

线损管理培训用书

● 廖学琦 编著

农网线损计算分析 与 降损措施



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

华北水利水电学院图书馆



207804866

TM744

L472

线损管理培训用书

农网线损计算分析 与 降损措施

● 廖学琦 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 780486

图书在版编目 (CIP) 数据

农网线损计算分析与降损措施/廖学琦编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2003

ISBN 7-5084-1585-X

I. 农… II. 廖… III. 农村配电-线损计算 IV. TM744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 049990 号

书 作 出 版 发 行	名 者 发 行	农网线损计算分析与降损措施 廖学琦 编著 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	售	
排 印 规 版 印 定	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京中加印刷有限公司 850mm×1168mm 32 开本 8.875 印张 239 千字 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷 0001--5100 册 23.00 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

内容提要

本书属线损管理培训用书，是作者根据多年的工作实践和多次培训授课内容编写的，也是作者在《农村电气化》期刊专题讲座的基础上加以补充、完善汇编而成的。

本书内容主要有三部分，一是简要地介绍了节约能源与电网线损的基本概念及线损管理的节能意义；二是在阐述电力网线损计算基本原理的基础上，介绍了高压配电线路、低压配电网和高压输电线路的线损理论计算的几种实用方法，以及适用于各种负荷和场合的计算线损的传统方法；三是重点阐述了降低农村电网线损的管理措施和技术措施。同时还编入了适量的计算例题、复习思考题和备查数表。

编写时，内容上注意联系工作实际，普及和提高相结合；文字上力求通俗、言简意明、深入浅出。因此，本书主要供农村电工和乡镇电工阅读，并适宜做线损管理人员的培训教材和自学书籍；也可做从事农网规划、计划、运行、管理等工作的领导和专业人员的工具书；同时对厂矿企业电工、电气技术人员和从事城市供用电的管理人员，以及有关专业在校师生，也有一定的参考价值。

序

电力网线损率是供电企业的一项重要技术经济指标，线损管理是供电企业具有和安全生产、电量电费管理等工作同等重要的管理工作。

线损计算分析对线损管理具有一定的先导作用，而各种降损措施的实施，则是比计算更重要的工作。因为只有把各种降损措施有效地实施了，真正地落实了，才能使线损降下来，并达到国家要求值，线损才算管好了；企业才能从中获得较好的经济效益，才能减轻农民的经济负担，其中特别是电费负担。因此，各级农电部门和管电组织，应当重视并积极开展此项工作。

河南省电力局高级工程师廖学琦同志从事农电线损管理工作十余年，他边工作、边学习、边研究，取得了一定的工作成绩，积累了丰富的实践经验。他发表了不少论文，合编和单独编写了几本著作，并多次为培训班和学校讲课。因此，他曾被原能源部和中国电机工程学会分别评为先进节能工作者和优秀科技工作者，被全国农电学会聘为学术委员。

本书是廖学琦同志的新作，叙述了线损的一般概念、线损的各种计算方法、降低线损的多种措施。

我认为，这是一本内容比较丰富、通俗、实用的专业

书，适宜做农电专业技术人员的培训教材和自学书籍，也可作为农电管理人员的工具书和参考资料，同时对厂矿的电气专业人员和有关院校师生也有一定的参考价值。

我由衷地期望本书能够得到广大读者的喜爱，并祝愿读者朋友们读后有所受益和启示。

霍宏烈

2003年6月

前言

本书是线损管理培训用书，是作者根据多年的工作实践和多次培训授课内容编写的，也是作者在《农村电气化》期刊专题讲座的基础上加以补充、完善汇编而成的。

“讲座”刊载后的确受到了广大读者朋友的喜爱和好评。宁夏的杨秋宝处长说：“……期刊中的文章曾对我们的工作起到了很大的指导作用，她是我当之无愧的良师。1981~1984年我们宁夏农电的降损节能工作刚刚起步，探索如何从理论线损上找到合理的计算方法，来推动整体的线损管理工作是当时的焦点，急需借助经验和指点。这个时期的期刊给我们提供了大量质量高、水平上乘的有关这一课题的专著，使我们受益匪浅。……如今宁夏农村电网线损的计算、考核、管理和一些降损措施，大多数是从期刊上学来的，……。”（见《农村电气化》1995—9期）。

