

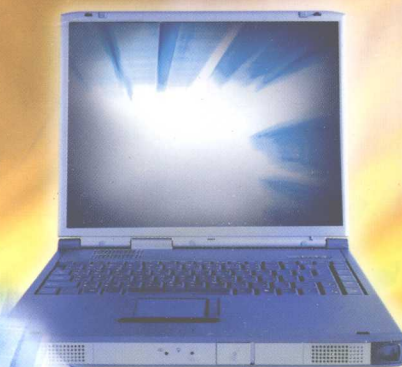
线损管理培训用书

● 廖学琦 编著

农网线损计算分析

与 降损措施

(第二版)



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

线损管理培训用书

农网线损计算分析与 与降损措施

(第二版)

◎ 廖学琦 编著

（第二版）农网线损计算与分析	各	年
廖学琦 编著	告	告
中国水利水电出版社 北京 100011	已	出
网址: www.waterpub.com.cn		
E-mail: sale@waterpub.com.cn		
（中国图书）8 (CIP) (010) 83232934	编	号
（北京）中国水利水电出版社 北京 100011		
电话: (010) 83232934		
全国新华书店均有代售		
中国水利水电出版社 北京 100011	图	书
北京 100011	号	号
184mm×260mm 1/32 16 开 1.1 印张 129 千字		
2003 年 2 月第 1 版	文	版
2008 年 2 月第 2 版		
8101	印	次
39.00	元	元



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

封面设计：中国水利水电出版社 封面设计：中国水利水电出版社
封面设计：中国水利水电出版社 封面设计：中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为线损管理培训用书,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。

编写中,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、言简意赅、深入浅出。因此,本书适宜做线损管理人员的培训教材和自学书籍;也可用做从事农网规划、计划、运行、管理等工作的领导和专业人员的工具书;并可供农村电工和乡镇电工阅读;同时对从事城市供用电的管理人员和厂矿企业电工、电气技术人员,以及有关专业在校师生,也有一定的参考价值。

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. —2版.

北京:中国水利水电出版社,2008

线损管理培训用书

ISBN 978-7-5084-5555-6

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(2008)第060227号

书 名	线损管理培训用书 农网线损计算分析与降损措施 (第二版)
作 者	廖学琦 编著
出版发行	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)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18.25印张 433千字
版 次	2003年8月第1版 2008年7月第2版 2008年7月第3次印刷
印 数	8101—13100册
定 价	39.00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

序

电力网线损率(全称为电能损耗率)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。这些管理工作之所以重要,是因为它们与供电企业的经济效益关系甚大。“促企业管理上台阶上水平,向三大指标要能源要效益”是我们的追求目标,也是我们的工作宗旨。

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,并达到国家要求的达标值,线损才算管好了;企业才能从中获得较好的经济效益,才能减轻城乡居民的电费负担,特别是农民的电费负担;也才能称得上是以实际行动支持国家全面建设小康社会的。降损措施很多,要抓主要的为先,有针对性的为先,有实际成效的为先,而后多措并举,全面落实,把成效巩固以至扩大。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。总之,对供电企业来说,安全生产是硬道理,供电量增长、线损率达标、年度电费回收结零也是硬道理!

河南省电力公司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,积累了比较丰富的经验。他发表过不少论文,合编和单独编写了几本著作,并多次为培训班和学校讲课,多次为部里编制有关管理办法和规程。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,被全国农村电气化学会聘为学术委员。

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,对您的相关工作有所帮助和促进。

霍宏烈

第二版前言

令人欣喜的是2003年8月本书（第一版）一问世，就有单位来电来函，说他们拟办相关的研讨班或培训班，拟请作者去讲学；我们也没有预料到本书能受到如此多的读者朋友的喜爱，有多个单位一次就购取100本、200本、400本。现在，本书（第一版）两次印刷共八千余册，已销售一空。为了进一步满足广大读者朋友的需求，今年特意为本书进行了修订再版。值此本书再版之际，我们向广大读者朋友，以及从事电力（电气）工作的各位领导、尊师、良友，对本书的关爱，对我们工作的肯定和支持，表示由衷的感谢。

本书再版中，增添了诸多新内容，比如，在低压配电线路理论线损计算中，增加了三相负荷电流不平衡对线损影响的计算，以及中性线电流与低压线路合理供电半径的计算确定方法；在110kV输电线路理论线损计算中，增加了电网潮流及其分布计算；在降损措施中增加了10kV配电线路无功补偿优化、负荷经济功率因数的计算确定方法、治理窃电和低压三相负荷不平衡的方法，以及系统电网与小水电的分网运行、环形电网经济运行等。修改补充量达到40%以上。

