



调度自动化主站系统 运行维护

云南电网有限责任公司玉溪供电局 张春辉 主编



张春辉

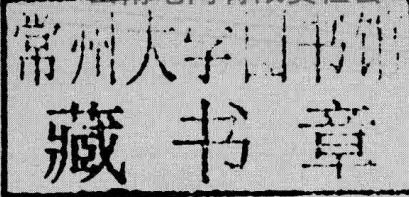


中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

Telecontrol

调度自动化主站系统 运行维护

云南电网有限责任公司玉溪供电局 张春辉 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书为地区电网调度自动化专业技术知识读本。全书共四章，包括自动化基础知识、自动化专业管理、调度自动化主站系统维护、故障处置。

本书主要供地、县电力调度控制中心调度自动化专业人员以及电气工程技术人員阅读、学习，也可作为高等院校电气工程及其自动化专业本科及研究生的实践教材和参考书。

图书在版编目（C I P）数据

调度自动化主站系统运行维护 / 张春辉主编. -- 北
京：中国水利水电出版社，2017. 12
ISBN 978-7-5170-6087-1

I. ①调… II. ①张… III. ①电力系统调度—调度自
动化系统—运行②电力系统调度—调度自动化系统—维修
IV. ①TM734

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第295114号

书 名	调度自动化主站系统运行维护 DIAODU ZIDONGHUA ZHUZHAN XITONG YUNXING WEIHU
作 者	云南电网有限责任公司玉溪供电局 张春辉 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 (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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 11 印张 180 千字
版 次	2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1500 册
定 价	48.00 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

《调度自动化主站系统运行维护》

编 撰 委 员 会

主 编	张春辉					
副 主 编	郭 伟	白建林	张雍忠	张碧华	潘 蕊	
	廖 威					
编 委	白翠芝	马一杰	陈 君	张蔓娴	赵勤道	
	李邦源	蒋 渊	乔连留	张 琨	杨 金	
	张弓帅	徐 扬	李芳方	张 昱	段燕茹	
	赵 华	陈黎玲	毛忠彦	袁 伟		

审 定 委 员 会

主任委员	郭 伟				
审定委员	蒋亚坤	赵 川	叶 华	丁士明	陈 飞
	左智波	白建林	张春辉		

前 言

调度自动化系统是电力生产中的核心系统，是电网调度和管理现代化的基础。电力调度自动化系统能够在线提供电力系统运行信息，具有数据采集、实时数据库管理、信息处理、历史库管理、调度员培训模拟等功能，为电力调度机构运行人员进行控制、分析及决策提供了可能。调度自动化系统故障和缺陷将导致无法真实反映电网实时运行工况，造成计算分析结果不准确，严重时，将造成电网事故。调度自动化系统的运行水平，直接影响到电网安全运行。

本书在系统归纳和总结工作经验的基础上，对实际工作中的调度自动化系统维护工作知识进行了详细阐述，内容覆盖面广、针对性强，是一本实用的调度自动化维护知识读本和培训教材。

本书在编写过程中，得到了云南电力调度控制中心、云南电网有限责任公司玉溪供电局领导的关怀和玉溪电力调度控制中心各专业的大力支持与帮助。在编写人员反复研究、修改的基础上，征求了各专业人士的意见。编写过程中云南电力调度控制中心蒋亚坤、赵川、叶华、丁士明、陈飞、左智波等对编写大纲和全书进行了认真审阅，提出了许多宝贵意见，在此一并谨表谢意。

本书由云南电网有限责任公司玉溪供电局系统运行部有关专家编写。由于编者水平和能力有限，加之编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者和相关专业技术人员批评指正。

