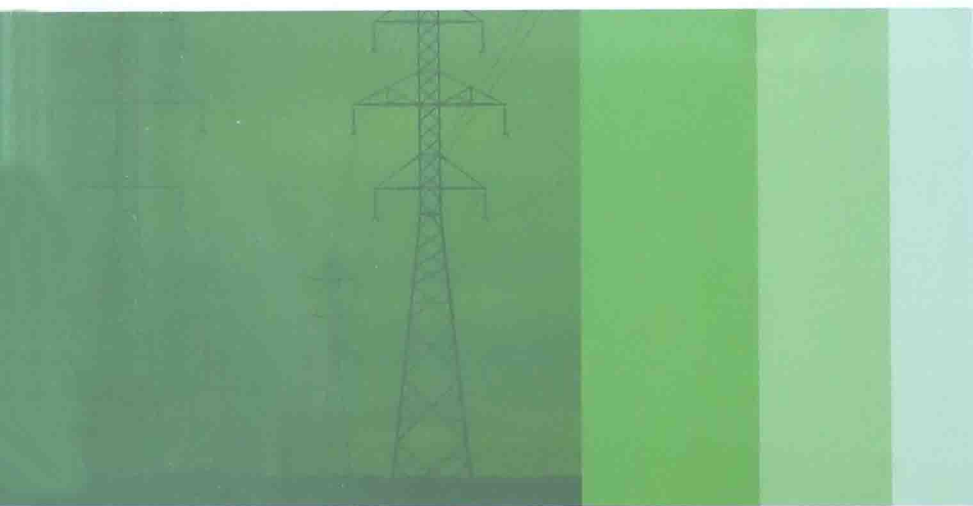


◀ 最新版 ▶

供配电技术手册

GONGPEIDIAN JISHU
SHOUCE



单文培 邱玉林 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

◀最新版▶

供配电技术手册

GONGPEIDIAN JISHU
SHOUCE



单文培 邱玉林 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本手册依据最新标准、规范，跟踪当前电气技术及电工产品的发展，总结多年工作经验，本着实用、便查的原则进行编写。主要包括供配电技术规范要求、计算公式、常用数据及典型实例等，内容涵盖供配电设备工程交接与验收，施工安装和运行维护、检修，供配电管理等内容。

全书共十章，主要内容包括：电气接线、供配电计算、供配电设备选择、供配电设备的工程交接与验收、供配电设备运行、供配电设备的检修、变配电所倒闸操作、供配电管理、照明设备与低压漏电保护装置，以及供配电设备故障处理典型实例等。

本手册是供配电工程师、注册电气工程师（供配电）从业必备工具书，也是供配电技术生产人员、技术人员、管理人员的好帮手，还可作为大专院校有关专业师生的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

供配电技术手册 / 单文培，邱玉林主编. —北京：中国电力出版社，2015.4

ISBN 978-7-5123-6508-7

I. ①供… II. ①单… ②邱 III. ①供电系统—技术手册②配电系统—技术手册 IV. ①TM72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 216962 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 4 月第一版 2015 年 4 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 30.75 印张 719 千字
印数 0001—3000 册 定价 98.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



○—— 编 委 会 ——○

主	编	单文培	邱玉林		
副	主	编	喻镇廷	袁文华	倪小平
参	编	陈志坚	晏露海	邱箭肿	刘前明
		施命罡	黄绍平	张春洪	蔡登高
		冯海雯	张 力	王 艺	王新宇
		赖建红	刘静文	邓 峰	温见冰
		李 俊	刘晓昭		



前 言

随着我国国民经济高速的发展,从事供配电相关工作的电气工作队伍不断壮大,而提高其技术素质与管理水平,使他们熟悉本岗位的工作,确保电网安全、经济运行,便成为当前紧迫的事情。编者愿尽微薄之力参加办好这件事情。

