

高压送电线路基础施工

潘雪荣



水利电力出版社

内 容 提 要

本书较全面系统地介绍了高压送电线路基础施工工艺和技术要求,并结合施工实际,绘制了常用的图表;对重要的计算,还附有实例,以便于读者应用。

全书共有十四章,分为四篇:一、总论(介绍基础的构造、要求及基础材料的物理、力学性能);二、土石方工程;三、基础工程;四、施工计算。

本书适合送电线路施工技术工人培训之用,也可供有关技工学校、中等专业学校师生及工程技术人员参考。

高压送电线路基础施工

潘雪荣

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

水利电力出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 11.375印张 299千字

1986年9月第一版 1986年9月北京第一次印刷

印数0001—8950册 定价2.40元

书号 15143·5901

作 者 的 话

基础施工是送电线路施工的重要组成部分，它常常需要耗用大量而笨重的劳动，同时对整个工程的施工工期及经济效益也有重大的影响。

基础的施工技术也是在不断发展的。历年来，陆续采用了很多新型的基础（如岩石基础、装配式基础、薄壳基础、掏挖式基础、钻孔灌注桩基础等），并发展、引进了很多新的施工工艺和技术。但是，从总体而言，基础的施工与杆塔、架线施工相比，还存在着质量事故多、经济效益低、不被人重视等问题，使基础施工成为送电线路施工中的薄弱环节。

为了给广大送电线路技术工人，提供一本系统的学习资料，同时也给有关技术人员在工作中参考，而编写了这本书。

水利电力部基本建设司李博之高级工程师、东北送变电工程公司马俊臣总工程师，对本书的编写提出了宝贵的意见，吉林省送变电工程公司朱其福、胡忠魁等工程师，为本书提供了资料；同时，还得到了该公司张真伟、谷迎春等同志的大力协助，在此一并致以衷心的感谢。

限于水平，书中的缺点和错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

作 者

一九八四年十一月

目 录

作者的话

第一篇 总 论

第一章 概述	1
第一节 基础类型及构造	2
第二节 基础施工方法的选择及改进	26
第二章 基础工程常用材料	27
第一节 常用材料的基本性质	27
第二节 钢筋	32
第三节 水泥	46
第四节 砂	58
第五节 石子	64
第六节 水	70
第七节 普通混凝土	72

第二篇 土 石 方 工 程

第三章 土的分类及性质	84
第一节 土的分类及现场鉴别方法	84
第二节 土的物理力学性质	94
第四章 挖方	98
第一节 基础分坑	98
第二节 普通土的开挖	108
第三节 泥水流砂坑施工	114
第四节 冻土施工	128
第五节 地基加固	136
第五章 岩石爆破	137
第一节 炸药种类及特性	139

第二节	起爆器材	143
第三节	药包及药量计算	151
第四节	爆破方法	155
第五节	爆破安全技术	160
第六章	填方	165
第一节	要求与方法	165
第二节	施工注意事项及质量检验	168

第三篇 基 础 工 程

第七章	混凝土及钢筋混凝土浇制基础	171
第一节	基础模板	171
第二节	基础钢筋	189
第三节	基础操平与找正	211
第四节	混凝土配合比的设计	214
第五节	混凝土施工	231
第六节	冬季施工	258
第八章	装配式基础	271
第一节	钢筋混凝土预制构件的制作	272
第二节	装配式基础的安装	274
第九章	桩式基础	280
第一节	打入式桩基础	281
第二节	爆扩桩基础	290
第三节	钻孔灌注桩基础	300
第十章	掏挖式基础	313
第一节	构造与特点	313
第二节	施工方法	316
第十一章	岩石基础	319
第一节	构造与特点	319
第二节	施工方法	321
第十二章	薄壳基础	328
第一节	构造与特点	328
第二节	施工方法	332

第四篇 施 工 计 算

第十三章	工程量的计算	336
第一节	土石方工程量的计算	336
第二节	材料用量的计算	339
第十四章	结构计算的基本知识	341
第一节	简易起重安装设备的计算	341
第二节	基础计算的基本知识	346
参考书目		355