编者

2017年9月

目 录

前言

第一章 自动化基础知识	1
第一节 公共基础知识	1
第二节 专业基础知识	14
第三节 UNIX 系统介绍	31
第四节 数据库技术	38
第五节 远动通信规约	41
第六节 调度自动化关键辅助系统	49
第七节 数据网和传输网	54
第二章 自动化专业管理	59
第一节 术语与定义	59
第二节 管理机构与职责划分	61
第三节 管理规定要点	63
第三章 调度自动化主站系统维护	83
第一节 E8000 系统维护	83
第二节 OPEN3200 系统维护	112
第三节 调度自动化关键辅助系统维护	124
第四节 厂站接入调试	128
第五节 主站日常巡视	137
第六节 电力监控系统安全防护	138
第四章 故障处置	145
第一节 处置流程	145
第二节 现场处置方案	148

第一章

自动化基础知识

第一节 公共基础知识

一、电力系统的基本概念

(一) 组成

1. 电力系统

发电厂把水能、热能、核能、光能、风能等形式的能量转换成电能，电能经过变压器和不同电压等级的输电线路输送并分配给用户，再通过各种用电设备将电能转换成适合用户需要的能量形式。这一连续的发电、变电、输电、配电和用电过程中各种电气设备连接在一起而组成的整体称为电力系统。

2. 电网

电力系统中变电、输电、配电部分所组成的网络称为电力网（俗称电网），它包括升、降变压器和各种电压等级的输配电线路。电网按其职能可以分为输电网络和配电网络。输电网络的主要任务是将大容量发电厂的电能可靠而经济地输送到负荷集中的地区，一般由 110kV 及以上电力线路组成。配电网络的任务是分配电能，配电线路的额定电压一般为 0.4~35kV。但输电网络和配电网络的电压等级范围并没有明确的界限，如有些负荷较大的大城市，也采用 110kV 作为配电线路。

3. 变电站

在电力系统中，变电站是连接发电厂和用户的中间环节，起着变换和分配的作用。根据变电站在电力系统中的地位一般可以把变电站分为枢纽变电

站、中间变电站、地区变电站和终端变电站几种类型。

(1) 枢纽变电站。指位于电力系统的枢纽点，高压侧电压为 330～500kV，连接电力系统高压和中压的几个部分，汇集多个电源的变电站。对于枢纽变电站而言，一旦发生全站停电的事故，后果将是整个系统解列，甚至部分系统瘫痪。

(2) 中间变电站。指该变电站主要以交换潮流或使长距离输电线路分段为主，同时降低电压给所在区域负荷供电。一般电压为 220～330kV，汇集 2～3 个电源点。一旦发生全站停电，将引起区域电力网解列。

(3) 地区变电站。地区变电站是一个地区或城市的主要变电所，向地区或城市用户供电为主，高压侧电压一般为 110～220kV。一旦发生全站停电，该地区将中断供电。

(4) 终端变电站。终端变电站是在输电线路的终端、连接负荷点、直接向用户供电、高压侧电压为 110kV 的变电所。全站停电时，仅造成供电用户的供电中断。

(二) 电力系统的额定电压和额定频率

电气设备都是按照指定的电压和频率来进行设计制造的，这个指定的电压和频率，称为电气设备的额定电压和额定频率。当电气设备在额定电压和额定频率下运行时，将具有最好的技术性能和经济效果。

为了进行成批生产和实现设备的互换，各国都制定有标准的额定电压和额定频率。我国制定的三相交流 3kV 及以上设备与系统的额定电压的数值见表 1-1。

表 1-1 三相交流 3kV 及以上设备与系统的额定电压 单位：kV

受电设备与系统 额定线电压	供电设备额定线电压	变压器额定线电压	
		一次绕组	二次绕组
3	3.15 ^①	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	13.8 ^①	13.8	—
	15.75 ^①	15.75	—
	18 ^①	18	—
	20 ^①	20	—

续表

受电设备与系统 额定线电压	供电设备额定线电压	变压器额定线电压	
		一次绕组	二次绕组
35		35	38.5
110	—	110	121
220	—	220	242
330	—	330	363
500	—	500	

① 发电机专用。

从表 1-1 中可以看出，同一电压级别下，各种设备的额定电压并不完全相等。为了使各种互相连接的电气设备都能在较有利的电压下运行，各电气设备的额定电压之间有一个相互配合的问题。