为了用有限的篇幅,尽可能结合工程实际需要,增加了许多实用知识内容。本书在第一章电气接线中简明扼要介绍供配电一、二次接线的作用与形式;第二章供配电计算中,用口诀方法代替繁杂的短路电流计算;第三章简明叙述了供配电设备的选择方法;第四章供用电设备工程交接与验收中,介绍电气设备安装禁忌,交接试验方法,试验标准与验收检查;第五章供配电设备运行中,介绍了电气设备禁忌,异常运行和事故处理;第六章供配电设备检修中介绍了检修的目的、类别和方法,设备检修内容,检修计划编制与实施;第七章变配电所倒闸操作中,介绍了设备编号,电力调度术语,重点叙述供电所倒闸操作要求、原则与典型实例;第八章供配电管理,介绍了运行、技术、设备、安全、防火、合理化等管理、节约用电、违约用电、窃电与查处等知识。第九章照明设备与低压漏电保护装置,介绍选择、安装、维护等知识;第十章供配电设备故障处理典型案例。编者希望这本书在一定程度上,既能满足广大青年职工增加实用知识面的需要,又能兼顾具备一定理论基础而急于掌握实际运行管理与操作技能的技术管理人员的需要。

由于编者水平所限。加上时间紧迫,书中缺点与错误难免存在,敬请读者批评指正,以便修订时改正。



目 录

前言

第一章 电气接线	1
第一节 电气接线的基本要求.....	1
第二节 主接线.....	3
第三节 二次接线.....	14
第二章 供配电计算	50
第一节 短路电流计算.....	50
第二节 供、配电计算.....	59
第三节 全厂负荷计算.....	62
第四节 车间负荷计算.....	64
第五节 设备电流计算.....	66
第六节 补偿容量计算.....	69
第七节 电压损失计算.....	70
第八节 防雷接地计算.....	74
第九节 电力线路计算.....	77
第三章 供配电设备的选择	91
第一节 一次回路设备的选择.....	91
第二节 二次回路设备的选择.....	135
第四章 供配电设备工程交接与验收	142
第一节 概述.....	142
第二节 电力变压器的交接验收.....	146
第三节 互感器的交接验收.....	162
第四节 断路器的交接验收.....	168
第五节 隔离开关、负荷开关及高压熔断器的交接验收.....	177
第六节 防雷装置及接地装置的交接验收.....	179
第七节 电力电容器的交接验收.....	186

第八节	盘、柜及二次回路接线的交接验收	190
第九节	电力电缆的交接验收	193
第十节	架空电力线路的交接验收	203
第十一节	绝缘子和套管的交接绝缘试验	208
第十二节	绝缘油的交接试验	210
第十三节	电动机的交接验收	212
第十四节	低压电器	217
第十五节	箱式变电站安装与调试	218
第五章	供配电设备运行	219
第一节	电力变压器的运行	219
第二节	互感器的运行	238
第三节	断路器的运行	244
第四节	隔离开关的运行	253
第五节	防雷装置和接地装置的运行	255
第六节	电力电容器的运行	256
第七节	电动机的运行	260
第八节	电力电缆的运行	265
第九节	架空电力线路的运行	267
第十节	盘、柜、台、箱及二次回路接线和运行	269
第十一节	低压电器的运行	274
第十二节	箱式变电站	279
第六章	供配电设备的检修	280
第一节	供配电设备检修的目的、类别、方法	280
第二节	供配电设备的检修内容	281
第三节	检修计划的编制与实施	311
第七章	变配电所倒闸操作	317
第一节	设备调度编号和电力调度术语	317
第二节	变、配电所的倒闸操作	324
第八章	供配电管理	336
第一节	供配电运行管理	336
第二节	变配电所技术管理	341
第三节	变、配电所设备管理	346
第四节	变、配电所安全管理	350
第五节	供电合理化管理	363
第六节	用电管理	377

第七节	电能计量装置安装	386
第八节	电能计量装置接线检查及电量处理	389
第九章	照明设备与低压漏电保护装置	397
第一节	照明设备	397
第二节	低压漏电保护装置	409
第十章	供配电设备故障处理典型实例	417
第一节	电气设备交接和预防性试验	417
第二节	供配电设备检修与安装	431
第三节	供配电设备运行	455
附 录		461
参考文献		484



