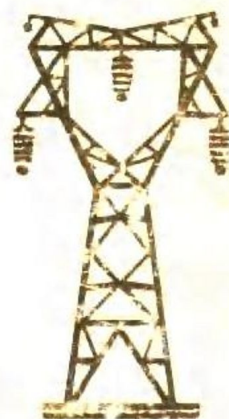


高压送电线路 设计手册



吉林人民出版社

内 容 提 要

本手册是从高压送电线路设计的实际需要出发编写的。共分十二章，基本上包括了高压送电线路设计的工作内容。其中包括高压送电线路的设计程序、线路绝缘、电线力学、防雷、接地、绝缘子串和金具、杆塔、基础、对电信线路影响的保护、绝缘避雷线载波通信、野外勘测、选线、定位及概算编制等。手册中除列入了一般算计用的计算公式和图表、曲线外，还做了简要的理论说明。可供设计、施工、运行及其他有关人员使用和参考。

高压送电线路设计手册

水利电力部东北电力设计院

*

吉林人民出版社出版
长春新华印刷厂印刷
吉林省新华书店发行

*

1976年6月第1版 1976年6月第1次印刷

印数：1—10,000册

书号：15091·132 定价：5.20元

前 言

在中国共产党和伟大领袖毛主席的领导下，我国社会主义革命和社会主义建设事业正在蓬勃发展。电力工业也和其他工业战线一样，呈现出一片欣欣向荣的大好形势。我们为了满足高压送电线路建设的需要，组织编写了《高压送电线路设计手册》。

本手册的章节是按专业编写的，共分十二章。一般可满足高压送电线路设计的需要。为了加深对高压送电线路设计的总体概念，第一章概述了设计程序和内容，第二至十一章分别阐述了各专业的设计内容及有关图纸、设计方法。为了提高设计效率，列入了一些设计用的表格和曲线以供查阅。为了使用方便，还在第十二章中汇编了“设计参考资料”。

由于我们编写本手册的出发点是以实用为主，普及与提高相结合，重点是普及。因而在各章中讲述了简明的道理，列举了不同的计算方法和计算例题，以便读者参照使用。

本手册基本上是根据1970年以前的有关规程、规范、标准编写的，当新的规范、标准制定后，若与本手册所使用的数据有矛盾时，应按新的规范、标准执行。但是设计内容、方法等仍可采用。

本手册在编写过程中，曾征求了工人、工程技术人员的意见，也曾到各兄弟单位作了一些调查了解，但是由于我们设计经验和业务水平有限，马克思主义、列宁主义、毛泽东思想学习的不够，书中还存在着不少缺点和错误，请读者提出宝贵的意见，以便修改。

水利电力部东北电力设计院

1975年10月 于长春

目 录

第一章 设计程序和内容	(1)	第二节 绝缘子与金具的组装	(302)
第一节 初步设计	(1)	第三节 金具定型产品型录	(314)
第二节 施工图设计	(2)	第六章 杆塔设计	(345)
第二章 电气计算	(5)	第一节 杆塔型式及一般设计原则	(345)
第一节 电力系统	(5)	第二节 荷载计算	(356)
第二节 线路绝缘	(33)	第三节 钢筋混凝土电杆内力和 变形计算	(359)
第三节 防雷保护	(63)	第四节 钢筋混凝土构件计算	(376)
第四节 接地装置	(77)	第五节 铁塔内力及变形计算	(386)
第五节 电晕	(96)	第六节 铁塔杆件断面计算	(410)
第六节 导线换位	(104)	第七节 杆塔设计例题	(418)
第七节 绝缘避雷线	(111)	第八节 杆塔设计计算用图表	(469)
第三章 电线力学计算	(120)	第九节 铁塔杆件尺寸计算	(507)
第一节 气象条件	(120)	第十节 铁塔制图标准及有关规定	(515)
第二节 电线的机械特性和比载	(132)	第七章 基础设计	(523)
第三节 电线弧垂应力计算	(148)	第一节 基础分类和设计的一般 要求	(523)
第四节 直线杆塔上电线纵向 不平衡张力计算	(172)	第二节 电杆基础设计	(528)
第五节 施工弧垂计算、调正及观测	(208)	第三节 铁塔普通型基础设计	(556)
第六节 电线防震	(217)	第四节 几种特殊基础设计	(571)
第四章 对电信线路的影响保护	(227)	第五节 跨河铁塔灌注高桩基础	(590)
第一节 总论	(227)	第六节 常用设计图表	(608)
第二节 磁危险影响计算	(230)	第八章 选线及定位	(627)
第三节 大地导电率的确定	(234)	第一节 送电线路路径选择	(627)
第四节 短路电流计算	(247)	第二节 定位	(635)
第五节 屏蔽系数计算	(253)	第九章 绝缘避雷线载波通信	(659)
第六节 放电能配置计算	(262)	第一节 绝缘避雷线通道组织	(659)
第七节 磁危险影响保护设计示例	(271)	第二节 绝缘避雷线通道计算	(660)
第八节 电影响计算	(279)	第三节 绝缘避雷线通道设备	(661)
第九节 无线电干扰	(286)	第四节 计算例题	(662)
第十节 有线通信和铁路信号 基本知识	(288)	第十章 线路勘测	(663)
第五章 金具	(296)	第一节 测量工作	(663)
第一节 金具零件的选用	(296)	第二节 水文勘测	(675)

第三节	工程地质勘测	(694)	第十二章	设计参考资料	(743)
第十一章	概算	(720)	第一节	常用计量单位、单位换算	
第一节	主要材料的估计	(720)		及一般资料	(743)
第二节	技术经济指标	(721)	第二节	数学常用公式	(750)
第三节	送电线路安装工程扩大		第三节	物理、化学资料	(800)
	定额说明	(723)	第四节	工程材料	(808)
第四节	送电线路概算编制	(730)			

线路设计一般分为初步设计和施工图设计两个阶段。有时在小的工程或紧急工程中可以简化初步设计,提出设计原则报告,为施工图设计做好准备。通过设计、施工、运行单位人员参加讨论,明确一些原则性问题,由设计单位提出初步设计书。最后经审核单位组织工程审核。按审核批准的初步设计书的设计原则进行勘测设计,完成全部施工图设计工作。

第一节 初步设计

一、设计内容

按照党在经济建设方面的方针政策,结合当时当地的具体情况,搜集有关设计资料,明确设计条件和一系列原则问题,写出初步设计书,做为施工图设计的依据;同时还要提出工程使用材料的估算清单和概算,做为工程建设投资和加工订货的依据。初步设计的编制及内容如下:

第一卷 初步设计书

内容包括下述各项:

