

供用电工人技能手册

送电线路

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编
尹庆福 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

供用电工人技能手册

送 电 线 路

中国电机工程学会城市供电专业委员会 组编

尹庆福 主 编

组科隆 吴安官 副主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

为满足供电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供电生产实际情况,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社共同组织编写了一套《供用电工人技能手册》。本套手册以简明扼要的形式,对职业技能鉴定所必备的知识 and 技能要求予以精炼,以便供电人员在工作中查用,以增强操作技能,提高技术素质。

本分册是《供用电工人技能手册》之一,共六章,主要介绍杆塔基础和接地装置,杆塔、导、地线,绝缘子和金具,输电线路的运行与检修和安全工作。另外,本分册还附有输电线路工程图纸常用图例图形符号,C7.5~C25混凝土配合比参考表,钢材有关资料,紧固件(螺栓、螺母、垫圈、开口销),常用材料密度,气象资料,国内外主要电瓷产品商标图案汇集和部分厂家绝缘子参数等参考性非常强的资料。

本分册是送电线路工的职业技能鉴定和日常工作的必备工具书,也可作为送电线路专业技术人员和管理人员等参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

送电线路/中国电机工程学会城市供电专业委员会组编;尹庆福主编. —北京:中国电力出版社,2005

(供用电工人技能手册)

ISBN 7-5083-2561-3

I. 送... II. ①中... ②尹... III. 输电线路—技术手册 IV. TM726-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第105690号

中国电力出版社出版,发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

2005年3月第一版 2006年1月北京第二次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 14.625印张 499千字
印数3001—6000册 定价33.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《供用电工人技能手册》

编 委 会

主任委员：宗 健

副主任委员：朱良镭（常务） 刘铭刚 陈效杰

孙秉正 杨元峰

编委委员：燕福龙 蒋晓华 尹庆福 程亚平

陈廷宁 姜 芸 陈海波 王宏毅

郭宏山 关 城 肖 兰 张 涛



发电厂是电力之源，似同人的心脏，而遍布祖国大地的送电线路就像人身上的动脉血管，通过它源源不断的将电能输送到工厂、矿山和农庄，直至千家万户。因此，送电线路的安全稳定运行，直接影响着国民经济的发展和城乡人民生活，其重要性是不言而喻的。在电力工业改革之前送电线路工就一直是电业工人系列中最重要核心工种之一。在电力工业改革和厂网分开实施之后，各电网公司以电网发展和稳定运行为己任，随着电网规模的迅速扩大和多回路送电线路、窄基铁塔、高电流密度新型导线等送电新技术的日益采用，送电线路工素质的提高已成为十分紧迫的任务。

早在 2000 年中国电力出版社与中国电机工程学会城市供电专委会联合策划供用电工人技能手册时，已将《送电线路》列入计划之内。山西省电力公司太原供电分公司有幸成为本书编撰的主持单位，经过几年努力，数易其稿，现在本书终于与大家见而了。由于本书编者长期从事送电线路运行维护与技术管理工作，对送电工所关心的技术问题比较了解，在本书编撰过程中注意了技术覆盖而要宽、资料要丰富这两个要求，所以本书具备了便于查找和实用的特点。此外，本书在微气象区影响、特种导线和架空地线复合光缆（OPGW）等新型材料新技术应用方面也有适当介绍，较适合于中、高级工进一步学习提高技能的需要。

我希望本书的出版，对于广大送电工提高技能水平，为电网建设发展和安全运行做出更大贡献能发挥一定的作用，专此为序。

2004 年 9 月 10 日



为了配合全国供电企业的职业技能鉴定工作,满足供用电人员职业技能鉴定及日常工作的需要,中国电机工程学会城市供电专委会和中国电力出版社根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》和相关规程标准的规定,并结合供用电生产实际情况,组织编写了一套《供用电工人技能手册》。这是一套全国供用电企业生产人员在日常工作和现场作业时必备的工具书。

