

农村电气设备故障排除及检修丛书

WUNGUEN

DIANQISHEBEI GUZHANG PAICHU JI

JIANXIU CONGSHU



配电线路

梁合 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

农村电气设备故障排除及检修丛书

配 电 线 路

梁 合 主 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《农村电气设备故障排除及检修丛书》的一个分册，主要内容包括：农村电力网基础知识、架空线路的构成、架空线路的施工、电力电缆线路与低压地理线路、配电线路的保护设备、配电线路的运行与管理、配电线路的故障及排除实例。

本书适用于从事农村配电线路施工、运行、管理等工作的广大农村电工及管理人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路/梁合主编. —北京: 中国电力出版社, 2002
(农村电气设备故障排除及检修丛书)

ISBN 7-5083-0522-1

I. 配… II. 梁… III. 配电线路 IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 056448 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

*

2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 32 开本 11.125 印张 247 千字

印数 0001—3000 册 定价 18.00 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 言

随着改革开放的不断深入和农村经济的蓬勃发展，以及近三年来国家投入巨额资金进行农村电网建设与改造工程，我国农村电力事业取得了令人瞩目的成就。农村用电水平大幅度提高，农村电网装备水平和健康状况明显改善，供电可靠性和供电质量显著提高，农村电力管理中长期存在的乱加价和乱收费问题，从根本上得以遏制。农电事业的长足发展，不仅有效地改善了农村生活条件，推动了农村经济振兴，而且对促进农村两个文明建设发挥了重要作用。

为了适应农村电气化事业迅猛发展的需要，如何尽快提高全国一百多万农电职工队伍的科技素质和业务水平，是摆在我们面前极为紧迫而严肃的课题。

为了满足广大农电职工学习和培训的需要，中国电力出版社组织出版了这套《农村电气设备故障排除及检修丛书》（共八册）。这套丛书的作者都来自农电生产第一线，具有较好的理论基础和较丰富的实践经验，他们根据农村电气设备维护和检修中最常见的实际问题，编写了这套丛书。

这套丛书有如下特点：一是涵盖面较宽，全套丛书共八册，内容包括变压器、电动机、配电线路、高压电器、低压电器、电工仪表、漏电保护器、电力通信。二是内容简明扼要，通俗易懂。书中尽量避免系统的理论分析和繁琐的公式推导，深入浅出，简单直观地阐述有关概念、原理、结构、性能。三是实用性较强。全书本着以实际应用为出发点和归宿的原则，符合国家技术标

准和电工应知应会要求，进行选材组稿，在阐述理论概念和原理性能的同时，着力介绍运行维护、检修及排除故障的知识、方法和技能，并列举有关分析、排除故障实例。

这套丛书可作为农村电工及乡镇企业电工的培训读物，也可供农电管理人员及电力企业运行维护和检修人员阅读。

为保证丛书的质量，中国电力出版社专门组织有关专家对丛书进行了审定。值此丛书即将付梓之际，谨对所有在丛书编辑出版过程中付出辛勤劳动的同志表示衷心的感谢。

我们深信，这套丛书的出版必将对广大农村电工学习、培训有所裨益。

万千云

二〇〇二年八月

前 言

配电线路是电力系统的一个重要组成部分。它在整个电力系统中占有很大的比例，是基层电业管理人员特别是广大农村电工整天接触和操作的电力基础设施。正确、全面地掌握配电线路的基础知识、安装架设和运行管理等方面的知识和技能是广大农村电工和基层管电人员必须具备的职业素质。特别是当前国家政府有关部门对农村用电实行“两改一同价”政策，对农村电网进行了大规模的建设与改造。为广大农村电工提供了良好的学习、实践与奉献的机遇。

本书就是为适应农网建设与改造的需要，认真地编写了农村配电线路有关技术要求和管理知识，为广大农村电工和管理人员提供操作和管理的技能知识。但因时间紧迫、编者个人知识水平有限，难免出现不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