1. 选择导线型式,例如是否需要用加强型或减轻型导线,要结合当地气象条件和地形情况来确定。至于导线截面以及其他与电力系统有关的问题,如是否采用相分裂导线设计等,一般应在任务书中明确,当必要时应在初步设计中重新考虑,另行选择。

2. 搜集各专业需用的有关资料和签订有关原则协议。

3. 在地形图上做出路径方案比较,对线路的大方向、变电所进出口、线路接引点、施

工、运行条件和特殊地段如大跨越、不良地质、穿过工厂矿区等,进行踏勘,选出一个合理的路径方案,绘出全线和变电所进出口路径图。

4. 选择设计需用的气象条件。

5. 确定电线应力,如安全系数、平均运行应力等,做出电线力学特性曲线。

6. 说明杆塔选用的原则。根据所掌握的交通运输、地形、地质情况,本着安全、经济条件选用杆塔型式,列出杆塔一览图,标明杆塔结构型式和主要尺寸、设计使用条件、材料和经济指标。

7. 根据地形、地质、交通运输情况设计出各种基础型式。列出不同地质条件的基础一览图。

8. 按照地区的不同选择塔(杆)头部的空气间隙。

9. 进行防雷设计。包括避雷线的选择,杆塔上最大保护角的确定,管型避雷器或保护间隙的使用,以及有关接地型式的设计。

10. 绝缘子型式和片数的选择(包括污秽地区绝缘子型式和片数的选择)。做出绝缘子悬垂串和耐张串组装图。

11. 选用与电线应力相适应的防震措施。

12. 根据线路的长短确定是否换位及换位环的数量,做出换位布置图。

13. 为配合路径选择,估算对通信线路的危险和干扰影响,提出要求。

14. 说明避雷线是否绝缘或作通信用。

15. 提出主要器材清单。

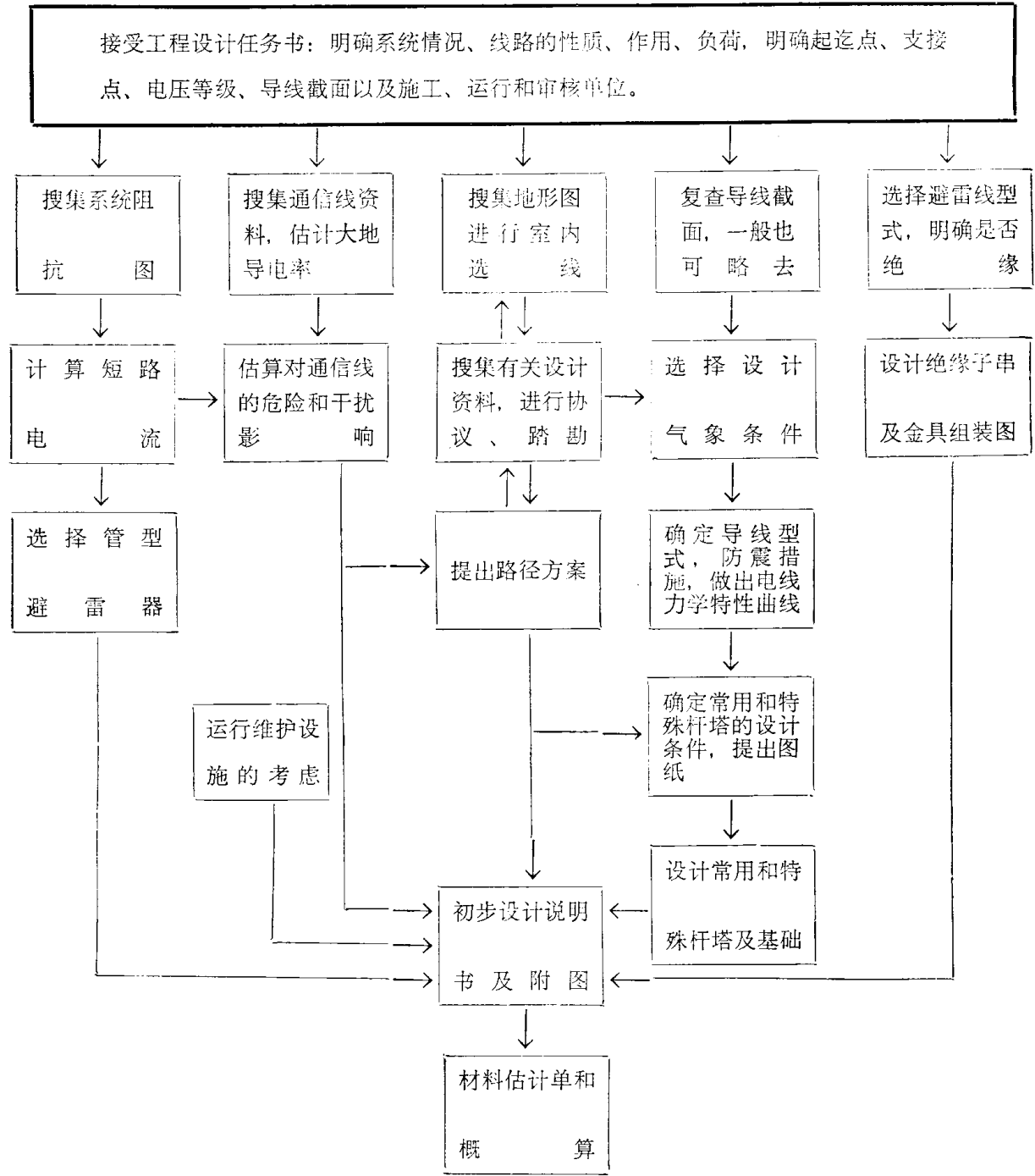
16. 其他特殊问题,根据工程实际情况而

定，可能包括：考虑采用新技术或新的设计标准，特殊大跨越的设计原则和拥挤地段、特殊地质地带的防护措施的设计原则等。

第二卷 概算

二、设计程序

大体上如下方框图所示。但实际上不可避免地有一定的交叉、反复、充实的过程。



第二节 施工图设计

初步设计经审核单位批准后，即可开展施

工图设计。它是初步设计的具体化，目的在于指导施工，达到既有条不紊又能符合预期的安全性和经济性。此外，施工图还对所建设线路今后的长期运行维护起着重要的参考作用。

一、设计内容

线路施工图设计一般是由施工说明书、施工图纸、计算数据和地面标桩所组成。地面标桩主要包括转角桩、塔位桩和直线桩，这些都在断面图上有详细记载。施工说明主要是为顺利的向施工交代设计意图而编写的。各种计算是与施工图纸分不开的，要进行准确的计算，正确反映到图纸上。施工图纸比较庞杂，随着各地区和各工程具体情况不同可以有较大的伸缩性。施工图的编制及内容如下：