电力线路的额定电压和系统的额定电压相等，有时把它们称为网络的额定电压，如 220kV 网络等。

发电机的额定电压与系统的额定电压为同一电压等级时，发电机的额定电压规定比系统的额定电压高 5%。变压器额定电压的规定略为复杂，根据变压器在电力系统中传输功率的方向，规定变压器接受功率一侧的绕组为一次绕组（如变压器高压侧），输出功率一侧的绕组为二次绕组（如变压侧中压侧、低压侧）。一次绕组的作用相当于受电设备，其额定电压与系统的额定电压相等。二次绕组的作用相当于供电设备，考虑其内部电压损耗，额定电压规定比系统的额定电压高 10%，如变压器的短路电压小于 7%或直接（包括通过短距离线路）与用户连接时，则规定比系统的额定电压高 5%。为了适应电力系统运行调节的需要，通常在变压器的高压侧绕组上设计制造有分接头，分接头用百分数表示，即使分接头百分值相同，分接头的额定电压也不同。

我国规定，电力系统的额定频率为 50Hz，也就是工业用电的标准频率，简称工频。

(三) 电力系统的特点和运行的基本要求

1. 电力系统的特点

电力工业的产品即电能，作为商品的电能和其他商品一样，有生产、输

送和消费的过程，但电力系统运行过程与其他工业商品相比，还具有以下特点：

(1) 电能不能大量存储。电能的生产、输送、分配和消费实际上是同时进行的。发电设备任何时刻生产的电能必须等于该时刻用电设备消费与输送中损耗电能之和，这一数值随时间不断变化。对于电能生产的这一过程是一个不可分割的整体，必须保持整个过程的连续性，任何一个环节有问题都会影响电能的消费。

(2) 电力系统的暂态过程非常短暂。对电力系统中的任何设备的投入或切除都是在一瞬间完成的，故电力系统从一种运行状态到另一种运行状态的过渡极为迅速。

(3) 与国民经济的各部门及人们日常生活有着极为密切的关系。供电的突然中断会带来严重的后果。

2. 电力系统运行的基本要求

(1) 保证安全可靠的供电。保证安全可靠的发电、供电是对电力系统运行的首要要求。在运行过程中，供电的突然中断大多由事故引起，必须从各方面采取措施以防止和减少事故的发生。例如，要严密监视设备的运行状态和认真维修设备以减少其事故，要不断提高运行人员的技术水平以防止人为事故。为了提高电力系统运行的安全性，还必须配备足够的有功功率电源和无功功率电源；完善电力系统的结构，提高电力系统抵抗干扰的能力，增强系统运行的稳定性；利用计算机技术、网络技术等对电力系统的运行进行安全监测与控制等。

(2) 要有合乎要求的电能质量。电能质量包括电压、频率和波形的质量 3 个方面。电压和频率质量一般都以偏移是否超过给定值来衡量。我国规定的额定频率为 50Hz，正常运行时允许的偏差为 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5 \text{ Hz}$ ；频率过高或过低都会给用户以及电厂和系统本身造成影响，系统频率只有在系统中所有发电机的总有功出力与总有功负荷相等时才能保持不变。允许的电压偏差根据系统电压和运行方式不同要求不同，例如 220kV 变电站 110kV 母线在正常运行方式时允许电压偏差为额定值的 $-3\% \sim 7\%$ ，系统运行电压偏低会使网络中的功率损耗及电能损耗增加，电压过低可能破坏电力系统运行的稳定性；电压过高又可能损害电气设备绝缘，使带铁芯设备产生谐波并引起谐振。波形质量则以畸变率是否超过给定值来衡量，畸变率是指各次谐波有效



值平方和的方根值与基波有效值的百分比。给定的允许畸变率因供电电压等级而异，对于 6~10kV 供电电压不超过 4%，0.38kV 电压不超过 5%。

(3) 要有良好的经济性。电能生产的规模很大，消耗的一次能源在国民经济一次能源总消耗中占的比重约为 1/3，降低其消耗的能源和传输中的损耗，对电力系统的经济运行有着重要的作用。线损率和煤损率是考核电力系统运行经济性的两个重要指标，电力网络中损耗的电能与向电力网络供应电能的百分比即为线损率，又称网损率；煤损率为每生产 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电能所消耗的标准煤重，以 $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 为单位计。

