



国家电网
STATE GRID

配电网调控人员 培训手册

国家电力调度控制中心 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网
STATE GRID

配电网调控人员 培训手册

国家电力调度控制中心 编

常州大学图书馆
藏书章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

配电网调控人员培训手册 / 国家电力调度控制中心编.
—北京: 中国电力出版社, 2016.2

ISBN 978-7-5123-8921-2

I. ①配… II. ①国… III. ①配电系统-控制-技术
培训-手册 IV. ①TM727-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 029879 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

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 262 千字
印数 00001—27000 册 定价 96.00 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

评审委员会

主任委员 陈国平

副主任委员 许洪强

委 员 周 济 高 军 朱 斌 吴 奕

编写委员会

主任委员 周 济

副主任委员 李 晨 吴 奕

委 员 鲍丽山 徐晓春 封 波 崔慧军

游大宁 吴华华 韩思维 钟海亮

李翼铭 臧宝国 孙昕杰 汤继刚

王安春 汤同峰 崔树春 刘 杨

伦 涛 赵瑞娜 贾 强 陈文进

丁宏恩 周科峰 张 引

前 言

“十二五”期间，国家电网公司各级调控机构全面推进“大运行”体系建设，通过变革组织架构、创新管理方式、优化业务流程，进一步推进调控管理向纵深发展。为进一步夯实“大运行”体系建设成果，提升配电网调控运行及管理水平，增强专业技术力量，全面适应现代配电网快速发展要求，国家电力调控中心组织编写了《配电网调控人员培训手册》。

本手册共分为配电网基础知识、配电网调控管理两大部分，第一部分包括六章，从配电网概述、一次设备、继电保护、配电自动化、分布式电源和配电网抢修指挥业务简介等六个方面，详细介绍了与配电网调控相关的各类配电网名词、设备、技术、系统、业务等知识。第二部分包括六章，从调控运行、方式计划、继电保护、配电自动化、分布式电源、配电网抢修指挥管理等六个方面，详细介绍了配电网调控的相关管理规定、业务流程。

本手册参考了现行的国家标准、行业标准和企业标准以及配电网相关资料，各类标准有变更的，以新标准为准。

本手册作为国家电网公司各级调控机构配电网调控运行和管理专业人员的学习和培训参考资料。

由于编写时间仓促，书中难免存在不妥或疏漏之处，恳请读者批评指正，以便进一步完善。

编 者

2015 年 10 月

前言

第一部分 配电网基础知识

第一章 配电网概述	2
第一节 配电网的定义	2
第二节 配电网的分类和特点	3
第三节 供电区域划分	4
第四节 负荷的分类	5
第五节 配电网的基本要求	6
第六节 配电网的结构	9
第二章 配电网一次设备	14
第一节 概述	14
第二节 配电网架空线路	14
第三节 配电网电缆线路	20
第四节 配电网开关类设备	27
第五节 配电变压器	37
第六节 配电网的防雷保护	48
第三章 配电网继电保护	55
第一节 继电保护概述	55
第二节 变电站主要保护	57
第三节 配电网主要保护	62
第四章 配电自动化	65
第一节 配电自动化概述	65

第二节	配电网自动化主站系统	70
第三节	智能配电网展望	84

第五章 分布式电源 89

第一节	分布式电源的概述	89
第二节	分布式电源接入电网的技术原则	93
第三节	分布式电源接入电网的典型接线方式	99

第六章 配电网抢修指挥业务简介 100

第一节	配电网抢修指挥的定义	100
第二节	配电网抢修指挥业务的调整历程	101
第三节	配电网抢修指挥业务的业务范围	101
第四节	故障研判技术介绍	102