第一篇 总 论

第一章 概 述

杆塔地下部分的总体统称为基础，它是送电线路的重要组成部分。在通常情况下，基础工程的投资约占线路本体投资的15~30%；工期约占施工总工期的30~50%。

杆塔基础承受着很大的荷重力，这些荷重力主要有：

（1）由杆塔、导地线（包括导地线覆冰）、绝缘子、金具等的自重而产生的垂直荷重力；

（2）由风力产生的荷重力；

（3）由于两侧导地线张力不平衡或由于事故断线而产生的荷重力；

（4）组立杆塔及架线时产生的施工安装荷重力等。

这些荷重力使基础承受下压、上拔及水平推力的作用。为使杆塔稳固地竖立在地面上，支承导地线确保安全供电，基础必须具有足够的强度和稳定性。

作用于基础的各种荷重力又通过基础传递给周围的地基，因此，基础具有承上传下的作用。基础在运行过程中产生的各种变形（下沉、上拔及倾覆等），大多数情况，是由于基础周围（包括基础下部、侧面及上部）的土层被压缩造成的。为此，要求地基也应有足够的强度和抗变形的能力。

为适应各级电压及各种杆塔型的需要，根据地形、地质条件的不同，杆塔基础的种类也十分繁多。目前，除原有的混凝土及钢筋混凝土现浇基础、金属基础、打入式桩基础、直柱单盘类预制基础及电杆基础（底盘、拉盘、卡盘）等以外，还发展了很多新型基础，如：薄壳基础、岩石基础、板条式预制基础、掏挖

式基础及灌注桩基础等。同时，基础施工技术有新的发展，施工工艺日趋完善，施工机具也取得了一些新的成果。这对于降低工人劳动强度、改善施工作业条件、提高劳动效率、保证工程质量，都具有明显的效果。

但是，由于目前机械化施工水平仍很低，加之基础工程种类繁多、现场分散，又受多变的地形、地质等条件影响，所以还很难摆脱笨重的体力劳动，使基础施工成为整个送电线路施工的薄弱环节。为此，在制定地基和基础工程的施工方案时，除了应根据工程地质、水文地质、结构类型、机具设备、材料供应等因素，经过综合考虑，采用合理的施工方法外，还应进一步研究、创造新工艺、新技术、新机具，以不断提高机械化施工水平。

地基和基础都属于隐蔽工程，施工质量的好坏对送电线路的长期安全运行有着重要意义，因此，必须切实做到精心施工。

第一节 基础类型及构造

一、基础类型

基础可按杆塔种类、用途，基础受力及结构型式等进行分类。

(1) 按杆塔种类，可分为木杆基础、钢筋混凝土杆基础和铁塔基础等；

(2) 按杆塔用途，可分为直线杆塔基础、耐张杆塔基础、转角杆塔基础、终端杆塔基础和特殊杆塔基础等；

(3) 按基础受力，可分为下压基础、上拔基础和倾覆基础等；

(4) 按结构型式，可分为混凝土及钢筋混凝土浇制基础、装配式预制基础、桩式基础、掏挖式基础、岩石基础和薄壳基础等。

基础型式通常采用一组（包括两部分）文字表示，例如：

杆塔型号

基础型号

文字的前面部分代表该基础适用杆塔型号；后面部分代表基础型号，用 C_1 、 C_2 、…… C_n 表示。同一杆塔型号，由于地质条件不同，其基础型式也是不同的，故有 C_1 、 C_2 、…… C_n 之分。

二、钢筋混凝土杆基础

钢筋混凝土杆（以下简称电杆或混凝土杆）有拉线和非拉线两种。非拉线电杆基础，通常由地下部分的电杆和底盘、卡盘组成，它们的作用是：

地下部分的电杆——承受电杆的倾覆力，同时将垂直荷重力传递给底盘；

底盘——承受下压力；

卡盘——当电杆的倾覆力较大时，用来增加电杆的抗倾覆能力。卡盘又分上卡盘和下卡盘，上卡盘一般设置在电杆埋深的三分之一处，下卡盘则放置于底盘上。卡盘通过U形螺栓与电杆相连接，如图1-1-1所示。

