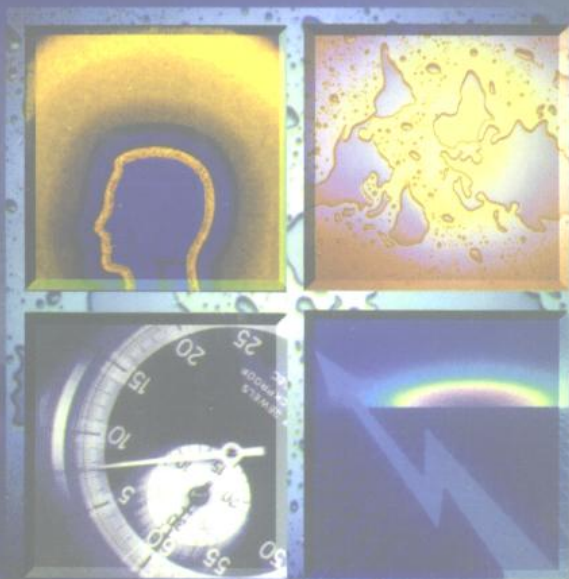


PEI DIAN WANG
ZI DONG HUA
SHI YONG JI SHU

配电网自动化 实用技术

罗 丁 李
毅 毓 占
山 柱
编



中国电力出版社

配电网自动化实用技术

罗毅 丁毓山 李占柱 编

中国电力出版社

0.101 64 10

内 容 提 要

本书系统论述了配电网自动化总体规划设计中所包括的内容和方法,配电网自动化系统实施中的各种实际问题。主要内容包括:配电网自动化元件;开关设备的配合和隔离故障域的过程;配电网自动化元件选择中的效益计算;县级调度自动化系统;无人值班变电所;负荷控制系统;管理信息系统和配电网管理系统。本书具有一定的理论和实用价值。

本书读者对象为从事配电网自动化技术的专业人员,也可作为有关专业大专院校和培训中心的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

配电网自动化实用技术/罗毅等编. —北京:中国电力出版社, 1998.10

ISBN 7-80125-759-6

I. 配… II. 罗… III. 配电系统-自动化-技术 IV. TM727

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 26011 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>)

北京鑫正大印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 32 开本 7.875 印张 172 千字
印数 0001—4010 册 定价 11.00 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)

前 言

我国农网已经过 40 余年的建设，取得了巨大的成就，形成了初步规模，为今后的发展奠定下良好的基础。在 40 余年的建设进程中凝聚着一代人的努力和心血。现在，我国农网已步入自动化的初始阶段，农网中已具有相当数量的计算机，装设了遥测、遥信、遥控、遥调设备，建立了管理信息系统，使用了重合器、分段器、配电开关等自动化元件，运行着无人值班变电所，这将预示一场规模巨大的配电网自动化事业，将要展现开来。

良好的开端，便是成功的一半。我们应该接受 40 余年前农网建设初期的经验，要采用积极、稳妥的方法来发展配电网自动化事业，要求要方向正确，规划合理，逐步实施，讲求实效。这是一项耗资巨大的系统工程，估计还需一代人甚至几代人的努力，但这是一项宏伟而有意义的事业，为该项事业付出智慧和劳动的同志，必将功在千秋，不可磨灭。

本书所阐述的几个问题，只是我们对配电网自动化事业的一些看法和体会，希望能与所有从事本项工作的同事们共勉。

编 者

1998 年 8 月

目 录

前 言

第一章 农村配电网的发展及其质量指标	1
第一节 农村配电网的发展	1
第二节 现代化农网的质量指标	4
第二章 配电网自动化元件	14
第一节 重合器的分类和参数	15
第二节 真空重合器的结构原理	24
第三节 重合器的使用	31
第四节 电子控制重合器	42
第五节 自动线路分段器	50
第六节 自动配电开关	60
第三章 开关设备的配合和隔离故障域的过程	68
第一节 重合器与熔断器的配合	68
第二节 分段器与保护装置的配合	75
第三节 重合器其他配合方式	82
第四节 重合器最小跳闸电流的整定和定值电阻的选择	85
第五节 在辐射网中自动配电开关隔离故障域的过程	88
第六节 重合器和自动配电开关配合分离环网故障域 的过程	91
第七节 国产新型自动配电开关	95
第四章 配电网自动化元件选择中的效益计算	98
第一节 开关选择的原则以及开关数量的确定	98
第二节 开关动作特性的选择	104
第三节 成本-收益法的基础知识及所需的数据	107
第四节 开关设备的收益计算	111