第二部分 配电网调控管理

第一章 调控运行管理 108

第一节	配电网调控管理	108
第二节	设备运行管理	112
第三节	调控操作管理	114
第四节	新设备接入管理	119
第五节	配电网事故处理	121

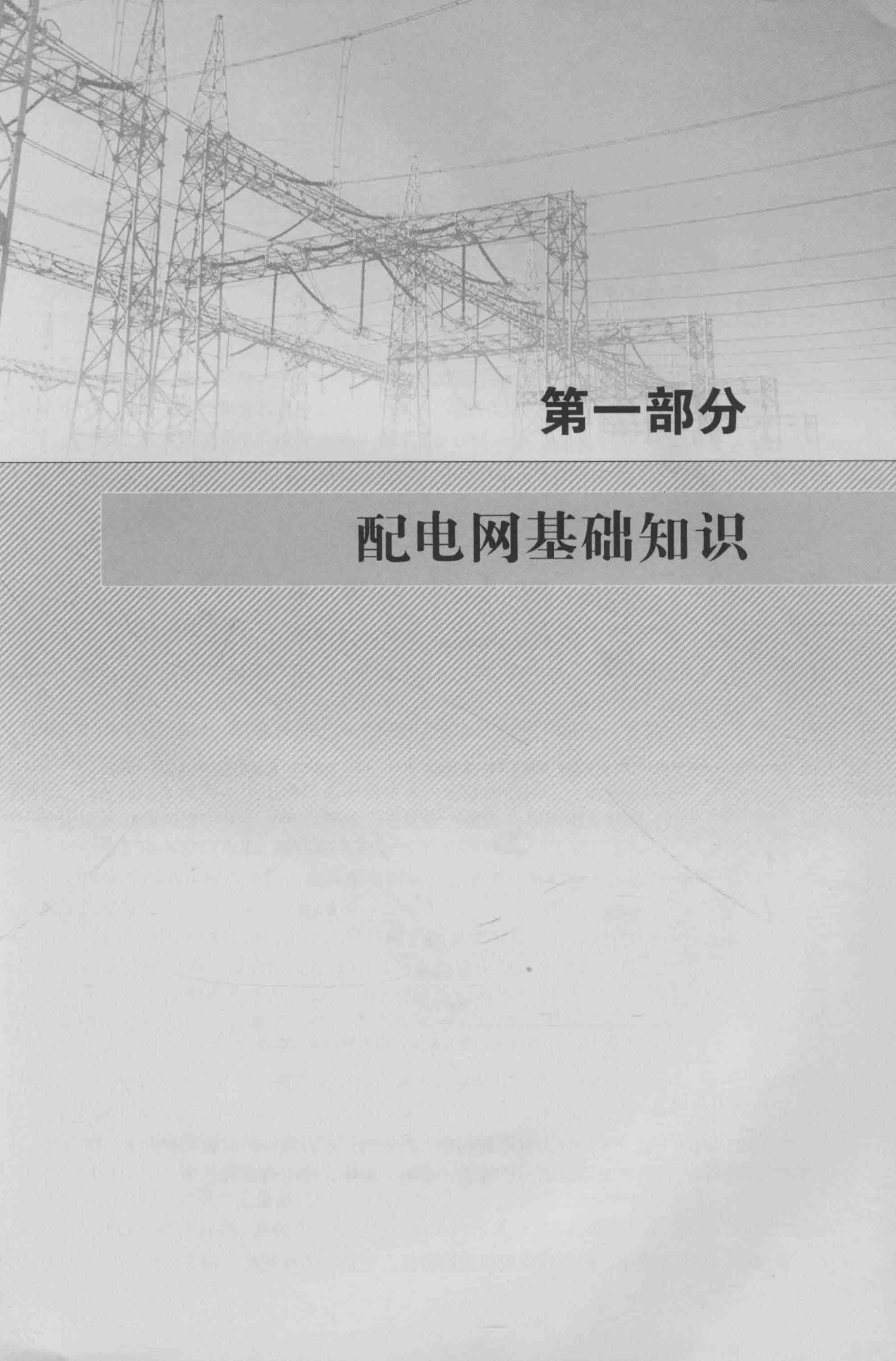
第二章 方式计划管理 126

第一节	配电网方式安排原则	126
第二节	配电网计划编制原则	129

第三章 继电保护管理 131

第一节	配置要求	131
第二节	整定原则	134
第三节	运行管理要求	139

» 第四章 配电自动化管理	141
第一节 配电自动化配置要求	141
第二节 配电自动化标准化建设要求	143
第三节 配电自动化运维管理	149
» 第五章 分布式电源调度运行管理	152
第一节 分布式电源并网与调试管理	152
第二节 分布式电源运行管理	153
» 第六章 配电网抢修指挥管理	156
第一节 配电网抢修指挥工单流转	156
第二节 生产类停送电信息报送	164
第三节 配电网抢修指挥管理措施	167
第四节 配电网抢修指挥统计评价参考指标	168
参考文献	170