(4) 尽可能减小对生态环境的有害影响。大力发展水电、风电等绿色能源，限制和减少火电污染物的排放量，使电能生产符合环境保护标准，也是对电力系统运行的一项基本要求。

(四) 电力系统的负荷

1. 电力系统负荷的分级

电力系统负荷是某一时刻系统内各种类型用电设备消耗功率的总和。由于消耗功率包含有功功率、无功功率和视在功率，因此电力负荷同样包含了有功负荷、无功负荷和视在负荷三种。根据供电可靠性的要求可以将负荷分为三级，具体如下：

第一级负荷。中断供电将会发生人身事故、损坏重要生产设备致使生产长期不能恢复、造成严重政治影响和生活混乱等负荷属于一级负荷，这类负荷要求保证不间断供电。

第二级负荷。中断供电将造成大量减产，使国民经济生活受到影响。对这类负荷要求尽可能保证不间断供电。

第三类负荷。凡不属于第一级和第二级的负荷均属于第三级负荷。对这类负荷供电中断一定时间影响不大，但也应当尽量提高供电可靠性。

2. 电力系统的负荷曲线

电力系统负荷是随时间的不同而不断变化的，表达其随时间变动情况的曲线图形称为负荷曲线。负荷曲线可按时间和用电特性划分，通常绘制在直角坐标系中，纵坐标表示负荷大小，横坐标表示对应负荷变动的的时间（一般以小时为单位），曲线在两坐标轴间所包容的面积表示该段时间内用电设备的耗电量或供电量。

按时间分类主要有日负荷曲线和年负荷曲线，它们还可根据所要求负荷的性质生成若干种负荷曲线。

(1) 日负荷曲线。以全日小时数为横坐标而以负荷值为纵坐标绘制而成的曲线，按照负荷性质又可分为电力系统的综合负荷曲线、发电厂的日发电负荷曲线、个别用户的日负荷曲线、分类用户的用电综合负荷曲线。

(2) 日平均负荷曲线。按其记录日数的多少，可以分为周、日或季等。按其代表的负荷性质，最常用的是系统日平均负荷曲线、分类用户的平均负荷曲线。

(3) 日负荷持续曲线。它的主要作用是掌握系统的基本负荷（最低负荷）的大小以及高出基本负荷的持续小时数。按其记录时间的长短可分为日、月及全年的负荷持续曲线。

(4) 年负荷曲线。年负荷曲线一般是由负荷曲线叠加而成的。常用的有逐日负荷变动曲线、月最高负荷曲线、月平均最高负荷曲线、月最低负荷曲线。

(五) 电力系统的接线方式及特点

输变电网络和配电网络可分为无备用和有备用两类。无备用接线又称开式网络，有备用接线又称闭式网络。无备用接线包括单回路放射式、干线式和链式网络，在此类接线中，每一个负荷只能靠一条线路获得电能，其接线简单，供电无备用，且对于线路较长的干线式和链式网络，其末端电压往往偏低。有备用接线最简单的是双回路的供电方式，另外还有单环式、双环式和两端供电式，对有备用接线其每一个负荷点至少可以通过两条线路从不同的方向取得电能。

二、电力系统的运行

(一) 电力系统运行的安全和稳定

安全和稳定是电力系统正常运行所不可缺少的基本条件。安全是指运行中所有电力设备必须在不超过它们的允许电流、电压和频率的幅值和时间限额内运行，不安全的后果可能导致电力设备的损坏；而稳定是指电力系统可以连续向负荷正常供电的状态。

