

第一章 绪论

1-1 什么叫线损？什么叫线损率？

在输送和分配电能的过程中，电力网中各个元件所产生的一定数量的有功功率损失和电能损失统称为线路损失，简称线损。

线损电量的包括范围是从发电厂主变压器一次侧（不包括厂用电）至用户电度表上的所有电能损失。线损电量 = 供电量 - 售电量。

线损电量占供电量的百分比称为线路损失率，简称线损率。

$$\text{线损率} = \frac{\text{线损电量}}{\text{供电量}} \times 100\% \quad (\text{取二位小数})$$

1-2 线损种类怎样划分？

线损种类可分为统计线损、理论线损、管理线损和定额线损。

1-3 为什么会产生线损？

因为电能是经过导线传送的，导线本身有电阻，电流通过电阻时，就要产生功率损失和电能损失，另外在电磁能量转换的过程中，也要产生功率损失和电能损失。电网中的功率损失要消耗发电厂的功率，电网中的电能损失引起导线的发热，这些热量没有其它用途却要消耗发电厂的燃料。所以，

我们总是要求线损电量和线损率尽可能小。

1-4 试回答我国当前的线损率水平和降损节能工作概况以及存在的问题？

我国1987年度各大区电网线损率完成情况详见表 1-1。

表 1-1 我国1987年度各大区电网线损率完成情况表

序号	名称	供电量 (万kW·h)	售电量 (万kW·h)	损失电量 (万kW·h)	线损率 (%)
1	东北电网	6141214	5674545	466669	7.6
2	华东电网	7099280	6524604	574676	8.09
3	华中电网	6655511	5989013	666498	10.01
4	华南电网	2692222	2445613	246609	9.16
5	西南电网	2723282	2496913	226369	8.31
6	西北电网	2905598	2680875	224723	7.73
7	华北电网	6709676	6230278	479398	7.14
	小 计	34926783	32041841	2884942	8.26
8	其 它	8423617	7631059	792558	9.41
9	全国合计	43350400	39672900	3677500	8.48

注 1980年一些工业发达国家的线损率：西德4.5%，日本5.8%，法国7.0%，苏联7.9%，英国8.1%，美国8.7%，中国8.9%。

我国主要供电企业1987年度线损率完成情况详见表 1-2。

线损率是一个动态指标，其大小决定于电网结构、技术状况、运行方式和潮流分布、电压水平以及功率因数等多种因素，它不仅反映一个电网的运行管理水平，还受电网规划设计以及电网建设的制约，例如60、70年代我国电力建设比例失调，输变电投资还不到发电投资的1/5，两者增长比例相差过于悬殊，其结果是输变电能力和发电能力极不相称，无功补偿又严重不足，全国各个电网不同程度地出现变电站

表 1-2 我国主要供电企业1987年度线损率完成情况表

供电企业名称	线损率(%)	名次	供电企业名称	线损率(%)	名次
抚顺电业局	2.02	1	沈阳电业局	4.18	13
太原供电局	2.04	2	上海供电局	5.00	14
鞍山电业局	2.20	3	兰州供电局	5.08	15
唐山供电局	2.21	4	北京供电局	5.14	16
大庆电业局	2.30	5	石家庄供电局	5.25	17
淄博电业局	2.32	6	杭州供电局	5.28	18
吉林电业局	2.73	7	哈尔滨电业局	5.40	19
天津电力局	3.15	8	广州供电局	5.59	20
武汉供电局	3.45	9	苏州供电局	6.80	21
大连电业局	3.72	10	重庆电业局	6.98	22
邯郸供电局	3.81	11	贵阳供电局	7.35	23
南京供电局	3.92	12			

分点少，变压器过负荷，输电半径过大，线路输送能力低，不少线路超经济电流甚至超安全电流运行，功率因数低、电压质量差，电网结构脆弱卡脖子等现象，致使线损率大大升高，“六五”期间，在投资比例上虽注意了这个问题，但因过去欠帐过多，一时难于根本扭转。