第一章 电气接线

第一节 电气接线的基本要求

一、概述

用现行国家标准规定的图形符号和文字符号，表示电气设备及其在电路中连接的相互关系的图，称为电气接线图。

总的来说，变、配电所的电气接线图可以分为一次接线图（常称主接线图）和二次接线图两大类。

变、配电所的主接线图（以下简称主接线）是表示变、配电所的电能接受、分配关系的主电路，或者说是变、配电所一次高压线路、设备，如主母线、变压器、互感器、断路器、隔离开关、避雷器等连接方式的主电路图。在变、配电所电气设计过程中，从初步设计起，就要通过调查研究，反复考虑、研讨、确定主接线。而在已经投入运行的变、配电所中，也经常需要使用主接线来讨论运行、检修、试验、故障和事故处理中的某些问题。运行值班人员和电气技术管理人员必须熟悉本单位的变、配电所的主接线情况，如设备之间的接线方式、方位位置、设备代号等，甚至应该作为基本功，在任何时候都能背诵。

主接线通常以单线系统图表示，即用一条线代表三相，这样可使图示更加清晰，绘制起来也省力。有些时候，为了便于了解接线的全面情况，在主接线图适当的地方，也列入部分二次回路中的一些主要电器，如某些继电器、仪表等，如图 1-1 所示。

变、配电所的二次接线图是为一次设备服务的，凡是对一次高压设备进行控制、测量、监察、保护和调整的低压设备，统称为二次设备。例如测量仪表、继电保护装置、控制装置、信号装置、操作电源、自动装置等，都属于此范围以内。表示上述二次设备电器连接方式的二次回路图，则称为二次接线图，或简称二次接线。

变、配电所的二次接线图，习惯上分为原理图、展开图和安装图三种。

原理图用来表示二次回路电器及某些元件之间的电气联系和动作原理，所有电气都以整体形式表示。为了读图方便，需要将一次回路某些设备、元件画在原理图中，如互感器、断路器等。互感器与二次回路中的测量仪表、继电器有直接的连接关系，所以，原理图中的互感器要画成三线形式，而断路器等则可以画成单线形式。一般在初步设计

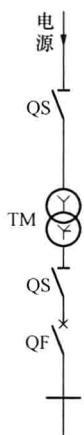


图 1-1 线路变压器
组式主接线

中，为了简便起见，常以原理图的形式表达动作原理、电器的数量，给人的印象是整体概念。因此，有很多接线细节并未画出。例如，一般信号继电器的接点处，只画出引线表明“至信号”，类似这种情况，如果二次回路接线较复杂时，则读图很不方便。

展开图是根据原理图将电器分接成若干元件，分别画在交流电路、直流回路以及控制回路、保护回路、测量回路、信号回路等中。例如，过电流继电器的线圈，画在与互感器连接的交流回路内，而其接点则画在直流回路中。展开图中右侧的蚊子说明，使人对元件和回路的用途一目了然。由于展开图比原理图更直观，更全面，所以展开图在变、配电所的设计、安装、试验、运行、检修中得到广泛的应用。

安装接线图是在原理图，展开图在此基础上进一步绘制的全部二次设备、元件的位置和实际接线的全图，主要供安装过程使用。安装图分为屏面布置图，背面接线图和端子排图等。

二、电气接线的基本要求

通常，电气接线应满足下列基本要求：

(1) 规范。电气接线图必须按现行国家标准规定的符号绘制；按国家标准规定的文字符号标注设备；设备的规格、型号、技术参数必须正确、清楚；一次设备应有标准的调度编号；二次接线图中设备及小母线的数字编号，也应符合标准要求。总之，必须规范化。

(2) 安全。设计变、配电所的电气接线时，必须充分考虑到安全运行的需要，严格按照国家标准的规定，结合实际需要确定接线方式及选择设备。要有可靠的控制、测量、信号、保护等系统，保证实现正常的动作程序，保证运行操作、检修、试验人员的作业安全。例如，在隔离开关与断路器串联使用的电路中，必须有可靠的闭锁装置，以防止误操作隔离开关而造成事故。

