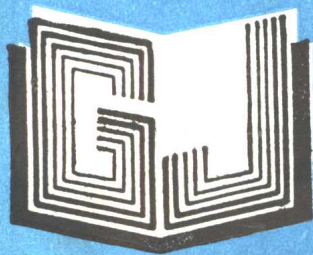


983621



高等学校教材



高压架空线路设计基础

云南工业大学 曾宪凡 编

726.1
87



高等学校教材

高压架空线路设计基础

云南工业大学 曾宪凡 编

水利电力出版社

高等学校教材
高压架空线路设计基础

云南工业大学 曾宪凡 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 12.5印张 279千字
1995年11月第一版 1995年11月北京第一次印刷
印数 0001—2390册

ISBN 7-120-02337-3/TM·609

定价 9.80 元

内 容 提 要

本书在总结我国高压架空线路43年建设经验的基础上,依照线路设计的全过程,结合我国现行有关规程、规范、规定及标准,着重介绍了35~500kV线路设计的基本知识、基本理论、常用工程分析计算方法以及实际工程的基本要求。在内容编写上,力图做到章节层次条理化、叙述文字专业化、内容表示图象化、复杂计算曲线化、规程要求表格化、计量单位法定化。本书为高等学校电力系统及其自动化专业选修课教材,也可供有关工程技术人员阅读参考。

前 言

本书是根据1991年10月高等学校电力工程类专业教学委员会电力系统教学组委员会审定的同名教材编写大纲编写的,作为电力系统及其自动化专业选修课教材。

高压架空线路,是构成电力系统必不可少的重要组成部分。高压架空线路传输功率大(可以是一台或多台发电机组容量的总和);运行电压高(与电力系统其他设备相比较);线路路径长(短者几十千米,长者上千千米);途经地势险峻,气象多变,无法进行集中管理(与电厂相比较);运行维护比较困难。一旦重要线路发生恶性事故,不但造成大面积停电,而且可能导致电力系统的解列,会给国民经济带来难以弥补的损失。

本书在总结我国高压架空线路43年建设经验的基础上,依照线路设计的全过程,结合我国现行有关技术规程、规范、规定及标准,着重介绍了35~500kV线路设计的基础知识、基本理论、常用工程分析计算方法以及实际工程的基本要求。在内容编写上,力图做到章节层次条理化、叙述文字专业化、内容表示图象化、复杂计算曲线化、规程要求表格化、计量单位法定化。全书共分五章,主要包括高压架空线路设计的内容;路径选择与有关设施交叉跨越和平行接近的要求;电磁环境影响与防护;线路的绝缘、防雷与接地;导线和避雷线的选择,力学计算及其防振措施;线路架设与带电作业的考虑;杆塔的形式与荷载;杆塔的结构和基础设计以及典型设计的套用等。铁塔受力分析部分内容有关设计部门已汇编成册,读者根据本课程所学知识,提出有关设计数据,即可套用典型设计图纸。由于篇幅的限制,对各部分的举例也未能如愿。

本书由东北电力学院王力中教授主审,此外,西安交通大学夏道止教授、东南大学陈珩教授、重庆大学秦翼鸿教授均对本书的编写提出不少宝贵建议,各高等院校、设计单位及运行部门也给予了热情的支持,例如高等学校电力系统教学组的1989年清华大学会议,1990年的湖南大学会议,1991年的山东大学会议均对本书编写进行了反复细致地研究,提出了很多建设性的意见。云南电力设计院姚余庆、王守礼、张兆昌以及昆明供电局兰天等诸位高级工程师,也给予了力所能及的帮助。定稿阶段,王守礼还在百忙中对全稿进行了校对。本书若能为初学者排忧解难,能为电力系统建设作出一份奉献,是与上述同志辛勤劳动分不开的。