本套手册是经供用电专家的充分酝酿和集体推荐,确定了由一批业内有影响的企业单位推举的约20多位有扎实理论基础、有丰富实践经验的专家担任各分册的主编。同时,在各有关单位的支持下,经过编写和审查人员的共同努力,认真完成了本套手册的编写和审查工作。

本套手册包括了职业技能鉴定规范中线路运行与检修、变电运行与检修、营业用电三个专业十余个主要工种,具体有:送电线路工、配电线路工、电力电缆工、内线安装工、变电带电检修工、变电检修工、变压器检修工、直流设备检修工、变电站值班员、继电保护工、电气试验工、电测仪表工、用电检查员、装表接电员、电能表修理工、电能表校验工等。

本套手册的内容,大部分是与相应工种的《职业技能鉴定规范》内容要求直接相对应,是以《职业技能鉴定规范》中的中级工鉴定内容为切入点,延伸到初级工、高级工、技师的鉴定内容,而且也充分注意到《职业技能鉴定规范》以外的、现场人员经常查用的重要知识,以及新设备、新技术、新工艺的推广应用。因此本套手册的内容定位,体现了符合现场量大面广的工作实际需要。

本套手册突出了“手册”的特点,对技能鉴定规范的知识要求内容进行了浓缩、精炼,对技能要求内容注意提炼出要点和关键内容,一方面力求易查、易懂,便于现场使用,另一方面力求在日常工作中能够夯实职业技能鉴定的基础,提高生产人员技术素质。

本套手册的编写工作得到了河北省电力公司、北京电力公司、上海久隆电力科技有限公司、太原供电局、郑州电业局、上海电缆输配电公司、



本手册主要围绕《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》(送电线路工、高压线路带电检修工)的鉴定内容进行编写。

本手册将现行常用的各种规程、规定贯穿整个手册中,同时将运行实践中证明行之有效的一些检修方法、经验等列入其中。附录中收集了运行维护过程中常用的各种数据、资料,以供参考。为了便于检索,本手册编写以送电线路部件分类排序,共分六章,并以“大运行”观念,分别阐述了线路的运行维护检修和安全管理方面的内容。

本手册适用于具有中等专业技术学校文化水平的中级技术工人在送电线路运行维护过程中及时查找适用数据及相关资料之用。

由太原供电分公司尹庆福任主编,忻州供电分公司赵科隆、太原供电分公司吴安官任副主编,在编写过程中,组织了太原、忻州、晋中等分公司专业技术人员参加,具体编写人员:第一章由张士利、赵嘉贤编写,第二章由石继勇、苏晓东编写,第三章由弓建新编写,第四章由贾雷亮编写,第五章由庞志宏、武立平、苏晓东编写,第六章由庞志宏编写,附录由吴安官编写。本手册由尹庆福、曹明德、苏晓东、石继勇进行了统稿。

由于编者的知识和业务水平有限,书中谬误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2004年9月



前言

本书序

本书前言

第一章 杆塔基础和接地装置 1

第一节 基础的分类与选择 1

一、基础的分类 (1) 二、杆塔基础的选择 (2)

第二节 基础的分坑及施工 5

一、基础的分坑 (5) 二、基础的施工 (17)

第三节 基础检验方法及标准 39

一、混凝土的坍落度检查 (39) 二、混凝土的试块检查 (39)
三、用回弹仪进行现场检验 (41)

第四节 基础的稳定性 45

一、杆塔基础的技术要求 (45) 二、基础上拔稳定计算 (47)
三、基础下压地耐力的计算 (48) 四、基础抗倾覆计算 (49)

第五节 杆塔的接地装置 50

一、接地装置的构成与型式 (50) 二、接地电阻的计算 (54)
三、土壤电阻率及其变化 (62) 四、接地电阻和土壤电阻率的
测量 (64) 五、降低接地电阻的方法 (67)

第二章 杆塔 69

第一节 杆塔的分类与命名 69

一、杆塔分类及作用 (69) 二、铁塔的命名 (70) 三、杆
塔型式 (71) 四、杆塔技术参数 (86)