第一部分

配电网基础知识

第一章 配电网概述

第一节 配电网的定义

电能是一种应用广泛的能源，其生产（发电厂）、输送（输配电线路）、分配（变电站）和消费（电力客户）的各个环节有机地构成一个系统。如图 1.1 所示。

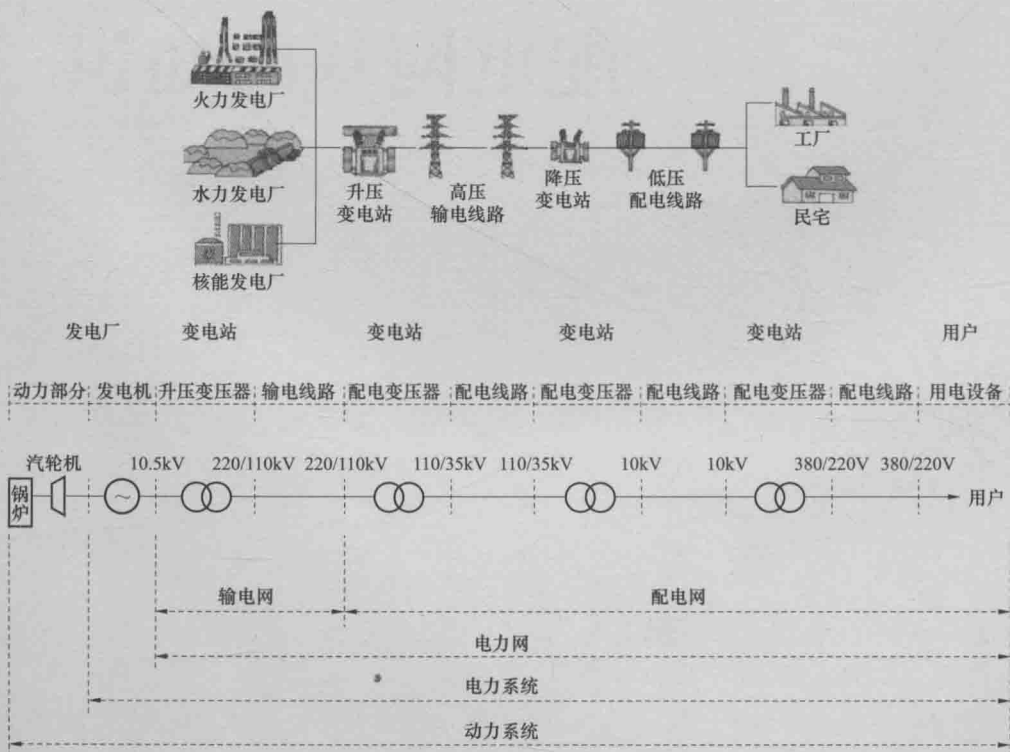


图 1.1 动力系统、电力系统、电力网组成示意图

一、动力系统

由发电厂的动力部分（如火力发电的锅炉、汽轮机，水力发电的水轮机和水库，核力发电的核反应堆和汽轮机等）以及发电、输电、变电、配电、用电组成的整体。

二、电力系统

由发电、输电、变电、配电和用电组成的整体，它是动力系统的一部分。

三、电力网

电力系统中输送、变换和分配电能的部分，它包括升、降压变压器和各种电压等级的输电线路，它是电力系统的一部分。电力网按其电力系统的作用不同分为输电网和配电网。

(1) 输电网。以高压(220kV)、超高电压(330kV、500kV、750kV)、特高压(交流1000kV、直流 ± 800 kV)输电线路将发电厂、变电站连接起来的输电网络，是电力网中的主干网络。

(2) 配电网。从电源侧(输电网和发电设施)接受电能，并通过配电设施就地或逐级分配给各类用户的电力网络。配电网涉及高压配电线路和变电站、中压配电线路和配电变压器、低压配电线路、用户和分布式电源等四个紧密关联的层次。对配电网的基本要求主要是供电的连续性、可靠性、合格的电能质量和运行的经济性等。

第二节 配电网的分类和特点

一、配电网的分类

配电网按电压等级的不同，可又分为高压配电网(110kV、63kV、35kV)、中压配电网(20kV、10kV、6kV、3kV)和低压配电网(220V/380V)；按供电地域特点不同或服务对象不同，可分为城市配电网和农村配电网；按配电线路的不同，可分为架空配电网、电缆配电网以及架空电缆混合配电网。