1-5 做好线损工作的意义是什么？

线损工作，是供电企业为降低供电过程中电能损失所采取的各种组织措施和技术措施的总称。

当前，在严重缺电的情况下，除加快电力工业的基本建设外，努力降低线损（就全国来讲一般线损率在8.5%时，每年就白白消耗掉线损电量约400亿kW·h折标准煤1616万吨，所以，电力企业本身就是个耗能大户，如果再加上各用电户线损电量数字就更可观了），提高能源利用效率，就可

以向用户提供更多的电力，促进工农业生产，节约动力资源，降低供电成本，其经济意义和现实意义都是不可低估的。

线损率是国家考核供电企业的重要技术经济指标，是电力企业完成国家计划和企业上等级的主要内容之一；这项指标涉及面广，电网的发、供、变、用等各个环节的运行情况，都与线损有联系，因此，线损率又是供电企业管理水平的综合反应。指标计划完成与否与本企业职工的经济利益挂钩，线损率的稳步降低，是供电企业管理水平逐步提高的体现，抓好线损管理，也能推进各项专业管理水平的提高，只有这样，才能更好地保证完成或超额完成国家下达的线损指标。

1-6 什么叫统计线损？

统计线损是根据电度表的读数计算出来的，即供电量和售电量两者的差值，这种计算方法在统计学上称为余量法。它是上级考核计划完成情况的唯一依据。

1-7 什么叫理论线损？

根据供电设备的参数和电力网当时的运行负荷情况，由理论计算得出的线损，叫理论线损，又称技术线损。

1-8 什么叫管理线损？

管理线损指的是不明损失，也叫其它损失，它等于统计线损（实际线损）与理论线损的差值，要求越小越好。

1-9 什么叫定额线损？我国是如何规定的？

定额线损是根据电力网实际损失，结合下一考核期内电网结构和负荷的变化及降损措施安排所订出的损失，也是我

们为减少损失而努力争取的目标，并以此提取节电奖。

我国国家标准《评价企业合理用电技术导则》(GB3485-83)中规定；降低企业受电端至用电设备间的线损，线损率应达到下列指标：

- (1) 一次变压 3.5%以下；
- (2) 二次变压 5.5%以下；
- (3) 三次变压 7%以下。

1-10 如何计算线损节电奖？

(84) 水电劳字第 107号文规定：实际完成与定额相比，线损率降低 1% 及以下部分每节约万 kW·h 提奖 40 元；线损率降低 1% 以上部分每节约万 kW·h 提奖 30 元。

线损节电奖 = 供电量 (万 kW·h) × (线损率定额 - 实际完成线损率) × 40 (或 30) 元 / 万 kW·h。

1-11 线损的组成都包括哪些方面？

线损组成包括固定损失、可变损失和其它损失。

1-12 什么叫固定损失？

固定损失一般不随负荷变动而变化。只要设备带有电压，就要消耗电能，就有损失，则认为是固定损失。严格来说，固定损失是不固定的，它主要与外加电压的高低有密切关系，但实际上电网电压的变动不大，如果认为电压是恒定的，因而这个损失基本上也是固定的。