第五章 县级调度自动化系统	123
第一节 县级调度自动化系统的功能	123
第二节 县调自动化系统的基本指标及其实用化要求	132
第三节 数据网的分层结构和厂站端 RTU 的配置	139
第四节 电流、电压、功率变送器	143
第五节 功率、电量和频率变送器	146
第六节 交流变送器以及遥测数据的误差分析	152
第七节 通信和遥测输入电路	159
第八节 RTU 的程序设计	168
第九节 调度端的配置	175
第六章 无人值班变电所	189
第一节 无人值班变电所的规划	190
第二节 无人值班变电所主接线方案	194
第三节 常规变电所实现无人值班的二次回路改造	199
第四节 少油断路器两次重合闸装置的改制	205
第五节 无人值班变电所综合自动化监控系统	210
第七章 负荷控制系统	213
第一节 负荷控制系统的组成	213
第二节 负荷控制系统的软件设计	217
第八章 管理信息系统 (MIS) 和配电网管理系统 (DMS)	221
第一节 建立管理信息系统的条件和系统总体设计的 步骤与方法	223
第二节 结构设计和数据库的建立	227
第三节 MIS 系统的计算机网络组成	231
第四节 管理信息系统中的数据流程图	236

第一章 农村配电网的发展 及其质量指标

第一节 农村配电网的发展

农村电力网络已经过 40 余年的建设，在 40 余年的建设进程中，大体可以分为下述几个阶段：

第一阶段是 60 年代末期至 70 年代中期，在这个时期内，其建设重点是以安全供电为中心，对农网进行恢复性的改造。

第二阶段是 70 年代中期至 80 年代初期，在这个时期内的建设重点是以降损节能为中心，对农网实行完善化的改造。

第三阶段是 80 年代初期至 90 年代初期，在这个时期内的建设重点是以电网设备标准化为中心，以技术进步带动技术改造。

第四阶段是 90 年代初至 90 年代末，在这个时期内是以农村电气化县建设为中心，以向用户提供优质可靠电能为目标，深化电网技术改造和技术进步。

第五阶段是 90 年代末至 2010 年，在这段时期内的重点是建设现代化的农村电力网，与国际标准接轨。

40 年的建设进程，经过一代人的努力，使我国农村电网已经形成初步规模，为以后的建设和发展，奠定下良好的基础。现在农村电力网的基本情况是：

1. 输、配电线路

全国共有 3~110kV 的输电线路 258 万 km, 其中 110kV 线路为 8 万 km; 35~63kV 线路 26 万 km; 3~10kV 配电线路 224 万 km; 低压配电线路 556 万 km; 3~10kV 线路与低压线路的构成比为 1:2.48。

2. 主、配变压器容量

全国农网所拥有的主、配变压器容量为 41292 万 kV·A, 其中 35~110kV 变电所有 16237 座, 变压器为 26269 台, 总容量为 18052 万 kV·A; 配电变压器 250 万台, 容量为 23240 万 kV·A, 配变单台平均容量为 92kV·A。

3. 农网发电设备

截至 1995 年, 全国农网发电设备装机容量为 3497 万 kW, 发电量为 1078 亿 kW·h。扣除厂用电和供电损耗 20%, 全国农网年发电量为 862 亿 kW·h, 占县以下总用电量的 22.8%; 由国家电网供电为 2917 亿 kW·h, 占县以下总用电量的 77.2%。

其中小水电装机为 1665 万 kW, 占总装机的 47.6%; 小火电装机为 989 万 kW, 占总装机的 28.3%; 柴油发电装机为 837 万 kW, 占总装机的 23.9%; 新能源发电为 6 万 kW, 占总装机的 0.2%。

4. 用电量

1995 年, 全国县以下的总用电量为 3779 亿 kW·h, 其中: 农村用电量为 1995 亿 kW·h, 占总用电量的 51.7%; 县城用电量为 1824 亿 kW·h, 占总用电量的 48.3%。

工业用电量为 2250 亿 kW·h, 占总用电量的 59.5%; 农业、水利等用电量为 818 亿 kW·h, 占总用电量的 21.6%; 居民生活用电为 712 亿 kW·h, 占总用电量的