(1) 高压配电网。指由高压配电线路和相应等级的配电变电站组成的向用户提供电能的配电网。其功能是从上一级电源接受电能后，直接向高压用户供电，或通过变压器为下一级中压配电网提供电源。高压配电网分为110/63/35kV三个电压等级，城市配电网一般采用110kV作为高压配电电压。高压配电网具有容量大、负荷重、负荷节点少、供电可靠性要求高等特点。

(2) 中压配电网。指由中压配电线路和配电变电站组成的向用户提供电能的配电网。其功能是从电源侧(输电网或高压配电网)接受电能，向中压用户供电，或向用户用电小区负荷中心的配电变电站供电，再经过降压后向下一级低压配电网提供电源。中压配电网具有供电面广、容量大、配电点多等特点。我国中压配电网一般采用10kV为标准额定电压。

(3) 低压配电网。指由低压配电线路及其附属电气设备组成的向用户提供电能的配电网。其功能是以中压配电网的配电变压器为电源，将电能通过低压配电线路直接送给用户。低压配电网的供电距离较近，低压电源点较多，一台配电变压器就可作为一个低压配电网的电源，两个电源点之间的距离通常不超过几百米。低压配电线路供电容量不大，但分布面广，除一些集中用电的用户外，大量是供给城乡居民生活用电及分散的街道照明用电等。低压配电网主要采用的三相四线制、单相和三相三线制组成的混合系统。我国规定采用单相220V、三相380V的低压额定电压。

二、配电网的特点

- (1) 供电线路长，分布面积广。
- (2) 发展速度快，用户对供电质量要求高。
- (3) 对经济发展较好地区配电网设计标准要求高，供电的可靠性要求较高。
- (4) 农网负荷季节性强。
- (5) 配电网接线较复杂，必须保证调度上的灵活性、运行上的供电连续性和经济性。
- (6) 随着配电网自动化水平的提高，对供电管理水平的要求越来越高。

