中国铁塔股份有限公司公司通信企业标准

Q/ZTT 1019­—2015

通信铁塔基础技术要求

V1.0

2015-11-27实施

2015-11-27发布

中国铁塔股份有限公司 发布

目 录

[1 总则 1](#_Toc436640575)

[2 术语 2](#_Toc436640576)

[3 基本规定 3](#_Toc436640577)

[4 铁塔基础计算与构造 3](#_Toc436640578)

[4.1 一般规定 3](#_Toc436640579)

[4.2 地基计算 6](#_Toc436640580)

[4.3 扩展基础 9](#_Toc436640581)

[4.4 桩基础 14](#_Toc436640582)

[4.5 刚性短桩基础 29](#_Toc436640583)

[4.6 岩石锚杆基础 32](#_Toc436640584)

[4.7 基础的抗拔稳定计算 34](#_Toc436640585)

[4.8 铁塔基础接地网 36](#_Toc436640586)

[4.9 预埋锚栓构造 38](#_Toc436640587)

[5 铁塔常用基础设计 38](#_Toc436640588)

[5.1 设计一般要求 38](#_Toc436640589)

[5.2 单管塔（路灯杆塔、仿生树、景观塔）基础设计 38](#_Toc436640590)

[5.3 三管塔基础设计 41](#_Toc436640591)

[5.4 角钢塔基础设计 43](#_Toc436640592)

[6 铁塔基础类型的选择建议 46](#_Toc436640593)

[7 铁塔基础示意图例 47](#_Toc436640594)

[7.1 示意图例编制说明 47](#_Toc436640595)

[7.2 示意图例汇总表 48](#_Toc436640596)

**中国铁塔股份有限公司通信有限公司 发布**

**前 言**

本技术要求依据相关国家标准和行业标准，结合中国铁塔股份有限公司（以下简称为“公司”）建设实际情况，提出了公司在铁塔基础建设上的技术要求，将为公司铁塔基础建设提供技术依据。

本技术要求主要对铁塔基础设计及标准铁塔基础形式选择与使用作出规定和要求。

本技术要求由中国铁塔股份有限公司负责解释、监督执行。

本技术要求主编单位：中国铁塔股份有限公司通信技术研究院。

本技术要求参编单位：同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司。

# 

# 总则

1. 为了使公司铁塔基础建设做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本技术要求。
2. 本技术要求适用于公司新建有埋深铁塔基础建设。
3. 在执行本技术要求与国家标准及行业规范有矛盾时，应以国家标准及行业、各地地方标准规范为准。
4. 在进行铁塔基础建设时，凡本技术要求未作出规定的，尚应符合现行国家标准及相关行业标准、各地地方标准的有关规定。
5. 铁塔基础建设应综合考虑基础设计、施工及建成后的环境影响问题。
6. 下列国家标准、行业规范及企业标准对于本技术要求的应用必不可少。凡是注日期的，仅注日期的版本适用于本技术要求，凡是不注日期的，其最新版本适用于本技术要求。

《建筑结构荷载规范》GB50009-2012

《建筑抗震设计规范》GB50011-2010

《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008

《地基基础设计规范》GB50007-2011

《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012

《混凝土结构设计规范》GB50010-2010

《高耸结构设计规范》GB50135-2006

《移动通信工程钢塔桅结构设计规范》YD/T5131-2005

《钢结构单管通信塔技术规程》CECS236：2008

《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB 50689-2011

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046-2008

《湿陷性黄土地区建筑规范》GB50025-2004

《膨胀土地区建筑技术规范》GB50112-2013

《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ118-2011

《通信铁塔技术要求（V1.1）》Q/ZTT 1002-2015

# 术语

**2.0.1** 地基　ground，foundation soils

支撑通信铁塔基础的土体或岩体。

**2.0.2** 基础foundation

将通信铁塔结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。

**2.0.3** 地基变形允许值allowable subsoil deformation

为保证通信铁塔正常使用而确定的变形控制值。

**2.0.4** 地基处理 ground treatment,ground improvement

为提高地基承载力，或改善其变形性质或渗透性质而采取的工程措施。

**2.0.5** 扩展基础spread foundation

为扩散通信铁塔结构传来的荷载，使作用在基底的压应力满足地基承载力的设计要求，且基础内部的应力满足材料强度的设计要求，通过向侧边扩展一定面积的基础。

**2.0.6**桩基础pile foundation

由设置于岩土中的桩和连接于桩顶端的承台共同组成的基础或由柱与桩直接连接的单桩基础。

**2.0.7**基桩foundation pile

桩基础中的单桩。

**2.0.8**单桩竖向极限承载力ultimate vertical bearing capacity of a single pile

单桩在竖向荷载作用下到达破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的最大荷载，它取决于土对桩的支承阻力和桩身承载力。

**2.0.9**单桩竖向承载力特征值 characteristic value of the vertical bearing capacity of a single pile

单桩竖向极限承载力标准值除以安全系数后的承载力值。

# 基本规定

**3.0.1** 铁塔基础正常使用时，应能承受上部铁塔结构所传递的可能出现的各种作用效应；在正常使用时应具有良好的工作性能，应能够满足铁塔正常的使用要求；在设计规定的偶然事件发生时及发生后，应仍能保持必须的整体稳定性；在满足安全适用、经济合理的前提下，应考虑技术先进和保护环境。

**3.0.2** 铁塔基础设计前应委托有资质的勘察单位进行岩土工程勘察。铁塔基础设计应委托有资质的设计单位设计。

**3.0.3** 未经技术鉴定或设计许可，不得擅自改变上部铁塔的用途和使用环境，以避免由此对于地基基础所产生的不利影响。

# 铁塔基础计算与构造

## 一般规定

**4.1.1** 铁塔基础的设计基准期为50年，设计使用年限为50年，结构安全等级为二级，设计等级为丙级，有特殊要求的基站可根据使用要求及现行相关国家标准另行确定，但不应低于上部结构的相关要求。

**4.1.2**铁塔的基础选型应综合考虑建设场地岩土工程勘察资料、铁塔的结构形式、周围环境条件和材料情况与施工条件、经济指标等因素。

**4.1.3** 铁塔地基基础设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定：

1. 按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或承台底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合；相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。
2. 计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，当风玫瑰图严重偏心时，取风的频遇值组合，不应计入地震作用。
3. 计算挡土墙、地基或滑坡稳定以及基础抗拔稳定时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，但其分项系数均为1.0。
4. 在确定基础或桩基承台高度、挡土墙截面厚度、计算基础或挡土墙内力、确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的作用效应组合和相应的基底反力，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数；验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态下作用的标准组合并考虑长期作用的影响进行计算。