虽然本书主要是针对农网线损管理人员和用电管理人员编写的，但是也同样适宜于城网的线损管理人员和用电管理人员，因为书中所适用的电工理论、电气知识及输配电技术是基本一致的，线损的管理思路、计算方法及降损措施也是大同小异的。用电管理的重点和降损节电的主攻方向，都是同样放在低压配电网和用户上，以及10kV配电网。

本书第一版自出版以来，作者又多次应邀奔赴祖国各地讲学，学员达数百人次（城网和农网的相关管理人员都有），并受到了好评和尊重，心中感到无限欣慰。时至今日，作者虽年近七旬，但身体依然健康，精力依然充沛，仍然愿意为我国的降损节能工作贡献自己的力量。

本书第一版自问世以来，书中提出的多种计算方法和新颖独到的见解，已被许多书刊广泛引用，并列为主要参考文献。这让本书作者感到无上荣光

和欣慰。

一个作者只有植根于广大读者之中，其作品才有价值和生命力。因此，诚心诚意再一次欢迎广大读者朋友对本书提出宝贵意见和建议。

作 者

2008年4月于郑州

第一版前言

本书为线损管理培训用书，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）。

还有诸多读者朋友发来信函和电话，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/T 738—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。同时，为了报答党和国家的培养，我觉得应否给后人留下点什么，或者作个交代的，以免造成愧疚和终生遗憾。

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(其中有多表具有浓缩性,一表多用,一表顶数表)。

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、言简意赅、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(在校已系统学习)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;同时对从事城市供用电管理人员和厂矿企业电工、电气技术人员,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,更难能可贵的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,本书难免有疏漏和谬误之处,恳请广大读者不吝赐教。

作 者

2003年6月于郑州

目 录

序

第二版前言

第一版前言

第一章 节约能源与线损管理的基本概念	1
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	8
第二章 农村电力网的线损理论计算	9
第一节 线损理论计算的作用与条件	9
第二节 电力网线损计算的原理与基本方法	10
第三节 电力网电能损耗计算的传统方法	15
第四节 高压配电网线损理论计算的方法	18
第五节 10(6)kV 两线一地制线路线损理论计算的方法	38
第六节 高压配电线路缺相供电的线损分析与实施条件	43
第七节 高压配电线路线损电量的分解计算	46
第八节 多电源供电配电网线损理论计算的方法	48
第九节 低压配电网线损和电动机能耗的计算方法	59
第十节 输电线路线损理论计算的方法	76
复习思考题	89
第三章 农电线损报表的编制与农网线损的分析	91
第一节 农电线损报表的程序编制法	91
第二节 农网线损综合分析与降损对策综述	93
复习思考题	100
第四章 降低农村电网线损的管理措施	101
第一节 推行降损承包经济责任制	101
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	125
第五节 合理选择变压器的容量与安装位置	129
第六节 采取考核相关措施 提高变压器负载率	133
第七节 降低农村低压电网线损的措施	138
复习思考题	147
第五章 降低农村电网线损的技术措施	149
第一节 推广应用电网无功补偿技术	149
第二节 合理规划电网布局 及时进行技术改造	166
第三节 农村电网的升压改造与升压运行	175
第四节 更新改造高能耗变压器 推广应用低损耗变压器	180
第五节 农网中主配变的经济运行	192
第六节 配电网的经济运行	206
第七节 系统电网与小水电的分网运行及环形电网的经济运行	217
复习思考题	228
附录 I 农网线损管理有关规定及标准	230
附录 II 农网线损管理有关技术及参数	264
参考文献	279

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管理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 7345 亿 t,其中可采储量约为 1145 亿 t,占世界总储量的 12.6%,居世界第三位;近几年年开采量均超过 25 亿 t,居世界第一位;石油储量约为 1221 亿 t,其中可采储量约为 60 亿 t,占世界总储量的 3.4%,居世界第九位(天然气储量为 47 万亿 m^3 ,其中可采储量为 2.23 万亿 m^3 ,占世界总储量的 1.3%),近几年年开采量约为 1.85 亿 t,居世界第五位;至 2007 年底,我国发电装机总容量约为 7.182 亿 kW,年发电量约为 3.2644 万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,全社会用电量约为 3.2565 万亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,均居世界第二位(上述情况说明,我国已经成为当今世界第二大能源生产国,中国对能源的开发利用将促进世界能源的发展,不会对世界能源构成威胁)。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;以我国能源消耗量达 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,我国还是当今世界三大石油进口国之一,每年进口约为 1.4 亿 t(美国为 5.8 亿 t,日本为 2.2 亿 t)。第三,就能源的利用率来说,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 1/4~1/2。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。