2002年12月

目 录

序言

前言

第一章 农村电力网基础知识..... 1

第一节 农村供电和农村电网..... 2

第二节 配电线路在农村电网中的作用 10

第三节 农网建设与改造的基本任务和目的 18

第二章 架空线路的构成 21

第一节 杆塔 21

第二节 导线 38

第三节 金具 50

第四节 绝缘子 65

第五节 拉线 73

第三章 架空线路的施工 85

第一节 架空线路的勘测与设计 85

第二节 分桩定位与基础施工 87

第三节 电杆的运输与组立 93

第四节 金具与绝缘子的组装 99

第五节 拉线制作 111

第六节 导线架设 114

第七节 配电变压器台架布线与接户线架设 125

第四章 电力电缆线路与低压地理线路	129
第一节 电力电缆与电缆线路.....	129
第二节 电缆头的制做.....	147
第三节 农用低压地理线路.....	160
第五章 配电线路的保护设备	172
第一节 高压配电线路的保护设备.....	172
第二节 高压线路保护装置原理.....	181
第三节 低压线路的保护设备与保护装置.....	188
第四节 漏电保护器.....	202
第五节 配电线路的防雷保护及接地装置.....	206
第六章 配电线路的运行与管理	215
第一节 配电线路与设备的命名与编号.....	215
第二节 线路巡视.....	217
第三节 线路缺陷管理与事故处理.....	222
第四节 配电网的线损与无功补偿.....	228
第五节 并联电容器组的安装与接线.....	235
第六节 配电线路的检测与试验.....	241
第七节 配电线路的维护与检修.....	245
第八节 配电线路各主要部件的更换.....	253
第九节 配电线路技术资料的管理.....	260
第七章 配电线路的故障及排除实例	264
第一节 线路故障类型及排除方法.....	264
第二节 线路断路故障原因及查找方法.....	272

第三节	线路断线事故排除实例·····	276
第四节	线路短路故障原因及查找方法·····	285
第五节	线路短路故障排除实例·····	291
第六节	线路接地故障的原因及查找方法·····	297
第七节	线路接地故障排除实例·····	299
第八节	违规施工引起线路故障排除实例·····	317
第九节	线路其他故障排除实例·····	339

第一章

农村电力网基础知识

电能作为特殊的能源为人类开发和利用以来，经过近一百多年的发展和完善，已和人类结下不解之缘。鉴于电力工业的生产、供应、销售是同时完成的，即由发电厂发电机产生的电能，经电力线路和各级变电所输送和分配的电能，及工矿企业和广大居民使用的电动机械、家用电器所消耗的电能，都是同时进行的。电能不能大量储存，即发电厂某一时刻所产生的电能都必须等于该时刻用电户的电器设备所消耗的电能和电能在输送和分配过程中所发生的损耗之和，由此逐步形成了电力工业的现代化生产系统即电力系统。

现代电力系统是由发电厂、电力网和用电设备三个基本环节组成的。电力网是由各类电压等级的升降压变电所和输送、分配电能的电力线路组成。电力系统是由发电厂开始直到用电户的电器设备为止的总称。农村配电线路是指电力系统中为农村输送和分配电能的电力线路部分。它是电力系统的一个重要组成部分，如图 1-1 所示。

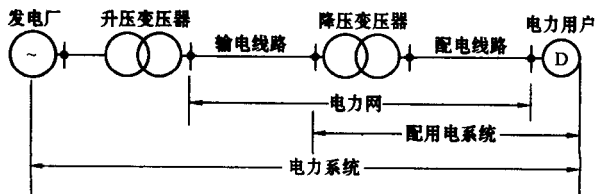


图 1-1 电力系统示意图

第一节 农村供电和农村电网

我国是发展中国家，是经济欠发达的农业大国，农村经济在整个国民经济中占有举足轻重的位置，对农村经济影响较大的农村供电和农村电网已成为全社会关注的问题。因此科学地研究分析和掌握占有很大比例的农村电力网中的配电线路知识具有特殊的重要意义。

一、农村用电负荷的特点

我国近 90% 的人口生活在农村，对于电能需求与城市相比有极大的差别，随着我国改革开放政策的落实和经济的振兴，农村电网已经历了从无到有，从弱到强的稳步发展阶段，由此也逐步形成了符合中国国情的农村电网和农村电气化的基本概念。在整个电力系统中，农村供电具有如下明显特点：

(1) 农村用电负荷分散，不像大中城市那样集中。农村生活用电分布到广大农村的每个村庄，直至千家万户，因此在电能的输送和分配过程中损耗较大。经济效益不像城市和大宗工业供电那样显著，按目前有关资料统计，农村供电一般情况下 35kV 等级供用电能损失率为 3% ~ 5% 左右；10kV 等级供电电能损失率为 6% ~ 10% 左右；0.4kV 等级供电电能损失率为 15% ~ 25% 左右。电能损失率在用电管理中称为线损率。线损主要由两个方面组成，其一是电能在输送和能量转换时通过导线和变压器引起的损失。其二则是由于在供用电管理过程中的漏洞和失误（如计量误差、失误及用电户窃电等）引起的管理损失。

(2) 农村用电负荷一般情况下都分布在电力网的末端，

对于供电的可靠性要求不像大中城市和工矿企业那样严格。短时间小面积的停电事故不会造成严重的经济损失。一般情况下列为三级用户。农村用电只有在农业排灌、抢收、抢种季节时列为重要用户，35kV 及以上电压等级的枢纽变电所和线路也应列为重要用户。因为 35kV 及以上的线路和枢纽变电所覆盖面大，停电后会造大面积停电，从而引起较大的经济损失。