**4.1.4** 对于满足以下条件的通信铁塔地基基础，可不做地基变形计算。

**表4.1.4 无需验算地基变形的通信塔**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地基主要受力层状况 | 地基承载力特征值 (kPa) | | 60≤＜80 | 80≤＜100 |
| 结构  类型 | 通信塔 | 高度(m) | <40 | <60 |
| 钢桅杆 | 高度(m) | <50 | <60 |

注：当地基承载力特征值≥100(kPa)时，均无需做地基变形计算。

但如有下列情况之一时，应作地基变形验算：

**1** 在基础上及其附近有地面堆载或相邻基础荷载差异较大，可能引起地基产生过大的不均匀沉降时；

**2**软弱地基上相邻建筑距离近，可能发生倾斜时。

**4.1.5** 铁塔基础混凝土构件应根据使用年限和环境类别进行耐久性设计，耐久性设计包括下列内容：

**1**确定结构所处的环境类别；

**2**提出对混凝土材料的耐久性基本要求；

**3**确定构件中钢筋的混凝土保护层厚度；

**4**不同环境条件下的耐久性技术措施；

**5**提出结构使用阶段的检测与维护要求。

注：对临时性的混凝土结构，可不考虑混凝土的耐久性要求。

**4.1.6**混凝土结构暴露的环境类别应按表4.1.6的要求划分。

**表4.1.6混凝土结构的环境类别**

|  |  |
| --- | --- |
| 环境类别条件 | 条件 |
| 一 | 室内干燥环境；  无侵蚀性静水浸没环境。 |
| 二a | 室内潮湿环境；  非严寒和非寒冷地区的露天环境；  非严寒和非寒冷地区与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境；  严寒和寒冷地区的冰冻线以下与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 |
| 二b | 干湿交替环境；  水位频繁变动环境；  严寒和寒冷地区的露天环境；  严寒和寒冷地区冰冻线以上与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境 |
| 三a | 严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境；  受除冰盐影响环境；  海风环境 |
| 三b | 盐渍土环境；  受除冰盐作用环境；  海岸环境 |
| 四 | 海水环境 |
| 五 | 受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境 |

注：1　室内潮湿环境是指构件表团经常处于结露或湿润状态的环境；

2　严寒和寒冷地区的划分应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定；

3　海岸环境和海风环境宜根据当地情况，考虑主导风向及结构所处迎风、背风部位等因素的影响，由调查研究和工程经验确定；

4　受除冰盐影响环境是指受到除冰盐盐雾影响的环境;受除冰盐作用环境是指被除冰盐溶液溅射的环境以及使用除冰盐地区的洗车房、停车楼等建筑；

5　暴露的环境是指混凝土结构表面所处的环境。

**4.1.7**设计使用年限为50年的混凝土结构，其混凝土材料宜符合表4.1.7的规定。

**表4.1.7结构混凝土材料的耐久性基本要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境等级 | 最大水胶比 | 最低强度等级 | 最大氯离子含量(%) | 最大碱含量(kg/m3 ) |
| 一 | 0.60 | C20 | 0.30 | 不限制 |
| 二a | 0.55 | C25 | 0.20 | 3.0 |
| 二b | 0.50(0.55) | C30(C25) | 0.15 |
| 三a | 0.45(0.50) | C35(C30) | 0.15 |
| 三b | 0.40 | C40 | 0.10 |

注：1 氯离子含量系指其占胶凝材料总量的百分比；

2 预应力构件混凝土中的最大氯离子含量为0.06%; 其最低混凝土强度等级宜按表中的规定提高两个等级；

3 素混凝土构件的水胶比及最低强度等级的要求可适当放松；

4 有可靠工程经验时，二类环境中的最低混凝土强度等级可降低一个等级；

5 处于严寒和寒冷地区二b、三a 类环境中的混凝土应使用引气剂，并可采用括号中的有关参数；

6 当使用非碱活性骨料时，对混凝土中的碱含量可不作限制。

**4.1.8**铁塔基础混凝土结构构件及桩身最大裂缝控制等级和最大裂缝宽度应根据环境类别和水、土介质腐蚀性等级按表4.1.8a、4.1.8b规定选用：

**表4.1.8a 结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 环境类别 | 钢筋混凝土结构 | |
| 裂缝控制等级 | wlim |
| 一 | 三级 | 0.30 |
| 二a | 0.20 |
| 二b |
| 三a、三b |

**表4.1.8b桩身的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值（mm**）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 环境类别 | | 钢筋混凝土桩 | | 预应力混凝土桩 | |
| 裂缝控制等级 | wlim | 裂缝控制等级 | wlim |
| 二 | a | 三 | 0.2（0.3） | 二 | 0 |
| b | 三 | 0.2 | 二 | 0 |
| 三 | | 三 | 0.2 | 一 | 0 |

注：1 水、土为强、中腐蚀性时，抗拔桩裂缝控制等级应提高一级；

2 二a类环境中，位于稳定地下水位以下的基桩，其最大裂缝宽度限值可采用括弧中的数值。

**4.1.9**四类、五类环境混凝土结构耐久性的设计，可参考现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《港口工程混凝土结构设计规范》JTJ 267和《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046。

**4.1.10**对三、四、五类环境桩基结构，受力钢筋宜采用环氧树脂涂层带肋钢筋。

## 地基计算

**4.2.1**基础埋置深度

铁塔基础的埋置深度应根据基础的类型和构造、作用在基础上的荷载大小和性质、工程地质和水文地质条件等确定；在满足地基承载力、变形和稳定的前提下，宜浅埋。湿陷性黄土、膨胀土和季节性冻土的基础尚应满足《湿陷性黄土地区建筑规范》GB50025-2004、《膨胀土地区建筑技术规范》GB50112-2013、

《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ118-2011的要求。

基础应建造在有可靠持力层的地基上，当无持力层时应根据《建筑地基处理技术规范》JGJ 79-2012的相关措施予以地基处理。

**4.2.2** 地基承载力计算

**1**地基承载力的计算应符合下列要求：

**1）** 当轴心荷载作用时：

 (4.2.2-1)

式中 —— 相应于作用的标准组合时，基础底面的平均压力值（kPa）；

—— 修正后的地基承载力特征值，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定采用。

**2）** 当偏心荷载作用时,除应符合公式(4.2.2-1)的要求外，尚应满足下式要求：

 (4.2.2-2)