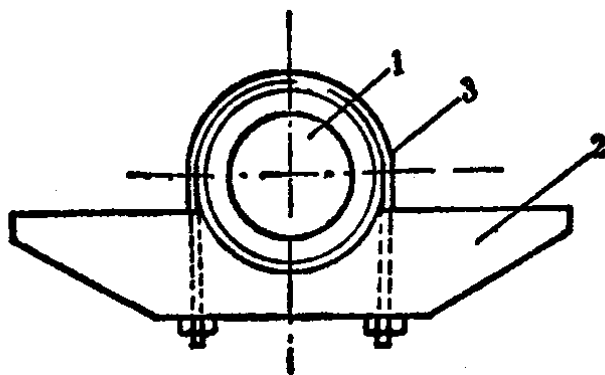


图 1-1-1 卡盘与电杆的连接

1—电杆；2—卡盘；3—U形螺栓

拉线电杆基础，通常由地下部分的电杆和底盘、拉线盘（简称拉盘）组成，因为地下部分的电杆仅承受下压力，所以不需要设置卡盘。拉线盘承受上拔力。

底盘、拉盘和卡盘（俗称三盘）采用钢筋混凝土预制构件或天然石材构件，在现场进行组装。

1. 地下部分电杆

地下部分电杆一般都直接利用环形断面的电杆埋入地下而成。当线路处于寒冷地区，为防地下水或雨水浸入电杆内部，使杆壁胀裂、钢筋锈蚀，影响使用寿命，应将电杆的空心部分用混

凝土填实，或直接将这部分杆段做成方形或圆形实心断面。

2. 钢筋混凝土预制三盘

三盘的预制通常在预制场进行。混凝土标号为200号。常用三盘的外形尺寸如图1-1-2所示，其规格见表1-1-1~表1-1-3。

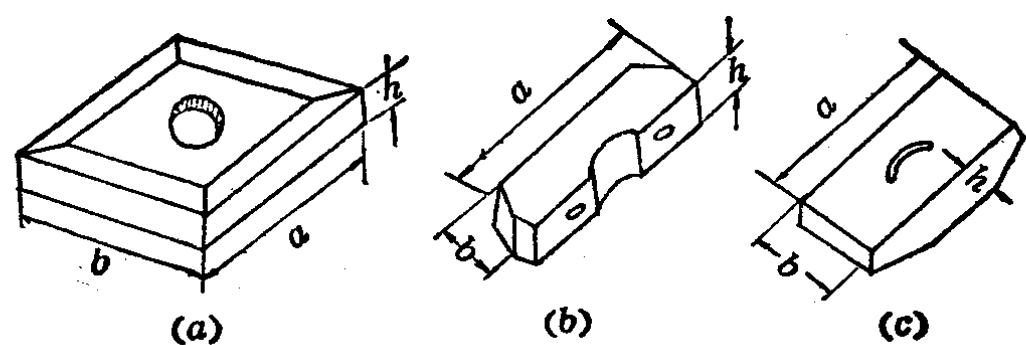


图 1-1-2 常用三盘的外形尺寸
(a)底盘；(b)卡盘；(c)拉线盘

表 1-1-1 常用底盘规格

底盘规格 (m) $a \times b \times h$	重量 (kg)	体 积 (m^3)	配 筋 (A,F)	钢筋重量 (kg)	极限耐压力 (kN)
0.6×0.6×0.18	155	0.062	12φ6	2.0	216
0.8×0.8×0.18	280	0.113	16φ8	5.6	295
1.0×1.0×0.18	395	0.158	20φ10	13.8	392
1.2×1.2×0.21	625	0.249	24φ10	19.3	471
1.4×1.4×0.21	825	0.320	28φ10	25.8	490
1.6×1.6×0.21	1090	0.436	28φ10	29.3	510

注 极限耐压力指对底盘强度而言。

3. 天然石材三盘

在就地取材的原则下，为了节省钢材、水泥、木材，国内有不少地区用天然石材做电杆基础。

石材三盘宜选用抗压强度高、吸水率小、抗冻及抗磨性好的岩石，一般都选用花岗岩。

选择花岗岩做三盘，应注意以下几点：

(1) 岩石结构要有完整性，凡有影响强度的裂纹、明显层理等疵病的，都不宜采用；

表 1-1-2 常用拉线盘规格

拉线盘规格 (m) $b \times a \times h$	配 筋 (A,F)	极 限 拉 力 (kN)	构件重 (kg)	钢 筋 重 量 (kg)	混凝土 体 积 (m³)	拉 环 重 量 (kg)
0.3×0.3×0.2	4φ8	108.0	80	6.0	0.032	4.5(φ 24)
0.4×0.8×0.2	6φ8	122.5	135	7.1	0.054	4.5(φ 24)
0.5×1.0×0.2	6φ10	152.0	210	11.1	0.084	7.4(φ 28)
0.6×1.2×0.2	8φ10	166.5	300	13.9	0.118	7.4(φ 28)
0.7×1.4×0.2	8φ12	206.0	410	21.0	0.165	10.3(φ 32)
0.8×1.6×0.2	8φ14	245.0	540	27.7	0.216	10.3(φ 32)