根据我国严峻的能源形势和国情实际,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。我国政府又于 2006 年提出:单位 GDP 能源消耗在“十一五”期间降低 20%的工作目标(这些情况说明,中国的能源方针政策,是以节约为主,自主开发为主,大量之需求立足于本国)。为了确保我国国民经济持续、协调、平稳、又好、又快发展,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与“节约优先,效益为本”的意识,树立科学发展观,千方百计、深入持久地做好节能工作,为建立资源节约型社会和走建设科技创新型国家作出贡献。

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、国家计委制定的《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。二是制定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,与时俱进,把企业建成自主创新的现代企业,节能减排并举并重,为建设能源资源节约型社会,为留给子孙后代一个“蓝天碧水”优美生态环境的家园——我们的国家,作出应有贡献。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;当今,全国数千个供电企业(管城网的市级供电企业+管农网的县级供电企业)如果对各电压等级电网或电力线路采取有效措施,供电网线损率平均降低一个百分点,全国一年约节约(少损)电量150亿kW·h,其价值达40亿元,这是多么可观、多么惊人的数字。因此,全国各级供电企业要在满足社会和人民需要的前提下,尽可能地多供和少损,以提高供电企业的经济效益和社会效益。

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) 降低工矿企业专用用电线路及变电或配电变压器的电能损耗,减少其电费开支,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, 反过来又有利于电力企业能够更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, 降低电能损耗, 在一定程度上对其可起到缓解的作用, 为国民经济提供“充足、可靠、合格、廉价”的电力, 促进国民经济持续、协调、平稳、又好又快发展。

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、配电及营销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。其中按存在的自然性有两大类: 第一类是由电网元件的技术性能优劣状况、电网结构与布局合理程度、电网运行状况与方式是否经济合理等因素造成(决定)的。这种线损即为电力网的技术线损(又称电力网的理论线损)。即它在理论上的特点, 是电能以热能和电晕的方式散失于电网元件的周围空间或介质中; 这就是说, 电力网的技术线损是电力网固有的、自然的物理现象; 因此, 电力网的技术线损是线损电量中虽然可以降低(或减小), 但却是不可以避免的组成部分。第二类线损是由电网的管理企业或部门的管理水平(如生产运行管理水平、企业经营管理水平、电网及设备管理水平、电能计量管理水平等)的差异所决定的。这种线损即为管理线损(又称营业损失或不明损失)。即它的产生并非电力网固有的、自然的物理现象, 而是电网线损电量中不合理且可以避免的部分, 即可以减少为零或接近零值的。因此, 各个电网总线损量大小是有区别的, 管理部门只要采取适当和有效的措施, 是可以把它降低到合理值或控制在国家要求的达标值范围的。

据统计分析, 在我国农村电网全网线损电量中, $35(66) \sim 110(220)\text{kV}$ 输电网的

线损电量约占 22%，10kV 配电网的线损电量约占 36%，0.4kV 配电网的线损电量约占 42%。而国外有关资料介绍，德国、英国等西欧主要国家的高压配电网的线损电量约占全部网损的 38%~44%，前苏联的 10kV 配电网的线损电量亦约占全部网损的 40%。

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 kW·h、万 kW·h 或亿 kW·h。

从式 (1-1) 可知而知，线损率是指电网向受电用户供电之过程中，每供电 100kW·h，其中间所损失的电量。电网供电量和用户用电量均可以用表计（电能表）计量出来，而损失电量是不可以用电能表计量出来的（专门的仪器除外，此种仪器通常比电能表结构较复杂，技术含量较高，价格较昂贵，推广应用有一定阻力和困难，且市场上很少见有出售的），三者之间的关系是：供电量 > 用电量 >> 损失电量。

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

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

$$\begin{aligned} \text{理论线损率}(\%) &= \frac{\text{理论线损电量}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{固定损耗} + \text{可变损耗}}{\text{电网购(供)电量}} \times 100\% \end{aligned} \quad (1-3)$$

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。

又因实际线损电量中包含了理论线损电量和管理线损电量，且欲使管理线损电量降至为零值，有一定工作难度，故对多数地区或多数电量而言，在正常情况下，电力网的实际线损率总是高于或略高于理论线损率。目前，我国电力网的实际线损率约为 7.5%~8.5%，此线损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。而德国、日本、美国等国国土面积较小或设备（含线材）节能性能较好的国家，其线损率约在 5.0%~6.5%；前苏联、加拿大、法国、英国等国国土面积较大或设备（含线材）节能性能较差的国家，其线损率约在 7.0%~8.0%。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 25%~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 11%~14%，10（6）kV 线损率，即农村高压配电网线损率约为 6%~9%，35~110（220）kV 线损率，即农村输电网的线损率约为 3%~4%（此处三个电压等级农网线损率中前面的三个下限值为全国性农村电网改造