(3) 灵活。变、配电所的电气接线，应在安全、可靠的前提下，力求简单灵活。例如，变压器的投入、切除；备用电源的切换等项操作，都应该力求方便。又如，为了在故障处理和设备检修、试验时，尽量减小中断供电的范围，必要时主母线采用母线分段或双母线方式接线，即可靠又灵活。

(4) 可靠。变、配电所的电气接线，应该能满足本单位各种类型负荷对供电可靠性的要求。要注意选用质量高、技术先进的定型产品；要合理安置设备及元件之间的连接关系；当某部分设备发生了事故时，保护装置要有选择性地、快速地动作，达到该切除的切除，该连通的连通，保护、控制电器不应拒动、误动。对重要负荷的供电，可以考虑采用双回馈线及自动重合闸装置。二次接线在满足要求的前提下，应尽量可能简化，尽量减少继电器及串连接点的数量，减少影响连续供电的各种因素。

(5) 合理。变、配电所中所有一次设备和二次设备，包括每一台屏、柜上所有电器的布置，都应该合乎规范要求，应紧凑合理，排列有序，注意对称，以尽量使运行值班人员和维修人员便于记忆和进行管理。

(6) 裕量。确定一次接线和二次接线，应注意长远和近期相结合。充分考虑本单位长远发展规划，适当地留有易于变压器、配电装置、线路增容扩建和技术改造的余地，以减少远期发展的被动因素。











(7) 经济。变、配电所的电气接线，在满足上述各项要求的条件下，应力求达到设备的一次投资和年运行费用最低，要千方百计减少有色金属消耗量，须进行技术、经济全面综合衡量。例如，一套重要设备，由于装设了过于简单的保护装置，在发生设备故障时，保护装置动作失误，其损失远远超过一套完善的保护装置的投资，这当然是不合算的，相反，一套次要设备装设了比较复杂而又价格昂贵的保护装置，同样也造成了不应有的浪费。另外，在确定一、二次接线方案过程中，应充分考虑重要负荷中断供电对本单位生产可能造成的经济损失及社会影响，大型工矿企业更应该特别考虑这一点。

第二节 主 接 线

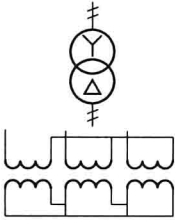
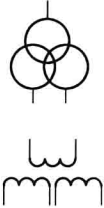


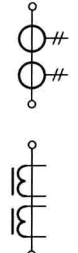
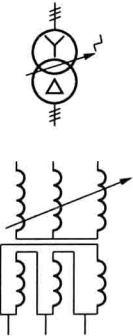
一、电气图形符号和文字符号

为了讨论主接线方便起见，这里列出常用电气设备符号，见表 1-1。







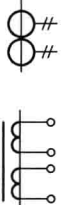






表 1-1 常用电气设备符号

设备名称	图形符号	文字符号
电缆终端头		X
电容器		C
交流发电机		G
交流电动机		M
双绕组变压器	 	TM
电抗器		L
分裂电抗器		L
电流互感器	 	TA

续表

设备名称	图形符号	文字符号
单相变压器组成的三相变压器 星形—三角形联结		TM
三绕组变压器		TM
自耦变压器		TA
电压互感器		TV
具有两个供电和两个二次绕组的 电流互感器		TA
星形—三角形联结的具有有载 分接开关的三相变压器		TM

续表

设备名称	图形符号	文字符号
三相断路器		QF
隔离开关		QS
三相隔离开关		QS
负荷开关		QL
三相负荷开关		QL
熔断器		FU
有两个二次绕组的电流互感器		TA
断路器		QF
跌落式熔断器		FU
熔断器式开关		QK
熔断器式隔离开关		QS
熔断器式负荷开关		QL
避雷器		F