第一卷 施工总说明书

内容包括下述各项：

施工图总目录

线路概况及路径平面位置图

修改初步设计问题的说明

施工运行维护中的注意事项

线路登记册

第二卷 断面图及明细表

线路纵断面图

塔位明细表

第三卷 机电安装施工图

内容包括下述各项：

机电安装说明

电线的施工弧垂曲线(包括孤立档弧垂表)

导线各型绝缘子串及金具组装图

避雷线金具组装图

导线换位图(有时也包括绝缘避雷线的换位)

跳线安装图

防雷装置安装施工图

接地施工图

金具加工图

第四卷 杆塔施工图

杆塔施工图说明书

各种杆塔型式的施工图

第五卷 基础施工图

基础施工说明书

各种基础型式的施工图

第六卷 对通信线路的危险和干扰影响保护装置施工图

保护装置的施工说明

线路影响范围内的通信线路平面位置图

各单位通信保护装置安装位置施工图

各种保护设备安装施工图

放电管接地装置施工图

电缆屏蔽设施及接地施工图

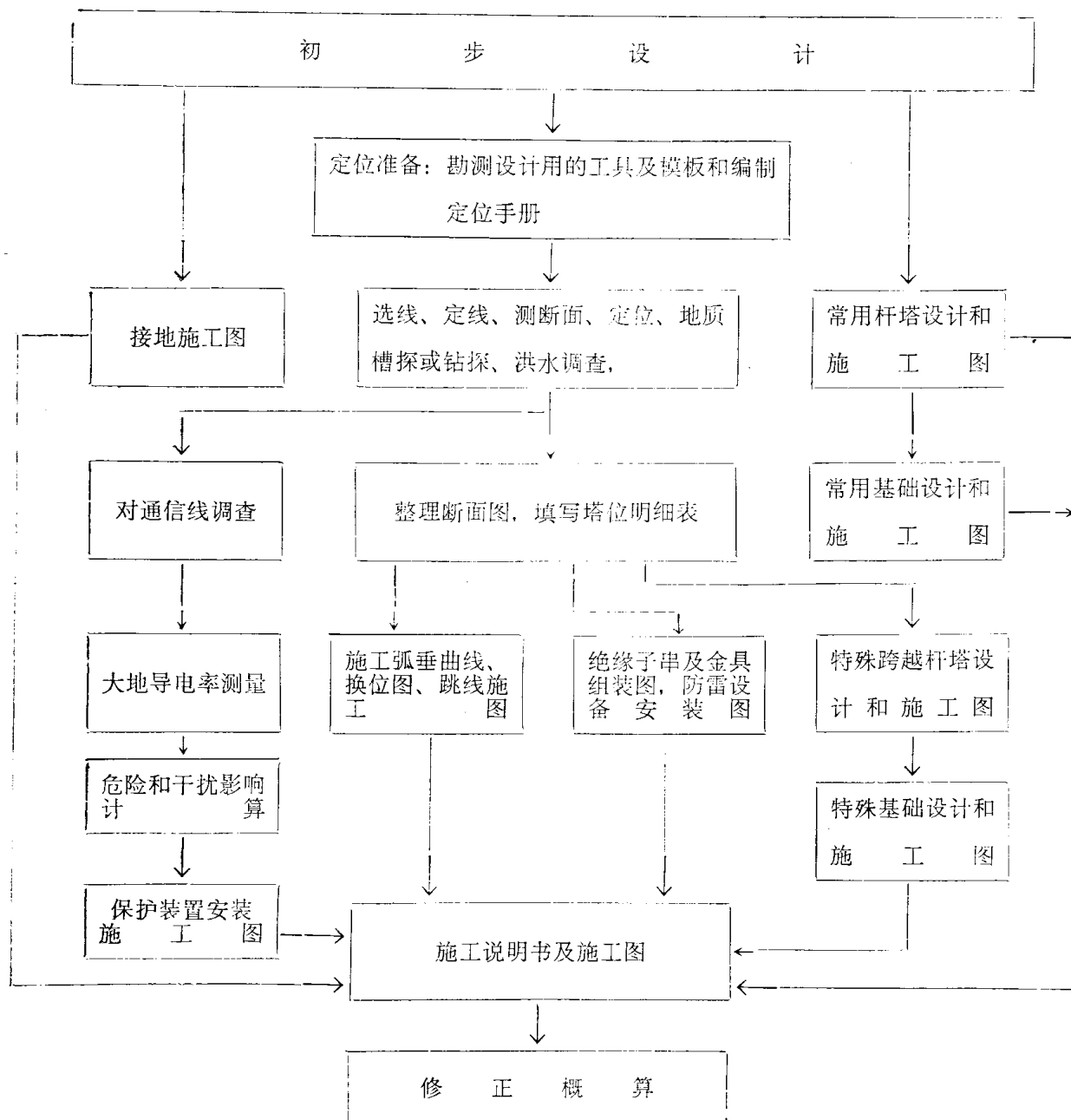
第七卷 修正概算

以上所述是一般工程的设计分卷内容，如果工程小或内容简单也可简化，有特殊问题，如绝缘避雷线的引下线及与检修站通信连线的设计等可增加卷目。各卷中亦可酌情分册列出内容。

二、设计程序

线路施工图设计基本上以现场勘测设计为主。有一部份施工图,如杆塔、基础、绝缘子串及

金具等设计可与现场勘测设计同时进行,另一部份需要或宜于安排在定位结束后再开始。粗略的程序如下面方框图所示,其中修正概算,如果与初步设计阶段无大出入,可以不作。



第一节 电力系统

一、送电线路的电压等级和工作电压

表 2·1·1

线路额定电压 (千伏)	线路最大工作电压 (千伏)	变压器线圈额定电压 (千伏)	
		一次线圈	二次线圈
35	40.5	35	38.5
60	69	60	66
110	126	110	121
154	177	154	169
220	252	220	242
330	待定	330	363

送电线路的额定电压及工作电压范围是与送受端电气设备的额定电压相配合的。

一般送电线路的额定电压就是受电设备（即变压器的一次线圈）的额定电压。送电线路容许的最大工作电压也就是电气设备容许的最大工作电压（为线路额定电压的115%）。

一般送电线路送端的工作电压大致与送端设备（即变压器的二次线圈）的额定电压相对应。

二、系统电压质量标准及其与线路设计的关系

电压质量是由“电压水平”及“电压偏移”这两个方面决定的，也就是在某一用电电压水平（接近额定电压）下电压变化（在某一电压水平上下偏移）的大小。

1. 电压偏移

电力系统中由于负荷的不断变化，变电所母线在最大负荷和最小负荷时的电压变动范围称为电压偏移，通常以额定电压为基准的百分数表示。允许的电压偏移，在我国《电力工业技术管理法规》、《全国供用电规则》、《农村供电规划导则》及其他有关规程中规定：