18.9%。

全国乡、村、户的通电率分别为 98.25%，96.06%，93.3%。

5. 县调自动化建设

我国县级电网调度自动化建设，起步于“六五”末期，到“八五”初期，已有 258 套县调自动化系统投运。到“八五”末期，投运的县调自动化系统已有 400 余套，1995 年 11 月统计，其中已有 140 余套的县调自动化系统，按着部颁标准要求，通过了实用化验收。全国各个省份县调自动化建设情况，如表 1-1 所示。

表 1-1 县调自动化建设情况统计表

省 份	县 数	建成县调系统数	实用化达标数	普及率 (%)	实用化达标率 (%)
江 苏	66	66	44	100	66.7
山 东	97	87	33	89.7	37.9
湖 北	51	39	21	76.5	53.9
河 北	98	70	24	71.4	34.3
河 南	112	56	12	50	21.4
浙 江	67	27	5	40.3	18.5
合 计	491	345	139	70.26	28.31

从上述说明中，可以充分的看到，农村电力网已从大刀阔斧的发展网络的阶段，步入了精雕细刻的提高网络的质量阶段，从粗放式的管理开始步入集约化、智能化管理阶段。

面对农网这样一种发展局面，应该思考的问题是：我国应该建设一个什么样的现代化农网，在现代化农网的发展中如何确立我们的战略思想。建设现代化农网是一个耗资巨大的系统工程，估计也还需一代人的努力，方能使我国农网成为具有现代化装备，科学化管理的电网，方能使我国农网列入世界先进电网之林。

第二节 现代化农网的质量指标

时至今日，农电企业和农网已发展至与国际先进农电企业和先进农网的接轨阶段。所谓接轨，归根结底是向国际上先进农电企业、先进农村电力网的标准接轨，向先进的农网指标接轨。事实上，不论采用哪些网改措施，不论采用哪些现代化管理方式，不论装配了哪些自动化设备，其最终结果将要反映到电网的运行指标和电力企业的经济效益上。

现代化农电企业和现代化农网的指标是很多的，不下数十种，在数十种指标中，如何确定考核的重点、应该追踪国际先进电网哪些质量指标，则是我们应该深思的问题。参照国外的考核经验和我国现代化电力企业标准，我们认为下述五大指标值得推荐。

一、供电可靠率

供电可靠率作为电网向用户提供可靠电力的第一质量指标，其原因有两点：

1. 供电可靠性管理是电网的基础管理

供电可靠性管理的范围，涉及到电网的规划、设计、基建、施工、设备制造、生产运行、维护检修、自动化程度等，上述的工程质量将无一不对供电可靠率产生直接的影响。

2. 供电可靠率包括各种重要指标

供电可靠率所包括的各项指标中，有输、变电设备的完好率，配电设备的完好率，各种供电的保证率，以及输、变、配设备的事故率等项指标。但是，应该指出的是：单一的设备完好率不能全面的反映网络的状态，因为网络的状态除了决定于设备本身的素质之外，发生故障的随机因素是很多的。单一的事故率也不能全面反映网络的状态，例如，设备的初始投运和晚期运行，通常其故障率都是偏高的，这大多因安装、调试不当，运行经验不足，设备衰老所致，只能局部的反映网络的问题。只有供电可靠率是总体的、平均的，是面向用户的。

国外先进电网在考核中非常重视供电可靠率这一指标，法国统计 20kV 配电网的早期数字，全年平均停电时间为 3h38min，220V 的低压网为 7h18min；美国和加拿大，每个用户的年均停电时间为 2~3h，有的优质电网仅为几十分钟；美国的农村电网也不过 5~7h，这就是说，其供电可靠率高达 0.9992~0.9999。我国城网的供电可靠率是比较高的，现在东北电网的供电可靠率考核指标为 0.9967，沈阳电业局的统计数据为 0.9970。在《关于中国县（市）电力企业现代化标准》（以下简称《标准》）的讨论中，对农电企业供电可靠率的规划数字如表 1-2 所示。

值得指出的是：从数字上看，农村电网的规划数字与国外先进电网的供电可靠率数字似乎相差很小，但是供电可靠率指标每提高 0.001 乃至 0.0001 都要付出巨大人力和物力代价。可见，要把该项指标提高到小数点后三个“9”乃至四个“9”的水平，确实是任重而道远。为提高供电可靠率这一指标，必须做好下述几项工作。

表 1-2

供电可靠率的规划数字

省 份 \ 供电可靠率(%)	城 网	农 网
《标 准》	0.9950	
辽 宁	0.9950	
湖 北	0.9960	
湖 南	0.9970	
甘 肃	0.9960	
宁 夏	0.9960	
浙 江	0.9980	0.9800