(3) 农村用电负荷季节性强，在农业排灌和抢收抢种季节，用电负荷会猛增，因此引起设备的超载和电压质量的下降，给用电负荷的正常调配带来一定的困难。农闲季节农村用电负荷会急剧下降。此时除农村农副产品加工用电和人民生活用电外，农业排灌等基本上全部停用。

近几年来，随着农村乡镇企业的崛起，农村用电负荷增长较快，同时对供电可靠性的要求也相应提高。

(4) 农村用电负荷峰谷差显著。由于农村用电负荷中居民生活用电所占据的比重较大，在一天内的灯峰时间，农村千家万户灯火辉煌，夜深人静时，灯光基本全熄，形成了较为明显的峰谷差别。农村农副加工用电多而分散，有活电机就转，无活电机就停，不像工矿企业那样负荷连续集中，班次分明。夜间加工用电基本全部停用，因此使农村用电峰谷差加大。

(5) 农村用电负荷功率因数较低。由于农村用电负荷分散，变压器布点较多，农副加工使用小容量电动机较多，所以造成无功功率增大，功率因数偏低。另外由于农村峰谷差比较明显，夜深人静之时，许多农村配电变压器基本上处于空载状态，致使功率因数降低。一般情况下，农村用电负荷功率因数在 0.7 左右，夜间甚至降低到 0.3~0.4 之间。

二、农村用电的基本要求

根据我国国民经济发展的总体规划要求，特别是近几年以来，农村经济将有较大幅度的发展。作为我国基础建设的农村电网也必然出现较大速度的发展。鉴于农村用电负荷的特点和农村电网建设的特殊性，为进一步适应农村经济发展的需要，农村用电应满足如下要求：

(1) 搞好农村电网建设是保证农村用电的根本。农村电网建设必须具有超前意识统筹规划，以保证农村用电负荷增长的需要。从农村变电所及配电变压器的布点，到低压线路的路径和线径的选择，以及开关设备容量的选定，都必须进行可行性分析和研究，要保证满足本地区近 5~10 年乃至 15~20 年发展的需要。凡邻近电力系统的农村，都要安排由电网供电。对于距电力系统较远的边远偏僻农村，可考虑根据当地具体条件适当地发展小水电或小火电。我国农村电网建设起步较晚，但发展速度较快，许多县级用电负荷都已起过了 10000kW，乡级用电负荷超过了 2000kW。因此大多数县都必须考虑建设以 110kV 变电所为中心的农村电力网络，乡级应考虑建设以 35kV 变电所为中心的农村电网。以保证满足农村负荷增长和农村经济发展的需要。

(2) 保证农村用电的可靠性。随着党的改革开放政策的逐步落实，农村经济发展较快，广大农民的生活水平得到了很大的提高，大量的家用电器涌进了农村。保证农村安全可靠用电是历史赋予我们的职责。随着农村经济的逐步繁荣，乡镇企业如雨后春笋，一些科技含量较高的产品也被乡镇企业所占有。对于用电的可靠性要求提高。

农村用电的可靠性可用可靠系数来衡量，其计算方式为

$$k = \frac{365 \times 24 - t_1}{365 \times 24} \times 100\%$$

式中 k ——可靠系数；

365×24 ——1 年的小时数；

t_1 ——全年累计停电小时数。

可靠系数是衡量农村电网供电可靠性的重要参数。我们希望电网的可靠系数越高越好。特别是对于 35kV 及以上的供电网络，一般力争供电可靠系数在 99.9% 以上。

(3) 保证农村供电质量。农村用电质量主要以电压和频率来考核。根据《供电营业规则》规定，各级电压对用户受电端波动幅度范围见表 1-1。我国规定电力系统标准频率为 50Hz。频率允许误差范围见表 1-2。

表 1-1 各级电压波动幅度范围表

电 压 等 级	35kV 及以上	10kV	0.4kV
波 动 范 围 (%)	±5	±7	+5、-10

表 1-2 系统容量频率允许误差表

系 统 容 量	300 万 kW 及以上	300 万 kW 以下
频 率 允 许 误 差 (Hz)	±0.2	±0.5

(4) 保证农村供电的经济效益。农村供电一定要狠抓供电的经济效益。衡量农村供电经济效益的关键是线损率的考核。一般情况下，35kV 等级的线损率应保证在 3% 以下；10kV 电压等级的线损率应保证在 10% 以下；0.4kV 电压等级的线损率应保证在 15% 以下。

线损率的计算公式为

$$\text{线损率} = \frac{\text{供电量} - \text{售电量}}{\text{供电量}} \times 100\%$$

线损的构成主要包括导线、变压器等用电设备的电阻发热、泄漏等引起的电能损失和因用电营业管理中出现失误和漏洞引起的电能损失。在供电过程中，我们力争电能能够得到充分利用，尽量减少损失，降低供电成本，提高供用电经济效益。