限于编者水平有限,书中难免有错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1993年3月

目 录

前 言

第一章 高压架空线路设计的基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 线路路径的选择及与有关设施交叉跨越和平行接近的要求	7
第三节 电磁环境影响与防护要求	10
第四节 导线的选择	13
第五节 线路绝缘子的选择	18
第六节 线路金具	22
第七节 导线排列方式、线间距离和换位	25
第二章 导线应力弧垂计算	28
第一节 概述	28
第二节 架空线路设计气象条件	28
第三节 导线的机械物理特性及比载	30
第四节 导线悬链线解析方程式	34
第五节 导线悬点等高弧垂应力及线长的计算	35
第六节 悬点不等高弧垂应力及线长的计算	38
第七节 导线的状态方程式	43
第八节 临界档距的计算	46
第九节 导线应力弧垂特性曲线	50
第十节 避雷线截面和最大使用应力的选择	52
第三章 特殊档距架空线的计算	56
第一节 兼受集中荷载时架空线应力弧垂的计算	56
第二节 孤立档导线应力弧垂的计算	58
第三节 对地距离及交叉跨越	62
第四节 断线张力和避雷线支持力的计算	64
第五节 导线的振动和防振	72
第四章 杆塔型式及荷载的计算	81
第一节 杆塔型式、分类及使用范围	81
第二节 杆塔的悬点高与设计档距	90
第三节 杆头间隙尺寸的确定	93
第四节 杆塔的设计荷载	97
第五章 杆塔的结构和基础设计	110
第一节 钢筋混凝土直线杆的内力及变形分析	110
第二节 钢筋混凝土带拉线等径单杆的内力及变形分析	119
第三节 钢筋混凝土带拉线等径门形杆的内力及变形分析	123

第四节	环形截面钢筋混凝土杆的强度计算	127
第五节	环形截面预应力钢筋混凝土杆的强度计算	133
第六节	杆塔的横担计算	140
第七节	杆塔基础的计算	147
第八节	杆塔典型设计的使用	162
附录 A	铝绞线及钢芯铝绞线	166
附录 B	铝合金绞线及钢芯铝合金绞线	169
附录 C	镀锌钢绞线	172
附录 D	混凝土的设计强度、标准强度和弹性模量	173
附录 E	钢筋设计强度、标准强度和弹性模量	174
附录 F	钢筋混凝土电杆受弯构件配筋曲线	175
附录 G	地基土的基本承载应力及承载应力系数	184
附录 H	35~500kV 架空线路技术经济指标	186
参考文献		192

第一章 高压架空线路设计的基本知识

第一节 概 述

一、高压架空线路在电力系统中的作用

电力系统主要由发电厂、输电线路、配电线路和负荷等组成。高压（或超高压）架空线路是电力系统中电能传输、交换、调节和分配的主要环节。例如：建设一座300万kW的火力发电厂，年耗原煤约为1500~2000万t，若设置在负荷中心，其耗煤量超过了一条铁路专用线年运输量。无论从技术上，经济上和环境污染等方面比较，均是不可取的。若将电厂建在能源基地，即使相距负荷中心达数百公里，也能用一回超高压架空线路将全部发电功率送出，这远比铁路造价便宜得多。采用超高压输电，其经济效益还体现在降低线路单位造价、降低线损、少占耕地、使线路走廊得到充分利用等方面。

通过高压架空线路进行系统间联网，不仅可实现系统间的电能交换和调节，而且还使系统可安装大型机组、建设大型电厂，错开高峰负荷，实现跨区域跨流域调节，减少系统备用容量，缩短电气距离，增强系统稳定运行，提高抗冲击负荷的能力。总之，系统联网，提高了系统安全性、可靠性和稳定性，可实现经济调度、各种能源得到充分利用。

质量之源，始于设计。高压架空线路设计的质量，直接关系到电力系统的安全和经济运行。设计是线路工程建设的灵魂，设计方案是否合理关系到线路工程建设的经济效益、环境效益和社会效益。

高压架空线路与电缆线路相比较，具有以下优点。

- (1) 高压架空线路结构简单，施工简便，建设速度快，施工周期短，经济效益见效快；
- (2) 线路所用的材料供应容易，线路器材构造简单，制造方便，工程材料耗量少；
- (3) 线路工程绝大部分露置野外，隐蔽工程少，易于发现缺陷和事故隐患，便于及时检修；
- (4) 可采用带电检修作业方法，减少停电次数，保证连续可靠送电；
- (5) 架空导线露置，易于散热，输送容量大于电力电缆线路；
- (6) 在输送容量相同的条件下，架空线路投资一般为电缆线路的1/7~1/14。

架空线路直接露置于大自然环境中，受到大风、覆冰雪、气温变化、雷击和外力破坏以及化学气体腐蚀等影响，发生事故的几率较电缆线路高，因此线路的设计、施工和安装必须符合有关规程规范的要求，在运行过程中，应加强维护巡视，提高线路的安全可靠性，保证连续安全供电。