动力用电：要求 $\pm 5\%$ ，感应电动机允许 $+10\%$
 -5%

照明用电：要求 $+3\%$ ，允许 $\pm 5\%$
 -2.5%

农村用电：正常时 $+7.5\%$ ，故障时 -10%
 $+10\%$
 -15%

这些规定说明，目前除农村用电实际上出于不得已以外，一般都不超过 $\pm 5\%$ 。实际上高压变电所一般并不直接向用电设备供电，因而要求其二次母线的电压偏移较上述标准为高。一般区域性变电所二次母线的电压偏移最好保持在以下范围：

	最高负荷时	最小负荷时	事故时
当变电所无调压设施时	+2.5%	+7.5%	-2.5%
当变电所具有调压设施时（即进行逆调压）	+5%	0%	0%

为了保证电压质量，主要是依靠正确选择电压等级，采用适当的调压措施；加大导线截面因其代价很高，而效果又不很显著，一般不应增大导线截面。至于调压措施，主要是依靠调节系统发电机本身所能提供的无功容量，其次再考虑采用其他的调压措施，例如静电电容器、同期调相机及带负荷调压变压器等。

2. 电压水平和允许的电压损失

为了使用电设备在安全和合理的条件下发挥其工作效能,就要求保证必需的用电电压水平,对送电线路来说,也就是要求保证一个必需的送电端和受电端电压水平。

关于线路的允许电压损失,并没有明确的标准,只有根据系统的调相调压和负荷特性等具体情况,按照送、受两端允许的电压水平和电压偏移的要求来确定。控制允许的电压损失值的最终因素是允许的电压偏移。一般电压损失,正常时在10%左右,事故时在15%左右能满足电压偏移的要求。但这并不能作为一个准则。一般输送负荷特性变化较小的线路,或具有调相调压措施时,允许的电压损失可以大一些,否则就小一些。例如线路输送重负荷期间,或者在丰水季送水电和枯水季送火电时,电压损失虽大,但因负荷稳定,电压偏移并不大,可以采取较大的电压损失值。

从送、受两端允许的电压水平来说,允许的电压损失的变化范围很大。允许的电压损失由下列几部分组成:

(1) 送端变压器二次线圈的额定电压和受端变压器一次线圈的额定电压之差为10% (参见表2·1·1)。这个差值一般允许作为线路的电压损失。

(2) 通常变压器有 $\pm 5\%$,二个分接头,

或 $\pm 2 \times 2.5\%$,四个分接头。如果送端变压器选用 $+5\%$ 抽头,受端变压器选用 -5% 抽头,这样可能作为电压损失的数值又增加了10%。但是这个允许电压损失值,只能部分地用作线路的电压损失,因为一部分将作为补偿变压器本身的电压损失,这很大程度上取决于通过变压器负荷的功率因数。若功率因数较高,则变压器电压损失较低,可以利用作为送电线路电压损失的部分则较大。

(3) 受端变压器二次线圈抽头电压可以选取为其额定电压的 $+5\%$ (也即网路额定电压的 $+15\%$)但是这额外的 5% 主要是作为变压器本身电压损失之用。除非通过变压器的负荷功率因数很高时才有可能部分地利用作为补偿线路电压损失之用。

(4) 送端变压器一次线圈实际可能运行的电压允许高出相应抽头额定电压的 5% (或者发电机运行电压容许高出其额定电压的 5%)。

以上所述可用送端为242/10.5千伏升压变压器和受端为220/66/11千伏的降压变压器的情况,以表2·1·2的数值来说明送电线路电压损失较大的(约20%)一个例子。

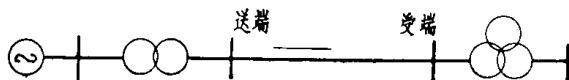


表2·1·2

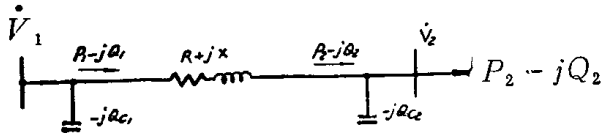
		一次母线	升压变压器 电压损失	二次母线	送电线路 电压损失	一次母线	降压变压器 电压损失	二次母线
抽头额定电压	标么值	1.05		1.1		1.0		1.1
	绝对值(千伏)	10.5		242		220		66
抽头整定电压	标么值	1.05		1.15		0.95		1.15
	绝对值(千伏)	10.5		254		209		69.3
实际运行电压	标么值	1.1	0.065	1.145	0.195	0.95	0.05	1.1
	绝对值(千伏)	11		252	43	209		66

注: 以上标么值均以网路额定电压为基准(即220、60或10千伏)

3. 电压降和电压损失的计算

送电线路的电压计算可用图 2·1·1 的 Π 形等值图和图 2·1·2 的向量图加以说明。

电压降 $\Delta \dot{V} = \dot{V}_1 - \dot{V}_2$ 等于送端电压 $\dot{V}_1$ 和受端电压 $\dot{V}_2$ 的向量差。



注：图中未计入电晕等泄漏损失。

图 2·1·1

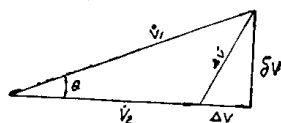


图 2·1·2

电压降向量 $\Delta \dot{V}$ 可以分解为纵分量 ΔV 和横分量 δV 两个分量。

(1) 对于大多数送电线路来说，因为 θ 角很小，可以近似地按 (2·1·1) 式计算电压：

$$V_1 \approx V_2 + \Delta V \quad (2·1·1)$$

电压损失 (千伏)：

$$\begin{aligned} \Delta V &\approx V_1 - V_2 \\ &= \frac{P_2 R \pm Q_2 X}{V_2} \\ &= \frac{P_2 L}{V_2} (r \pm x \tan \phi) \quad (2·1·2) \end{aligned}$$