电力系统稳定运行是指当电力系统受到扰动后，能自动地恢复到原来的



运行状态,或者凭借控制设备的作用过渡到新的稳定状态运行。电力系统的稳定从广义角度可分为:发电机同步运行的稳定性(根据电力系统所承受的扰动大小的不同,又可分为静态稳定、暂态稳定、动态稳定三类),电力系统无功功率不足引起的电压稳定性和电力系统有功功率不足引起的频率稳定性。

静态稳定是指电力系统受到小干扰后,不发生非周期性的失步,自动恢复到起始运行状态。

暂态稳定是指电力系统受到大干扰后,各同步发电机保持同步运行状态并过渡到新的稳定状态或恢复到原来稳定运行方式的能力。

动态稳定是指电力系统受到干扰后,不发生振幅不断增大的振荡而失步。

(二) 电力系统的潮流计算

电力系统中各节点电压、各支路有功功率、无功功率的稳态分布叫潮流。

电力系统潮流计算是研究电力系统稳态运行情况的一种基本电气计算。它的任务是根据给定的电网结构、参数和发电机、负荷等元件的运行条件,确定电力系统各部分稳态运行状态参数的计算。通常给定的运行条件有系统中各电源和负荷点的功率、枢纽点电压、平衡点的电压和相位角。待求的运行状态参量包括电网各母线节点的电压幅值和相角,以及各支路的功率分布、网络的功率损耗等。

电力系统潮流计算的结果是电力系统稳定计算和故障分析的基础,可用于研究系统规划和运行中提出的各种问题。对规划中的电力系统,通过潮流计算可以检验所提出的电力系统规划方案能否满足各种运行方式的要求;对运行中的电力系统,通过潮流计算可以预知各种负荷变化和网络结构的改变会不会危及系统的安全,系统中所有母线的电压是否在允许的范围以内,系统中各种元件(线路、变压器等)是否会出现过负荷,以及可能出现过负荷时应事先采取哪些预防措施等。

(三) 电气主接线

1. 电气主接线的概念

电气主接线又称为电气一次接线,它是将电气设备以规定的图形和文字

符号按电能生产、传输、分配顺序及相关要求绘制的单相接线图。它对电网运行安全、供电可靠性、运行灵活性、检修方便及经济性等均起着重要的作用，同时也对电气设备的选择、配电装置的布置以及电能质量的好坏等起着决定性的作用，也同样是运行人员进行各种倒闸操作和事故处理时的重要依据。

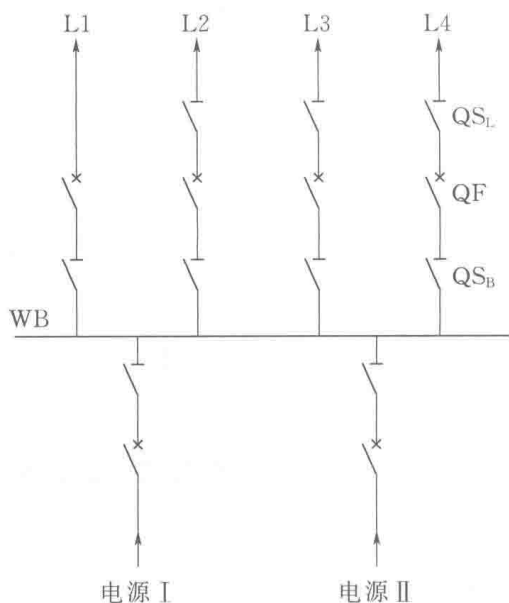


图 1-1 单母线接线

2. 电气主接线的分类

主接线分为有汇流母线和无汇流母线两种。有汇流母线的接线包括单母线接线、单母线分段接线、双母线接线、双母线分段接线、一台半断路器接线（3/2 接线）、4/3 断路器接线、增设旁路母线的接线等。无汇流母线的接线包括变压器-线路组单元接线、扩大单元接线、联合单元接线、桥形接线、角形接线等。