二、高压架空线路的构成

架空线路主要由导线、避雷线、金具、绝缘子、杆塔和拉线、基础及接地装置等元件组成，如图1-1所示。这些元件的用途分述如下。

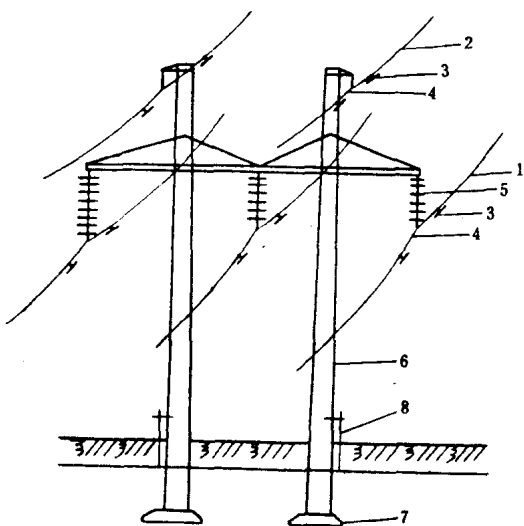


图 1-1 架空线路的组成元件

1—导线；2—避雷线；3—防振锤；4—线夹；5—绝缘子；6—杆塔；7—基础；8—接地装置

1. 导线

用以传导电流, 输送电能。一般110kV及以下线路, 每相采用单根绞线。对于高电压大容量线路, 为了减少电晕功率损失和电晕干扰, 多采用相分裂导线, 每相采用两根、三根、四根或更多根导线。分裂导线的线间距离, 可选0.4~0.5m。导线规格见附录A和B。

2. 避雷线

避雷线一般采用镀锌钢绞线, 主要用来防止雷直击导线; 雷击杆塔时还起到分流作用及对导线的耦合和屏蔽等作用, 降低导线上感应过电压。个别线路因特殊要求, 也采用铝包钢绞线、钢芯铝绞线或钢芯铝合金绞线等良导体, 但价格较高。避雷线规格见附录C。

表 1-1

35~500kV 高压架空线路常用

额定电压 (kV)		500		330	220			
杆塔型式								
保护角		14°		20°	16.5°			25.5°
保护方法		双避雷线		双避雷线	双避雷线		单避雷线	
杆塔绝缘	绝缘子个数	28×XP-16	25×XP ₃ -16D	19×CP-10	13×X-7	13×X-4.5	13×X-7	13×X-4.5
	50%冲击放电电压(kV, 正极性)	2310	2138	1645	1410	1200	1410	1200
档距长度 (m)		400	400	400	400	400	400	400
冲击接地电阻 (Ω)①		7~15	7~15	7~15	7~15	7~15	7	7
雷击杆塔时耐雷水平(kA)		126.6~174	122.2~161.7	141.5~100	118~83.3	100~71	93.5	79.6
建弧率		91%	100%	100%	80%	91.8%	80%	91.8%
平原线路	绕击率	0.112%	0.112%	0.238%	0.144%	0.144%	0.7%	0.7%
	杆塔跳闸率	1/6 0.0709	1/6 0.098	1/6 0.125	1/6 0.17	1/6 0.28	1/4 0.53	1/4 0.80
山区线路	绕击率	0.397%	0.397%	0.84%	0.5%	0.5%	2.23%	2.23%
	杆塔跳闸率	1/4 0.127~0.286	1/4 0.17~0.343	1/4 0.23~0.45	1/4 0.28~0.54	1/4 0.45~0.80	1/3 0.87	1/3 1.27

① 平原按7Ω计算跳闸率, 山区按7~15Ω计算跳闸率。

避雷线悬挂于杆塔顶部，其铅垂线与边导线之间的夹角称为保护角。35kV线路仅在距发电厂或变电所1~2km的进出线段架设避雷线。110kV及以上电压等级线路，一般沿全线架设避雷线。山区和雷电活动特别强烈地区，宜架双避雷线，山区保护角不大于25°；双避雷杆塔一般为20°左右；500kV线路杆塔为10°~15°；重冰区的线路，不宜采用过小的保护角。

为了提高架空电力线路的耐雷水平，减少跳闸率和停电次数，除架设避雷线或加强绝缘外，改善避雷线的接地电阻也是一个很重要的措施。35~500kV高压架空线路的耐雷水平和跳闸率如表1-1所示。