1-13 固定损失包括哪些方面？

电网中电气设备的固定损失主要包括：

(1) 发电厂、变电站的升压变压器和降压变压器以及配电变压器的铁损；

(2) 电缆和电容器的介质损失；

(3) 电度表电压线圈损失；

(4) 调相机、调压器、电抗器、互感器、消弧线圈等设备的铁损及绝缘子的损失；

(5) 电晕损失。

1-14 什么叫可变损失？

可变损失是随负荷电流的变动而变化的，它与电流的平方成正比，电流越大，损失越大。

1-15 可变损失包括哪些方面？

电网中电气设备的可变损失主要包括：

(1) 发电厂、变电站的升压变压器和降压变压器以及配电变压器的铜损（即电流流经线圈的损失）；

(2) 输电线路、配电线路的铜损（即电流通过线路的损失）；

(3) 调相机、调压器、电抗器、互感器、消弧线圈等设备的铜损；

(4) 电度表电流线圈的铜损；

(5) 接户线的铜损。

1-16 其它损失包括哪些方面？

其它损失又称不明损失，指的是供用电过程中的跑、冒、滴、漏等造成的损失，主要包括：

(1) 计量装置（电度表、计量用互感器及它们之间连

接装置所组成)本身的综合误差,计量装置故意如电压互感器断保险、电度表停转或空转(潜动)和电度表接线错误;

(2) 营业工作中的漏抄、漏计、错算及倍率差错等;

(3) 用户的违章用电(窃电);

(4) 变电站的直流充电装置,控制及保护、信号、通风冷却等设备消耗的电量,以及调相机辅机的耗电量;

(5) 带电设备绝缘不良引起的泄漏电流等;

(6) 供电电量抄计时间不对应(时间和负荷水平不一致);

(7) 统计线损与理论线损计算的统计口径不一致,以及理论计算的误差等。

1-17 什么叫供电量?

供电量是指发电厂、供电地区或电力网向用户供给的电量,它包括输送和分配电能过程中的损失电量。

供电量 = 发电量 - 厂用电量(发电用及供热用) + 输入电量(包括购入) - 输出电量。

1-18 什么叫用电量?

用电量是售电量及自备电厂的自发自用电量的总和。

1-19 什么叫售电量?

售电量是指电力企业卖给用户(包括趸售户)的电量及电力企业供给本企业非电力生产、基本建设和非生产部门所使用电量的总和,是营业收费的依据。它包括当地电厂供给的电量和购入或送入又转售给用户的电量。但不包括电力企业之间的输出电量,这部分电量应由输入单位计算售电量,

以免重复。

1-20 在变电站站用电中怎样划分线损电量和售电量？

变电站站用电中属于售电量的有：

(1) 变电站的办公室、宿舍等生活照明及取暖设备的耗电量；

(2) 变电设备的检修、烘干用电；

(3) 其它基建、业务扩充、改进工程的施工用电。

变电站站用电中线损电量 = 站用电总电量 - 站用电的售电量。

因此，要求变电站站用电除装总表外，还要按其用电性质分别加装必要的售电量分表，并以此作为营业收费的依据。

1-21 怎样管理好变电站的站用电？

要制定好变电站站用电的管理办法，并认真贯彻执行。用电管理办法的主要内容包括：

(1) 站用电应分为两部分。一部分生产用电摊入线损，该部分表计有关事宜视同供电量表计处理；另一部分其它生产用电（如基建、改进、大小修等施工用电）和非生产用电（如取暖、办公室照明、职工宿舍用电等）作为售电量分别摊入工程和成本费用，这部分表计有关事宜视同售电量表计处理，两者均需建立抄表（收费）卡片。因此，必须按其用电性质分别装设具有规定精度的电度计量装置。

(2) 变电站的运行人员要加强该部分计量装置的运行管理，按规定进行巡视、清扫、定期抄表，以保证电度表的

正确计量。

(3) 变电站的站用电计量装置，同其它计量装置一样均由局计量监督专责人员或电度计量专责人员负责监督设计方案、容量、精度等。

(4) 变电站的电度计量装置由电度表室严格管理，定期轮换和校验（包括高、低压电度表、电压互感器、电流互感器等）。有关轮换和倍率的改动应及时报送局线损专责人，以便正确计算和考核。

(5) 要搞好职工节约用电的宣传教育，采取有效措施，如定时开停深井泵、集中控制调相机机房的照明、坚持按季节和负荷变化投入主变风扇并做好运行记录，定期进行用电普查等。