(1) 单母线接线。接线方式如图 1-1 所示。

1) 优点：接线简单清晰、设备少、操作方便、便于扩建和采用成套配电装置。

2) 缺点：①灵活性和可靠性差，当母线或母线隔离开关故障或检修时，必须断开它所连接的电源，与之相连的所有电力装置在整个检修期间均需停止工作；②在出线断路器检修期间，必须停止该回路的供电；③线路侧发生短路时，有较大短路电流。

(2) 单母线分段接线。接线方式如图 1-2 所示。

1) 优点：①用断路器把母线分段后，对重要用户可以从不同段引出两个回路，有两个电源供电；②当一段母线发生故障，分段断路器自动将故障段切除，保证正常段母线不间断供电和不致使重要用户停电，可提高供电可靠性和灵活性。

2) 缺点：①当一段母线或母线隔离开关故障或检修时，该段母线的回路都要在检修期间内停电；②当出线为双回路时，常使架空线路出现交叉跨越，使整个母线系统可靠性受到限制；③扩建时需向两个方向扩建。

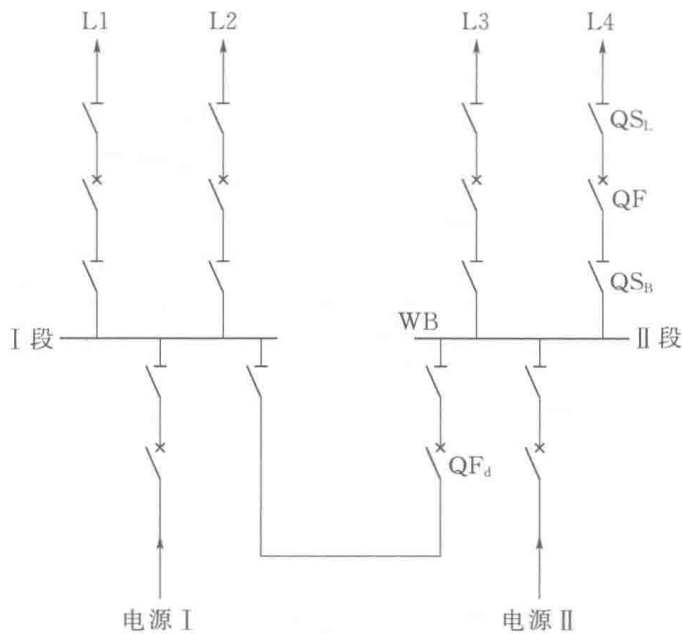


图 1-2 单母线分段接线

(3) 双母线接线。双母线接线设置有两组母线，其间通过母线联络断路器相连，每回进出线均经一台断路器和两组母线隔离开关分别接至两组母线，可双母线同时工作也可一工作一备用，接线方式如图 1-3 所示。