从表1-1可以看出，减小避雷线的保护角，降低杆塔的接地电阻值，可以显著地提高线路的耐雷水平和减少雷击事故的跳闸率。

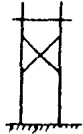
3. 线路金具

金具是把导线连接在绝缘子串上、把绝缘子串固定在杆塔上的金属元件。

在设计线路时，应尽量选择标准金具，使其具有足够的机械强度。与导线连接的金具，必须具有良好的电气性能。连接的方式，应尽量简单、灵活、可靠，力争做到统一化和标准化，达到互换性的要求。在不同方向的外力作用时，连接的绝缘子串和线夹等能够自由回转，以减少对导线产生附加弯矩。

杆塔的耐雷水平和雷击跳闸率

次/(100km·40雷电日)

110			60			35		
								
22°	25°		30°					
双避雷线	单避雷线		单避雷线	铁横担，无避雷线，钢筋混凝土杆		木横担，无避雷线，钢筋混凝土杆	铁横担，无避雷线，钢筋混凝土杆	
中性点直接接地	中性点经消弧线圈接地		中性点经消弧线圈接地			中性点经消弧线圈接地		
7×X-4.5 (6×X-7)	7×X-4.5 (6×X-7)	7×X-4.5 (6×X-7)	5×X-4.5	5×X-4.5		2×X-4.5(木横担，相对地1.15m)	3×X-4.5	
700	700	700	520	520		700	350	
300	300	300	250	250	250	200	200	200
7~15	7~15	7~15	7~15	20	10	20	20	10
85.5~53.7	53.5~36.3	63.0~42.7	48.6~32.6	28.4	46.7	38.1	19.1	31.5
85%	85%	75%	57%	57%	57%	20.6%	58%	58%
0.133% 1/6 0.19	0.238% 1/4 0.74		0.38% 1/4 0.53		2.08	1.42	0.55	2.33
0.474% 1/4 0.30~0.57	0.82% 1/3 1.0~1.4	0.82% 1/3 0.70~1.1	1.4% 1/3 0.71~1.0					1.81

4. 绝缘子

绝缘子是用来支持或悬挂导线，并使导线与杆塔间不发生闪络的元件。绝缘子串长期暴露在自然环境中，需经受风雨冰霜及气温突变等恶劣气候的考验，有时还受有害气体的污染。因此，采用的绝缘子必须按规定进行机电性能试验，保证具有足够的电气绝缘强度和机械强度。

5. 杆塔

杆塔用来支持导线、避雷线及其他附件，使导线、避雷线，杆塔彼此保持一定的安全距离，并使导线对地面、交叉跨越物或其他建筑物等设施保持允许的安全距离。杆塔部分占线路总投资约40%左右，设计时应尽量做到结构简单、材料消耗量少、机械强度高、便于施工安装和维护。

6. 拉线和基础

拉线采用镀锌钢绞线，用来平衡作用于杆塔的横向荷载和导线张力，可减少杆塔材料的消耗量，降低线路的造价。

杆塔基础将杆塔固定，以保证杆塔不发生上拔，下陷或倾覆。

7. 防雷接地装置

为提高线路耐雷水平，减少雷击跳闸率，架有避雷线的线路均应埋设防雷接地装置。按照有关规程（SDJ3-79、SDJ7-79）规定：每基杆塔不连接避雷线的工频接地电阻，在雷季干燥时，不宜超过表1-2所列数值。

表 1-2 有避雷线杆塔的工频接地电阻

土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)	100以下	100以上至500	500以上至1000	1000以上至2000	2000以上
工频接地电阻 (Ω)	10	15	20	25	30

据统计，我国110kV及以上高压架空线路使用自动重合闸时，重合成功的概率为75%~95%，而35kV及以下线路为50%~80%。因此，根据规程（SDJ7-79）规定：各级电压线路应尽量装设三相或单相自动重合闸，并强调高土壤电阻率地区的送电线路，必须装设自动重合闸装置。此外，雷电活动频繁的地区和经常遭受雷击的杆塔或线段，应降低杆塔接地电阻或适当加强线路绝缘。

三、高压架空线路工程初步设计和技术施工设计的内容

架空线路主要的设计原则，均应在初步设计中明确。主要是指通过调查研究和技术经济比较确定重大的技术原则，并与有关单位订立原则协议，以使下阶段的技术施工设计能顺利开展，并使施工图的设计能建立在可靠的基础上，避免不必要的返工造成人力物力上的浪费和工作上的混乱。

