



中国  
电力企业  
联合会

CHINA  
ELECTRICITY  
COUNCIL

# 电网技术改造和检修项目 工程造价培训教材

## 变 电 站

电力工程造价与定额管理总站 编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国  
电力企业  
联合会

CHINA  
ELECTRICITY  
COUNCIL

# 电网技术改造和检修项目 工程造价培训教材

## 变电站

电力工程造价与定额管理总站 编

常州大学图书馆  
藏书章



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为配合电网检修和技术改造工程定额和费用计算规定的试行,电力工程造价与定额管理总站组织编写了电网技术改造和检修项目工程造价系列培训教材,包括《工程造价综合知识》、《变电站》和《输电线路》三册。

本册为《变电站》,详细介绍了变电站的基础知识,变电站技术改造工程和检修工程的概预算编制和定额套用等,并附以详细的案例。

本书可供从事变电站的技经人员学习、参与。

### 图书在版编目(CIP)数据

变电站/电力工程造价与定额管理总站编. —北京:中国电力出版社, 2011.10

电网技术改造和检修项目工程造价培训教材

ISBN 978-7-5123-2180-9

I. ①变… II. ①电… III. ①变电所—技术培训—教材  
IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 202938 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 534 千字

印数 0001—3000 册 定价 95.00 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
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

# 《电网技术改造和检修项目工程造价培训教材》

## 编写委员会

主 任	魏昭峰					
副 主 任	郭 玮	葛兆军	成 卫	陈建福	李品清	
	张印明					
委 员	张天文	张慧翔	周新风	许子智	温卫宁	
	方森华	董士波	褚得成	李大鹏	张盛勇	

## 编 写 组

组 长	张天文					
副 组 长	董士波	李春和	李大鹏			
成 员	张启华	全成浩	任兆龙	李彦平	张盛勇	
	李炳华	牛建新	徐福革	赵兴锁	吴 旭	
	张 伟	王玉兵	焦艳燕	周宝明	戴广华	
	白 静	潘 进	广巍巍	张 镭	高 扬	
	常开飞	李圣君	高 峰			
特聘专家	刘 薇	孔 湧	段卫国	文上勇	罗智丽	
	赖启杰	金耀谦	李树阳	史 哲	杨树权	
	陈学中					

## 本册编审人员

主 编 张印明

副主编 牛建新 白 静 吴 旭 王玉兵 潘 进  
常开飞

参编人员 李春和 张启华 全成浩 广巍巍 张 镭  
高 扬 李圣君 高 峰

主 审 方森华 孔 湧 段卫国 罗智丽 杨树权

# 前 言

电网检修和技术改造是电网生产运行中的常规性工作，工程项目数量多、影响面大。电网检修和技术改造工程的质量、工期和造价将直接影响电网企业的形象和经营效益。近年来，各电网公司对电网检修和技术改造工程造价的规范化管理工作都给予了高度重视，而随着电网规模的不断扩大，电网检修及技术改造任务也日益繁重。因此，各电网公司正在积极探索市场化的运作方式，并已经逐步开始将检修和技术改造工程通过招标方式委托专业公司承担。为进一步规范电网检修和技术改造工程的市场计价行为，合理确定工程造价，提高资金使用效益，促进电网健康发展，国家能源局于2010年8月颁布了《电网技术改造工程预算定额》、《电网检修工程预算定额》、《电网技术改造工程预算编制与计算标准》和《电网检修工程预算编制与计算标准》等，对电网检修和技术改造工程的概预算编制和审查工作进行统一规范。

为配合电网检修和技术改造工程定额和费用计算规定的试行，电力工程造价与定额管理总站认真贯彻国家能源局指示精神，落实工程造价“全生命周期管理”理念，创新思路，按照“四个服务”的要求，组织编写电网技术改造和检修项目工程造价系列培训教材。本套教材包括《工程造价综合知识》、《变电站》和《输电线路》三册，在范围上涵盖了电气工程、架空线路工程、电缆线路工程和通信工程等，在内容上较为详细地介绍了电网检修和技术改造工程在施工工艺、工程管理、新技术应用、概预算编制、定额套用、费用计算、工程结算和资金使用等方面的知识。