式中 —— 相应于作用的标准组合时，基础底面边缘的最大压力值（kPa）。

**2** 当基础承受轴心荷载和在核心区内承受偏心荷载时，验算地基承载力的基础底面压力可按下列公式计算：

**1）** 矩形基础承受轴心荷载时：

 (4.2.2-3)

式中 —— 相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础的竖向力值(kN)；

—— 基础自重和基础上的土重标准值(kN)；

—— 基础底面面积(m2)。

**2）** 当矩形基础承受双向偏心荷载时：

 (4.2.2-4)

 (4.2.2-5)

式中  —— 相应于作用的标准组合时，上部结构传至基础底面对 轴的力矩值(kN·m)；

 ——矩形基础底面对 轴的抵抗矩（m3）。

**3**当矩形基础核心区外承受双向偏心荷载，且基础脱开基底面积不大于全部面积的1/4时，验算地基承载力的基础底面压力可按下列公式确定（当由单向偏心控制时计算公式参见《高耸结构设计规范》GB50135-2006之7.2.3-1、7.2.3-2）：

 (4.2.2-6)

 (4.2.2-7)

式中 —— 合力作用点至一侧基础边缘的距离（m），按计算；

—— 合力作用点至一侧基础边缘的距离（m），按计算；

—— 方向的偏心距（m），按计算；

—— 方向的偏心距（m），按计算；



图**4.2.2**在双向偏心荷载作用下，矩形基础底面部分脱开时的基底压力

注：当基础脱开地基土的面积不大于全部面积的1/4，且满足4.2.2-2式规定时，可不验算基础的倾覆。

**4.2.3** 地基稳定性计算

处于山坡地的铁塔应按现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011之5.4节的相关规定进行地基稳定性计算。

**4.2.4** 液化土地基措施

对于地面下存在饱和砂土、饱和粉土的铁塔基础，除6 度外，应进行液化判别；存在液化土层的地基，应根据抗震设防烈度、抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况采取相应的措施。具体措施应符合现行标准《构筑物抗震设计规范》GB50191-2012的相关规定。

## 扩展基础

**4.3.1** 铁塔采用扩展基础形式时，基础底面允许部分脱开地基土的面积应不大于底面全面积的1/4（微波塔除外）。

**4.3.2** 无筋扩展基础(图4.3.2)高度应满足下式的要求：

 (4.3.2)

式中：*b*——基础底面宽度（m）；

*b*0——基础顶面柱脚宽度（m）；

*H*0——基础高度（m）；

tan**——基础台阶宽高比*b*2：*H*0，其允许值可按表4.3.2选用；

*b*2——基础台阶宽度（m）。

**表4.3.2 无筋扩展基础台阶宽高比的允许值**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基础材料 | | 质量要求 | | 台阶宽高比的允许值 | | | | | |
| *p*k≤100 | | 100＜*p*k≤200 | | 200＜*p*k≤300 | |
| 混凝土基础 | | C25混凝土 | | 1∶1.00 | | 1∶1.00 | | 1∶1.25 | |

注: 1 pk为作用标准组合时的基础底面处的平均压力值(kPa)；

2混凝土基础单侧扩展范围内基础底面处的平均压力值超过300kPa时，尚应进行抗剪验算；对基底反力集中于立柱附近的岩石地基，应进行局部受压承载力验算。



　图4.3.2无筋扩展基础构造示意

**4.3.3**采用无筋扩展基础的钢筋混凝土柱，其柱脚高度*h*1不得小于*b*1(图4.3.2)，并不应小于300mm且不小于20*d*。当柱纵向钢筋在柱脚内的竖向锚固长度不满足锚固要求时，可沿水平方向弯折，弯折后的水平锚固长度不应小于10*d*也不应大于20*d*。

注：*d*为柱中的纵向受力钢筋的最大直径。

**4.3.4扩展基础的计算应符合下列规定：**

**1对柱下扩展基础，当冲切破坏锥体落在基础底面以内时，应验算柱与基础交接处以及基础变阶处的受冲切承载力；**

**2对基础底面短边尺寸小于或等于柱宽加两倍基础有效高度的柱下扩展基础，应验算柱与基础交接处的基础受剪切承载力；**

**3基础底板的配筋，应按抗弯计算确定；**

**4当基础的混凝土强度等级小于柱的混凝土强度等级时，尚应验算柱下基础顶面的局部受压承载力。**

**4.3.5**柱下扩展基础的受冲切承载力应按下列公式验算：

*Fl*≤0.7*β*hp*f*tm *h*0 (4.3.5-1)

m = (t+b)/2 (4.3.5-2)

*Fl*= *p*j*Al* (4.3.5-3)

式中：*β*hp——受冲切承载力截面高度影响系数，当*h*不大于800mm时，*β*hp取1.0；当*h*大于等于2000mm时，*β*hp取0.9，其间按线性内插法取用；