注 极限拉力指拉线盘强度。

表 1-1-3 常用卡盘规格

卡 盘 规 格 (m) $a \times b \times h$	重 量 (kg)	体 积 (m³)	配 筋 (A,F)	钢筋重量 (kg)
0.8×0.3×0.20	140	0.055	8φ 8	3.8
1.2×0.3×0.20	175	0.070	8φ 12	10.6
1.4×0.3×0.20	205	0.082	8φ 14	16.2
1.6×0.3×0.22	250	0.100	8φ 14	18.2
1.8×0.3×0.22	290	0.116	8φ 14	20.4

(2) 禁止使用风化的岩石；

(3) 必须知道石材的极限强度。一般地讲，岩石的弯曲抗拉破坏强度应达到 6.86 MPa， 极限抗压强度应不低于 117.68MPa。

三盘的尺寸误差及加工质量，应符合下列要求：

(1) 底盘下平面其凹凸公差应不超过± 0.5cm， 上平面的圆槽面凹凸公差应不超过± 0.25cm；

(2) 底盘的底面与上面圆形（平）槽面应平行（斜槽要保证设计坡度）， 允许误差不大于圆槽直径的1%；

(3) 卡盘侧面的凹槽处，其凹凸公差不得超过± 0.25cm；

石材三盘的常用规格如表1-1-4~表1-1-6所示。

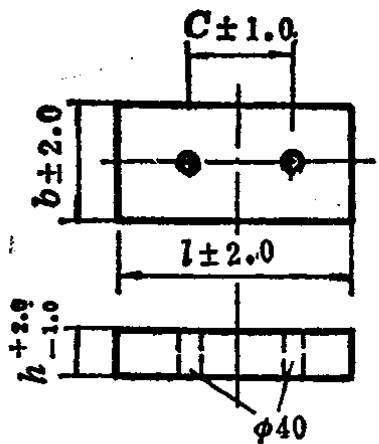
石材底座规格

注 D = 电杆直径(d) + 2cm, 按允许地基应力计算底盘强度时, 安全系数满足 3.0。

薄壳底盘、拉盘的构造,见第十二章第一节。常用薄壳底盘、拉盘的规格,如表1-1-7所示。

表 1-1-5

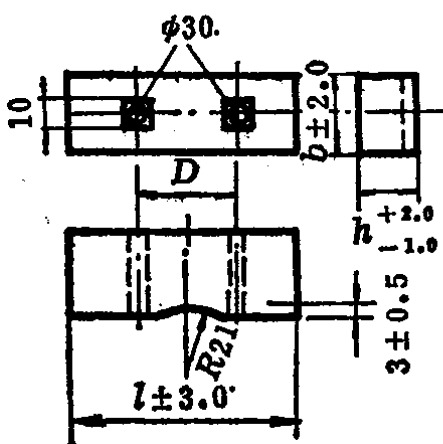
石材拉线盘规格

拉线盘外形草图	规格(cm)		构件允许拉力(kN)	构件重量(kg)	U形螺栓重量(kg)
	$l \times b \times h$	c			
	60 × 40 × 14	20	68.6	120	3.5
	80 × 50 × 20	20	78.5	250	3.5
	100 × 60 × 22	20	76.5	400	3.5
	120 × 60 × 22	40	114.7	600	5.6
	140 × 70 × 25	40	117.6	700	5.6
	160 × 80 × 25	40	102.0	900	5.6

注 按“构件允许拉力”计算该盘强度时，安全系数满足5.0。

表 1-1-6

石材卡盘规格

卡盘外形草图	规格(cm)		允许作用力(kN)	构件重量(kg)	卡盘抱箍重量(kg)
	$l \times b \times h$	D			
	80 × 30 × 25	45/53	40.2	170	4.6/5.1
	100 × 30 × 25	45/53	32.4	210	4.6/5.1
	120 × 40 × 25	45/53	36.3	340	4.6/5.1
	140 × 40 × 30	45/53	46.1	470	4.6/5.1
	160 × 40 × 30	45/53	41.2	540	4.6/5.1
	180 × 40 × 35	45/53	51.0	700	4.6/5.1

注 1.按“允许作用力”计算该盘强度时，安全系数满足4.0；
2.规格D栏中，分子、分母表示两种不同尺寸，卡盘抱箍栏中分子、分母表示相应于两种不同孔距D情况下的抱箍重量。