(1) 改革现行的管理制度和管理方法。供电可靠率的统计中包括预安排停电、故障停电、系统停电三个方面。其中预安排停电占总停电时间的比重相当大，沈阳电业局的统计数字可高达 87%。可以看出，采用现行的管理制度，不用说农村电网，就是城网想达到高的可靠率指标也是绝对不可能的。因此，必须改革现行的检修制度，定期清扫制度，登检制度，试验制度。国外为提高供电可靠率指标，不进行设备的定期检修，只解决缺陷处理和突发性故障，开展带电作业，在变电所全停期一并组织抢修线路。

(2) 降低事故停电率：

1) 降低电气设备的故障概率。从电气设备自身的故障率来看可以分两种：①故障率较低的元件，诸如变压器，电流互感器；②故障率较高的元件，诸如断路器，电容器。而且各种电气设备多进行串、并联组合形成网络，串联组合的

元件越多，则供电可靠率越低。加之，现代化电力企业中的二次设备、自动化设备、通信设备的可靠率都直接对供电可靠率带来影响，这就给供电可靠率指标的提高造成困难。因此，在设备选型中，特别是对故障率较高的元件，一定要选择优质、稳定、安全，在使用期内不检修或少检修的设备，系统设计之后，应对其可靠率作出评估。

2) 采用两次重合断路器和重合器以及增加网络分段的分段器，减少停电面积和停电时间。据沈阳电业局 1987 年统计，该局配电系统共发生 81 次故障，其中属于配电网故障 74 次，占 91.4%，属于用户的只有 7 次。可见，配电网自动化将会对降低事故停电率产生明显的影响。

(3) 加强可靠性管理。可靠性管理包括可靠性的规划设计；各种可靠性指标和增加可靠性措施的制定；可靠指标的统计计算；可靠性指标的考核和评估；可靠性的社会效益和经济效益的分析等。我们认为，在电网的管理信息系统 (MIS) 中，应该设置可靠性管理模块，利用 CAD 的作图功能，结合统计计算来实现配电网的可靠性管理。

二、线损率

线损率是综合性技术经济指标，国外先进电网一直把线损率作为重要考核指标，例如美国不分高低压，从变电所出口至计量点的总线损率为 6%~7%。而我国在《标准》中的规划数字是：高压线损率为 8%，低压为 12%。就我国实际情况而言，有些县份实现该指标仍有相当的难度，特别是低压部分，涉及到资金和产权问题，全面完成，难度很大，为此，工作重点是：

(1) 加速高能耗变压器和电动机的改造。

(2) 以“小容量、密布点、短半径”的原则，调整网络

布局，优化电网结构。

(3) 严格控制低压负荷的不平衡度。

(4) 实行无功优化，合理的进行无功补偿。

(5) 开展变压器经济运行。

(6) 加强线损管理。

(7) 20kV 电压等级用于农村电网的优点，已为国内外的工程实践所证实。尽管 1993 年我国已将 20kV 列为标准电压等级，但目前尚无系列产品。我们认为，在适当的时机和适当的地点，应对 66/20kV 和 110/20kV 的变电所的建设进行有益的尝试。

三、电压变化率

电压变化率是衡量电网对负荷吞吐能力和调压手段的一项重要指标。

在《标准》的讨论中，各省所提出的电压合格率指标如表 1-3 所示。美国关于电压合格率这一指标规定大于 99%，日本的各级电压偏移率皆规定为 $\pm 5\%$ 。而且国外考核电压质量的标准是以用户受端电压变化率为指标，在受端设置电压监测点，我国已开展了这项测试技术，但有待进一步发展和提高。为了确保用户的电压质量，追踪国际先进电网的电压变化率指标，必须做到：

表 1-3 各省电压合格率指标

省 份	电压合格率 (%)	省 份	电压合格率 (%)
辽 宁	95	湖 南	90
河 北	95	甘 肃	90
湖 北	90	山 东	95
浙 江	90~94	《标准》	95

(1) 实现高能耗主变压器调压与降损改造的综合治理；对无调压能力的主变压器应加装有载调压装置，新投入的主变压器应选择有载调压变压器；采用经济电压运行。这样不但可以保证电压质量，亦可降低网损。