*f*t——混凝土轴心抗拉强度设计值（kPa）；

*h*0——基础冲切破坏锥体的有效高度（m）；

m——冲切破坏锥体最不利一侧计算长度（m）；

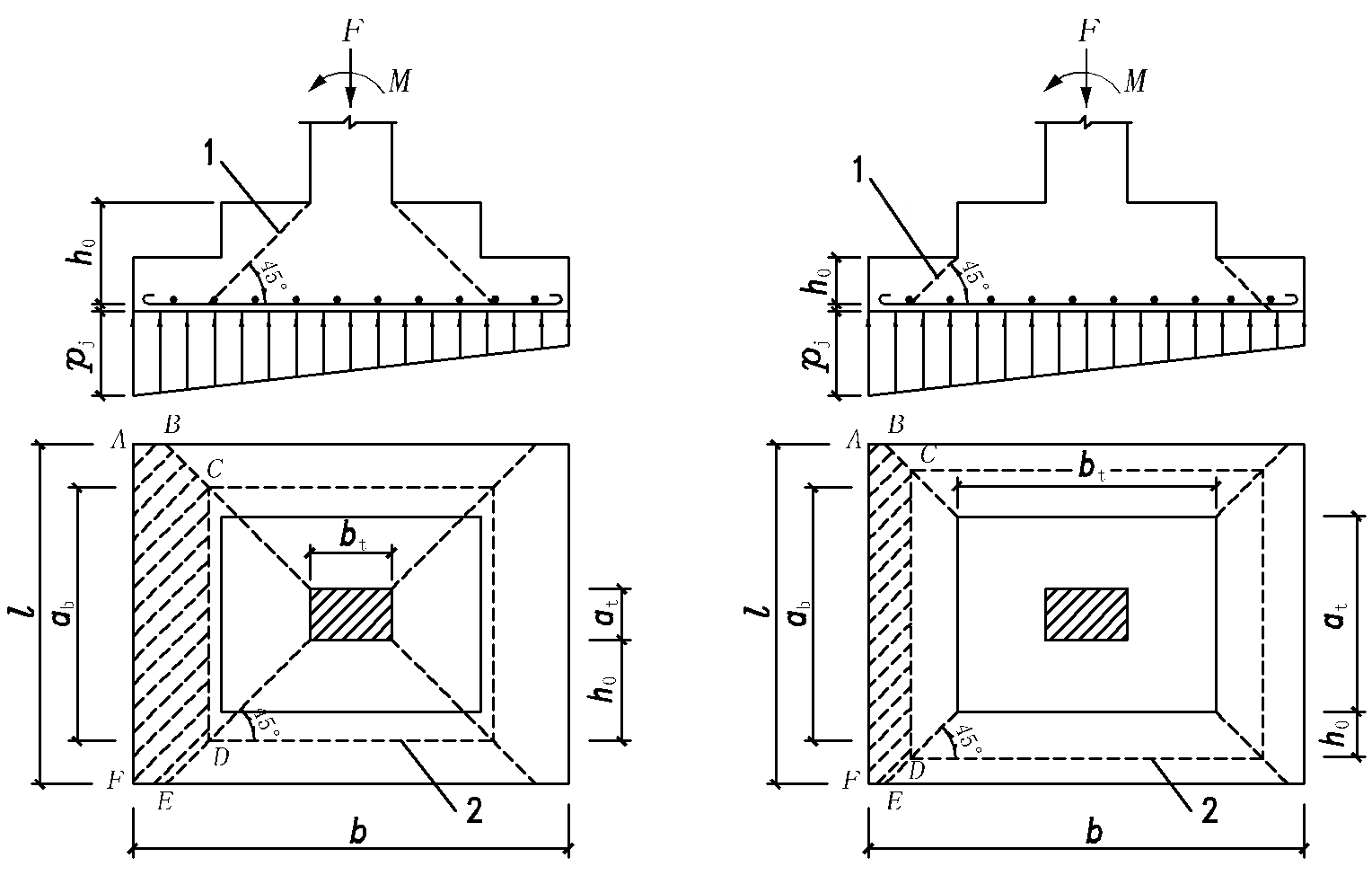
t——冲切破坏锥体最不利一侧斜截面的上边长（m），当计算柱与基础交接处的受冲切承载力时，取柱宽；当计算基础变阶处的受冲切承载力时，取上阶宽；

b——冲切破坏锥体最不利一侧斜截面在基础底面积范围内的下边长（m），当冲切破坏锥体的底面落在基础底面以内（图4.3.5a、b），计算柱与基础交接处的受冲切承载力时，取柱宽加两倍基础有效高度；当计算基础变阶处的受冲切承载力时，取上阶宽加两倍该处的基础有效高度；

*p*j——扣除基础自重及其上土重后相应于作用的基本组合时的地基土单位面积净反力（kPa），对偏心受压基础可取基础边缘处最大地基土单位面积净反力；

*Al*——冲切验算时取用的部分基底面积（m2）(图4.3.5a、b中的阴影面积ABCDEF)；

*Fl*——相应于作用的基本组合时作用在*Al*上的地基土净反力设计值（kPa）。



（a）柱与基础交接处 （b）基础变阶处

图4.3.5 计算阶形基础的受冲切承载力截面位置

1-冲切破坏锥体最不利一侧的斜截面；2-冲切破坏锥体的底面线

**4.3.6**当基础底面短边尺寸小于或等于柱宽加两倍基础有效高度时，应按下列公式验算柱与基础交接处截面受剪承载力：

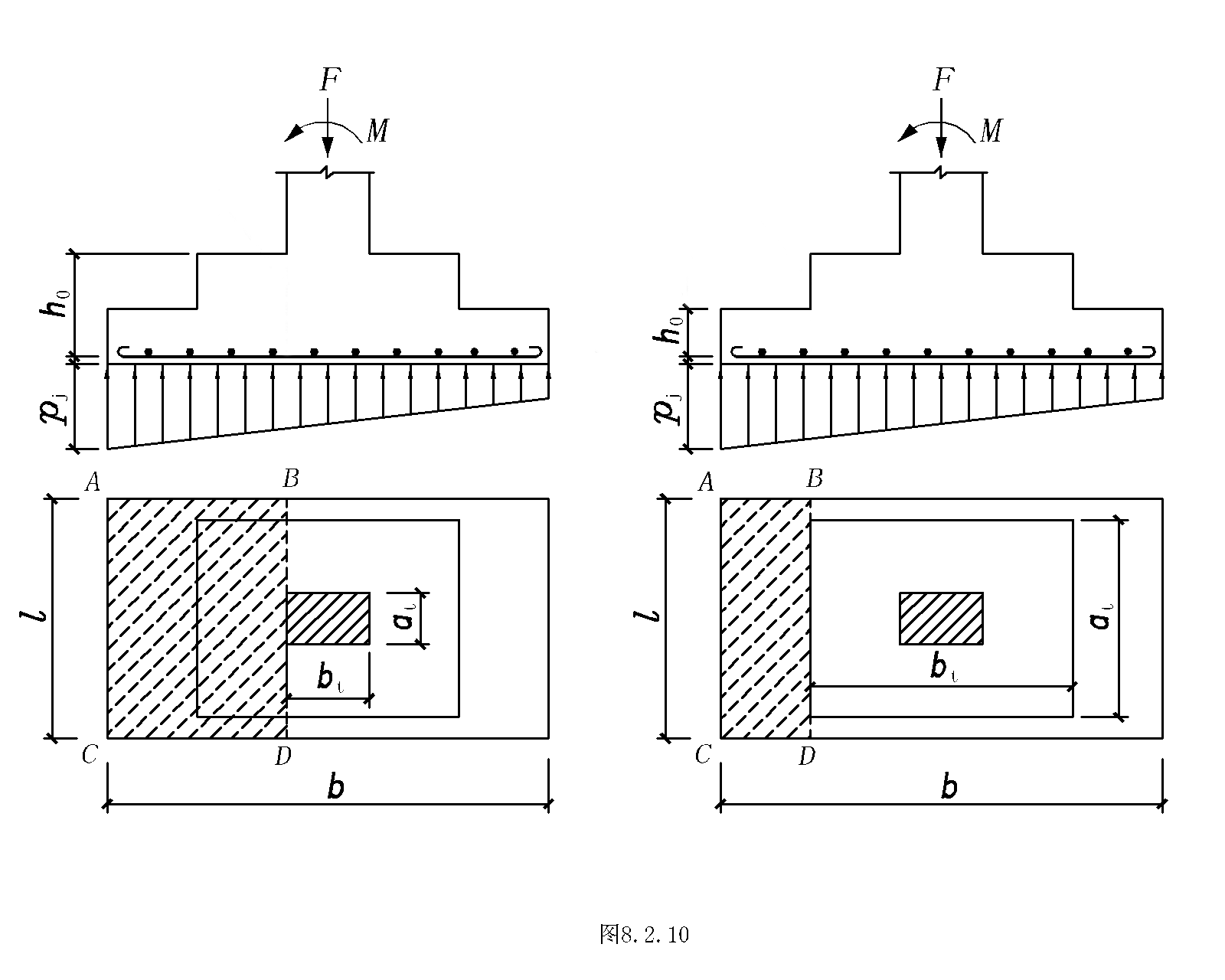
*V*s ≤ 0.7*β*hs*f*t*A*0 (4.3.6-1)