(6) 要摸清变电站站用电负荷情况，其调查内容包括设备名称、负荷（kW）、全年运行时间（h）全年计算用电量（万kW·h）以及历年实际用电量等，在此基础上研究制定站用电定额（分为线损和摊入成本或工程费用的售电两部分）及降低站用电奖励办法，并逐月进行考核，开展好竞赛评比活动等。

全国供用电规则 2、4 中规定：供电局对于距离发电厂较近的用户，可考虑以直配方式供电。但不得以发电厂的厂用电源或变电站（所）的站用电源对用户供电，已供电者，应尽快改造。

1-22 减少线损的科学管理方法都有哪些？

大致可以归纳为计量完善、控制误差、‘零点抄表、曲线图控制、分级考核、损失率分析、理论计算、用电普查、专业竞赛、奖金分配十句话。

1-23 降低线损的技术措施大致如何分类？

降低线损的技术措施一般可分为建设措施和运行措施两部分。建设措施是指要投资来改进系统结构的措施，而运行措施一般是指在日常运行中不投资或少投资来改进系统以降低线损的措施。

1-24 降低线损的建设措施主要有哪些？

- (1) 加强电网结构的合理性，对电力的进行升压改造，简化电压等级，减少重复的变电容量；
- (2) 高压引入大城市、大工业负荷中心；
- (3) 装设无功补偿设备，提高功率因数水平和搞好电网无功功率平衡，减少无功电能输送；
- (4) 改进变压器结构，降低变压器损失；
- (5) 按经济电流密度选择导线截面。

1-25 为什么说电力网升压运行可以降低线损？

电力网元件（线路和变压器等）中的可变功率损失为：

$$\begin{aligned}\Delta P &= 3I^2R \times 10^{-3} = \frac{S^2}{U^2} R \times 10^{-3} \\ &= \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R \times 10^{-3} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \times 10^{-3} (\text{kW})\end{aligned}$$

式中 I ——通过元件的电流，A；

R ——元件的电阻， Ω ；

S 、 P 、 Q ——通过元件的视在功率、有功功率和无功功率，kVA、kW、kvar；

U ——加上元件上的电压，kV。

由上式可知，在负荷功率不变的条件下，把电力网的电压提高，则通过电力网元件的电流将相应减小，可变损失也随之降低。因此，升压是降低线损的有效措施。升压可以和电力网的改造结合进行，特别对一些非标准电压等级设备，更应积极进行升压改造，以减少电压等级和重复的变电容量，适应负荷增长的需要，并降低电力网线损。升压改造后的降损效果如表 1-3 所示。

表 1-3 电力网升压改造后的降损效果

升压前额定电压 (kV)	升压后额定电压 (kV)	升压后可变损失降低 (%)
154	220	51
110	220	76
66	110	64
35	110	90
10	35	91.8
6	10	64
3	6	75
0.22	0.38/0.22	66.7

1-26 高压引入大城市、大工业负荷中心有哪些好处？

随着城市和工业负荷的不断增长，原有的 10~35kV 供电设备已不能满足需要，另外线损量中 70% 左右的可变损失是随负荷的平方变化的，如果不设法减少供电半径，不但电压质量不能保证，线损电量也将达到不能允许的程度。因此采取直接将 110kV 或 220kV 的较高电压引入大城市或大工业负荷中心的措施。

1-27 提高功率因数与降低线损有什么关系？

在负荷的有功功率 P 保持不变的条件下，提高功率因数可以减少负荷的无功功率 Q 和负荷电流 I ，从而达到降低线损的目的，提高功率因数与降低线损的关系，可用下式求得：

$$\Delta P\% = \left[1 - \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2} \right] \times 100\%$$

式中 $\cos \varphi_1$ ——原有的功率因数；

$\cos \varphi_2$ ——提高后的功率因数。

提高功率因数的降损效果如表 1-4 所示。

表 1-4 提高功率因数的降损效果

功率因数由右列数值提高到0.9	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	
可变损失降低(%)	56	48	40	31	21	11	0	
功率因数由右列数值提高到0.95	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
可变损失降低(%)	60	53	46	38	29	20	10	0