第三节 供电区域划分

一、供电区域划分

按照“统筹城乡电网、统一技术标准、差异化指导规划”的思想，国家电网公司明确了供电区域划分原则，并将公司经营区分为A+、A、B、C、D、E六类供电区域。

供电区域划分主要依据行政级别或规划水平年的负荷密度，也可参考经济发达程度、用户重要程度、用电水平、国内生产总值（GDP）等因素确定，如表1.1所示。

表 1.1 供电区域划分表

供电区域		A+	A	B	C	D	E
行政级别	直辖市	市中心区 或 $\sigma \geq 30$	市区 或 $15 \leq \sigma < 30$	市区 或 $6 \leq \sigma < 15$	城镇 或 $1 \leq \sigma < 6$	农村 或 $0.1 \leq \sigma < 1$	—
	省会城市、 计划单列市	$\sigma \geq 30$	市中心区 或 $15 \leq \sigma < 30$	市区 或 $6 \leq \sigma < 15$	城镇 或 $1 \leq \sigma < 6$	农村 或 $0.1 \leq \sigma < 1$	—
	地级市（自 治州、盟）	—	$\sigma \geq 15$	市区 或 $6 \leq \sigma < 15$	城镇 或 $1 \leq \sigma < 6$	农村 或 $0.1 \leq \sigma < 1$	农牧区
	县（县级 市、旗）	—	—	$\sigma \geq 6$	城镇 或 $1 \leq \sigma < 6$	农村 或 $0.1 \leq \sigma < 1$	农牧区

注 1：σ 为供电区域的负荷密度（MW/km²）。

注 2：供电区域面积一般不小于 5km²。

注 3：计算负荷密度时，应扣除 110（66）kV 专线负荷，以及高山、戈壁、荒漠、水域、森林等无效供电面积。

- (1) A+类供电区主要为直辖市的市中心区，以及省会城市（计划单列市）高负荷密度区；
- (2) A 类供电区主要为省会城市（计划单列市）的市中心区、直辖市的市区以及地级市的高负荷密度区；
- (3) B 类供电区主要为地级市的市中心区、省会城市（计划单列市）的市区，以及经济发达县的县城；
- (4) C 类供电区主要为县城、地级市的市区以及经济发达的中心城镇；

- (5) D类供电区主要为县城、城镇以外的乡村、农林场；
- (6) E类供电区主要为人烟稀少的农牧区。

市中心区指市区内人口密集以及行政、经济、商业、交通集中的地区；市区指城市的建成区及规划区，一般指地级市以“区”建制命名的地区，其中直辖市的远郊区（即由县改区的）仅包括区政府所在地、经济开发区、工业园区范围；城镇指县（包括县级市）的城区及工业、人口相对集中的乡、镇地区；农村指城市行政区内的其他地区，包括村庄、大片农田、山区、水域等。

二、供电区域规划目标

为逐步与国际接轨，建设世界一流现代配电网，各类供电区域供电可靠性目标值的选取，主要参考国外经济发达国家（地区）的供电可靠性水平及国内供电可靠性的现状水平综合得出。各省级公司应在供电可靠性规划目标的基础上，结合电网发展情况，进一步提出辖区内各类供电区域的供电可靠性规划目标。各类供电区域应满足表 1.2 中的规划目标。

表 1.2 规 划 目 标

供电区域	供电可靠率（RS-3）（%）	综合电压合格率（%）
A+	用户年平均停电时间不高于 5min（≥99.999）	≥99.99
A	用户年平均停电时间不高于 52min（≥99.990）	≥99.98
B	用户年平均停电时间不高于 3h（≥99.965）	≥99.95
C	用户年平均停电时间不高于 9h（≥99.897）	≥99.70
D	用户年平均停电时间不高于 15h（≥99.828）	≥99.30
E	不低于向社会承诺的指标	不低于向社会承诺的指标