后国家要求一流县级供电企业该电压等级农网线损率之达标值，而 12%、7.5%、3.5% 为国家要求一般县级供电企业相应电压等级农网线损率之达标值）。

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，所以电能能在电网传输中，电流必须克服电阻的作用而流动，随之引起导电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（这种损耗的计算方法，是本书和其他书刊讲述的重点）。

2. 磁场作用

在交流电路中，电流通过电气设备，使之建立并维持磁场，电气设备才能正常运转，带上负载而做功。如电动机需要建立并维持旋转磁场，才能正常运转，带动机械负荷做功。又如变压器需要建立并维持交变磁场，才能起到升压或降压的作用，把电能输送到远方，而后又把电能变压为便于用户使用的电能。众所周知，在交流电路系统中，电流通过电气设备，电气设备吸取系统的无功功率，并不断地交换，从而建立并维持磁场，这一过程即为电磁转换过程。在此过程中，由于磁场的作用，在电气设备的铁芯中产生磁滞和涡流现象，使电气设备的铁芯温度升高和发热，从而产生了电能损耗。因这种损耗是由交流电在电气设备铁芯中建立和维护磁场的作用而产生的，故称为励磁损耗（其中以磁滞损耗为主，涡流损耗极小）；又因这种损耗与电气设备通过的电流大小无关，而与设备接入的电网电压等级有关，即电网电压等级固定，这种损耗亦固定，故又称之为固定损耗。

3. 管理方面的因素

有些地方电业管理部门管理水平落后，制度不够健全，致使工作中出现一些问题。例如，用户违章用电和窃电；电网绝缘水平差，造成漏电；计量表计配备不合理，修校调换不及时，造成误差损失；营业管理松弛，造成抄核收工作的差错损失；电网及设备发生事故或故障造成的电量损失。由于这种损失没有一定的规律，不能运用表计和计算方法测算取得，只能由最后的统计数据确定，而且其数值也不能够及早明晰而被确切预知，故称为不明损失；又因为这种损失是由电业管理部门的管理方面因素（或在营业过程中）造成的，故又称之为管理线损（或营业损失）。

由上所述，可得管理线损的确定方式如下

$$\begin{aligned}\text{管理线损} &= \text{营业损失} = \text{不明损失} \\ &= \text{电网供电量} - \text{售电量} - \text{理论线损电量}\end{aligned}\quad (1-4)$$

其中，供电量与售电量可运用表计测量取得，理论线损（技术线损）电量可运用计算方法求得。

4. 其它方面的因素

比如电晕作用，即在高压和超高架空输电线路导线表面周围存在一个电场，当其场强超过导线表面周围空气分子的游离强度或耐场强度（一般为 $20 \sim 30 \text{ kV/cm}$ ）时，导线表面周围空气薄层就被击穿电离为带电之离子，这个过程为不完全自激放电过程，其间会发出“嗤、嗤……”的放电声，在夜间沿线可看见一条长长的紫蓝色的荧光，这种现象即为“电晕”。电晕放电与导线表面的电场强度、光洁程度、导线所处地理环境、天气情况，以及导线的直径、每相导线数等因素有关。电晕放电必将产生线路的有功功率损耗（同时还产生无线电干扰和高频干扰，还可能引起导线舞动及损伤）。电晕损耗的计算目前尚无精确公式，只能按经验估算，即其年均损耗约为线路年均电阻损耗的 10% 左右。而且只有对 220 kV 及以上线路和 110 kV 线路导线截面小于 150 mm^2 的架空线路方需计算之。

第三节 农网线损的类别关系与构成比例

一、农村电网线损的类别关系

农村电网线损，按产生的原因可分为电阻损耗、励磁损耗和不明损失；按与电网中负荷电流的关系，又可分为可变损耗与固定损耗；按产生在电网元件的部位，又可分为线路导线线损、变压器铜损、变压器铁损、电容器介质损和计量表计中的损失等。此外，电业管理部门根据工作需要，还分有：实际线损、管理线损、理论线损、考核线损、规划线损等。它们之间的正常关系应该是：考核线损（率） $\geq$ 实际线损（率） $\geq$ 理论线损（率） $\geq$ 规划线损（率） $\geq$ 管理线损 ≥ 0 。