本套教材的编写组由电力工程造价与定额管理总站、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心和辽宁省电力有限公司大连培训中心抽调的专家组成。在本套教材成书过程中，得到了国家电网公司、中国南方电网有限责任公司等企业的大力支持和帮助，其中，东北电网有限公司、辽宁省电力有限公司、湖北省电力公司、广东电网有限公司和内蒙古电力建设定额站等单位为本教材的编写提供了大量的书面材料和图片资料。在此，我们向给予本套教材大力支持的各部门和企业表示衷心的感谢！

本册是《变电站》分册。内容共包括三篇，分别是基础知识篇、技术改造工程篇、检修工程篇。其中技术改造工程篇、检修工程篇以案例的形式详细介绍了电网技术改造、检修的常见项目种类、施工工序、施工内容、定额使用、工程量计算、费用计算等，并将工程中的常见问题及注意事项，在每一案例后逐一叙述，使初学者极易掌握其概预算编制的方法步骤。

本册第一~三章由吴旭编写，第五~十、十二章由牛建新编写，第十一章由张伟编写，第四、十三章由王玉兵编写，第三篇由白静编写。

由于编写组各位编写人员受知识水平和时间经验方面的限制，教材中难免有疏漏和不当之处，恳请广大读者和各位专家多提宝贵意见。

电力工程造价与定额管理总站

2011年8月

# 目 录

前言

## 第一篇 基础知识

<b>第一章 变电站基础知识</b> .....	3
第一节 概述 .....	3
第二节 变电站主要设备 .....	14
第三节 常用材料 .....	40
<b>第二章 设计基础知识</b> .....	53
第一节 电气工程图 .....	53
第二节 电气主接线图 .....	59
第三节 平面布置图 .....	59
第四节 配电装置断面图 .....	59
<b>第三章 变电站施工基础知识</b> .....	61
第一节 工程施工术语 .....	61
第二节 工程施工准备 .....	62
第三节 工程施工安排 .....	63
第四节 常用施工机具 .....	65
<b>第四章 通信工程基础知识</b> .....	73
第一节 通信系统概述 .....	73
第二节 通信工程设计 .....	85

## 第二篇 技术改造工程

<b>第五章 主变压器系统</b> .....	93
第一节 主变压器系统常见技术改造项目 .....	93



第二节	主变压器系统技改工程预算编制	94
<b>第六章</b>	<b>配电装置</b>	<b>107</b>
第一节	断路器技术改造项目	107
第二节	隔离开关技术改造项目	113
第三节	电流互感器技术改造项目	116
第四节	电压互感器技术改造项目	120
<b>第七章</b>	<b>无功补偿</b>	<b>124</b>
第一节	电抗器技术改造项目	124
第二节	电容器技术改造项目	128
<b>第八章</b>	<b>控制及直流系统</b>	<b>136</b>
<b>第九章</b>	<b>电缆</b>	<b>142</b>
<b>第十章</b>	<b>接地系统</b>	<b>150</b>
<b>第十一章</b>	<b>技术改造工程特殊措施</b>	<b>154</b>
第一节	安全隔离	154
第二节	过渡措施与停电方案	155
<b>第十二章</b>	<b>电网拆除工程</b>	<b>159</b>
第一节	主变压器系统常见技术改造项目拆除工程	159
第二节	配电装置	166
第三节	无功补偿	176
第四节	控制及直流系统常见技术改造项目拆除工程	182
第五节	电缆	186
第六节	照明及接地系统	190
<b>第十三章</b>	<b>通信工程</b>	<b>193</b>
第一节	通信设备	193
第二节	通信线路	199