或以受端电压的百分数表示为：

$$\begin{aligned} \text{电压损失}(\%) &\approx \Delta V(\%) \\ &= \frac{100(P_2 R \pm Q_2 X)}{V_2^2} \quad (2·1·3) \end{aligned}$$

$$= \frac{100 P_2 L}{V_2^2} (\gamma \pm x \tan \phi) \quad (2·1·4)$$

式中 P_2 ——受端有功功率 (兆瓦)。

Q_2 ——受端无功功率 (兆乏)，参见

图 2·1·1。

$Q_2 = Q - Q_{C2}$ ，对于 60 KV 及以下线路，可以忽略 Q_{C2} ，则 $Q_2 = Q$ = 受端无功功率。

Q ——受端无功功率 (兆乏)。

Q_{C2} ——受端等值充电功率。

$$Q_{C2} = \frac{V_2^2 b_0 L}{2}$$

$$= \frac{V_2^2 (2\pi f) C L}{2} \approx \frac{q_c L}{2}$$

q_c ——每公里线路的充电功率

可参照表 2·1·27；电纳 $b_0 = \omega c$ ，见表 2·1·26。

$\dot{V}_1$ 及 $\dot{V}_2$ ——送端及受端电压的向量值。

V_1 及 V_2 ——送端及受端电压的绝对值 (千伏)。

L ——线路长度 (公里)。

R 及 X ——线路的电阻及电抗 (欧)。

r 及 x ——每公里线路的电阻及电抗值 (欧)。

$\cos \phi$ ——受端功率因数。当在滞后无功功率时取正符号，当在超前无功功率时取负符号。

忽略横分量时的电压损失可用 (2·1·2) 式编制成“负荷矩”(即线路有功负荷和线路长度的乘积)的表格备查。表 2·1·3~7 列出当电压损失为 10% 时各级电压线路在不同功率因数情况下的负荷矩 (兆瓦—公里)。

负荷矩表的用例：当额定电压为 60 千伏，导线为 LGJ—70，可从表 2·1·4 查得 $\cos \phi = 0.85$ 时的负荷矩为 501 兆瓦—公里，故若线路长 $L = 40$ 公里，则线路的电压损失为 10% 的条件下，可以输送容量为 $501/40 = 12.55$ 兆瓦。若允许的电压损失为 15%，则可输送的容量为 $12.55 \times 1.5 = 18.8$ 兆瓦。

各电压级在电压损失为 10%， $\cos \phi = 0.9$ ，导线电流密度为 1 安/(毫米)² 时，不同输送距离下的输送容量也可以直接从图 2·1·3 中查得。

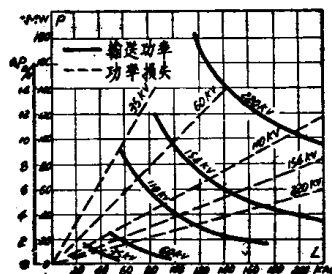


图 2·1·3

35~220 千伏所能输送的功率 ($\Delta U = 10\%$) 以及功率损失与线路长度的关系 (受端 $\cos \phi = 0.9$ ，导线电流密度 $1 \text{ A}/(\text{mm}^2)$)

表 2.1.3 负荷矩表 (电压降=10%)
兆瓦—公里 35千伏 (以导线间几何
距为 3 米进行计算)

导线型号 \ cos φ	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
LGJ— 35	115.8	109.8	104.5	100	95.2
LGJ— 50	143.7	134.8	127	120.2	113.9
LGJ— 70	186	171.8	160	149.3	140
LGJ— 95	234.5	212.6	195	180	166.7
LGJ—120	267	239	217.3	199	183
LGJ—150	309	273	246	223	203.4
LGJ—185	347	303	270	244	221

表 2.1.4 负荷矩表 (电压降=10%)
兆瓦—公里 60千伏 (以导线间几何均
距为3.5米进行计算)

导线型号 \ cos φ	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
LGJ— 35	339	321	305	291	278
LGJ— 50	420	394	371	351	332
LGJ— 70	544	501	466	436	407
LGJ— 95	683	619	568	523	485
LGJ—120	777	695	632	578	532
LGJ—150	892	788	708	642	584
LGJ—185	1007	880	782	706	638

表 2.1.5 负荷矩表 (电压降=10%)
兆瓦—公里 110 千伏 (以导线间几何
均距为 5 米进行计算)

导线型号 \ cos φ	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
LGJ— 70	2000	1797	1650	1530	1427
LGJ— 95	2570	2250	2030	1856	1710
LGJ—120	2960	2545	2268	2058	1880
LGJ—150	3490	2948	2585	2320	2100
LGJ—185	3980	3288	2850	2540	2280
LGJ—240	4580	3710	3180	2792	2490

表 2.1.6 负荷矩表 (电压降=10%)
兆瓦—公里 154 千伏 (以导线间几何
均距为 6.5 米进行计算)

导线型号 \ cos φ	0.95	0.90	0.85	0.80
LGJ— 95	4980	4350	3920	3570
LGJ—120	5750	4925	4380	3960
LGJ—150	6740	5660	4960	4440
LGJ—185	7650	6310	5460	4850
LGJ—240	8820	7130	6090	5340
LGJ—300	9800	7750	6570	5710

表 2.1.7 负荷矩表 (电压降=10%)
兆瓦—公里 220 千伏 (以导线间几何
均距为 8 米进行计算)

导线型号 \ cos φ	0.95	0.90	0.85	0.80
LGJ—240	17700	14230	12160	10650
LGJ—300	19700	15570	13140	11450
LGJ—400	22360	17230	14370	12380

(2) 对于某些重负荷的长距离送电线路的电压计算, 需要按下式计入横分量的影响。

送端电压

$$V_1 = \sqrt{(V_2 + \Delta V_2)^2 + (\delta V_2)^2} \quad (2.1.5)$$

受端电压

$$V_2 = \sqrt{(V_1 - \Delta V_1)^2 + (\delta V_1)^2} \quad (2.1.6)$$

式中:

$$\Delta V_2 = \frac{P_2 R \pm Q_2 X}{V_2} \quad \text{滞后无功功率}$$

取正号, 超前无功功率取负号。

$$\delta V_2 = \frac{P_2 X \mp Q_2 R}{V_2} \quad \text{滞后无功功率}$$

取负号, 超前无功功率取正号。

$$\Delta V_1 = \frac{P_1 R \pm Q_1 X}{V_1} \quad \text{滞后无功功率}$$

取正号, 超前无功功率取负号。

$$\delta V_1 = \frac{P_1 X \mp Q_1 R}{V_1} \quad \text{滞后无功功率}$$

取负号, 超前无功功率取正号。

P_1 和 Q_1 ——送电端的有功功率和无功功率。

V_1 ——送电端的电压。

ΔV_1 及 δV_1 ——以送电端电压为基
轴的电压降的纵分量及横分量。

上述公式一般常用以计算在指定的有功功
率下，究竟能够输送或者需要补偿多少无功容
量，才能使送、受两端的电压维持在某个可以

接受的水平上，这样的计算需要反复试算才能
完成，一般可以采用绘制功率圆图或通用圆图
直接求出。图2·1·4~图2·1·7为 220 千伏送电
线路常用钢芯铝绞线〔截面300~400 (毫米)²〕
的送端及受端通用圆图。