注 1：RS-3 计及故障停电和预安排停电（不计系统电源不足导致的限电）。

注 2：用户年平均停电次数目标宜结合配电网历史数据与用户可接受水平制定。

注 3：各类供电区域宜由点至面、逐步实现相应的规划目标。

供电可靠性指标主要包括用户年平均停电时间、用户年平均停电次数等。在低压用户供电可靠性统计工作普及后，可靠性指标应以低压用户作为统计单位，口径与国际惯例接轨。

第四节 负 荷 的 分 类

一、用电负荷的分类

电力负荷是指依法与供电企业建立供用电合同关系的电能消费者。所有的负荷表现形式为消耗电能，但就其性质而言却有所不同，把具有不同性质的负荷进行区分，称为负荷的分类。

把电力负荷与供电可靠性的要求相结合，以及中断供电后将会对政治、经济及社会生活

所造成损失或影响的程度进行区分，可以分为下列三级：

1. 一级负荷

一级负荷是指突然停电将会造成人身伤亡，或在经济上造成重大损失，或在政治上造成重大不良影响、公共秩序严重混乱、造成环境严重污染的这类负荷。如重要交通和通信枢纽用电负荷、重点企业中的重大设备和连续生产线、政治和外事活动中心等。

2. 二级负荷

二级负荷是指突然停电将在经济上造成较大损失，或在政治上造成不良影响、公共秩序混乱的这类负荷。如突然停电将造成主要设备损坏、大量产品报废、造成环境污染、大量减产的工厂用电负荷，交通和通信枢纽用电负荷，大量人员集中的公共场所等。

3. 三级负荷

三级负荷是指不属于一级和二级的这类负荷。

二、用电负荷的一般供电要求

(1) 一级负荷应由两路电源供电。供同一用户的两路电源不应该是单杆双回路架设，也不能出自电源的同一条母线。一级负荷中的特别重要负荷必须增设自备应急电源，也可以由第三路电源供电作为备用电源。

(2) 二级负荷宜由两路电源供电，当其中一路电源中断供电时，另一路电源应该能满足全部或部分负荷的供电需要。用户也可以增设自备应急电源或其他应急措施。

(3) 三级负荷一般只有一路电源供电，视需要可以自备应急电源。

所有装设自备应急电源的用户，供电部门都应该有详细的记录。

第五节 配电网的基本要求

配电网应安全、可靠、经济地向用户供电，具有必备的容量裕度、适当的负荷转移能力、一定的自愈能力和应急处理能力、合理的分布式电源接纳能力。

一、安全技术要求

(1) 保证持续供电是对配电网的第一要求。因为电能的生产、供应和用电几乎是瞬间同时完成的，电能的中断或减少直接影响国民经济生产各部门及人们的生活需要。因此，必须对配电设备和用户实施不间断供电。

(2) 及时发现网络的非正常运行情况和设备存在的缺陷情况是对配电网的第二要求。因为网络处于异常运行情况或设备存在某些缺陷时，配电网还是可以继续运行一段时间，但是不及时发现这些问题就会使运行环境恶化，导致发生电力事故。

(3) 迅速隔离故障、最大限度地缩小停电范围，满足灵活供电需要是对配电网的第三要求。因为一旦发生故障（如短路），断路器就会跳闸，如果重合不成功就会造成较大面积的停电，此时需要迅速发现并隔离故障，缩小停电范围，保证其他用户可以继续安全、可靠地用电。

二、供电安全水平要求

配电网供电安全水平应符合 DL/T 256《城市电网供电安全标准》的要求，不同电压等级配电网单一元件故障停运后，允许损失负荷的大小及恢复供电的时间。配电网供电安全标准的一般原则为：接入的负荷规模越大、停电损失越大，其供电可靠性要求越高、恢复供电时间要求越短。根据组负荷（负荷组的最大负荷）规模的大小，配电网的供电安全水平可分为三级，如表 1.3 所示。

表 1.3 配电网的供电安全水平

供电安全等级	组负荷范围 (MW)	对应范围	单一故障条件下组负荷的停电范围及恢复供电的时间要求
1	≤2	低压线路、配电变压器	维修完成后：恢复对组负荷的供电
2	2~12	中压线路	a) 3h 内：恢复（组负荷 ~2MW）。 b) 维修完成后：恢复对组负荷的供电
3	12~180	变电站	a) 15min 内：恢复负荷 ≥min （组负荷 -12MW，2/3 组负荷）。 b) 3h 内：恢复对组负荷的供电