1-28 如何按经济电流密度选择导线截面？

按经济条件选择导线截面积时，从降低损失的条件出发，要求导线截面积越大越好；从减少投资和节约有色金属材料出发，要求导线截面积愈小愈有利。综合考虑各方面因素所定出的符合总的经济利益的导线截面积称为经济截面积。对应于经济截面积的电流密度称为经济电流密度。

按经济电流密度选择导线截面的方法：

(1) 确定最大输送电流 I_{max} ：

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} U_e \cos\varphi} \quad (P_{\max} \text{ 为最大传输功率}) ;$$

(2) 确定线路最大负荷使用时间 T_{\max} ($T_{\max} = \frac{\sum A}{P_{\max}}$) ;

(3) 确定经济电流密度 j_0 (查表 1-5) ;

表 1-5 我国经济电流密度值 单位: A/mm²

种 类	最大负荷利用小时 T_{\max} (h)		
	3000以下	3000~5000	5000以上
裸铜线架空线和母线	3.00	2.25	1.75
裸铝线、钢芯铝线、架空线和母线	1.65	1.15	0.90
铜线架空线	0.45	0.40	0.35
铜芯电缆	2.5	2.25	2.00
铝芯电缆	1.92	1.73	1.54

(4) 确定导线截面: $S = \frac{I_{\max}}{j_0}$ (mm²) ;

(5) 将截面标准化, 并进行发热、电压降、机械强度等检验。

例 一条电压 35kV 的供电线路, 输送的最大负荷为 6300kW, 功率因数 = 0.8, 最大负荷利用小时为 4000h, 线路长度为 20km, 当采用钢芯铝导线时, 试按经济电流密度选择导线截面。

解 线路最大输送电流为

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} U_e \cos\varphi} = \frac{6300}{\sqrt{3} \times 35 \times 0.8} = 130(\text{A})$$

按最大负荷利用小时为 4000h, 查表 1-5 可知, 钢芯铝导

线的经济电流密度为： $j_0 = 1.15 \text{ A/mm}^2$

$$\text{所以， } S = \frac{I_{\max}}{j_0} = \frac{130}{1.15} = 113 \text{ mm}^2$$

据此，选用LGJ-95 或LGJ-120导线。

1-29 降低线损的运行措施主要有哪些？

(1) 环状线路可根据直流分布原则，找到一个功率分界点，称这个功率分界点为“经济功率分界点”，经济功率分界点可以用电网的阻抗值求得功率分布后得到，也可以用计算来求得，将通过最小的一段切开常常是经济的。有时也可以用调节变压器实行闭式网络运行，强行分配负荷以达到最经济的运行。

(2) 几台变压器并列运行时，应根据主变经济运行曲线确定最经济的运行台数。

(3) 保持输配电系统电压质量，努力提高电压合格率。

例 某10kV配电线路月损失电量20万kW·h，其中可变损失占60%，当变电站母线电压由9kV提高到10kV时，求每月可降低线损多少？

解 当电压提高前后的输送功率不变时，电压提高的百分数 $\alpha\% = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \times 100\% = \frac{10 - 9}{9} \times 100\% = 11\%$

电压提高后可变损失降低的百分数按下式计算或按表1-6的数值选取：

$$\Delta P\% = \left[1 - \frac{1}{(1 + \alpha\%)^2} \right] \times 100\%$$

电压提高后降损电量 $\Delta A = 20 \times 60\% \times 18.84\% \approx 2.256$

表 1-6

提高运行电压后的降损效果

电压提高值 (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
可变损失降低值 (%)	1.97	3.88	5.74	7.54	9.3	11	12.66	14.27	15.83	17.36	18.84	20.28