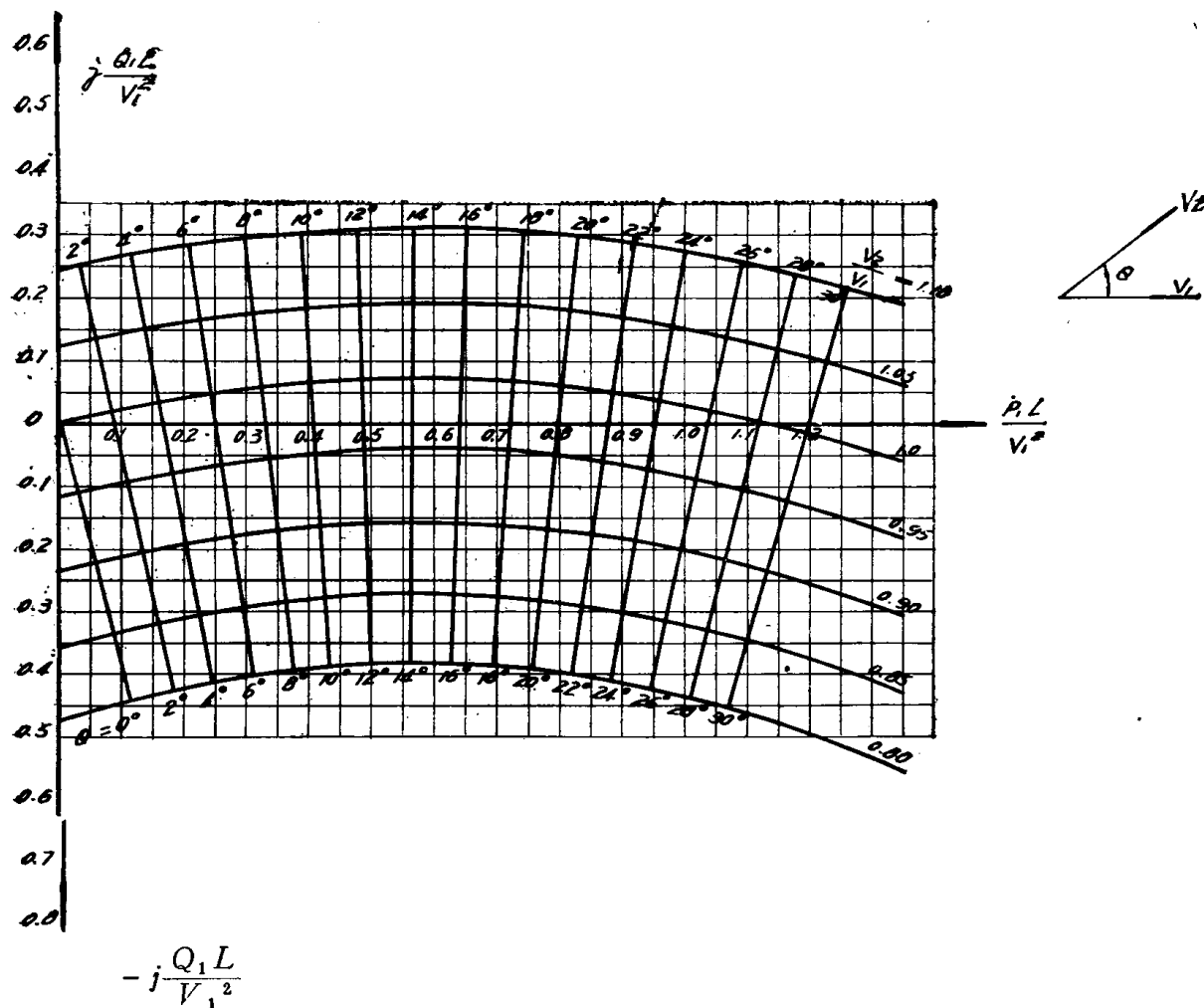


图 2·1·4 220千伏线路 LGJQ—300, LGJ—300, LGJJ—300 导线送端通用功率圆图

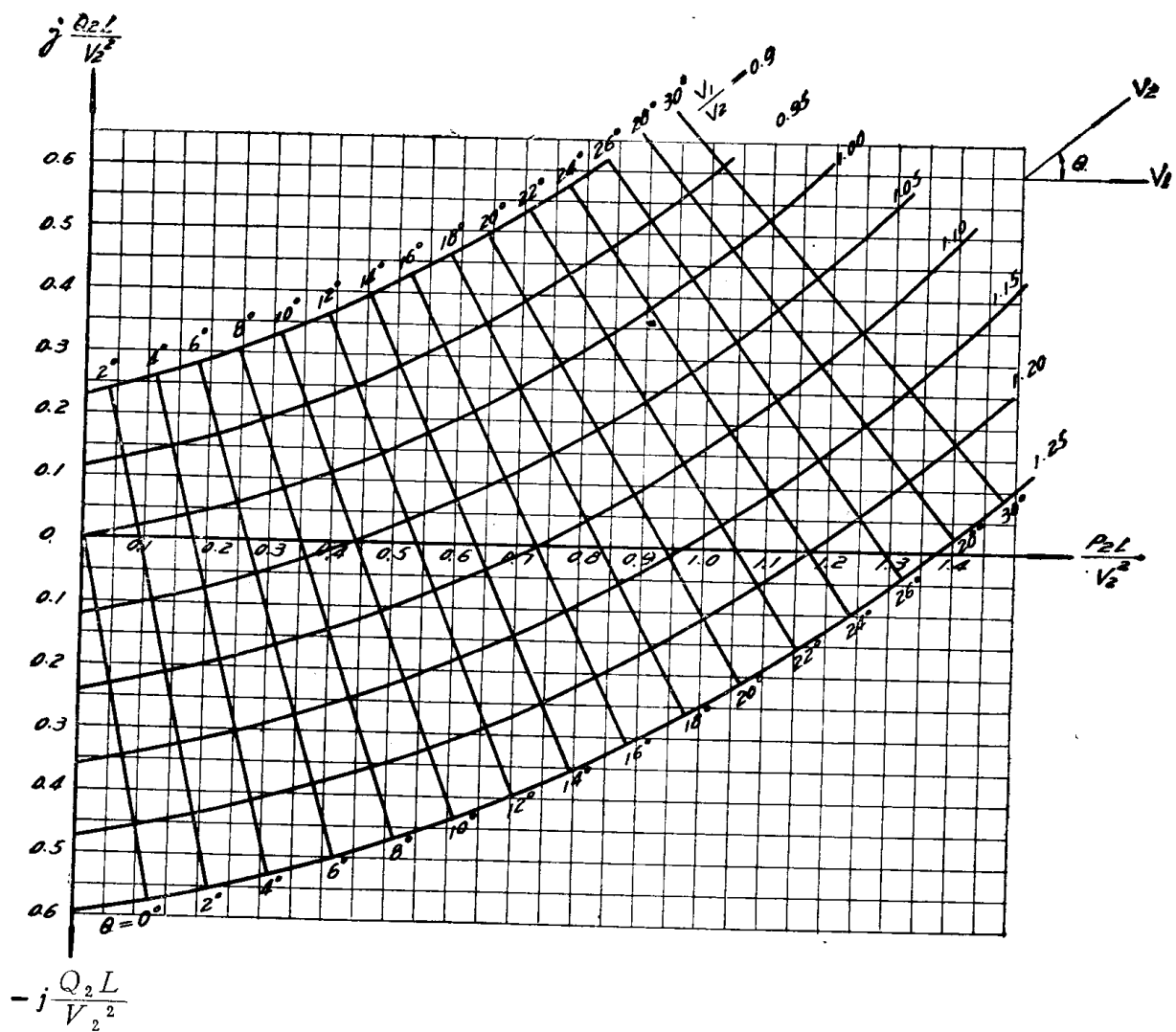


图 2·1·5 220千伏线路LGJQ—300, LGJ—300, LGJJ—300导线受端通用功率圆图

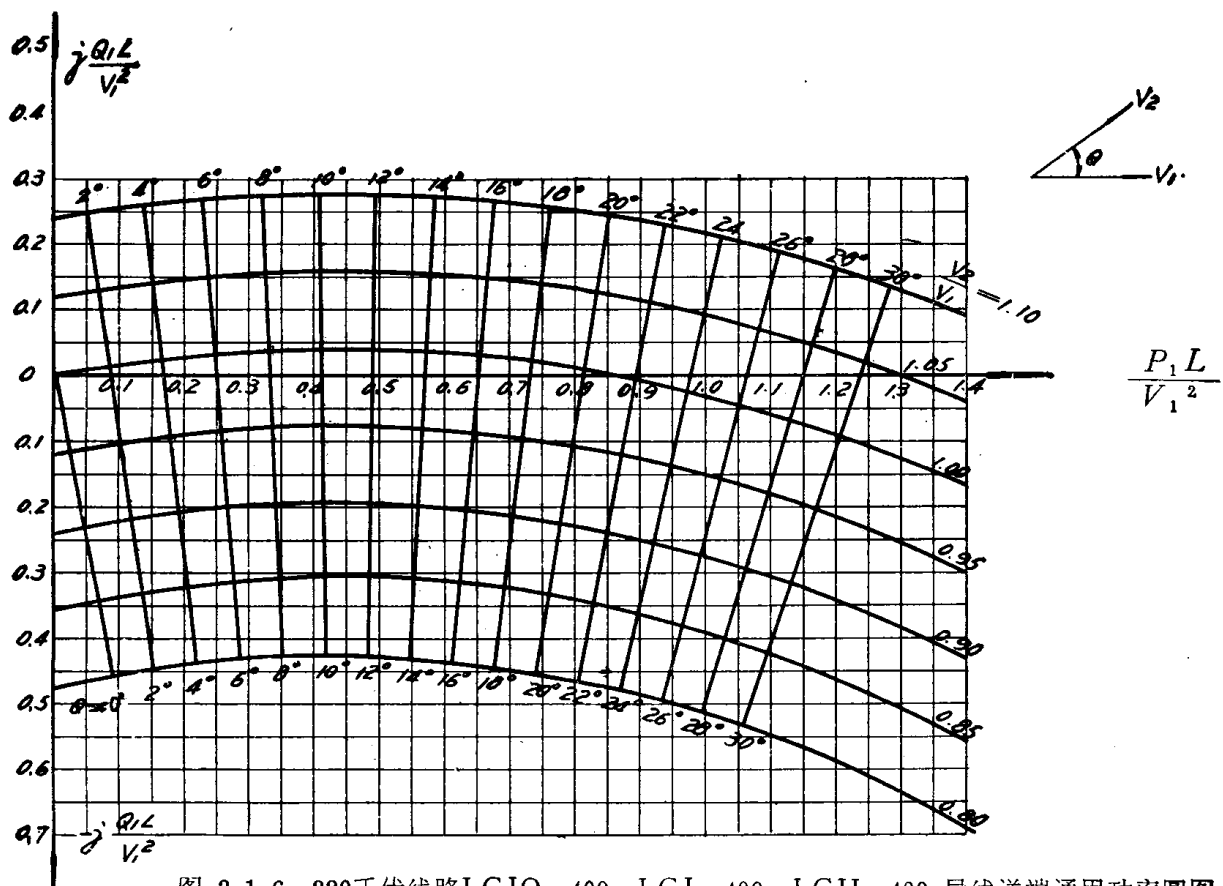


图 2.1.6 220千伏线路LGJQ—400, LGJ—400, LGJJ—400 导线送端通用功率圆图

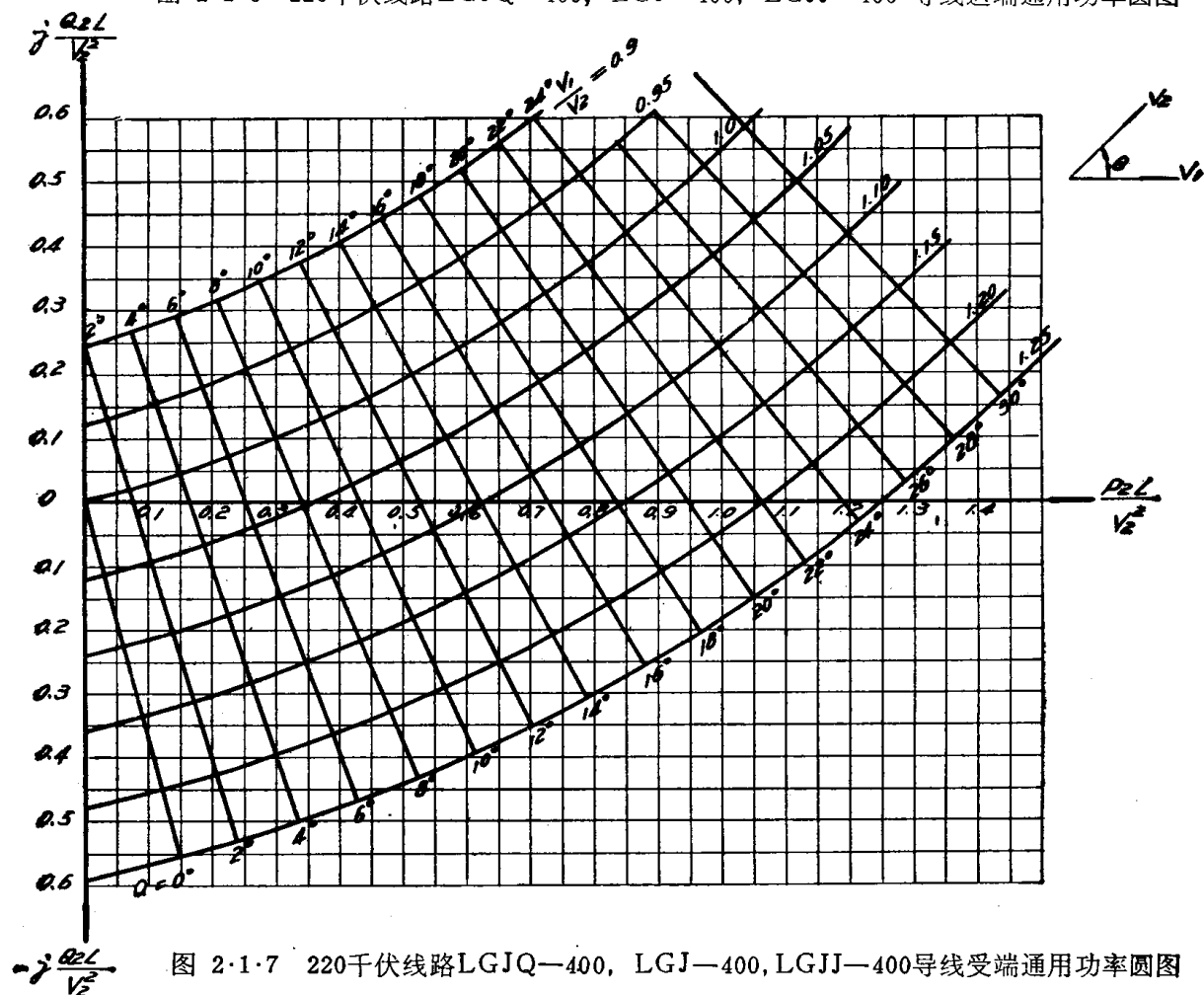


图 2.1.7 220千伏线路LGJQ—400, LGJ—400, LGJJ—400导线受端通用功率圆图

以下举两例说明圆图的用法:

例 1. 长度为 250 公里, 导线为 LGJQ—300 的 220 千伏线路, 送端电压 $V_1 = 242$ 千伏, 受端电压 $V_2 = 220$ 千伏, 受端无功功率 $Q_2 = 0$ (不包括线路充电无功)

求受端能受多少有功功率 P_2 ?

在图 2·1·5 LGJQ—300 导线受端通用功率圆图的 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{242}{220} = 1.1$ 曲线上, 查到与 $\frac{Q_2 L}{V_2^2} = 0$ 相对应的 $\frac{P_2 L}{V_2^2} = 0.729$, 则 $P_2 = \frac{0.729 \times 220^2}{250} = 141$ 兆瓦, 同时可以查得送端电压与受端电压的相角差 θ 为 16° 。