二、用户变、配电所常用主接线的形式

用户主、配电所比较常用的主接线有下列几种形式：

1. 线路变压器组式的主接线

线路变压器组式主接线是用户变、配电所的一种最常见而又简单的主接线，如图 1-1 所示。其主要特点是：

(1) 电源进线只有一回，主变压器只有一台，高压侧无母线，使用设备少、投资低。

(2) 接线简单，运行操作、维修和试验的工作量都小，便于组织。

(3) 可靠性不高，主变压器或配电装置检修时需要全部停电。

线路变压器组式主接线适用于变压器容量为 630kVA 及以下的中、小容量三级负荷。

2. 单母线式主接线

几种常见的单母线式主接线，分述如下。

(1) 单电源母线不分段式主接线如图 1-2 所示。其特点如下：

1) 这种主接线也属于使用设备少，接线简单，建设投资省的方式。

2) 可靠性、灵活性较低。当检修电源进线断路器、母线及母线侧隔离开关时，需要全部停电。当母线发生故障，进线断路器跳闸时，全部配电装置也要停电，直至故障清除为止。

这种主接线适用于中、小容量变电所。

(2) 双电源单母线不分段式主接线，如图 1-3 所示。这种主接线具有双路电源，正常运行方式可为“一用一备”。当某一路电源进线突然失电或断路器检修及处理故障时，可由另一路电源供电，从这一角度来说，可靠性有所提高。

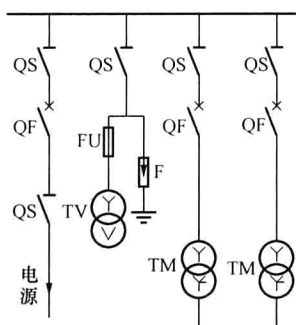


图 1-2 单电源单母线不分段式主接线

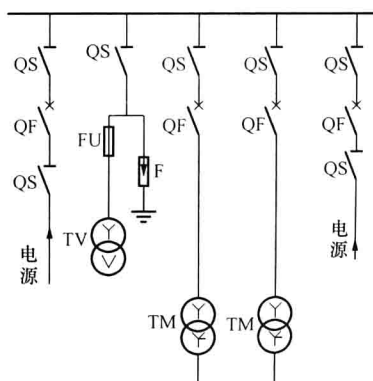


图 1-3 双电源单母线不分段式主接线

(3) 双电源单母线分段式主接线。这种主接线可分为以隔离开关分段，或以断路器分段两种，分别如图 1-4、图 1-5 所示。

双电源单母线分段式主接线与双电源单母线不分段式主接线相比，其可靠性、灵活性均有提高。

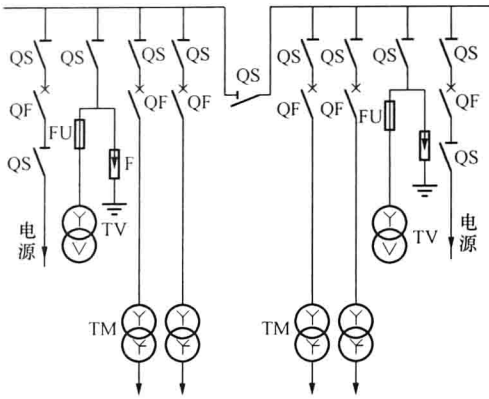


图 1-4 双电源单母线隔离开关分段式主接线

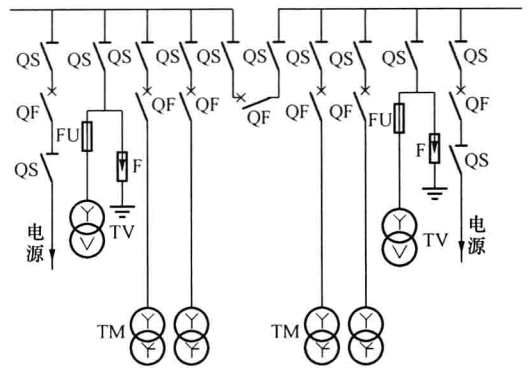


图 1-5 双电源单母线断路器分段式主接线

采用隔离开关分段，当隔离开关在分闸位置，即分列运行时，可以对任一段母线及母线侧隔离开关进行检修（部分用户停电），而另一分段母线继续运行。当隔离开关在合闸位置时，即一路电源带两段母线（“一带二”）时，则任一段母线及母线隔离开关的故障均会造成全部停电。