注：恢复时间设定。
注 1：15 分钟以内：有人值班变电站完成手动操作平均所需时间或馈线自动化完成远程操作所需时间，因此要求 A+、A 类供电区域全部实现馈线自动化。
注 2：3 小时内：依据国家电网公司供电服务“十项承诺”，供电抢修人员到达现场的时间一般不超过：城区范围 45min、农村地区 90min、特殊边远地区 2h，再加上现场手动操作的时间，人工到现场完成手动操作平均所需时间一般不超过 3h。

(1) 第一级供电安全水平要求：

对于停电范围不大于 2MW 的组负荷，允许故障修复后恢复供电，恢复供电的时间与故障修复时间相同。

该级停电故障主要涉及低压线路故障、配电变压器故障，或采用特殊安保设计（如分段及联络开关均采用断路器，且全线采用纵差保护等）的中压线段故障。停电范围仅限于低压线路或配电变压器故障所影响的负荷或特殊安保设计的中压线段，中压线路的其他线段不允许停电。

该级标准要求单台配电变压器所带的负荷不宜超过 2MW，或采用特殊安保设计的中压分段上的负荷不宜超过 2MW。

(2) 第二级供电安全水平要求：

对于停电范围在 2~12MW 的组负荷，其中不小于组负荷减 2MW 的负荷应在 3h 内恢复供电；余下的负荷允许故障修复后恢复供电，恢复供电的时间与故障修复时间相同。

该级停电故障主要涉及中压线路故障，停电范围仅限于故障线路上的负荷，而该中压线路的非故障段应在 3h 内恢复供电，故障段所带负荷应小于 2MW，可在故障修复后恢复供电。

A+类供电区域的故障线路的非故障段应在 5min 内恢复供电，A 类供电区域的故障线路的非故障段应在 15min 内恢复供电，B、C 类供电区域的故障线路的非故障段应在 3h 内恢复

供电。

该级标准要求中压线路应合理分段，每段上的负荷不宜超过 2MW，且线路之间应建立适当的联络。

(3) 第三级供电安全水平要求：

对于停电范围在 12~180MW 的组负荷，其中不小于组负荷减 12MW 的负荷或者不小于三分之二的组负荷（两者取小值）应在 15min 内恢复供电，余下的负荷应在 3h 内恢复供电。

该级停电故障主要涉及变电站的高压进线或主变压器，停电范围仅限于故障变电站所带的负荷，其中大部分负荷应在 15min 内恢复供电，其他负荷应在 3h 内恢复供电。

A+、A 类供电区域故障变电站所带的负荷应在 15min 内恢复供电；B、C 类供电区域故障变电站所带的负荷，其大部分负荷（不小于三分之二）应在 15min 内恢复供电，其余负荷应在 3h 内恢复供电。

该级标准要求变电站的中压线路之间宜建立站间联络，变电站主变及高压线路可按 N-1 原则配置。

为了满足上述三级供电安全标准，应从电网结构、设备安全裕度、配电自动化等方面考虑，还可通过应用地理信息系统、95598 系统等方式，缩短故障响应和抢修时间。高压配电网可采用 N-1 原则配置主变压器和高压线路；中压配电网可采取线路合理分段、适度联络，以及配电自动化、不间断电源、备用电源、不停电作业等技术手段；低压配电网（含配电变压器）可采用双配电变压器配置或移动式配电变压器的方式。