*β*hs = (800/*h*0)1/4 (4.3.6-2)

式中：*V*s——相应于作用的基本组合时，柱与基础交接处的剪力设计值（kN），图4.3.6中的阴影面积乘以基底平均净反力；

*β*hs——受剪切承载力截面高度影响系数，当*h*0＜800mm时，取*h*0＝800mm；当*h*0＞2000mm时，取*h*0＝2000mm；

*A*0——验算截面处基础的有效截面面积（m2）。当验算截面为阶形或锥形时，可将其截面折算成矩形截面**，**截面的折算宽度和截面的有效高度按《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011附录U计算。



（a）柱与基础交接处 （b）基础变阶处

图4.3.6 验算阶形基础受剪切承载力示意图

**4.3.7**在轴心荷载或单向偏心荷载作用下，当台阶的宽高比小于或等于2.5且偏心距小于或等于1/6基础宽度时，柱下矩形独立基础任意截面的底板弯矩可按下列简化方法进行计算(图4.3.7)：

 （4.3.7-1）

 (4.3.7-2)

式中：*M*Ⅰ、*M*Ⅱ——任意截面Ⅰ-Ⅰ、Ⅱ-Ⅱ处相应于作用的基本组合时的弯矩设计值（kN·m）；

1——任意截面Ⅰ-Ⅰ至基底边缘最大反力处的距离（m）；

*l*、*b*——基础底面的边长（m）；

*p*max*、p*min——相应于作用的基本组合时的基础底面边缘最大和最小地基反力设计值（kPa）；

*p*——相应于作用的基本组合时在任意截面I-I处基础底面地基反力设计值（kPa）；

*G*——考虑作用分项系数的基础自重及其上的土自重（kN）；当组合值由永久作用控制时，作用分项系数可取1.35。



图4.3.7 矩形基础底板的计算示意图

**4.3.8**扩展基础（独立基础整体和圆环形基础局部）在承受拔力时均应进行底板抗拔强度计算，按计算在底板上表面配负弯矩钢筋，并应满足最小配筋率要求。可按下式求得基础上表面均布荷载设计值：

 （4.3.8）

式中—— 考虑作用分项系数的基础自重及抗拔角范围内覆土重，抗拔角应按4.7.3条的规定采用，；

—— 基础底板的面积（m2）。

**4.3.9**基础底板配筋除满足计算和最小配筋率要求外，尚应符合第4.3.10条的构造要求。计算最小配筋率时，对阶形或锥形基础截面，可将其截面折算成矩形截面，截面的折算宽度和截面的有效高度，按《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011附录U计算。基础底板钢筋可按式﹙4.3.9﹚计算：

　　　　　　　　　　　　(4.3.9)

**4.3.10**扩展基础的构造，应符合下列规定：

**1**锥形基础的边缘高度不宜小于200mm，且两个方向的坡度不宜大于1：3；阶梯形基础的每阶高度，宜为300mm～500mm；

**2** 垫层的厚度不宜小于70mm，垫层混凝土强度等级不宜低于C10；

**3** 扩展基础受力钢筋最小配筋率不应小于0.15%，底板受力钢筋的最小直径不宜小于10mm，间距不宜大于200mm，也不宜小于100mm。当有垫层时钢筋保护层的厚度不应小于40mm；无垫层时不应小于70mm；

**4**混凝土强度等级不应低于C25；

**5**钢筋混凝土柱纵向受力钢筋在基础内的锚固长度（*l*a）应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.3节计算确定；

**6**当基础高度小于*l*a（*l*aE=1.15*l*a）时，纵向受力钢筋的锚固总长度除符合上述要求外，其最小直锚段的长度不应小于20*d*，弯折段的长度不应小于150mm。

## 桩基础

**4.4.1**通信铁塔桩基设计等级：根据《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008确定为丙级。

**4.4.2桩顶作用效应计算**

**1**竖向力

轴心竖向力作用下

 (4.4.2-1)

偏心竖向力作用下

 (4.4.2-2)

**2**水平力

 (4.4.2-3)

式中——荷载效应标准组合下，作用于承台顶面的竖向力；

——桩基承台和承台上土自重标准值，对稳定的地下水位以下部分应扣除水的浮力；

——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力；

——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，第*i*基桩的竖向力；

、——荷载效应标准组合下，作用于承台底面，绕通过桩群形心的、主轴的力矩；

、、、——第、基桩至、轴的距离；

——荷载效应标准组合下，作用于桩基承台底面的水平力；

——荷载效应标准组合下，作用于第*i*基桩的水平力；

——桩基中的桩数。

**4.4.3桩基竖向承载力计算**

**1**　桩基荷载效应标准组合作用下竖向承载力计算应符合下列要求：

轴心竖向力作用下

 (4.4.3-1)

偏心竖向力作用下除满足上式外，尚应满足下式的要求：

 (4.4.3-2)

式中 ——荷载效应标准组合轴心竖向力作用下，基桩的平均竖向力；

——荷载效应标准组合偏心竖向力作用下，桩顶最大竖向力；

——基桩竖向承载力特征值。

**2**单桩竖向承载力特征值应按下式确定：

 (4.4.3-3)