采用断路器分段，则比用隔离开关分段优越多了。断路器在必要的时候，可带负荷进行分、合闸操作，这对于因停电倒换电源而严重影响生产的变电所来说显得灵活多了。另外，如果分段断路器配置相应的保护装置，在断路器合闸母线发生故障时，分段断路器与某一电源进线断路器同时跳闸，另一分段母线可继续运行，可靠性大大提高。

双电源单母线断路器分段式主接线完全可以满足 10kV, 1250kVA 及以上重要用电负荷的供电需要。

(4) 双电源单母线分段带旁路母线式主接线，如图 1-6 所示。其特点是：双路电源，主母线分成两段，另有一旁路母线相互配合。当某电源进线发生故障而断电及当某分段母线及母线侧隔离开关发生故障或安排检修时，均可利用旁路母线供电。因此，这种主接线运行灵活，可靠性也较高，特别适用于负荷大、出线多、负荷性质又比较重要的变电所。

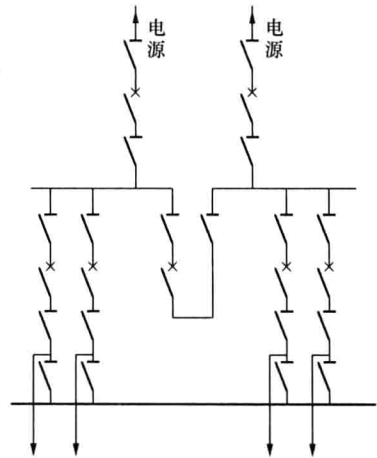


图 1-6 双电源单母线分段带旁路母线式主接线

3. 双母线式主接线

双母线式主接线可以分为三种。

- (1) 双母线不分段式主接线（见图 1-7）。
- (2) 双母线分段式主接线（见图 1-8）。

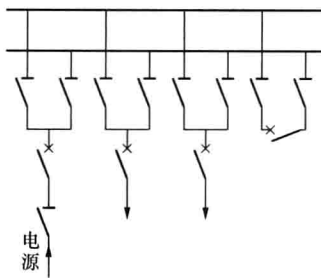


图 1-7 双母线不分段式主接线

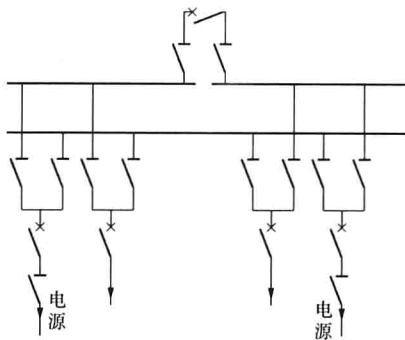


图 1-8 双母线分段式主接线

(3) 双母线分段带旁路母线式主接线（见图 1-9）。

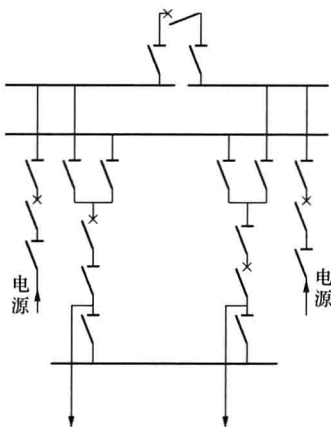


图 1-9 双母线分段带旁路母线式主接线

双母线式主接线的主要特点：

- 1) 可以轮流检修母线而不致引起供电的中断。
- 2) 检修某一母线侧隔离开关时，仅使本回路中断，而不致引起大面积断电。
- 3) 当工作母线发生故障或安排检修时，可以通过备用母线供电。
- 4) 检修某一回路的断路器时，可以利用备用母线及母线联络断路器，不使本回路长期中断供电。
- 5) 接于母线的隔离开关数量多，操作概率高，一旦发生误操作（以隔离开关分、合负荷电流），容易引起母线短路而造成大面积的断电，因此，双母线式主接线在改变运行方式的操作中，须格外谨慎。