江苏省姜堰市（县）沈高镇李如冰同志说：“本人通过《农村电气化》‘降损节能’专栏，1994年对河南省电力局廖学琦主讲的‘线损理论计算’进行了系统学习后，我对本镇（乡）四条10kV线路用手工进行理论线损计算，找出了存在的薄弱环节，明确了降损节能的主攻方向，取

得了可喜的成绩，受到了市（县）局领导的好评。”（见《农村电气化》1999—11期）。

还有诸多读者朋友来信函和电话，在此就无需赘述了。

此外，根据全国各地与会代表在规程编审会上的意见，最新颁发的国家行标《农村电网节电技术规程》（DL/T738—2000）已将本书提出的高压和低压配电网，输电线路的线损理论计算方法，作为附录编入。并悉，本书提出的理论线损计算方法已被郑州市几家软件公司应用到编制有关程序。

鉴于上述读者朋友和社会各界的鼓励、支持和期盼，使作者更坚定了信心，鼓起了勇气，决心要把本书编写出来。

本书内容主要有三部分，一是简要地介绍了节约能源与电网线损的基本概念及线损管理的节能意义；二是在阐述电力网线损计算基本原理的基础上，介绍了高压配电线路、低压配电网和高压输电线路的线损理论计算的几种实用方法，以及适用于各种负荷和场合的计算线损的传统方法；三是重点阐述了降低农村电网线损的管理措施和技术措施。同时还编入了适量的计算例题、复习思考题及备查数表。

编写时，内容上注意联系工作实际，把当前行之有效的新技术、新经验写进去；文字上力求通俗、言简意明、深入浅出，使普及和提高结合起来；在写作意图上，本书期望给从事本专业（在校未系统学习）的工作人员提供一个较满意的自学资料，让他（她）们能看得懂、用得上，

帮助其掌握本专业知识，提高其理论水平和技术素质；而对具有本专业（在技已系统学习）基础的工作人员，应该是一次较全面的知识温故，乃至使用方法上的启示。

综上所述，本书主要供农村电工和乡镇电工阅读，并适宜做线损管理人员的培训教材和自学书籍；也可以做从事农村电网规划、计划、运行、管理工作的领导和专业人员的工具书；同时对厂矿企业电工、电气技术人员和从事城市供用电管理的人员，以及有关专业在校的师生，也有一定的参考价值。

本书在编写过程中，得到了河南省电力局（公司）地电处领导和《农村电气化》期刊社尊师良友的支持，特别是原电力部农电司霍宏烈司长百忙当中亲自为本书作序，在此一并致以深深的谢意。

由于作者学识和水平有限，加之时间要求紧促等，本书难免有疏漏和谬误之处，敬请广大读者不吝指教。

作 者

2003年6月于郑州

目 录

序

前言

第一章 节约能源与线损管理的基本概念

第一节 能源形势与线损管理的节能意义	1
第二节 电力网的线损及其产生的原因	3
第三节 农网线损的类别关系与构成比例	6
复习思考题	9

第二章 农村电力网的线损理论计算

第一节 线损理论计算的作用与条件	10
第二节 电力网线损计算的原理与基本方法	12
一、恒定负荷电流·单一元件电路的线损计算	12
二、线路等值电阻和复杂网络的线损计算	13
三、线路均方根负荷电流和非恒定负荷电流的线损计算	15
第三节 电力网电能损耗计算的传统方法	18
一、最大负荷电流·最大负荷损耗时间法	18
二、最大负荷电流·负荷损失因数法	19
三、均方根电流法(代表日负荷电流法)	20
四、平均电流·负荷曲线特征系数法	20
五、电量法(电能表取数法)	21
第四节 高压配电网线损理论计算的方法	21
一、高压配电线路理论线损计算的总体表达式	22