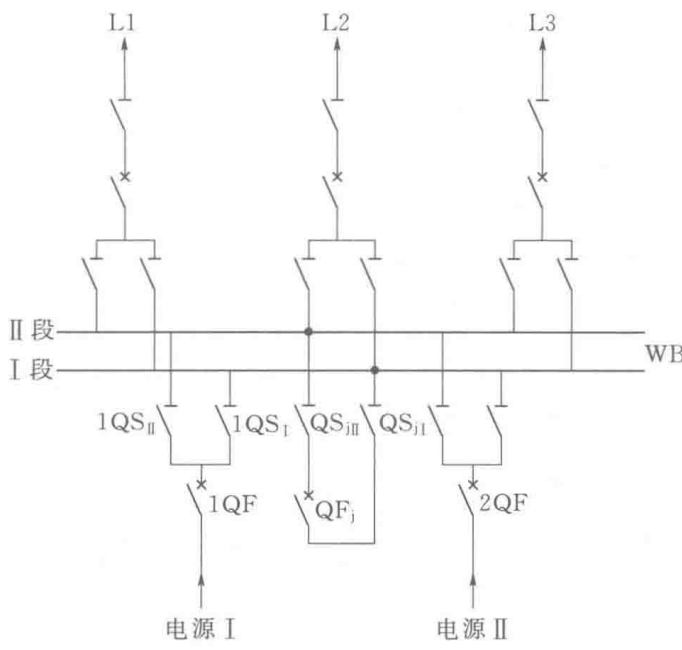


图 1-3 双母线接线

1) 优点：①通过两组母线隔离开关的倒换操作，可以轮流检修一组母线而不致使供电中断；②一组母线故障后，厂站能迅速恢复供电；③检修任

一回路的母线隔离开关不断电，只需断开此隔离开关所属的一条电路和与此隔离开关相连的该组母线，其他电路均可通过另一组母线继续运行；④检修任一线路断路器时可以用母联断路器代替其工作。各个电源和各回路负荷可以任意分配到某一组母线上，能灵活地适应系统中各种运行方式调度和潮流变化的需要；⑤通过倒换操作可以组成各种运行方式。

2) 缺点：①每增加一个回路就需要增加一组母线隔离开关；②当母线故障或检修时，隔离开关作为倒换操作电器，容易误操作；③为了避免隔离开关误操作，需要在隔离开关和断路器之间装设连锁装置；④检修回路断路器仍然需要短时停电（加临时跨条操作）。

(4) 双母线分段接线。接线方式如图 1-4 所示。

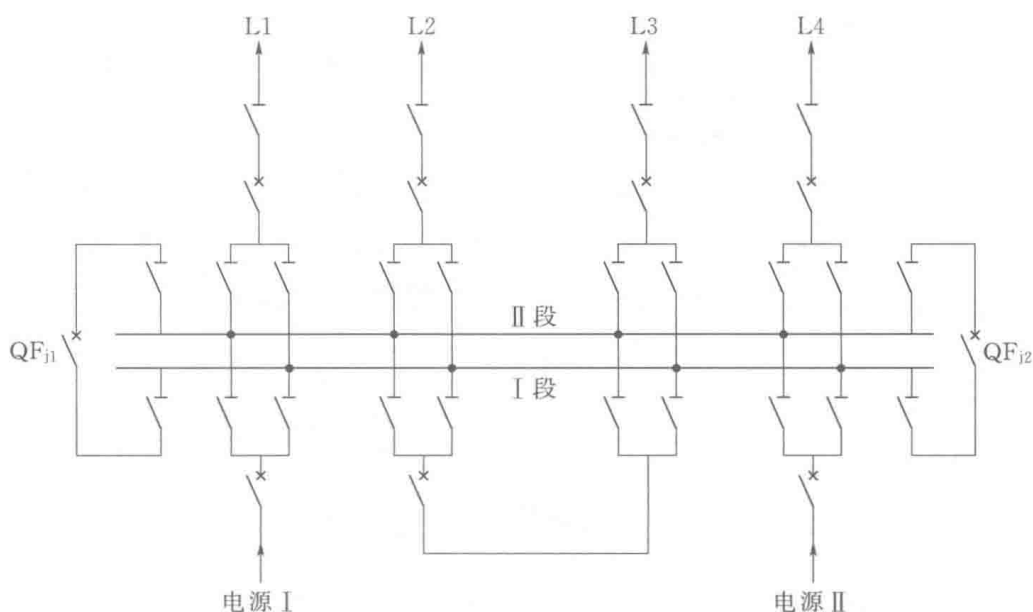


图 1-4 双母线分段接线

优点：与双母线接线相同，但是可靠性比双母线接线更高，缩小了母线的停电范围。

(5) 增设旁路母线的接线。为了保证采用单母线分段或双母线的配电装置，在进出线断路器检修时（包括其保护装置的检修和调试），不中断对用户的供电，可增设旁路母线或旁路隔离开关，如图 1-5 和图 1-6 所示。

(6) 一台半断路器接线（3/2 接线）。接线方式如图 1-7 所示。

1) 优点：①运行方式灵活，可靠性高；每回出线由两台断路器供电，一母线故障由另一条母线供电；②操作检修方便，隔离开关只做检修时隔离电压，没有复杂的倒闸操作，检修任意母线和断路器时进出线回路都不需要