### 第三篇 检 修 工 程

<b>第十四章</b>	<b>变压器检修</b>	<b>207</b>
第一节	变压器检修工程定额说明	207

第二节	变压器检修工程施工工艺	207
第三节	变压器检修工程预算编制	211
<b>第十五章</b>	<b>配电装置检修</b>	<b>244</b>
第一节	配电装置检修工程定额说明	244
第二节	断路器检修工程施工工艺	245
第三节	断路器检修工程预算编制	251
第四节	隔离开关检修工程施工工艺	274
第五节	隔离开关检修工程预算编制	277
第六节	互感器检修工程施工工艺	291
第七节	互感器检修工程预算编制	291
第八节	避雷器检修工程施工工艺	294
第九节	避雷器检修工程预算编制	294
<b>第十六章</b>	<b>母线、绝缘子检修</b>	<b>298</b>
第一节	母线、绝缘子检修工程定额说明	298
第二节	母线、绝缘子检修工程施工工艺	298
第三节	母线、绝缘子检修工程预算编制	299
<b>第十七章</b>	<b>电缆及接地检修工程</b>	<b>318</b>
第一节	电缆及接地检修工程定额说明	318
第二节	电缆及接地检修工程施工工艺	318
第三节	电缆及接地检修工程预算编制	319
<b>第十八章</b>	<b>交、直流系统工程预算编制</b>	<b>325</b>
第一节	交、直流系统检修工程定额说明	325
第二节	交、直流系统检修工程施工工艺	325
第三节	交、直流系统检修工程预算编制	325
<b>第十九章</b>	<b>二次、继电保护及仪表工程预算编制</b>	<b>331</b>
第一节	二次、继电保护及仪表工程定额说明	331
第二节	二次、继电保护及仪表工程施工工艺	331
第三节	二次、继电保护及仪表检修工程预算编制	331
<b>第二十章</b>	<b>通信工程</b>	<b>336</b>
第一节	通信检修	336
第二节	通信设备检修	337
第三节	通信线路检修	342
<b>参考文献</b>		<b>347</b>

# 第一篇

# 基础知识

电网技术改造和检修项目工程造价培训教材 变电站





## 第一章

## 变电站基础知识

## 第一节 概 述

## 一、变电站的作用

变电站是电力系统的重要组成部分，它直接影响整个电力系统的安全与经济运行，是联系发电厂和用户的中间环节，具有变换电压、接受和分配电能、控制电力的流向和调整电压的作用。目前我国变电站电压等级有 35、110（66）、220、330、500、750kV 和 1000kV，换流站电压等级有 $\pm 400$ 、 $\pm 500$ 、 $\pm 660$ kV 和 $\pm 800$ kV 等。

## 二、变电站的分类

根据划分方式的不同，可以分为以下两种。

## (一) 按照变电站在电力系统中的地位和作用划分

## 1. 枢纽变电站

枢纽变电站位于电力系统的枢纽点，电压等级一般为 330kV 以上，联系多个电源，出线回路多，变电容量大，供电范围广。若全站停电，将引起大面积停电或系统瓦解。因此枢纽变电站对电力系统运行的稳定和可靠性影响重大。

## 2. 中间变电站

中间变电站位于系统主干环形线路或系统主要干线的接口处，电压等级一般为 220~330kV，汇集 2~3 个电源和若干线路，高压侧以穿越功率为主，同时降压向地区用户供电。若全站停电，将引起区域电网的解列。

## 3. 地区变电站

地区变电站是一个地区或一个中、小城市的主要变电站，电压等级一般为 220kV。若全站停电，将造成该地区或城市供电的紊乱。

## 4. 企业变电站

企业变电站是大、中型企业的专用变电站，电压等级为 35~220kV，1~2 回进线。

## 5. 终端变电站

终端变电站在输电线路终端，接近负荷点，高压侧 10~110kV 引入线，经降压后直接向用户供电。若全站停电，只有终端用户停电。

## (二) 按照变电站安装位置划分

## 1. 户外变电站

户外变电站除控制、直流电源等设备放在户内外，变压器、断路器、隔离开关等主要设备均布置在户外。这种变电站建筑面积小、建设费用低。电压等级较高的变电站一般采用户外布置。

## 2. 户内变电站

户内变电站的主要设备均安装在户内，减少了总占地面积，但建筑费用较高。适建在市区居民密集地区或海岸、盐湖、化工厂及其他空气污秽等级较高的地区。

## 3. 地下变电站

在人口和工业高度集中的大城市，由于城市用电量、建筑物密集，将变电站设置在城市大建筑物、道路、公园的地下，可以减少占地面积。随着城市电网改造的发展，位于城区的变电站甚至是大型枢纽变电站将更多地采取这种形式。这种变电站多为无人值班变电站。

## 4. 箱式变电站

箱式变电站又称预装式变电站，是将变压器、高压开关、低压电器设备及其相互的连接和辅助设备组合，按主接线和元器件不同，以一定方式集中布置在一个或几个密闭的箱壳内。箱式变电站是由工厂设计和制造的，结构紧凑、占地少、可靠性高、安装方便，可广泛应用于居民小区和公园等场所。