二、高压配电线路与变压器等值电阻的计算方法	23
三、线路首端负荷曲线特征系数的计算方法	28
四、线路首端平均负荷电流的计算方法	30
五、线路运行时间、变压器运行时间、线路与变压器的综合 运行时间的确定方法	31
六、线路实际运行电压的确定方法	33
七、线路负荷功率因数(即力率)的确定方法	33
八、高压配电线路线损理论计算的终结性计算	34
九、10kV 配电线路线损理论计算实例	35
第五节 10 (6) kV 两线一地制线路线损理论计算的 方法	41
第六节 高压配电线路缺相供电的线损分析与实施条件	48
第七节 高压配电线路线损电量的分解计算	52
第八节 多电源供电配电网线损理论计算的方法	56
第九节 低压配电网线损和电动机能耗的计算方法	67
第十节 输电线路线损理论计算的方法	76
复习思考题	85

第三章 农电线损报表的编制与农网线损的分析

第一节 农电线损报表的程序编制法	88
第二节 农网线损综合分析与降损对策综述	91
复习思考题	98

第四章 降低农村电网线损的管理措施

第一节 推行降损承包经济责任制	100
第二节 加强用电营业管理	103
第三节 加强电能计量管理	114
第四节 均衡供用电, 减小负荷波动及其峰谷差	128
第五节 合理选择变压器的容量与安装位置	133
第六节 采取考核相关措施 提高变压器负载率	138

第七节 降低农村低压电网线损的措施·····	146
复习思考题·····	151

第五章 降低农村电网线损的技术措施

第一节 推广应用电网无功补偿技术·····	153
第二节 更新改造高能耗变压器, 推广应用低损耗变 压器·····	173
第三节 合理规划电网布局, 及时进行技术改造·····	191
第四节 农村电网的升压改造与升压运行·····	204
第五节 农网中主配变的经济运行·····	210
第六节 配电网的经济运行·····	229
复习思考题·····	244

附录

附录一 农村电网节电技术规程(DL/T738 2000) ·····	247
附录二 六种标准系列 30~1000kVA/10kV 配电变压器 技术性能参数表·····	260
附录三 四种标准系列 800~10000kVA/35kV 主变压器 技术性能参数表·····	261
附录四 JO ₂ Y 系列电动机空载电流表 ·····	262
附录五 架空线路中铝绞线和钢芯铝绞线电阻值表·····	263
附录六 无功电量对有功电量之比值与功率因数对 照表·····	263
附录七 农电线损统计表、统计示意图及统计方法 说明·····	264
参考文献 ·····	269

第一章 节约能源与线损管理 的基本概念

第一节 能源形势与线损管理的节能意义

一、我国的能源形势与能源方针

能源，是指自然界提供给人类所需要的某种特定形态和形式的能量，是人类赖以生存的重要物质基础。其中电能是传输和转换效率最高、清洁而最少污染环境、使用和控制最方便、当今应用最广泛的一种能源，也是能源的重要组成部分。

能源问题事关国家现代化建设和我国全面建设小康社会的大局，深刻认识当前我国的能源形势，对于进一步做好能源的计划和节约用能工作很有意义。首先就能源的探明总储量来说，我国煤炭储量约为 7310 亿 t，居世界第三位，近几年年开采量均超过 10 亿 t，居世界第一位，即其总量仅够开采几百年；石油储量约为 940 亿 t（天然气储量为 38 万亿 m^3 ），居世界第六位，近几年年开采量约为 1.6 亿 t，居世界第五位，即其总量仅够开采 500 余年；至 2002 年底，发电装机总容量约为 35657 万 kW，其年发电量约为 16541.6 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，均居世界第二位。其次，就能源的人均拥有量来说，我国的能源人均水平仅为世界平均值的 1/2，是美国的 1/10、前苏联的 1/7，在世界排名第 80 位；拿我国能源消耗量达 70% 以上的煤炭来比，前苏联人均均为 2.2 万 t，美国为 1.3 万 t，德国为 3300t，英国为 2900t，而我国仅为 610t，比世界平均水平还低 30%。并且，我国还是当今三个石油进口大国之一，每年进口超过 8000 万 t。其三，就能源的利用效率来说，日本达 57%，美国达 51%，西欧主要国家达 43%，而我国仅为 30%；我国主要工业产品的单位能源消耗量，比世界工业发达国家平均高 40%；