第二节 杆塔的施工与验收 86

一、杆塔施工的分类 (86) 二、外拉线组立铁塔 (91) 三、
内拉线组立铁塔 (94) 四、杆塔验收项目及检查方法 (98) 五、
杆塔挠度测量 (103)

第三节 杆塔结构与识图	104
一、杆塔的呼称高度 H (104) 二、铁塔结构组成与杆件的作用 (105) 三、长细比 λ 与空间桁架的结构稳定性 (105) 四、铁塔材料及其强度 (106) 五、杆塔的挠曲度要求 (108) 六、钢筋混凝土电杆结构 (109) 七、杆塔图例及编号 (111)	
第四节 杆塔的运行与维修	115
一、杆塔的运行标准 (115) 二、杆塔的巡视项目 (115)	
三、杆塔维修 (116)	
第三章 导、地线	119
第一节 导线	119
一、导线 (119) 二、各类导线的技术参数 (119)	
第二节 架空地线	125
一、用途与分类 (125) 二、各类地线的技术参数 (126)	
第三节 新型导线	130
第四节 常用术语与基础知识	132
一、档距 (132) 二、弧垂 (133) 三、比载 (134) 四、临界温度 (135)	
第五节 导、地线技术基础	135
一、导、地线的应力及状态方程 (135) 二、安装曲线 (137)	
三、架空地线与导线的配合 (139) 四、架空线的风偏角 (139)	
五、悬垂绝缘子的摇摆角 (139) 六、耐张绝缘子的风偏角 (140) 七、档距中央导、地线的配合 (141)	
第六节 导、地线的架设	143
一、放线 (143) 二、导、地线的连接 (143) 三、紧线 (144) 四、弧垂观察和测量 (144) 五、施工要求及工程验收 (149)	
第七节 导、地线振动与防振	150
一、导、地线振动的概念 (150) 二、振动的形成因素 (151)	
三、防振的措施 (152)	
第八节 运行标准	154
一、导线的外观质量要求 (154) 二、钢质导线及架空地线外观质量要求 (154) 三、导线连接器的要求 (154) 四、对导、地线弧垂的要求 (154) 五、导线的限距 (155)	

第四章 绝缘子和金具 159

第一节 绝缘子 159

- 一、绝缘子型号的意义 (159) 二、绝缘子的技术参数 (161)
- 三、主要类型绝缘子的优、缺点比较 (表 4-1-12) (171) 四、绝缘子的机械强度要求 (172) 五、送电线路绝缘配置要求 (172)
- 六、绝缘子检测试验 (174)

第二节 金具 175

- 一、金具的作用及分类 (175) 二、金具产品型号的意义 (184) 三、金具的技术性能及规定 (186)

第三节 绝缘子和金具的组装 189

- 一、金具组装的一般规定 (190) 二、跳线连接 (190) 三、典型的金具、绝缘子配置及组装图形 (195)

第四节 线路金具型号、规格及适用范围 219

- 一、悬垂线夹型号、规格及适用范围 (表 4-4-1) (219) 二、耐张线夹型号、规格及适用范围 (表 4-4-2) (224) 三、连接金具型号、规格 (表 4-4-3) (240) 四、接续金具型号、规格 (表 4-4-4) (263) 五、防护金具型号、规格及适用范围 (表 4-4-5) (280) 六、T 形线夹型号、规格及适用范围 (表 4-4-6) (291) 七、设备线夹型号、规格及适用范围 (表 4-4-7) (294)

第五章 送电线路的运行 299

第一节 线路的巡视 300

- 一、巡视的种类 (300) 二、巡视的主要内容 (301) 三、季节性常规检查项目 (303)

第二节 线路的检测 306

- 一、日常检测 (306) 二、绝缘子盐密测量 (308) 三、绝缘子低零值测试 (310) 四、合成绝缘子憎水性现场检测 (313)

第三节 线路设备的缺陷管理 316

- 一、缺陷管理重点 (316) 二、缺陷的分类管理 (316)