表 1-1-7

薄壳底盘、拉盘规格

规格 (cm)				极限耐 压 力 (kN)	钢筋重量 (kg)	混凝土量 (m³)	构件重量 (kg)	适用电杆 直 径 (mm)
顶圆直径	底圆直径	高	壁厚					
80	25	25	4	226	3.12	0.027	65	300
100	30	30	4	304	5.8	0.042	102	300
115	35	35	4	402	8.82	0.060	145	300或400
135	40	40	4	490	12.0	0.077	185	300或400

注 极限耐压力指对底盘和拉盘的强度而言。

5. 卡盘和拉盘的连接金具

卡盘和电杆的连接金具为U形抱箍,常用规格如表1-1-8所示。

拉线盘和拉线的连接金具有拉线棒和拉环。拉环有A型和 B型两种,如图1-1-3所示。A型拉环预埋在混凝土内,通过U形螺栓与拉线棒连接;B型拉环一般用于石材拉盘,可直接与拉线棒连接。拉环的直径应与拉线棒的直径相同,常用的规格有 $\phi 16$ 、 $\phi 19$ 、 $\phi 22$ 、 $\phi 28$ 、 $\phi 32$ 等五种。拉线棒的常用规格,如表1-1-9所示。

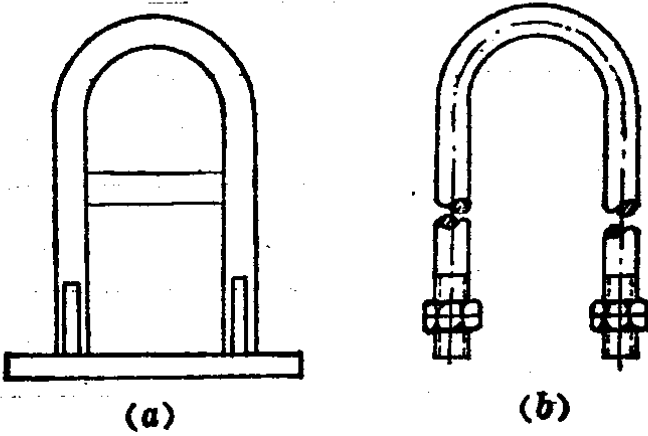


图 1-1-3 拉环的构造
(a)A型, (b)B型

三、铁塔基础

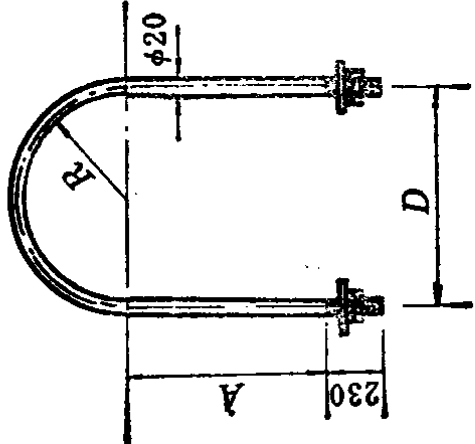
铁塔基础主要有以下几种类型:

(一) 混凝土和钢筋混凝土普通浇制基础

这类基础的构造简单,能加工成各种尺寸和断面形状,可适

表 1-1-8

常用 U 形抱箍规格

U形抱箍外形草图	型 号	适用电杆直径 (mm)	主要尺寸(mm)			料 长 (m)	重 量 (kg)	适用卡盘长度 (cm)	总重量 (kg)
			D	A	R				
	U45A	390~430	450	340	225	1.85	4.58	80~120	5.6
	U53A	430~510	530	340	265	1.97	4.87	80~120	5.9
	U45B	390~430	450	450	225	2.07	5.12	140~180	6.2
	U53B	470~510	530	450	265	2.17	5.42	140~180	6.5

注 带M22螺帽 4 个，全部零件均镀锌。

表 1-1-9

常用拉线棒规格

垂直埋深 (m)	斜埋深(m)		拉线棒 直 径 (mm)	断面积 (cm²)	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	φ 16	2.01	31.58	35.50	43.35
1.6 1.7	2.26 2.40	1.85 1.96	φ 19	2.84	44.52	50.11	61.29
1.8 1.9	2.55 2.69	2.08 2.19	φ 22	3.80	59.62	67.08	81.98
2.0 2.1	2.83 2.97	2.31 2.43	φ 25	4.91	77.08	86.69	105.91
2.2 2.3	3.11 3.25	2.54 2.66	φ 28	6.16	96.69	108.76	132.98
2.4 2.5	3.39 3.54	2.77 2.89	φ 32	8.04	126.11	141.71	172.60
2.6 2.7	3.68 3.82	3.00 3.12	φ 35	9.62	150.92	169.85	207.51
2.8 2.9	3.96 4.10	3.23 3.35	φ 38	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	φ 42	13.85	217.17	244.19	299.10