（一）初步设计的工作

（1）确定路径方案。路径方案是指大的走向方面，一般需要经过踏勘、协议，然后以路径方案图的形式提出。

（2）确定气象条件。

(3) 编制导线的机械应力计算原则(指安全系数、平均运行应力等)及应力弧垂曲线。

(4) 选择杆塔型式及计算常用杆塔荷载。除标明结构形式和尺寸外,还应注明其使用条件以及估算的材料量。

(5) 选择金具和绝缘子串。

(6) 估算通信干扰及危险影响。根据实测或估计的大地导电率进行计算,为确定路径方案提供依据。

(7) 订立原则协议。

(8) 提出线路技术经济指标。

(9) 开列材料清单。

(10) 提出工程概算书。

(11) 其他特殊问题。根据工程的具体情况,可能包括:①考虑采用新技术或新的标准;②特殊大跨越的设计原则;③为了配合路径方案的选择,进行有关通信干扰及危险影响的计算;④与导线使用应力相适应的导线防振措施;⑤防雷措施及接地计算;⑥避雷线的绝缘和利用;⑦线路的换位问题;⑧污秽地区绝缘的选择;等等。

关于导线截面以及其他一些与系统有关的问题,一般应在接受任务时明确,但有时也需要在设计纲要中重新加以考虑。至于导线的结构型式,当然应在设计中结合当地的地理环境、气象条件和地形状况来加以综合考虑确定。

(二) 初步设计工作的程序

(1) 接受任务时,应明确高压架空线路建设的目的以及在系统运行中的作用,还要明确线路起迄点及支接点,电压等级和导线截面等。

(2) 接受任务后,首先着手搜集地形图。根据已掌握的资料在图上进行路径方案的初选。经过大的方案比较,在图上确定几个可行的较优方案,然后进行工作。

(3) 针对图上选定的几个方案进行搜集资料,踏勘和协议工作。

(4) 根据图上选定的方案进行大地导电率的测量(或估计),估计通信干扰及危险影响的程度,提出对路径选择的注意事项(接受任务时,应要求系统方面尽快提出单相接地短路电流曲线)。

(5) 在上述工作的基础上选定路径方案。

(6) 在搜集气象资料的基础上选定工程设计采用的气象条件,并编制导线及避雷线的特性曲线。

(7) 经过对选定路径的初步踏勘,在对线路经过地区地形特点具有初步认识的基础上,定出工程中采用的基本杆型。为了提出线路的技术经济指标,有时尚需计算杆塔的荷载条件,便于进行常用杆塔的设计(在一般为35~110kV架空线路中,所应用的杆型,均可套用现有标准设计或其他工程使用过的杆型,故在初步设计中,一般都不进行杆型的具体设计和计算)。

(8) 金具和绝缘子串的设计。

(9) 开列材料清单。

(10) 提出线路的技术经济指标。

(11) 提出说明书及有关附图。

以上所述的初步设计程序只是一个概况,在实际工作中一定会有不少交叉和反复。

(三) 施工图设计的内容

施工图设计是初步设计的具体化,目的在于指导线路工程施工和提供所建线路今后的长期运行维护资料。

施工图设计一般由施工说明书、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,这些桩位在路径断面图上均有详细记载。施工说明主要为顺利向施工单位交待设计意图而编写的。各种计算应与施工图纸相互对应,要进行准确无误的计算并正确反映到图纸上。

施工图纸比较庞杂,随着各地区、各工程具体情况的不同可以有较大的伸缩性。施工图的编制及内容如下。

1. 第一卷施工图总说明及设备材料汇总表

内容包括下述各项:①施工图总目录;②设计依据及范围;③线路概况及路径简要说明;④初步设计审核意见执行情况及需要说明的特殊问题;⑤施工运行维护中注意事项;⑥工程登记表;⑦设备材料汇总表;⑧附件(包括初步设计审核意见、上级指示文件及重要会议纪要、新技术新设备试验鉴定书以及补充协议文件等);⑨附图(包括线路路径图、发电厂及变电所进出线平面图、全线杆塔一览表、全线基础一览表等)。