(2) 高、低压线路的比例应协调，合理的进行高压延伸；对截面过小的卡脖子线路，布局不合理的迂回线路，供电半径长和负荷矩不合要求的线路应作为重点改造对象。低压线路的供电半径一般不宜超过 0.5km，对负荷密度大的地区不宜超过 0.3km。

(3) 在建立完善电网自身电压监测点的基础上，逐步建立用户受端电压监测点，用来统计受端电压变化率指标。对重要用户的受端电压应通过传输网络将变化率信息纳入 MIS 系统，实行电压的自动管理。

四、电力企业的利润率

要建设现代化的电力企业，要实行“产权明晰，责权明确，政企分开，管理科学”的企业制度，要想把农电企业办成“自主经营、自负盈亏、自我约束，自我发展”的“四自”企业，必须把“电”视为商品，把农电企业真正的推向市场，走以收抵支，以自身积累为主要的道路。为达此目的，没有足够的利润保证是不行的。

要想获取利润，必须提高销售能力，加强科学管理，实行经济调度，减少网损，节约开支，杜绝浪费，这是电力企业欲想发达与昌盛必须遵循的原则。除此以外，农电企业应该在政府的法定条文下，不断研究投资活动，其中包括：

(1) 投资利润的预测。这就是要求对任何新建工程和技改工程，考虑各方资金的构成比，贷款利息的高低，以及产

品税和通货膨胀的影响，采用成功的数学模式，对实施方案进行可行性研究，给出投资利润的预测。

(2) 分析资金偿还方式对投资效益的影响。重要的是要研究在保证电力企业应得利润的情况下，回收全部投资的方法，即以什么方式回收投资最为合理，折旧费用怎样提取最佳，贷款怎样偿还对效益最为有利。

(3) 保证投资收益率的年销售收入的计算。其主要要研究税前、税后收益率，考虑未回收投资，计算在保证投资收益率条件下的年销售收入，以及其临界售电量等。

(4) 增利因素的相关分析。其主要是分析影响售电收入的增减因素，诸如售电量构成比、平均单价、分类电价、固定供电成本、供电电价等因素变化，对利润率的影响，以拟定企业的利润目标。

(5) 分析通货膨胀对利润的影响。其中包括各种电气设备、原材料价格、劳务费和工资的上涨，利税的增加，人员的增编，货币的贬值对企业净利润的影响。

上述信息是企业领导集团在经营决策时所必须的信息，因此，在管理中必须纳入 MIS 系统的决策模式之中，以对领导层作出经营决策进行支持。

五、自动化程度

21 世纪科学技术的激烈挑战，主要是自动化的挑战。现代化电力企业的管理模式，事实上是自动化的模式。因此，自动化程度将是现代电力企业的重要指标，然而，将自动化的指标给以完全的量化是相当困难的。参照国外，以及国家电网自动化的发展经验，农电企业自动化程度的主要标志，有下述几个方面：①通信自动化程度；②调度自动化程度；③变电所综合自动化程度，其中包括无人值班变电所的

技术开发程度；④信息管理系统（MIS）的开发程度；⑤配电网管理系统（DMS）的开发程度。

本书只对配电网管理系统 DMS 提出下面的看法：

1. DMS 系统的总体管理目标

DMS 系统（Distribution management system）是配电网管理系统的简称，它是为实现对配电网进行全面的自动化管理的总体目标而提出来的。

DMS 系统不同于以往所建立的各种自动化系统，诸如调度自动化系统（SCADA），管理信息系统（MIS），负荷控制系统等，这些系统基本是从自己的局部出发来设计系统功能的。而 DMS 系统则是从总体的高度，从配电网的全局出发来设计自动化管理程序，因此，从发展的观点看问题，DMS 系统有可能成为各种自动化系统的核心，必将成为衡量农网自动化水平的关键。

从 DMS 系统的规模说来，其将涉及到整个农电企业的每一个方面，它的构成将是以计算机网络为核心，由多种通信方式将采集、计算、处理、控制及配电设备联系在一起，甚至联系到千家万户。在配电网中，其将是将强电、弱电、通信、控制多种技术集合于一体的庞大的管理系统。

2. DMS 系统的管理功能

从总体上而言，配电网直接面对的是为数众多的电力用户，因此，其管理功能就是对大量用户的负荷进行控制管理；对大量分段存在的馈电线路进行控制和管理，这是 DMS 系统的主要特点，其具体内容如下。

（1）在线监控：

1) 对配电线路各分段所装设的各分段器（电压式、电流式）、重合器等各类开关的工作状态，所在点的电压、电