第四节 线路特殊区域的划分 316

- 一、特殊区域的划分与类别 (316) 二、常见特殊区域的运行维护措施 (317) 三、线路运行环境治理 (318)

第五节 线路的维修 323

一、维修的原则 (323)	二、维修工作的分类 (323)	三、 维修管理 (324)	四、常见维修工器具性能、技术条件、使用方法 (325)	五、检修作业指导书编写 (330)
第六节 带电作业	333			
一、带电作业的作用和分类 (333)	二、带电作业的安全组织 措施 (335)	三、带电作业的管理 (336)	四、带电作业工具要 求与种类 (338)	五、常用带电作业工器具的技术性能、使用方 法及保管 (339)
第七节 输电线路的事故抢修	352			
一、事故抢修的主要任务和方法 (352)	二、事故抢修时应注 意的安全事项 (353)	三、国内外有关情况 (353)		
第六章 安全工作	354			
第一节 输电线路作业危险点控制	354			
一、防高空坠落 (354)	二、防触电 (354)	三、防物体击 打 (356)	四、防起重伤害 (357)	
第二节 线路检修安全措施	357			
一、砍伐树木 (357)	二、测量工作 (358)	三、带电加鸟 刺紧螺栓 (359)	四、带电刷漆 (359)	五、带电处理导、地线 异物 (359)
六、多回路线路一回停电作业 (359)				
第三节 线路巡视安全措施	360			
一、正常巡视 (360)	二、事故巡视 (360)	三、特殊地段 巡视 (360)		
第四节 带电作业安全措施	361			
一、间接带电作业的安全措施 (361)	二、等电位带电作业的 安全措施 (361)	三、常见的几种带电作业安全措施 (362)		
第五节 线路施工安全措施	365			
一、运输与装卸安全措施 (365)	二、地面施放导、地线注意 事项 (368)	三、张力放线注意事项 (368)	四、钳压连接注意 事项 (369)	五、液压连接注意事项 (369)
六、爆压连接注意 事项 (369)				
第六节 带电作业工器具的保管与试验	370			
一、带电作业工器具的保管 (370)	二、工器具试验 (370)			
第七节 紧急救护法	372			

一、紧急救护的基本原则 (372)	二、紧急救护的一般规定 (372)	三、心肺复苏法 (373)	四、杆上或高处触电急救 (375)	五、止血 (376)	六、骨折急救 (378)	七、颅脑外伤 (378)	八、烧伤急救 (378)	九、冻伤急救 (378)	十、动物咬伤急救 (379)	十一、溺水急救 (379)	十二、高温中暑急救 (379)	十三、有害气体中毒急救 (380)
附录 A 送电线路工程图纸常用图例图形符号	381											
A.1 常用测量图例 (表 A-1) (381)	A.2 常用平、断面图符号 (表 A-2、表 A-3) (382)	A.3 地貌及物理地质现象的图形符号 (表 A-4) (388)										
附录 B C7.5~C25 混凝土配合比参考表	390											
附录 C 钢材有关资料	394											
C.1 钢产品的标准常用术语 (表 C-1) (394)	C.2 常用钢的牌号表示方法 (表 C-2) (396)	C.3 钢材机械性能表 (表 C-3) (398)	C.4 钢材、螺栓和锚栓的强度设计值 (表 C-4) (399)	C.5 镀锌钢绞线的强度设计值 (表 C-5) (399)	C.6 钢材的涂色标记 (表 C-6) (399)	C.7 型钢规格 (400)	一、盘条 (线材) (400) 二、各种棒钢 (401) 三、扁钢 (405) 四、角钢 (407) 五、槽钢、工字钢 (410)					
附录 D 紧固零件	412											
D.1 螺栓 (412)	D.2 螺母 (413)	D.3 垫圈 (414)	D.4 开口销 (415)									
附录 E 常用材料密度	417											
附录 F 气象资料	419											
F.1 气象资料及用途 (表 F-1) (419)	F.2 风力等级 (表 F-2) (420)											
附录 G 国内外主要电瓷产品商标图案汇集	421											
G.1 国内主要电瓷产品商标图案 (421)	G.2 国外主要电瓷产品商标图案 (427)											
附录 H 部分厂家绝缘子参数	428											
H.1 部分厂家盘形悬式瓷质绝缘子产品参数见表 H-1 (433)	H.2 部分厂家地线绝缘子产品参数见表 H-2 (444)	H.3 部分厂家棒形悬式复合绝缘子产品参数见表 H-3 (445)										
参考文献	454											