2. 第二卷平断面定位图及杆塔明细表

内容包括下述各项:①线路平断面定位图;②杆塔明细表;③交叉跨越分图。

3. 第三卷机电施工图

内容包括下述各项:①导线及避雷线的施工弧垂曲线或安装表;②导线各型绝缘子串及金具组装图;③避雷线金具组装图;④连续倾斜档线夹安装位置的调整表;⑤导线换位或换相图(包括绝缘避雷线换位);⑥跳线安装图;⑦防振锤和阻尼线安装图;⑧防雷装置安装施工图;⑨接地装置施工图;⑩金具加工图;⑪交叉跨越保护装置图;⑫杆塔位移表。

4. 第四卷杆塔施工图

内容包括下述各项:①直线杆塔施工图;②耐张杆塔施工图;③转角杆塔施工图;④终端杆塔施工图;⑤特殊杆塔施工图。

5. 第五卷基础施工图

内容包括下述各项:①直线杆塔基础施工图;②非直线杆塔基础施工图;③特殊杆塔基础施工图。

6. 第六卷通信保护施工图

内容包括下述各项:①保护装置的施工说明;②影响范围内的电力线与通信线相对位置图;③通信保护装置安装位置施工图;④各种保护设备安装施工图;⑤放电管接地装置施工图;⑥屏蔽设施及接地施工图。

7. 第七卷大跨越施工图

机电施工图内容包括:①大跨越方案平面示意图;②大跨越平断面图;③大跨越导线

和避雷线力学特性表；④大跨越导线和避雷线架线表；⑤大跨越绝缘子串及金具组装图；⑥大跨越接地装置施工图；⑦大跨越防振装置施工图；⑧大跨越金具加工图；⑨大跨越塔航空障碍灯及照明设施施工图；⑩跳线施工图。

杆塔与基础施工图内容包括：①大跨越杆塔施工图；②大跨越基础施工图。

大跨越段施工说明包括：①大跨越段自然情况简要说明；②大跨越段导线和避雷线力学特性说明；③大跨越段导线和避雷线接头要求说明；④大跨越段弧垂误差允许范围以及初伸长处理方法说明；⑤大跨越段绝缘子串及金具组装有关要求和施工中注意事项的说明；⑥大跨越档导线和避雷线的防振措施和要求的说明；⑦大跨越档接地电阻和接地装置施工要求的说明；⑧航空障碍灯及照明等设施施工说明；⑨杆塔和基础加工和施工说明。

8. 第八卷 预算书

内容包括编制说明和预算编制。

编制说明内容包括：①工程概况；②工程投资和指标；③编制依据（包括工程量、预算定额、工资标准及材料预算价格等）；④编制中要交待的问题；⑤投资分析。

预算编制内容包括：①总预算表；②线路本体或大跨越本体工程总预算表；③线路本体或大跨越本体各单项计算表；④辅助设施工程汇总预算表；⑤其他工程和费用预算表。

以上所述是一般线路工程的设计内容。如工程小或内容简单，也可作相应的简化。如有特殊问题，例如绝缘避雷线的通信和引下线及与检修站通信连线的设计等，可增加卷目。各卷中亦可酌情用分册列出内容。

第二节 线路路径的选择及与有关设施交叉跨越和平行接近的要求

一、进出线走廊的规划

设计架空线路时，对城市规划区的线路走廊一般要根据5~10年电力系统发展规划进行设计。为了减少线路占地面积及解决线路走廊拥挤问题，可采用双回路同杆架设或多分裂导线的走线方式。线路出线走廊的宽度，见表1-3所示。

表 1-3 线路出线走廊宽度

线路额定电压 (kV)		35	60	110	220	330	500
杆塔型式		单 杆	单 杆	单、双杆、铁塔	双杆、铁塔	双杆、铁塔	双杆、铁塔
杆塔呼称高度 (m)		10~12	10~13	13~15	20~25	22~27	27~40
导线三角排列两边线距离 (m)		3	4	6	10	12	16
导线水平排列两边线距离 (m)		5	6	8	12~15	16~20	24~30
边导线与建筑物 距 离 要 求	考虑风偏 (m)	3	4	4	5	6	8
	防火要求	>1.5倍的杆塔高度					
两回路杆塔间 中心距离要求 (m)	开阔地区	最高杆塔高度					
	拥挤地区边线距离	5	5	5	7	9	13

二、路径选译的原则

选择线路的路径，应在做好充分调查研究的基础上，尽量少占耕地，综合考虑运行、施工、交通条件和路径长度等因素，认真与有关单位协商，根据统筹兼顾，合理安排的原则，进行方案技术经济比较，确定出最佳的方案。