式中——单桩竖向极限承载力标准值；

K——安全系数，取K＝2。

**4.4.4单桩竖向极限承载力**

**1**当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向极限承载力标准值时，宜按下式估算：

 (4.4.4-1)

式中 、——分别为总极限侧阻力标准值和总极限端阻力标准值；

——桩身周长；

——桩侧第层土的极限侧阻力标准值，如无当地经验时，可按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008表5.3.5-1取值，当存在液化土层时尚应乘以土层液化折减系数；

——桩周第层土的厚度；

——极限端阻力标准值，如无当地经验时，可按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008表5.3.5-2取值。

——桩端面积；

**2**根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系，确定大直径桩（d≥800mm）单桩极限承载力标准值时，可按下式计算：

 (4.4.4-2)

式中 ——桩侧第层土极限侧阻力标准值，如无当地经验值时，可按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008表5.3.5-1取值；对于扩底桩斜面及变截面以上2d长度范围内不计侧阻力；

——桩径为800mm的极限端阻力标准值，对于干作业挖孔（清底干净）可采用深层载荷板试验确定；当不能进行深层载荷板试验时，可按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008表5.3.6-1取值；

、——大直径桩侧阻、端阻尺寸效应系数，按表4.4.4取值。

——桩身周长，当人工挖孔桩桩周护壁为振捣密实的混凝土时，桩身周长可按护壁外直径计算。

**表4.4.4大直径灌注桩侧阻尺寸效应系数、端阻尺寸效应系数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 土类型 | 黏性土、粉土 | 砂土、碎石类土 |
|  |  |  |
|  |  |  |

注：当为等直径桩时，表中D=d。

**4.4.5单桩竖向抗拔极限承载力**

**1**承受拔力的桩基，应按下列公式验算基桩的抗拔承载力(如需考虑群桩基础呈整体性破坏时计算公式见《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008之5.4.5-1、5.4.6-2)：

 （4.4.5-1）

式中 ——按荷载效应标准组合计算的基桩拔力；

——基桩的抗拔极限承载力标准值；

——基桩自重，地下水位以下取浮重度,对于扩底桩应按表4.4.5-1确定桩、土柱体周长，计算桩、土自重。

**2**基桩的抗拔极限承载力标准值可按下式计算：

 (4.4.5-2)

式中 ——基桩抗拔极限承载力标准值；

——桩身周长，对于等直径桩取；对于扩底桩按表4.4.5-1取值；

——桩侧表面第层土的抗压极限侧阻力标准值；

——抗拔系数，可按表4.4.5-2取值。

**表4.4.5-1 扩底桩破坏表面周长**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 自桩底起算的长度 | ≤（4~10）d | >（4~10）d |
|  |  |  |

注：对于软土取低值，对于卵石、砾石取高值；取值按内摩擦角增大而增加。

**表4.4.5-2抗拔系数**

|  |  |
| --- | --- |
| 土类 | 值 |
| 砂土 | 0.50~0.70 |
| 黏性土、粉土 | 0.70~0.80 |

注：桩长与桩径之比小于20时，取小值。

**4.4.6桩基水平承载力与位移计算**

**1**基桩水平承载力应满足下式要求：

 （4.4.6-1）

式中——在荷载效应标准组合下，作用于基桩桩顶处的水平力；

——单桩基础或群桩中基桩的水平承载力特征值，对于单桩基础，可取单桩的水平承载力特征值Rha。

**2**单桩的水平承载力特征值的确定：

当缺少单桩水平静载试验资料时，可按下列公式估算桩身配筋率小于0.65%的灌注桩的单桩水平承载力特征值：

 （4.4.6-2）

式中

——桩的水平变形系数，计算详见**5**；

——单桩水平承载力特征值，号根据桩顶竖向力性质确定，压力取“+”，拉力取“-”；

——桩截面模量塑性系数，圆形截面=2，矩形截面=1.75；

——桩身混凝土抗拉强度设计值；

——桩身换算截面受拉边缘的截面模量，圆形截面为：方形截面为：，其中*d*为桩直径，为扣除保护层厚度的桩直径；*b*为方形截面边长，为扣除保护层厚度的桩截面宽度；为钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

——桩身最大弯距系数，按表4.4.6-1取值，当单桩基础和单排桩基纵向轴线与水平力方向相垂直时，按桩顶铰接考虑；

——桩身配筋率；

——桩身换算截面积，圆形截面为：；

方形截面为：

——桩顶竖向力影响系数，竖向压力取0.5；竖向拉力取1.0；

——在荷载效应标准组合下桩顶的竖向力（kN）。

**表4.4.6-1桩顶（身）最大弯矩系数****和桩顶水平位移系数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 桩顶约束情况 | 桩的换算埋深 |  |  |
| 铰接、自由 | 4.0  3.5  3.0  2.8  2.6  2.4 | 0.768  0.750  0.703  0.675  0.639  0.601 | 2.441  2.502  2.727  2.905  3.163  3.526 |
| 固接 | 4.0  3.5  3.0  2.8  2.6  2.4 | 0.926  0.934  0.967  0.990  1.018  1.045 | 0.940  0.970  1.028  1.055  1.079  1.095 |

注：1 铰接（自由）的系桩身的最大弯矩系数，固接的系桩顶的最大弯矩系数；

2 当时取。

**3**当桩的水平承载力由水平位移控制，且缺少单桩水平静载试验资料时，可按下式估算预制桩、钢桩、桩身配筋率不小于0.65%的灌注桩单桩水平承载力特征值：

 （4.4.6-3）

式中——桩身抗弯刚度，对于钢筋混凝土桩，；其中为桩身换算截面惯性矩：圆形截面为；矩形截面为；

——桩顶允许水平位移，应小于10mm；

——桩顶水平位移系数，按表4.4.5-1取值，取值方法同。

**4**计算风载作用的桩基的水平位移时，按《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008附录C方法计算基桩内力和变位，桩身承载力计算应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010附录E.0.4公式。