6) 双母线式主接线的一次设备数量多，联锁机构复杂，继电保护要求高，因而整体投资高。

双母线式主接线用于负荷大、负荷性质重要、出线回路多、对可靠性要求较高的大型变电所。

4. 桥式主接线

传统的桥式主接线分为内桥式主接线和外桥式主接线，后来出现一种更为完整的改进式桥式主接线，分别如图 1-10~图 1-12 所示。

(1) 内桥式主接线特点。

1) 电源进线检修或处理故障比较方便。例如，在两路电源进线分列运行，且电力部门允许两路电源并联的条件下，拟检修 L1 线路，则可以先合母线联络断路器 145QF，再拉开断路器 111QF 及其两侧隔离开关。电源进线 L2 带两台变压器继续运行，并且在转换操作过程中，负荷用电不受任何影响。

2) 变压器发生事故时，会使电源侧断路器跳闸，于是停掉一路电源，在变压器检修时，也需要暂停掉一路电源。因此，操作比较麻烦。

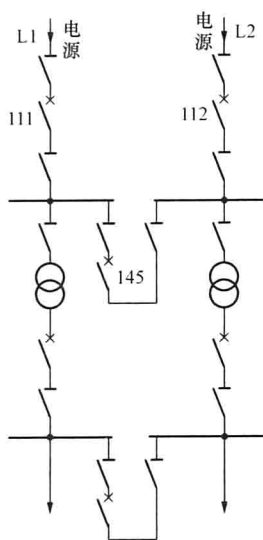


图 1-10 内桥式主接线

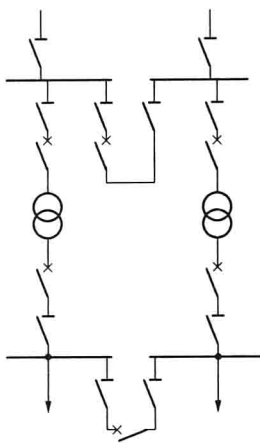


图 1-11 外桥式主接线

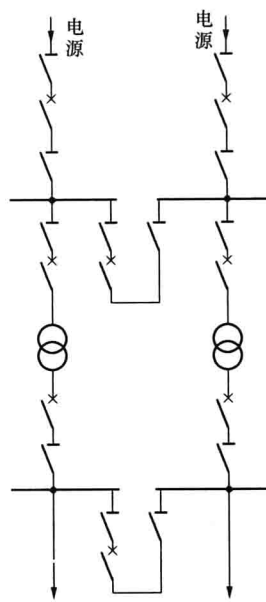


图 1-12 改进式桥式主接线

3) 综上所述,内桥式主接线适用于 35kV 及以上且故障率较高的长线路和主变压器不需要经常操作的变电所。

(2) 外桥式主接线特点。

1) 主变压器电源侧直接由断路器控制和保护,因此,主变压器的投入、切换操作比较方便;主变压器发生事故时,断路器跳闸,限制了事故造成的影响。

2) 当主变压器需倒换电源而进行操作的过程中,需要变压器短时停电。

3) 当主变压器电源侧断路器的外侧发生了事故时,可能造成该路电源大面积停电。

4) 综上所述,外桥式主接线适用于 35kV 及以上且故障概率较低的短线路和主变压器经常操作的变电所。

(3) 改进式桥式主接线特点。

1) 改进式桥式主接线的电源进线侧,主变压器侧都有断路器控制和保护,因此,线路和变压器检修或处理故障比较灵活,变压器倒换电源,也不需要停电。

2) 高压电器用量多,主接线及保护回路复杂,维修、试验工作量大,建设投资高,这是改进式桥式主接线的缺点。

3) 改进式桥式主接线适用于 35kV 及以上,供一、二级负荷的大型总降压变电站。

三、10kV 及以下变、配电所主接线设计和设备造型的基本要求

(1) 一般来说,10kV 及以下变、配电所的配电装置不多,母线短、出线也少。其母线与电气设备的检修,可以结合每年雷雨季节到来之前,全所停电进行清扫和预防性试验一起安排进行。运行实践证明,对于一般用户的变、配电所,高压及低压母线采用单母线或单母线断路器分段式主接线可以满足供电要求。当供电连续性要求很高,对母线和母线上连接的设备难以停电检修的变、配电所或有特殊要求时,可采用单母线分段带旁路母线(见图 1-6)或双母线(见图 1-7~图 1-9)式主接线。