对发电厂或变电所的进出线走廊，应根据电力系统规划和厂所总体布置进行设计。当受到地形限制时，进出线可采用双回路或多回路杆塔。

线路路径选择的基本原则是：

- (1) 路径力争选得最短，转角少，特殊跨越少；
- (2) 尽量避免高山、宽河、湖泊、沼泽、林区、矿区、滑坡区、塌方区、冲刷区、重冰区、重雷地、强烈地震区以及居民区；
- (3) 便利施工，便利运行，便利检修；
- (4) 尽量减小线路沿线对各种通信线路、弱电设备、各种用途调幅台和调频台以及机场的影响。

三、架空线路与有关设施交叉跨越和平行接近的要求

高压架空线路与铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近，按照有关规程(SDJ3-79)的规定，应符合表1-4的基本要求。

表 1-4 高压架空线路与铁路、道路、河流、管道、索道及各种架空线路交叉或接近的基本要求

项 目		铁 路		公 路	电 车 道 (有轨及无轨)	
导线或避雷线在跨越档内接头		标准轨距：不得接头 窄 轨：不限制		一、二级公路：不得接头 三、四级公路：不限制	不 得 接 头	
邻档断线情况的检验		标准轨距：检验 窄 轨：不检验		一、二级公路：检验 三、四级公路：不检验	检 验	
最小垂直距离(m)	线路电压(kV)	至轨顶	至承力索或接触线	至路面	至路面	至承力索或接触线
	35~110	7.5	3.0	7.0	10.0	3.0
	220	8.5(7.5)	4.0	8.0	11.0	4.0
	330	9.5(8.5)	5.0	9.0	12.0	5.0
	500	14(12)	7.0	14.0	16.5	6.5
最小水平距离(m)	线路电压(kV)	杆塔外缘至轨道中心		杆塔外缘至路基边缘		杆塔外缘至路基边缘
				开阔地区	路径受限制地区	开阔地区 路径受限制地区
	35~110	交叉：30m 平行：最高杆(塔)高加3m		交叉：8m 平行：最高杆(塔)高	5.0	5.0
	220				5.0	交叉：8m 平行：最高杆(塔)高 5.0
	330				6.0	6.0
	500				8.0	8.0
	附加要求		不宜在铁路出站信号机以内跨越			
	备 注		括号中的数字用于窄轨铁路	城市道路分级可参照公路的规定		

续表

项 目		通 航 河 流		不通航河流		弱 电 线 路	
导线或避雷线在跨越档内接头		不 得 接 头		不 限 制		一、二级：不得接头 三级：不限制	
邻档断线情况的检验		不 检 验		不 检 验		一、二级：检验 三级：不检验	
最小垂直距离 (m)	线路电压(kV)	至五年一遇 洪水位	至最高航行水位 的最高船桅顶	至百年一遇 洪水位	冬季至冰面	至被跨越线	
	35~110	6.0	2.0	3.0	6.0	3.0	
	154~220	7.0	3.0	4.0	6.5	4.0	
	330	8.0	4.0	5.0	7.5	5.0	
	500	9.5	6.0	6.5	11(水平排列) 10.5(三角排列)	8.5(应验算过飞车)	
最小水平距离 (m)	线路电压(kV)	边导线至斜坡上缘(线路与拉纤小路平行)				与边导线间	
						开阔地区	路径受限制地区
	35~110	最高杆(塔)高				最高杆 (塔)高	4.0
	154~220						5.0
	330						6.0
500	8.0						
附加要求		最高洪水位时,有抗洪抢险船只航行的河流,垂直距离应协商确定				送电线路应架设在上方	
备 注		①不通航河流指不能通航,也不能浮运的河流;②次要通航河流对接头不限制					
项 目		电 力 线 路		特 殊 管 道		索 道	
导线或避雷线在跨越档内接头		35kV以上送电线路:不得接头 配电线路:不限制		不得接头		不得接头	
邻档断线情况的检验		不检验		检 验		不检验	
最小垂直距离 (m)	线路电压(kV)	至被跨越线		至管道任何部分		至索道任何部分	
	35~110	3.0		4.0		3.0	
	154~220	4.0		5.0		4.0	
	330	5.0		6.0		5.0	
	500	6.0(至导(避雷)线尚应验算过飞车) 8.5(至低压线杆顶,尚应验算过飞车)		7.5(尚未验算过飞车)		6.5(尚应验算过飞车)	
最小水平距离 (m)	线路电压(kV)	与边导线间		边导线至管、索道任何部分			
		开阔地区	路径受限制地区	开阔地区		路径受限制地区(在最大风偏情况下)	
	35~110	最高杆(塔)高	5.0	最高杆(塔)高		4.0	
	154~220		7.0			5.0	
	330		9.0			6.0	
	500		13.0			7.5	
附加要求		电压较高的线路一般架设在电压较低线路的上方		①与索道交叉,如索道在上方,索道的下方应装保护设施;②交叉点不应选在管道的检查井(孔)处;③与管、索道平行、交叉时,管、索道应接地			
备 注				①管、索道上的附属设施,均应视为管、索道的一部分; ②特殊管道指架设在地面上输送易燃、易爆物的管道			