**5**桩的水平变形系数和地基土水平抗力系数的比例系数*m*可按下列规定确定：

**1）**桩的水平变形系数

 （4.4.6-4）

式中——桩侧土水平抗力系数的比例系数；

——桩身的计算宽度(m)；

圆形桩：当直径d≤1m时，；

当直径d >1m时，；

方形桩：当边宽b≤1m时，；

当边宽b >1m时，。

——桩身抗弯刚度，按第3条的规定计算；

**2）**地基土水平抗力系数的比例系数，宜通过单桩水平静载试验确定，当无静载试验资料时，可按表4.4.6-2取值。

**表4.4.6-2地基土水平抗力系数的比例系数****值**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 地基土类别 | 预制桩、钢桩 | | 灌注桩 | |
|  | 相应单桩在地面处水平位移(mm) |  | 相应单桩在地面处水平位移(mm) |
| 1 | 淤泥；淤泥质土；饱和湿陷性黄土 | 2～4.5 | 10 | 2.5～6 | 6～12 |
| 2 | 流塑(>1)、软塑(0.75<≤1)状黏性土；e>0.9粉土；松散粉细砂；松散、稍密填土 | 4.5～6.0 | 10 | 6～14 | 4～8 |
| 3 | 可塑(0.25<≤0.75)状黏性土、湿陷性黄土；e=0.75～0.9粉土；中密填土；稍密细砂 | 6.0～10 | 10 | 14～35 | 3～6 |
| 4 | 硬塑(0<≤0.25)、坚硬(≤0)状黏性土、湿陷性黄土；e<0.75粉土；中密的中粗砂；密实老填土 | 10～22 | 10 | 35～100 | 2～5 |
| 5 | 中密、密实的砾砂、碎石类土 | —— | —— | 100～300 | 1.5～3 |

注：1当桩顶水平位移大于表列数值或灌注桩配筋率较高（≥0.65%）时，值应适当降低；当预制桩的水平向位移小于10mm时，值可适当提高；

2当水平荷载为长期或经常出现的荷载时，应将表列数值乘以0.4降低采用；

3当地基为可液化土层时，应将表列数值乘以《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008表5**.**3**.**12中系数ψ*l*。

**4.4.7承台计算**

**1**桩基承台应进行正截面受弯承载力计算。承台弯矩可按式4.4.7-1，4.4.7-2计算，受弯承载力和配筋可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010的规定进行。

多桩矩形承台弯矩计算截面取在柱边和承台变阶处(图4.4.7-1)，可按下列公式计算：

 (4.4.7-1)

 (4.4.7-2)



图4.4.7-1 承台弯矩计算示意

式中、——分别为绕X轴和绕Y轴方向计算截面处的弯矩设计值；

、——垂直Y轴和X轴方向自桩轴线到相应计算截面的距离；

——不计承台及其上土重，在荷载效应基本组合下的第基桩竖向反力设计值。

**2**桩基承台厚度应满足柱对承台的冲切和基桩对承台的冲切承载力要求，轴心竖向力作用下桩基承台受柱的冲切，可按下列规定计算：

**1）**冲切破坏锥体应采用自柱边或承台变阶处至相应桩顶边缘连线所构成的锥体，锥体斜面与承台底面之夹角不应小于45°（图4.4.7-2）。

**2）**受柱冲切承载力可按下列公式计算：

 (4.4.7-3)

 (4.4.7-4)

　　 (4.4.7-5)

式中——不计承台及其上土重，在荷载效应基本组合下作用于冲切破坏锥体上的冲切力设计值；

——承台混凝土抗拉强度设计值；

——承台受冲切承载力截面高度影响系数，当h≤800mm时*βhp*取1.0,h≥2000mm时，*βhp*取0.9，其间按线性内插法取值；

——承台冲切破坏锥体一半有效高度处的周长；

——承台冲切破坏锥体的有效高度；

——柱冲切系数；

——冲跨比，，为柱边或承台变阶处到桩边水平距离；当λ<0.25时，取λ=0.25；当λ>1.0时,取λ=1.0；

——不计承台及其上土重，在荷载效应基本组合作用下柱（墙）底的竖向荷载设计值；

——不计承台及其上土重，在荷载效应基本组合下冲切破坏锥体内各基桩的反力设计值之和。

**3）**对于柱下矩形独立承台受柱冲切的承载力可按下列公式计算（图4.4.7-2）：

 （4.4.7-6）

式中、—— 由公式（4.4.7-5）求得，，；、 均应满足0.25～1.0的要求；

、——分别为、方向的柱截面的边长；

、——分别为、方向柱边离最近桩边的水平距离。



图4.4.7-2柱对承台的冲切计算示意

**4）**对于柱下矩形独立阶形承台受上阶冲切的承载力可按下列公式计算（图4.4.6-2）：

 （4.4.7-7）

式中、—— 由公式4.4.7-5求得，，、 均应满足0.25～1.0的要求；

、——分别为、方向承台上阶的边长；

、——分别为、方向承台上阶边离最近桩边的水平距离。

对于圆柱及圆桩，计算时应将其截面换算成方柱及方桩，即取换算柱截面边长（为圆柱直径），换算桩截面边长（d为圆桩直径）。

**5）**对位于柱冲切破坏锥体以外的基桩，四桩以上（含四桩）承台受角桩冲切的承载力可按下列公式计算（图4.4.7-3）：

 （4.4.7-8）

　　 （4.4.7-9）

　 （4.4.7-10）

（a）锥形承台； (b)阶形承台

图4.4.7-3 四桩以上（含四桩）承台角桩冲切计算示意

式中——不计承台及其上土重，在荷载效应基本组合作用下角桩反力设计值；

——角桩冲切系数；

、——从承台底角桩顶内边缘引45°冲切线与承台顶面相交点至角桩内边缘的水平距离；当柱边或承台变阶处位于该45°线以内时，则取由柱边或承台变阶处与桩内边缘连线为冲切锥体的锥线（图4.4.7-3）；