杆塔基础和接地装置

第一节 基础的分类与选择

一、基础的分类

(1) 按杆塔型式分, 可分为直线杆塔基础、耐张杆塔基础、转角杆塔基础和特种杆塔基础。

(2) 按基础受力方式分, 可分为下压基础、上拔基础和倾覆基础。

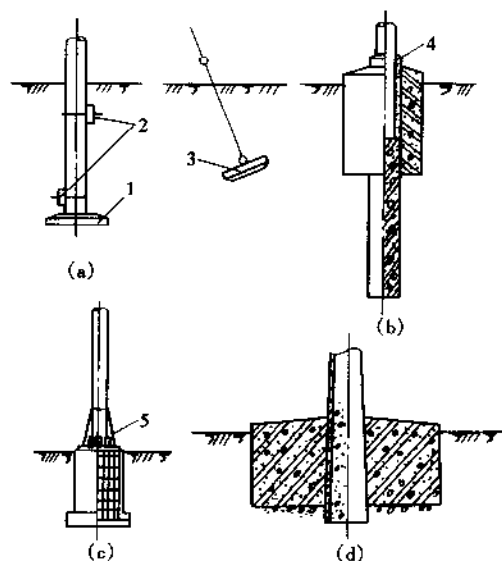


图 1-1-1 常用各种电杆基础型式

(a) 杆根直埋基础; (b) 钢管套装基础; (c) 现场浇制钢筋混凝土基础; (d) 现场浇制重力式混凝土基础
1—底盘; 2—卡盘; 3—拉线盘; 4—砂浆; 5—法兰

(3) 按基础结构型式可分为多种, 见图 1-1-1~图 1-1-2。

二、杆塔基础的选择

基础型式的选择应根据杆塔型式结合沿线地质、所受荷载、施工条件等特点综合考虑, 如混凝土杆及钢电杆的基础主要是防止倾覆, 铁塔基础主要是防止上拔、下压。

在基础选择过程中, 应注意以下几点:

(1) 有条件时, 应优先采用原状土基础, 如掏挖式、半掏挖式、岩石及桩基础。

(2) 一般情况下, 铁塔宜采用现浇钢筋混凝土或混凝土基础。

(3) 运输或浇筑混凝土有困难的地区, 可采用预制装配式基础或金属基础, 必要时可采用桩基础。

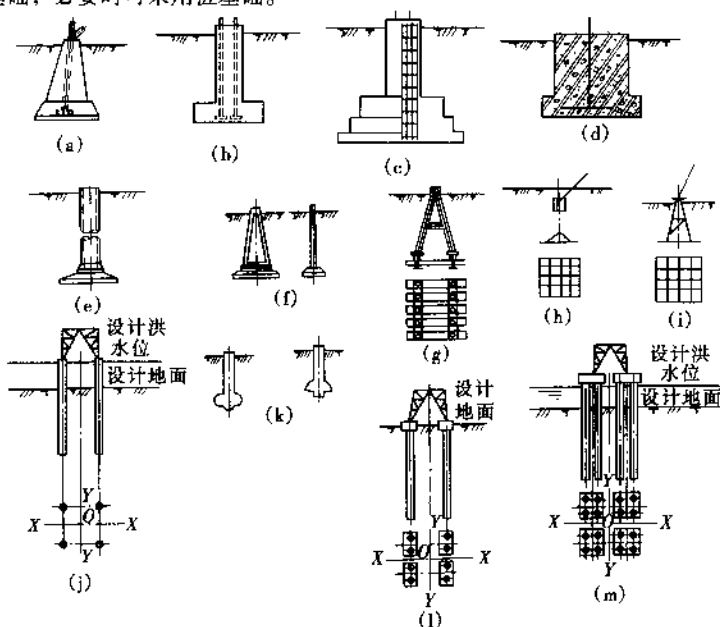


图 1-1-2 常用各种铁塔基础型式 (一)