箱式变电站一般容量不大，电压等级一般为 3~35kV。箱式变电站按照装设位置的不同可分为户外和户内两种类型。

## 5. 移动变电站

移动变电站将变电设备安装在车辆上，以供临时或短期用电场所的需要。

### 三、变电站常用布置方式

(1) 按照建筑形式和电气设备布置方式，变电站可以分为户内型和户外型两种布置方式。

1) 户内型布置。户内型布置又分为全户内布置和半户内布置。

全户内布置方式是指主变压器、配电设备等全部配电装置均为户内布置。主变压器防噪声问题一向比较难解决，全户内布置能较好地解决主变压器噪声问题，但由于采用了密封防火门，同时又产生了通风散热问题。这种情况下，要在主变压器室屋顶开通风口配以轴流风机，强迫空气流动来达到通风目的。

半户内布置方式就是指除主变压器以外的全部配电装置集中布置在一幢主厂房不同楼层的布置方式。这种布置方式具有全户内布置变电站节约占地面积、与周围环境协调美观、设备运行条件好的优点，同时具有户外布置变电站工程造价低廉的优点。

与全户内布置方式相比，半户内布置方式配电装置的布置方式和运行条件相同，区别主要在于主变压器的布置方式。由于半户内布置方式将主变压器安装在户外，取消了变压器室，减少了土建工程量，缩短了建设周期，又减少了通风散热、消防灭火系统的资金投入，从而降低了变电站的造价。对于变压器的户外布置，可以通过选用低损耗、低噪声自冷式变压器，并在布置时考虑尽量远离噪声敏感区或通过厂房、道路、绿化等屏障的方式来降低噪声影响。

2) 户外型布置。户外型布置是指主变压器、配电设备等全部配电装置均为户外布置。与户内型布置相比，户外型布置具有土建工作量和费用小、建设周期短，扩建比较方便的优点；但缺点是设备占地面积大，一般适合于建设在城市中心区以外的土地资源比较宽松的地方，且受外界环境影响，设备运行条件较差，不良气候对设备维修和操作有较大影响。

(2) 根据布置型式，屋内配电装置可以分为三层式、二层式和单层式布置。

1) 三层式。三层式是将所有电气设备依其轻重分别布置在各层中，具有安全、可靠性高、

占地面积少等优点，但其结构复杂、施工时间长、造价较高，检修和运行维护较繁琐，目前已较少采用。

2) 二层式。二层式是将断路器和电抗器布置在第一层，将母线、母线隔离开关等较轻设备布置在第二层。与三层式相比，它的造价较低，运行维护和检修较方便，但占地面积有所增加。三层式和二层式均适用于出线有电抗器的情况。

3) 单层式。单层式占地面积较大，通常采用成套开关柜以减少占地面积。

(3) 根据电气设备和母线布置的高度，屋外配电装置布置可分为中型、高型和半高型布置。

1) 中型配电装置布置。这种布置方式是将所有电气设备都安装在同一水平面内，并装在一定高度的基础上，使带电部分对地保持必要的高度，以便工作人员能在地面上安全活动。母线所在的水平面稍高于电气设备所在的水平面，母线和电气设备均不能上下重叠布置。

中型配电装置布置比较清晰，不易误操作，运行可靠，施工和维护方便，造价较低，并有多年的运行经验；其缺点是占地面积过大。

2) 高型配电装置布置。这种布置方式是将一组母线及隔离开关与另一组母线及隔离开关上下重叠布置，可以节省占地面积约 50%，但耗用钢材较多，造价较高，操作和维护条件较差。

高型配电装置布置按其结构的不同，可分为单框架双列式、双框架单列式和三框架双列式。

a. 单框架双列式。这种布置方式是将两组母线及其隔离开关上下重叠布置在一个高型框架内，而旁路母线架（供布置旁路母线用）不提高，成为单框架结构，断路器为双列布置。

b. 双框架单列式。这种布置方式是除将两组母线及其隔离开关上下重叠布置在一个高型框架内外，再将一个旁路母线架提高且并列设在母线架的出线侧，也就是两个高型框架合并成为双框架结构，断路器为单列布置。

c. 三框架双列式。这种布置方式是除将两组母线及其隔离开关上下重叠布置在一个高型框架内外，再把两个旁路母线架提高，并列设在母线架的两侧，也就是三个高型框架合并成为三框架结构，断路器为双列布置。