(5) 保证农村安全供用电。农村供电必须树立安全第一的思想。首先应建立健全严格的规章制度，认真执行电力法规，确保人身与设备的安全。

三、农村电网电压等级的选择和组合方式

我国电力系统中采用标准电压为 500kV、330kV、220kV、110kV、35kV、10kV 及 0.4kV。农村电网主要由 35kV 及以下等级电压的输配电线路、降压变电所和配电变压器组成。由于我国农村电网建设较晚，部分地区还有 6kV 电压存在。高压配电一般选择 10kV 电压，其配合方式为：

(1) 二次降压方式。采取先由 35kV 电压降为 10kV 电压后，再由 10kV 降为 0.4kV 两级降压方式。

(2) 一次降压方式。采用由 35kV 电压直接降压到 0.4kV 供用户使用。这种降压方式较二次降压方式减少了一个电压变换环节，因此线损率明显降低。但配电线路和设备建设一次性投资较大，在农村电网中推广使用难度大。这种配电方式适用于负荷较为集中的地区和单位。如农村大型排灌站和负荷较大的工矿企业等重要用户。

四、农村电网的接线方式

农村电网接线方式的选择应以安全可靠、操作方便、接线简单、造价低廉为基本原则。农村电网常采用的接线方式

有如下几种，如图 1-2 所示。

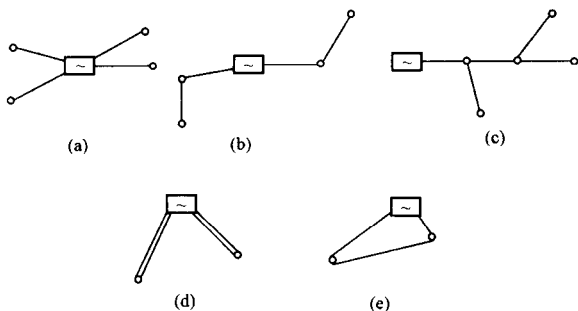


图 1-2 配用电系统基本接线方式
(a) 放射式；(b) 干线式；(c) 树枝式；
(d) 双回路放射式；(e) 单环式

(1) 树干式 T 型接线：如图 1-2 (c) 所示。即从电源处一条主干线路，一直延伸到负荷区域内，沿途中的负荷则以分支线方式 T 接到主干线路上。这种方式在农村电网中已普遍使用。它既可简化电网结构，节省供电设备，减少电网建设投资，在实际运行中操作也较为灵活方便。采用此种接线方式时，应考虑在分支线的 T 接点增设开关设备，以保证主干线路的供电可靠性。某一分支线出现故障或安排检修时从 T 接点将分支线断开，不影响主干线和其他分支线正常供电。同时在线路建设时，根据负荷大小，除主干线选用较大线径的导线外，各分支线均可选用小线径导线，从而节省原材料，降低建设投资。

(2) 放射型接线方式：对于距离电源较远而负荷又较多的线路，可按放射型接线方式布置。如图 1-2 (b)，从而减少线路损失和增加供电的可靠性。目前农村供电以 35kV 变

电所为一个电源点，通过 10kV 线路将电源引向各个供电点或供电区域，就是采用的放射型接线方式。

(3) 环型接线方式：对于较为重要的用电负荷点，可采用环型接线方式。如图 1-2 (e)，以此来提高供电的可靠性。在农村供电中，35kV 变电所一般应考虑采用环型接线方式(边远末端变电所除外)。即用 35kV 线路将几个 35kV 变电所环接起来，相应地等于为 35kV 变电所又增设了一个新的供电电源，以保证某段 35kV 线路或开关设备故障或检修时从环路中供电，尽量不造成大面积停电。

(4) 双电源供电方式：对于特别重要的用户可考虑采用双电源供电方式，如图 1-2 (d)。此种接线方式占用设备多，管理相应复杂，技术条件要求也较高。一般只适用于特别重要的用户。在农村供电中，农村县城或其他重要的大综工业用户可考虑采用双电源供电。一般用户不宜采用此种接线方式。

农村电网中接线方式的选择，主要是根据负荷大小、用电性质、距电源远近等条件，通过综合分析，充分考虑安全、经济、可靠各方面的因素来选定最佳方案。

五、农村电网的容量选择

35kV 线路在农村电网占有十分重要的位置，它是农村电网的主网架。在我国一般 35kV 电压等级的线路应列为二级线路。对于个别带有重要负荷的 35kV 线路也可以列为一二级线路。由于农村供电负荷分散，分布面广，目前广大农村主要依靠 35kV 线路将电源由 110kV 变电所输送到 35kV 变电所，再通过降压变换为 10kV 电压后通过 10kV 线路将电能传送到配电变压器，最后变换为 0.4kV 供用户使用。通过综合研究分析，农村 35kV 变电所容量一般不宜超过 10000kVA，