三、电能质量要求

让用户接受合格的电能是对配电网提出的电能质量要求。衡量电能质量的指标通常是电压、频率和波形，在配电网中电压和波形显得尤为重要。

(1) 频率。我国频率的额定值是 50Hz，频率的偏差一般允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。维持电网频率的任务应该由电力系统的一次调频和二次调频系统来完成，但这是指电网的最大出力（即供应电能的能力）的情况下进行，一旦电网出现过载，超过调频系统的承受范围时，变电站内就会启动按频率自动减负荷装置，分级、有效地切除负荷以保证频率在额定值附近。因为，频率偏差大，将影响用户的产品产量和质量，影响电子设备工作的准确性，增大变压器和异步电机励磁无功损耗，将影响发电厂的出力和电网稳定，甚至造成汽轮机叶片损伤或断落事故。

(2) 电压。配电网规划要保证网络中各节点满足电压损失及其分配要求，各类用户受电电压质量执行 GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压偏差》规定。

1) 35 千伏及以上供电电压正、负偏差的绝对值之和不超过标称电压的 10%（注：如供电电压上、下偏差同号，即均为正或负时，按较大的偏差绝对值作为衡量依据）。

2) 20 千伏及以下三相供电电压允许偏差为标称电压的 $\pm 7\%$ 。

3) 220 伏单相供电电压允许偏差为标称电压的 $+7\%\sim -10\%$ 。

4) 对供电点短路容量较小、供电距离较长以及对供电电压偏差有特殊要求的客户由供、用电双方协议确定。

配电网应有足够的电压调节能力，将电压维持在规定范围内，主要有下列方式：

- 1) 通过配置无功补偿装置进行电压调节。
- 2) 选用有载或无载调压变压器，通过改变分接头进行电压调节。
- 3) 通过线路调压器进行电压调节。

(3) 波形。三相电压和三相电流的波形应该是对称的正弦波形。但高频负荷、冲击负荷和可控硅整流装置的不断出现使得波形畸变产生高次谐波，使电气设备过热、振动，引起系统谐振，使谐波电压升高，谐波电流增大，使电子设备和继电保护、自动装置误动，引发系统事故；还可能引起对通信设备的干扰；同时增加了附加损耗，降低了电气设备的效率和利用率。因此要求对负荷性质进行掌控，对波形进行有效检测，从技术和管理上坚决抵制和有效治理电网的高次谐波，为用电设备提供一个清洁的能源。

四、经济运行要求

在保证持续供电、用户接受合格电能的同时，要求配电网在最经济的状态下运行，这样可以使得配电网的网损最小，不仅可以降低运行成本，还可以提高一小部分供电能力。故可以从以下几个方面加以考虑：

- (1) 根据负荷变化情况改变配电网的供电方式。
- (2) 根据负荷变化情况改变变压器的运行方式，使之处于经济运行状态。
- (3) 降低变压器的铁芯损耗，使用节能型的变压器。
- (4) 结合工程改变供电路径，使用节能设备、器材，避免迂回供电。

总之，配电网的经济运行要在符合实际需要和可能的基础上加以考虑，避免盲目将尚可使用设备加以撤换。

第六节 配电网的结构

一、配电网的供电形式

1. 单电源供电形式

如图 1.2 所示，这种供电形式主要是由降压变电站引出许多线路组成，电力用户由其中的一路线路供电（一般该线路沿线满足供电要求的电力用户都由该线路供电）。单电源供电形式特点是维护方便、保护简单、便于发展、但可靠性较差。单电源供电形式适用于三级负荷。

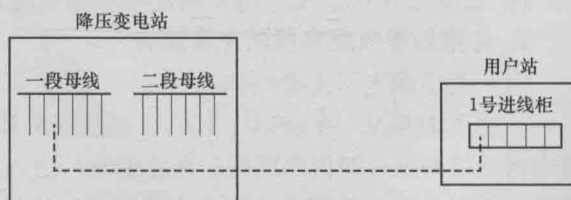


图 1.2 单电源供电形式

2. 双电源供电形式

- (1) 不同母线供电形式。

如图 1.3 所示，这种供电形式主要是电力用户由同一降压变电站不同母线的两条线路供电。

这种供电形式特点是供电可靠性高。这种供电形式适用于二级重要负荷。