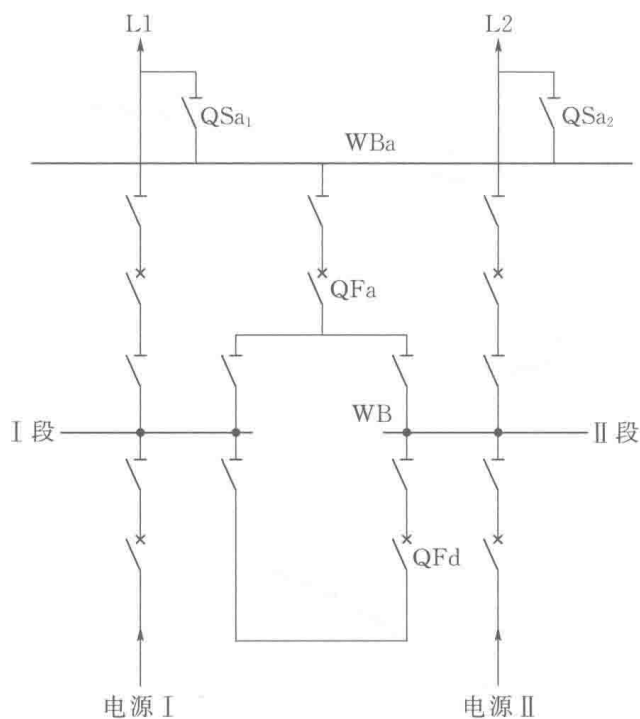


图 1-5 单母线分段带旁路

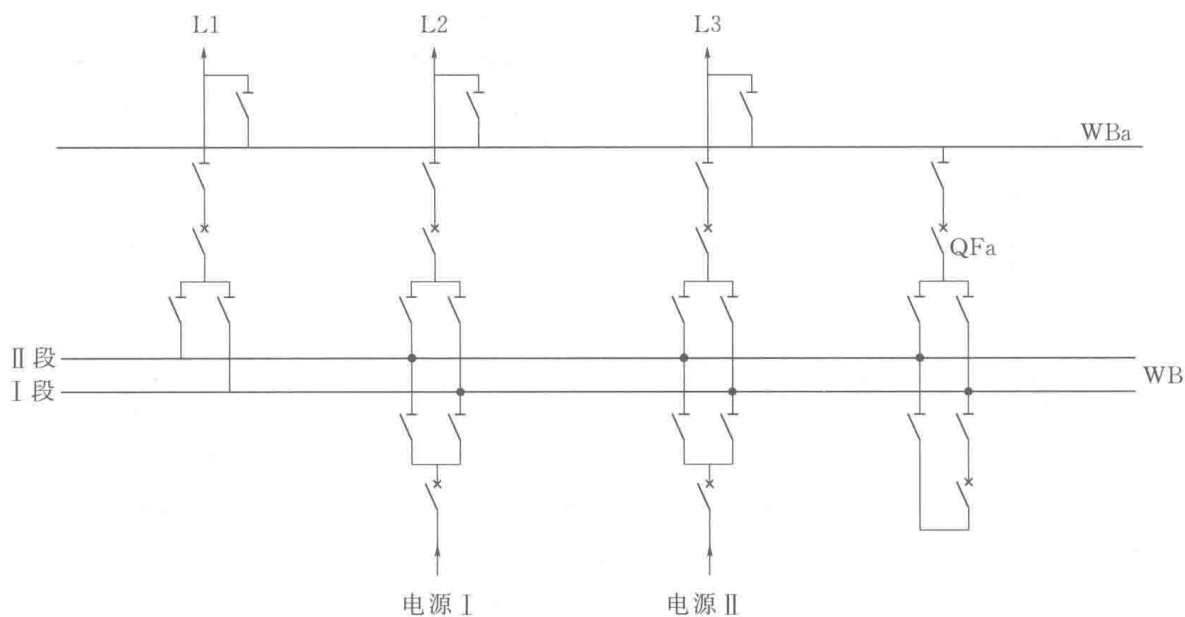


图 1-6 双母线接线带旁路