3) 半高型配电装置布置。这种布置方式是将母线置于高一层的水平面上，与断路器、电流互感器、隔离开关上下重叠布置，其占地面积比普通中型减少约 30%。半高型配电装置介于高型和中型之间，具有两者的优点，除母线隔离开关外，其余部分与中型布置基本相同，运行维护仍较方便。

(4) 根据配电装置的型式可分为罐式断路器、AIS、GIS 和 HGIS 等。

1) 罐式断路器是以六氟化硫（ $\text{SF}_6$ ）气体作为内绝缘和灭弧介质，以金属作为外壳并直接接地的断路器。

2) 空气绝缘的敞开式配电装置（Air Insulated Switchgear, AIS）以瓷套作为设备外壳及外绝缘。其特点是外绝缘距离大、占地面积大、投资少、安装简单、可视性好，但因设备外露部件多，易受气候环境条件的影响，不利于系统的安全及可靠运行。

3) 全封闭组合电器（Gas Insulated Switchgear, GIS）是将变电站中除变压器以外的一次设备，包括断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线、电缆终端、进出线套管等，经优化设计有机地组合成一个整体，如图 1-1 所示。与常规设备相比，

GIS 占地面积及体积小；GIS 还具有运行安全可靠、维护工作量少、检修周期长或不需要检修等优点。

4) 复合绝缘组合电器 (Hybrid Gas Insulated Switchgear, HGIS) 采用了 GIS 主要设备, 但不含母线, 是结合敞开式开关设备的特点而布置的混合型 GIS 产品, 如图 1-2 所示。其主要特点是将 GIS 形式的断路器、隔离开关、接地开关、快速接地开关、电流互感器等元件分相组合在金属壳体内, 由出线套管通过软导线连接敞开式母线及敞开式电压互感器、避雷器布置而成的混合型配电装置。

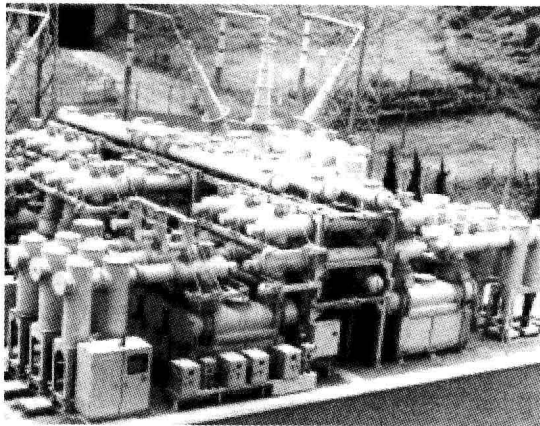


图 1-1 GIS



图 1-2 HGIS

#### 四、电气主接线

电气主接线是由各种电气设备的图形符号和连接线组成的电路。它不仅表示各种电气设备的规格、数量、连接方式和作用, 而且反映了各电力回路的相互关系和运行条件, 构成变电站电气部分的主体。

目前常用的主接线形式有单母线接线、双母线接线、一个半断路器接线、无母线接线等。

##### (一) 单母线接线

##### 1. 不分段单母线接线

图 1-3 所示是不分段单母线接线电路图。变压器或其他电源都接到一组母线上, 向母线输送电能。所有引出线也都接到同一组母线上, 由母线送出电能。

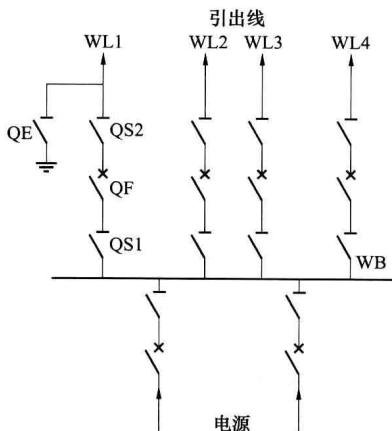


图 1-3 不分段单母线接线

为了在正常情况下接通或断开电路, 并在故障情况下自动切断故障电流, 每一电源回路和出线回路中都装有断路器 QF。为了在检修断路器时保证检修人员的安全, 断路器两侧都装有隔离开关 QS, 靠母线侧的是母线隔离开关 QS1, 出线回路中靠线路侧的是线路隔离开关 QS2。应该说明的是, 如果出线的另一端没有电源, 也就是没有倒送电可能时, 可以不装设线路隔离开关, QE 是线路隔离开关的接地开关, 可在线路检修时替代临时接地线。