- 注 1.跨越杆塔(跨越河流除外)应采用固定线夹。
2.邻档断线情况的计算条件: +15℃, 无风。
3.如跨越杆塔采用固定横担,对导线截面为LGJ-150及以上的线路,可不检验邻档断线情况的交叉垂直距离。
4.送电线路与弱电线路交叉时,交叉档弱电线路的木质电杆,应有防雷措施。
5.送电线路与弱电线路交叉时,由交叉点至最近一基杆塔的距离,应尽量靠近,但不应小于7m(架设在城市内的线路除外)。
6.如两线路杆塔位置交错排列,导线在最大风偏情况下,对相邻线路杆塔的最小水平距离,还应不小于下列数值:

电压(kV)	35~110	154~220	330
距离(m)	3.0	4.0	5.0

第三节 电磁环境影响与防护要求

高压架空线路的电磁环境影响包括三个部分：对有线通信线的电磁危险和干扰影响；对收发信台、电视台、雷达站等无线电设施的干扰影响；超高压静电效应对人体、动物和植物的生态影响。

一、对电信线路的电磁影响

高压架空线路对电信线路感应而产生的电磁危险影响，应根据电力系统5~10年发展规划进行设计。在中性点直接接地系统中，按发生单相接地短路来计算。在中性点不直接接地系统中，除半自动闭塞装置线路和长途电缆线路需考虑两相在不同地点同时发生接地事故外，其他则不考虑此项影响。这样由故障电流在电信线路上感生的磁感应纵电动势可按下列公式计算

$$E_s = \sum_{i=1}^n \omega M_i l_{pj} I_s K \quad (\text{V}) \quad (1-1)$$

式中 ω ——电力线路电流、电压的角频率， $\omega = 2\pi f$ (rad/s)；

M_i ——50Hz时电力线路与电信线路间第*i*段互感系数 (H/km)；

l_{pj} ——电力线路与电信线路第*i*段接近段长度 (km)；

I_s ——电力线路单相接地或两相在不同地点同时接地的短路电流 (A)；

K ——50Hz时接近段内各种接地导体的电磁综合屏蔽系数；

f ——电力线路电流，电压频率 (Hz)。

根据国家标准(GB6830-86)，故障状态下，对一般电力线路或交流电气铁道接触网，感应引起的危险纵电动势不得超过430V。对按《电力线路设计技术规程》规定进行设计和施工的电力线路，感应引起的危险纵电动势不得超过650V。若通信线路为电缆线路时，则感生的危险电动势不得超过电缆直流试验电压的60%或交流试验电压的85%。真正危害电信设备和人身安全的是对地电压，故计算纵电动势是否超过允许值时，需进行对地电压的计算。当对地电压不超过允许值时，可不采取保护措施。正常状态下，通信导线上的纵电动势允许值为60V。

对于中性点不直接接地系统，当发生单相接地故障和处于其他不对称正常运行状态时，人体碰触邻近通信线，由电感应引起流经人体的电流允许值为15mA (有效值)。

对通信线路的干扰影响，主要是由谐波电压和电流引起音频干扰。对中性点直接接地系统，应考虑磁感应影响和电感应影响；对中性点不直接接地系统，只计及电感应影响。

高压架空线路对通信线路的电磁危险影响和静电干扰影响的允许值，如表1-5所示。

二、与调幅广播收音台的防护距离要求

由于架空线路使用电压等级不断提高，使得导线表面发生电晕或其他原因的放电，其效应之一是造成对无线电的干扰。干扰的程度，取决于电力线路与收信设备之间的距离。防护间距 D_p 可按以下公式计算

$$D_p = 10^{\theta} + d_d \quad (1-2)$$