也就是说，我国每消耗 1t 标准煤所创造的国民生产总值，只有发达国家的 $1/2 \sim 1/4$ 。这些情况说明，我国的能源消耗高、浪费大，节约能源的潜力也巨大。同时也意味着，如果我们不注意节约能源，到一定历史时期，我国的能源将会比很多国家首先枯竭！

根据我国严峻的能源形势和实际国情，我国政府于 1979 年颁发了我国的能源工作方针，这就是“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位”的能源方针。为了确保我国国民经济持续、稳定、协调、有序发展，使我国现代化建设和全面建设小康社会的宏伟目标早日圆满实现，我们应当认真学习、深刻领会国家这一战略方针，提高全民族和子孙后代的节能意识，千方百计、深入持久地做好节能工作。

二、加强线损管理工作对节约能源的意义

1. 线损管理工作的主要内容

管理是一门科学。它是由一系列理论、原则、形式、方法、制度等组成的。线损管理涉及国家的能源方针政策、生产管理制度、企业的管理方法、理论基础和计算技术诸多方面。

线损管理工作的主要内容，大致包括五个方面，一是贯彻执行国家和上级电力部门的能源方针政策，如国务院于 1986 年 1 月颁发的《节约能源管理暂行条例》、国务院于 1987 年 3 月批转国家经委、国家计委制订的《关于进一步加强节约用电的若干规定》、原水利电力部于 1983 年 6 月下达的《关于停止装用高能耗配电变压器的通知》、原能源部于 1990 年 1 月颁发的《全国农村节电实施细则》、原国家经贸委于 2000 年 11 月发布的《农村电网节电技术规程》等文件。二是制订下达线损率考核指标和降损节电计划。三是落实降损节电的各项措施，消除或尽量减少线损中可以避免及不合理的部分，使各种电压等级电网的线损率降低到国家要求值或合理值。四是按时完成线损统计工作，正确编制线损报表，为领导和上级的决策提供依据。五是定期开展线损理论计算和分析工作，为确定降损主攻方向提供依据。

2. 加强线损管理工作的节能意义

为了贯彻落实国家的能源方针,我们应当做好两方面的工作:一是用能单位要合理利用能源,降低能源消耗,提高企业在生产过程中的能源利用效率;二是供能单位要经济高效地传输能源,降低传输和分配过程中的损耗。加强线损管理,其实质就是要做好节约电能的第二方面工作,在满足社会和人民需要而尽可能多供的基础上,实现少损,提高供电企业的效益。

加强线损管理对节约能源的意义,主要体现在以下六个方面:

(1) 降低电网电能损耗,节约发电中所需用的煤炭和燃油等燃料,为国家节约主要能源。

(2) 减少电网线损电量,为国家和电力企业节约由其占用的发供电设备(包括电力线路)容量的投资。

(3) 减少工矿企业用电单位的电费开支,降低生产成本,提高电能的利用效率和社会效益。

(4) 降低线损就是节约电力,每节约 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电能,即相当于节约 0.4kg 的标准煤,即可冶炼优质钢 2kg ,可多采煤 30kg ,可多产原油 0.03kg ,可多生产复合肥 56kg ,可多生产水泥 14kg ,可多织布 7m ,可多灌溉农田 0.15 亩……

(5) 促进节能高效新技术、新设备(产品)、新工艺的推广应用,促进现有高能耗老设备的更新改造,从而有利于电力企业能够较好地完成上级电力部门下达的线损率考核指标。

(6) 对于某些电力短缺、供需矛盾紧张的地区,加强线损管理,降低损耗,在一定程度上对其可起到缓解的作用,为国民经济建设提供“充足、可靠、合格、廉价”的电力,促进国民经济持续、稳定、协调地发展。