例 2. 长度为 300 公里, 导线为 LGJQ—400 的 220 千伏线路送端电压 $V_1 = 242$ 千伏, 送出有功功率 $P_1 = 100$ 兆瓦, 无功功率 $Q_1 = 38$ 兆乏, 求受端电压 V_2 。在图 2·1·6 LGJQ—400 导线送端通用功率圆图上, 查到: $\frac{P_1 L}{V_1^2} = \frac{100 \times 300}{242^2} = 0.5125$ 与 $\frac{Q_1 L}{V_1^2} = \frac{38 \times 300}{242^2} = 0.195$ 交点落于 $\frac{V_2}{V_1} = 0.9$ 的曲线上, 则 $V_2 = 0.9 \times 242 = 218$ 千伏。同时可以查得送、受端电压间的相角差为 12.8° 。

三、线路电压等级的选择

线路的电压等级应由电力系统规划的技术经济比较来确定。电压等级的选择应考虑到以下诸因素:

1. 应与送受两端现有和远期的电网很好配合, 要考虑到邻近其他现有的或可能出现的线路的电压。因为将邻近供电区用同一电压联结起来的效益, 常会超过单纯考虑某一线路的经济效益。

2. 利用现有线路升压, 是提高和解决送电容量的一项比较经济有效的措施, 应优先予以考虑。

3. 对一系列方案进行技术经济比较, 如两个方案的指标相近或低电压方案的优点不大时, 则应优先采取高电压方案。

4. 应考虑高电压线路深入负荷中心, 从

高电压直接降到低电压供电的可能性, 以减少送变电设备、电能损失和电压等级数目。

5. 对于现有非标准电压的电力网, 最好限制它们的发展。但是当有可能获得非标准设备并经技术经济比较证实有利时, 可作为例外。

6. 非标准电压电力网的改压, 必须在经过技术经济论证及对改压过渡时期内的工作条件进行仔细分析后加以确定。