万 kW·h。由此可见，适当提高电压，特别是中枢点电压可以大量降低线损。

(4) 调相机的经济运行。由于调相机本身的损失较大，在低负荷时，调相机投入运行，有时并不经济，所以，应根据系统的运行情况，通过具体计算，确定调相机的运行条件，使其达到经济运行的目的。

(5) 合理分布电容器，使其发挥最大的经济效果。

(6) 监视系统的无功潮流，及时起、停无功补偿设备，力争使无功就地平衡。

(7) 加强统一检修，提高检修质量，开展带电作业，减少线路检修停运次数。

(8) 调整配电变压器负荷，及时停用空载配电变压器以及采用变容量变压器。

(9) 平衡配电网的三相负荷。

(10) 充分发挥有载调压变压器的作用，使母线电压保持在额定范围。

(11) 合理调整负荷，提高负荷率。

1-30 降低线损的组织措施主要有哪些？

线损是一个综合性指标，涉及面广。规划、基建、更新

改造、运行、检修、计量、管理等各个方面都和它有关系。影响线损变化的因素十分复杂，它既反映了供电企业的技术管理水平，又反映了企业的经营管理水平。为了做好线损工作，除了要有技术措施外，还必须有相应的组织措施保证其实施。不断地加强电网管理，经常地研究电网、分析电网的特点和存在的问题，及时采取有针对性的措施，从而可收到显著的降损节电效果。

(1) 建立健全线损管理组织。一般在总经济师的领导下，建立局线损管理网，制定线损管理制度，明确分工职责，实行分级管理，层层落实，收集资料、编制线损手册。

(2) 坚持开展线损理论计算工作，分析线损的组成及实际完成情况，找出薄弱环节，明确主攻方向。

(3) 认真做好线损指标（总指标、分指标和小指标）的科学管理和分析。

(4) 加强计量工作，对供、售电表计及仪用互感器做到配齐、校准、误差合格，定期校验，按期轮换。运行中如发现电能计量异常，值班人员应立即通知用电管理部门，并且必须经电度表室检验后由电能计量人员确定退或补电量数字，各变电站等有关人员无权估算电量。

(5) 拟定设备检修、停运线损定额管理制度。

(6) 开展经常性的营业大普查（必要时进行线损大普查），堵塞营业漏洞，消灭无表用电和违章用电现象，努力降低不明损失。

(7) 加强抄表和核算工作 固定抄表日 并努力提高用户月末及月末日 24时抄见电量比重（提高月末及月末日 24时抄见电量比重与提高电费回收率这一对矛盾是长期存在的，关键是如何得到合理解决）。

(8) 搞好线损专职人员培训，提高管理水平。

(9) 开展线损专业竞赛，分配好省煤节电奖。

(10) 采用现代化管理手段，加快控制自动化、运动化的步伐，以适应电网管理现代化的要求。

1-31 为搞好线损管理应建立、健全哪些基础资料？

(1) 为保证线损计划指标的完成，各供电企业应制定降低线损的措施计划，并按年、季下达有关线损的分指标和小指标。

(2) 为了准确地计算和分析线损率，必须积累和健全下列资料：

系统电气接线图、配电网网络电气接线图、系统电度表配置图（含关口表及用户计量校验周期表）、系统阻抗图、运行方式等资料；

线路（包括接户线）、变压器（包括配电变压器）、调相机、电容器、测量仪表等设备的参数及损失资料，并根据上述资料计算无功经济当量及各种设备的经济负荷曲线；

有功及无功负荷的资料；

地区的气温和地温资料；

⑤ 月度线损电量平衡图和母线电量平衡表以及电度表新装异动通知单；

⑥ 线损的调查研究、理论计算、计划、统计分析、总结资料。

(3) 线损率的统计及分析必须分电压等级、分区、分线进行：对于35kV以上系统应每日记录供电量，并按旬、按线进行核对分析；对于配电系统应分区、按线路每月进行分