用于各类铁塔和各种地质条件；所需材料都可零星运至塔位，施工方便。其主要缺点是混凝土量较大，耗费人工多；特别是寒冷季节，需采取特殊的加热和保温措施。

这类基础通常有主柱和底盘两部分组成。底盘常做成阶梯形，台阶一般由1~3阶组成。

对现场浇制基础的构造，有如下要求：

(1)除底脚螺栓外的纯混凝土基础，其混凝土标号一般不低于75号；对钢筋混凝土基础，其混凝土标号一般不低于100号；

(2) 基础主柱，其截面尺寸一般为 $45 \times 45\text{cm}$ ，每个底盘的最小厚度不宜小于 20cm ；

(3) 钢筋混凝土基础构件，其受拉钢筋面积对混凝土计算截面之比的最小百分率规定：当混凝土标号在 150 号及以下时为 0.1；当混凝土标号为 200 号时为 0.2；

(4) 主柱的箍筋直径一般不小于 6mm ；箍筋间距：当纵向钢筋直径为 $16 \sim 18\text{mm}$ 时，采用 25cm ；当纵向钢筋直径为 $20 \sim 25\text{mm}$ 时，采用 30cm ；

(5) 主柱的保护层不宜小于 3.0cm ；底盘钢筋的保护层厚度宜采用如下数值：当基底土壤为一般湿度时为 7.0cm ；当基底土壤为干实砂土及卵石时为 3.0cm ；当为很湿及饱和的土壤，但无侵蚀性，则基础下应浇 $20 \sim 25\text{cm}$ 厚的垫层，此时保护层可取 3.0cm ；

(6) 在侵蚀性地下水作用下的混凝土标号及保护层厚度，以及是否需要作特殊防护措施，应作个别研究确定。

根据塔脚构造、地质条件及施工方法等的不同，普通浇制基础有以下几种型式：

1. 底脚螺栓式基础

这种基础由方形主柱及阶梯形底盘组成。主柱配有钢筋，以增加基础的抗拔及抗倾覆能力，其构造如图 1-1-4(a) 所示。

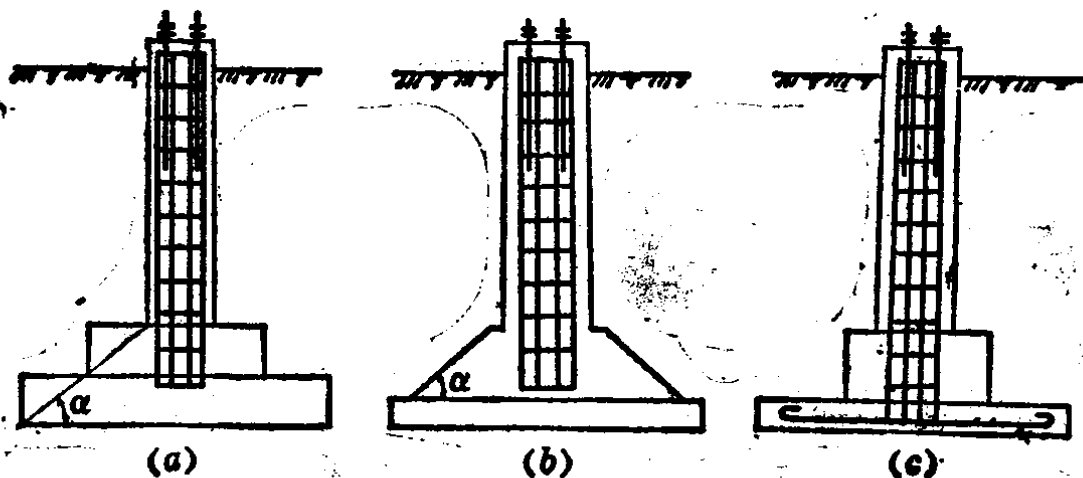


图 1-1-4 底脚螺栓式基础的构造
(a) 阶梯形，(b) 斜坡形，(c) 底盘配筋