7. 对于新建的送电线路, 如果该线路的输送容量在远期有显著的增长, 则在经过技术经济论证后, 应考虑其升压的可能性。

8. 在送电线路要求的输送容量和距离下, 应保证:

(1) 较小的电力与电能损失。

(2) 在正常和事故情况下的供电电压质量。

(3) 在正常和事故情况下的静态稳定性和动态稳定性。

对于 35—110 千伏线路来说, 确定输送容量和输送距离时, 起决定作用的是电能损失和电压变动的允许水平; 而对 220 千伏线路来说, 就是并列运转的稳定性。现分别说明如下:

(1) 关于供电电压质量的要求及其与输送容量和输送距离的关系已在前节讲述, 并可从图 2·1·3 和表 2·1·3~2·1·7 中查得。

(2) 关于送电线路的电力损失与电压等级的关系: 电力损失是决定输送电压等级及其经济性的一个重要因素。提高线路的电压等级是增加输电距离和输送容量, 同时降低电力、电能损失的最有效的措施。

电力损失 (兆瓦)

$$\Delta P = \frac{P_2^2 \cdot \rho \cdot L}{V_2^2 \cdot A \cdot \cos^2 \phi_2} \quad (2.1.7)$$

电力损失的相对值 (%)

$$\begin{aligned} \Delta P \% &= \frac{\Delta P \times 100}{P_2} \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot J \cdot \rho \cdot L}{10 V_2 \cdot \cos \phi_2} \quad (2.1.8) \end{aligned}$$

式中

P_2 —— 受端最大输送功率 (兆瓦)。

V_2 —— 受端电压 (千伏)。