- (a) 角钢插入式混凝土基础; (b) 地脚螺栓式混凝土基础; (c) 钢筋混凝土基础; (d) 重力式混凝土基础; (e) 圆形 (方形) 钢筋混凝土预制基础; (f) 预制三角架式钢筋混凝土基础; (g) 混凝土条底板角钢支架基础; (h) 角钢插入式金属基础; (i) 角钢支架式金属基础; (j) 灌注式深桩基础; (k) 扩底短桩基础; (l) 低桩承台基础; (m) 高桩承台基础

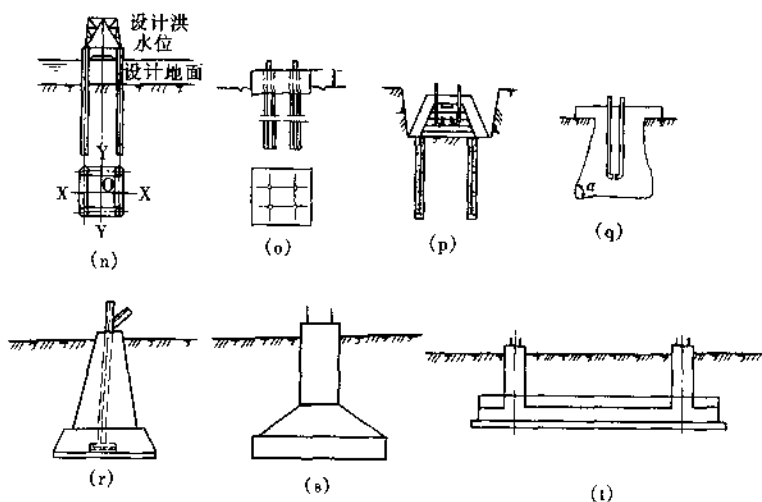


图 1-1-2 常用各种铁塔基础型式 (二)

(n) 高桩框架基础；(o) 直铺式岩石基础；(p) 承台式岩石基础；(q) 嵌固式岩石基础；(r) 主角钢插入式基础；(s) 掏挖式基础；(t) 联合基础

(4) 对电杆及拉线宜采用预制装配式基础，即底盘、卡盘、拉线盘，详见图 1-1-3，“三盘”技术数据分别见表 1-1-1~表 1-1-3，常用拉线棒的技术数据见表 1-1-4。

(5) 对于无法避开的特殊区域，如采空区，应选择联合基础，以增加其稳固性。

(6) 对于运行中地质变化而引起的杆塔倾斜，需进行基础扶正、加固、

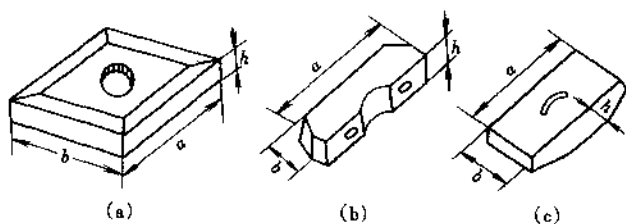


图 1-1-3 常用三盘的外形尺寸

(a) 底盘；(b) 卡盘；(c) 拉线盘

a —长度； b —宽度； h —高度

补强的,应结合实际情况,参考其他基础型式进行。同时,应考虑杆塔本体的补强加固。

表 1-1-1 常用底盘技术数据

底盘规格 (m) $a \times b \times h$	质量 (kg)	体积 (m ³)	配筋	钢筋质量 (kg)	极限耐压力 (kN)
0.6×0.6×0.18	155	0.062	12 ϕ 6	2.0	216
0.8×0.8×0.18	280	0.113	16 ϕ 8	5.6	295
1.0×1.0×0.18	395	0.158	20 ϕ 10	13.8	392
1.2×1.2×0.21	625	0.249	24 ϕ 10	19.3	471
1.4×1.4×0.21	825	0.320	28 ϕ 10	25.8	490
1.6×1.6×0.21	1090	0.436	28 ϕ 10	29.3	510