第二节 电力网的线损及其产生的原因

一、电力网的线损(电能损耗)

1. 电力网

电力网是电力系统的一部分。它是由电力线路(输电线路和

配电线路)、电力变压器(升压变电站和降压变电站中的主变压器及电力用户的配电变压器)、电气开关设备(油断路器、熔断器、刀闸等)、电气测量仪表(含电能计量装置)、无功补偿设备(如移相电容器等)、继电保护装置等元件所组成。这就是说,在电力系统中,除发电厂(火力发电厂、水力发电厂和核能发电站等)和电力用户的用电设备、器具之外,具有输送和分配电能功能的所有全部电气设备(含各种不同电压等级的线路、装置)按照一定规则所连接成的网络,就是电力网。

2. 电力网的线损

从发电厂发出来的电能,在电力网输送、变压、配电各环节中所造成的损耗,称为电力网的电能损耗,简称为线损。即电力网的线损是发电厂(站)发出来的输入电网的电能量与电力用户用电时所消耗的电能量之差。线损在理论上的特点,是电能以热能和电晕的形式散失于电网元件的周围空间。这就是说,电力网的线损是一种自然的物理现象;也是线损电量中不可避免的部分。但是,线损电量中还有可以避免和不合理部分,因此,各个电网的线损大小是有区别的,管理部门只要采取适当措施,是可以把它降低到合理值或控制在国家规定值之内。

3. 线损率

电网中的线损电量对电网购电量(或供电量)之百分比,就是线损率,亦称供电损失率。即

$$\text{线损率} \% = \frac{\text{电网线损电量}}{\text{电网购电量(供电量)}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中,电量的单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 、万 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 或亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

在实际工作中,线损电量有两个值,即实际线损电量与理论线损电量,因此,线损率也有两个对应值,即实际线损率与理论线损率。且

$$\begin{aligned} \text{实际线损率} \% &= \frac{\text{实际线损电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{购电量} - \text{售电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \quad (1-2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{理论线损率 } \% &= \frac{\text{理论线损电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{固定损耗} + \text{可变损耗}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \quad (1.3)\end{aligned}$$

由于线损率不同于线损电量,它是一个用百分比表示的相对值,因此线损率是表征电网结构与布局是否合理、运行是否经济的一个重要参数,也是国家考核供电企业经营管理和技术管理水平是否先进,所采取的措施是否得力有效的一项重要技术经济指标。

在正常情况下,电力网的实际线损率略高于理论线损率。当今,我国电力网的实际线损率约为7%~8.5%,此线损率涵盖了我国城网和农网,从配电变压器二次侧总表及以上,至220kV或500kV线路设备的线损。而日本、德国、法国、英国等国土较小的国家,其线损率约在5%~7%之间;美国、加拿大、前苏联等国土较大的国家,其线损率约在7%~8%之间。然而,我国农村电力网,从低压到高压,包括配电网和输电网,即包括用户和电业部门,其全网的实际线损率约为27%~30%,远高于理论线损率,也远高于工业发达国家的平均值;其中,0.4kV线损率,即农村低压配电网线损率约为12%~15%,10(6)kV线损率,即农村高压配电网线损率约为8%~10%,35~110(220)kV线损率,即农村输电网的线损率约为4%~5%。

二、电力网线损的产生原因

电力网中线损的产生原因,归纳起来主要有三个方面的因素,即电阻作用、磁场作用和管理方面的因素等。

1. 电阻作用

在电路中由于电阻的存在,所以电能 in 电网传输中,电流必须克服电阻的作用而流动,随之引起导体的温度升高和发热,电能转换为热能,并以热能的形式散失于导体周围的介质中,即产生了电能损耗(线损)。因为这种损耗是由导体对电流的阻碍作用而引起的,故称为电阻损耗;又因为这种损耗是随着导体中通过电流的大小而变化的,故又称为可变损耗(这种损耗的计算方