接通电路时, 应先合断路器两侧的隔离开关, 再合断路



器；切断电路时，应先断开断路器，再断开断路器两侧的隔离开关。必须严格遵守这样的操作顺序，否则会造成带负荷合隔离开关或断开隔离开关，将造成误操作事故。为了防止误操作，断路器和隔离开关的操动机构之间应加装闭锁装置。

不分段单母线接线的优点是：接线简单、操作方便，所用电气设备少，配电装置的建造费用低，且母线便于向两端延伸，扩建方便。

它的缺点是供电的可靠性和灵活性差。① 检修出线回路的断路器时，该回路要停电直至断路器检修工作完成，也就是要长期停电。② 母线或母线隔离开关检修或故障时，所有回路都要停止工作。

综上所述，这种接线形式一般只用在出线回路少，并且没有重要负荷的变电站中。

## 2. 分段单母线接线

为了克服不分段单母线接线的一些缺点，可以用断路器将母线分段，如图 1-4 所示。母线可以分为两段或三段，根据电源的数目和功率而定。分段断路器 QFd 两侧装有隔离开关，供该断路器检修时用。

分段断路器在正常工作时，可以投入也可以断开。如果正常工作时 QFd 是接通的，则当任一段母线故障时，母线保护动作，将 QFd 和连接在故障母线段上的电源断路器断开，这样非故障母线段仍能工作。当一分段母线的电源断开时，连接在该母线段上的出线可通过 QFd 从另一段母线上得到供电。如果正常工作时 QFd 是断开的，当一段母线故障时，连在故障母线段上的电源断路器在保护的作用下跳开，非故障母线段仍能照常工作。但当一分段母线的电源断开时，连接在该母线段上的出线会全部停电。

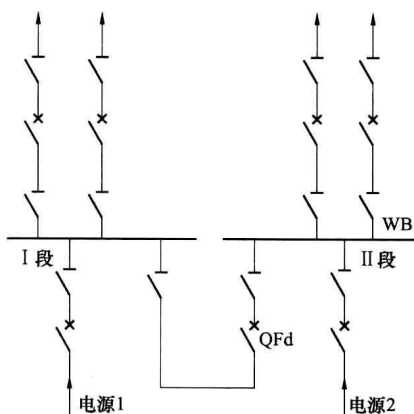


图 1-4 分段单母线接线

分段单母线接线的优点是：接线比较简单，操作方便，可靠性有所提高，且调度简单、扩建方便；另外，如果出线回路较多，增加的投资数比例不高。因此，中、小型变电站中广泛采用此种接线方式。

但是对重要负荷必须采用两条出线供电，可靠性受到限制。所以，在重要负荷的出线回路较多、供电容量较大的场合，一般不予采用。

## 3. 分段单母线带旁路母线的接线

为了在回路断路器检修时不致使该回路的供电中断，可以设置旁路母线。图 1-5 所示是分段单母线带旁路母线的接线。接线中设有旁路母线 W5，在各出线回路的线路隔离开关的外侧都装有旁路隔离开关 QS15，使旁路母线能与各出线回路相连。在 I、II 段母线上分别装有旁路断路器 QF1p 和 QF2p；各旁路断路器的两侧装有隔离开关，供旁路断路器检修时用。在正常工作时，旁路断路器 QF1p、QF2p、其两侧的隔离开关以及各出线回路上的旁路隔离开关，都是断开的。

当检修出线 WL1 的断路器 QF1 时，首先合上旁路断路器 QF1p 两侧的隔离开关，再合上旁路断路器 QF1p，检查旁路母线 W5 是否完好。如果旁路母线有故障，QF1p 合上后会自动断开，就不能使用旁路母线；如果旁路母线是完好的，QF1p 合上后不跳开，就能进行下面