高压配电网输送的负荷电量及线损电量都比较大，与县级供电企业经济效益的关系较为密切，并且线路较长，分布面较广，变压器等设备较多，线损种类较杂，管理工作较为繁重。因此，高压配电网是农村电网的主要组成部分，用它的线损构成情况来说明农村电网的线损类别与构成比例，是颇具代表性的。农村电网线损的分类情况及相互关系如图1-1所示。

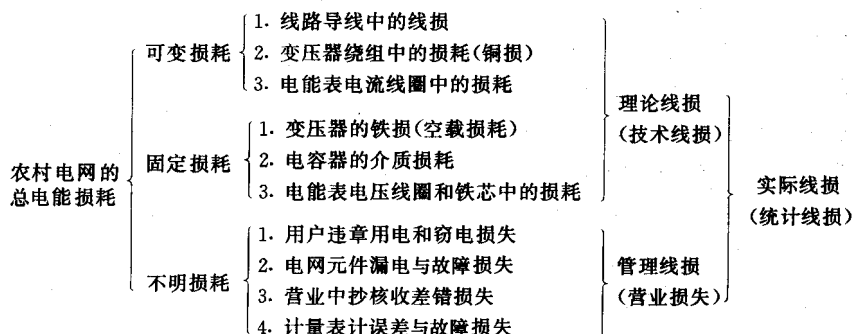


图 1-1 农村电网线损的分类及其相互关系

图 1-1 说明了两点：一是在正常情况下，实际线损（率）应略高于理论线损（率），所差之值即为管理线损（或不明损失、营业损失）。二是所统计出来的公用线路损失率，

与其理论线损率、与同一单位前后的线损率、与各单位之间的线损率，是均有可比性的。

与图 1-1 类似，农村低压电网的总电能损耗也是由可变损耗、固定损耗及不明损耗三大部分组成。所不同的是，可变损耗中的线路导线中的线损包含低压线路线损、下户线线损及进户线线损；可变损耗包含农用电动机的负载损耗及电能表电流线圈中的损耗。固定损耗包含农用电动机的空载损耗（即铁损，约占电动机总损耗的 20%~25%）、电容器的介质损耗及电能表电压线圈和铁芯中的损耗。而不明损耗（即管理线损或称营业损失）与图 1-1 基本相同，即由“偷、漏、差、误”4 部分组成。

二、农村电网线损的构成比例

农村电网线损的构成比例，是通过线损理论计算与分析确定的。为了合理地制定降损节电计划，确定降损的主攻方向，线损管理部门及主管人员必须了解、掌握所辖电网或线路各个时期的线损变化规律和线损构成比例。

目前，多数农电单位在进行线损理论计算时，为了简化方便起见，考虑到电网中各种线损量的大小及主次位置的实际情况，一般只计算变压器的铁损、变压器的铜损和线路导线的线损三种损耗，以及由这三种损耗组合而成的总损耗；农村电网的线损构成比例，实际上是指这三种损耗在总损耗中分别所占的百分比例。其它损耗，如电容器的介质损耗，电能表、互感器、继电器等元件中的损耗，由于所占比例极小（一般不足 1.5%），是不做专项计算的。只是在计算上述三种主要损耗时，对有关参数（如线路与各台变压器的实际运行时间）取值中，予以适当考虑即可。

通过多年大量电网线损理论计算和分析，得知多数农村配电网线损构成比例，如表 1-1 所示。

表 1-1 农村（城市）高压配电网线损构成比例表

高压配电网线损类别	构成比例(%)
总电能损耗	100
线路导线中的电能损耗	一般为 10~20 (20~30)
变压器的铜损（负载损耗）	一般为 7~13 (15~20)
变压器的铁损（空载损耗）	55~85 (50~70)， 多数为 70 (60) 左右
其它元件（如电容器、电能表、互感器、继电器等）的损耗	一般为 1~1.5 (0.5~1)

由表 1-1 可见，在农村 6~10kV 高压配电网中，变压器的铁损在总损耗中所占比重最大，线路导线中的线损和变压器的铜损次之，而其它元件中的损耗最小。这是农村配电网和城市配电网相比大同小异之处。因此，降低变压器的铁损，即电网中的固定损耗，是降低农村配电网总电能损耗的主攻方向。

其次，就农村电网中 6~10kV 配电系统和 35~110kV 送变电系统相比，也有两个明显不同的特点。一是随着地方小火电厂和小水电站发电量的上网输入，致使 6~10kV 配电网传输的电量比 35~110kV 输电网要多，其递增率也较高。二是由于 6~10kV 配电网