注 极限耐压力指对底盘强度而言。

表 1-1-2 常用卡盘技术数据

卡盘规格 (m) $a \times b \times h$	质量 (kg)	体积 (m ³)	配筋	钢筋质量 (kg)
0.8×0.3×0.20	140	0.055	8 ϕ 8	3.8
1.2×0.3×0.20	175	0.070	8 ϕ 12	10.6
1.4×0.3×0.20	205	0.082	8 ϕ 14	16.2
1.6×0.3×0.22	250	0.100	8 ϕ 14	18.2
1.8×0.3×0.22	290	0.116	8 ϕ 14	20.4

表 1-1-3 常用拉线盘技术数据

拉线盘规格 (m) $b \times a \times h$	配筋 Q235	极限拉力 (kN)	构件质量 (kg)	钢筋质量 (kg)	混凝土 体 积 (m ³)	拉环质量 (kg)
0.3×0.3×0.2	4 ϕ 8	108.0	80	6.0	0.032	4.5 (ϕ 24)
0.4×0.8×0.2	6 ϕ 8	122.5	135	7.1	0.054	4.5 (ϕ 24)
0.5×1.0×0.2	6 ϕ 10	152.0	210	11.1	0.084	7.4 (ϕ 28)
0.6×1.2×0.2	8 ϕ 10	166.5	300	13.9	0.118	7.4 (ϕ 28)
0.7×1.4×0.2	8 ϕ 12	206.0	410	21.0	0.165	10.3 (ϕ 32)
0.8×1.6×0.2	8 ϕ 14	245.0	540	27.7	0.216	10.3 (ϕ 32)

注 极限拉力指拉线盘强度。

表 1-1-4

常用拉线棒技术数据

垂直埋深 (m)	斜埋深 (m)		拉线棒直径 (mm)	断面积 (cm ²)	允许拉力 (kN)		
	45°	60°			156.9MPa	176.5MPa	215.7MPa
1.2 1.5	1.70 2.12	1.39 1.73	φ16	2.01	31.58	35.50	43.35
1.6 1.7	2.26 2.40	1.85 1.96	φ19	2.84	44.52	50.11	61.29
1.8 1.9	2.55 2.69	2.08 2.19	φ22	3.80	59.62	67.08	81.98
2.0 2.1	2.83 2.97	2.31 2.43	φ25	4.91	77.08	86.69	105.91
2.2 2.3	3.11 3.25	2.54 2.66	φ28	6.16	96.69	108.76	132.98
2.4 2.5	3.39 3.54	2.77 2.89	φ32	8.04	126.11	141.71	172.60
2.6 2.7	3.68 3.82	3.00 3.12	φ35	9.62	150.92	169.85	207.51
2.8 2.9	3.96 4.10	3.23 3.35	φ38	11.30	177.50	199.07	244.19
3.0 3.1 3.2	4.24 4.38 4.52	3.46 3.58 3.70	φ42	13.85	217.17	244.19	299.10

第二节 基础的分坑及施工

一、基础的分坑

1. 单杆的分坑

(1) 无拉线单柱杆塔分坑。单柱杆塔有坐落在预制正方形水泥底盘上的水泥单杆和坐落在一个大块现浇混凝土基础上的铁塔，目前，也有在局部特殊地段采用钢管的，其基础面积也较大。

1) 用皮尺分坑步骤如下：见图 1-2-1 将皮尺通过杆拉中心 o，拉向