——承台外边缘的有效高度；

、——角桩冲跨比，，，其值均应满足0.25～1.0的要求。

**3柱下桩基承台，应分别对柱边、变阶处和桩边联线形成的贯通承台的斜截面的受剪承载力进行验算。当承台悬挑边有多排基桩形成多个斜截面时，应对每个斜截面的受剪承载力进行验算。**

柱下独立桩基承台斜截面受剪承载力应按下列规定计算：

**1）**承台斜截面受剪承载力可按下列公式计算（图4.4.7-4）：

 （4.4.7-11）

 （4.4.7-12）

 （4.4.7-13）



图4.4.7-4 承台斜截面受剪计算示意

式中——不计承台及其上土自重，在荷载效应基本组合下，斜截面的最大剪力设计值；

——混凝土轴心抗拉强度设计值；

——承台计算截面处的计算宽度；

——承台计算截面处的有效高度；

——承台剪切系数；按公式（4.4.7-12）确定；

——计算截面的剪跨比，，,此处，,为柱边或承台变阶处至、方向计算一排桩的桩边的水平距离，当λ<0.25时，取λ=0.25;当λ>3时,取λ=3；

——受剪切承载力截面高度影响系数；当时，取；当时，取；其间按线性内插法取值。

**2）**对于阶梯形承台应分别在变阶处（A1-A1，B1-B1）及柱边处（A2-A2，B2-B2）进行斜截面受剪承载力计算（图4.4.7-5）。

计算变阶处截面（A1-A1,B1-B1）的斜截面受剪承载力时，其截面有效高度均为h10,截面计算宽度分别为by1和bx1。

计算柱边截面（A2-A2,B2-B2）的斜截面受剪承载力时，其截面有效高度均为h10+ h20，截面计算宽度分别为：

对A2-A2  （4.4.7-14）

对B2-B2  （4.4.7-15）

**3）**对于锥形承台应对变阶处及柱边处（A-A及B-B）两个截面进行受剪承载力计算（图4.4.7-6），截面有效高度均为ho，截面的计算宽度分别为：

对A-A  （4.4.7-16）

对B-B  （4.4.7-17）



图4.4.7-5 阶梯形承台斜截面受剪计算示意 4.4.7-6 锥形承台斜截面受剪计算示意

**4.4.8**桩基承台的构造，除应满足抗冲切、抗剪切、抗弯承载力和上部结构要求外，尚应符合下列要求：

**1**边桩中心至承台边缘的距离不应小于桩的直径或边长，且桩的外边缘至承台边缘的距离不应小于150mm。

**2**柱下独立桩基承台钢筋应通长配置（见图4.4.8），四桩以上（含四桩）承台顶面及底面宜按双向均匀布置。钢筋锚固长度自边桩内侧（当为圆桩时，应将其直径乘以0.8等效为方桩）算起，不应小于35dg(dg为钢筋直径)；当不满足时应将纵向钢筋向上弯折，此时水平段的长度不应小于25dg，弯折段长度不应小于10dg。承台纵向受力钢筋的直径不应小于12mm，间距不应大于200mm。桩基承台的最小配筋率不应小于0.15%。



图4.4.8承台配筋示意

**3** 承台底面钢筋的混凝土保护层厚度，当有混凝土垫层时，不应小于50mm，无垫层时不应小于70mm；此外尚不应小于桩头嵌入承台内的长度。

**4** 桩嵌入承台内的长度对中等直径桩不宜小于50mm；对大直径桩不宜小于100mm。

**5** 混凝土桩顶纵向主筋应锚入承台内，其锚入长度不宜小于35倍纵向主筋直径。对于抗拔桩，桩顶纵向主筋的锚固长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）确定。

**6**柱纵向主筋应锚入承台不应小于35倍纵向主筋直径；当承台高度不满足锚固要求时，竖向锚固长度不应小于20倍纵向主筋直径，并向柱轴线方向呈90º弯折。

**4.4.9**灌注桩应按下列规定配筋：

**1**配筋率：当桩身直径为300～2000mm时，正截面配筋率可取0.65％～0.2％ （小直径桩取高值）；对受水平荷载桩、抗拔桩应根据计算确定配筋率，并不应小于上述规定值；

**2**配筋长度：抗拔桩应按计算及构造要求等截面通长配筋，纵向钢筋应沿桩周边均匀布置，纵向钢筋焊接接头必须符合受拉接头的要求。

**3**对于受水平荷载的桩，主筋不应小于8*φ*12；对于抗压桩和抗拔桩，主筋不应少于6*φ*10；纵向主筋应沿桩身周边均匀布置，其净距不应小于60mm；

**4**箍筋应采用螺旋式,直径不应小于6mm，间距宜为200～300mm；受水平荷载较大桩基桩顶以下5*d*范围内的箍筋应加密，间距不应大于100mm；当桩身位于液化土层范围内时箍筋应加密；当考虑箍筋受力作用时，箍筋配置应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定；当钢筋笼长度超过4m时，应每隔2m设一道直径不小于12mm的焊接加劲箍筋，当桩径大于1500mm时，应每隔2m增设一道直径不小于12mm的三角形焊接加劲箍筋。

**5**桩身混凝土强度等级不得小于C25；

**6**灌注桩主筋的混凝土保护层厚度不应小于35mm，水下灌注桩的主筋混凝土保护层厚度不得小于50mm；

**7** 扩底灌注桩扩底端尺寸应符合下列规定（图4.4.9）：

1）对于持力层承载力较高、上覆土层较差的抗压桩和桩端以上有一定厚度较好土层的抗拔桩，可采用扩底；扩底端直径与桩身直径之比*D*/*d，*应根据承载力要求及扩底端侧面和桩端持力层土性特征以及扩底施工方法确定；挖孔桩的*D*/*d*不应大于3，钻孔桩的*D*/*d*不应大于2.5；

2）扩底端侧面的斜率应根据实际成孔及土体自立条件确定，*a*/*hc*可取1/4～1/2，砂土可取1/4，粉土、黏性土可取1/3～1/2；

3）抗压桩扩底端底面宜呈锅底形，矢高*hb*可取　　（0.15～0.20）*D*。 图4.4.9 扩底桩构造

**4.4.10**基桩的布置要求：

**1**基桩的最小中心距应符合表4.4.10的规定；当施工中采取减小挤土效应的可靠措施时，可根据当地经验适当减小。

**表4.4.10基桩的最小中心距**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 土类与成桩工艺 | | 排数不少于3排且桩数不少于9根的摩擦型桩桩基 | 其他情况 |
| 非挤土灌注桩 | | 3.0*d* | 3.0*d* |
| 部分挤土桩 | 非饱和土、  饱和非黏性土 | 3.5*d* | 3.0*d* |
| 饱和黏性土 | 4.0*d* | 3.5*d* |
| 挤土桩 | 非饱和土、  饱和非黏性土 | 4.0*d* | 3.5*d* |
| 饱和黏性土 | 4.5*d* | 4.0*d* |
| 钻、挖孔扩底桩 | | 2*D*或*D*+2.0m(当*D*>2m) | 1.5 *D*或*D*+1.5m(当*D*>2m) |
| 沉管夯扩、钻孔挤扩桩 | 非饱和土、饱和非黏性土 | 2.2*D*且4.0*d* | 2.0*D*且3.5*d* |
| 饱和黏性土 | 2.5*D*且4.5*d* | 2.2*D*且4.0*d* |

注： d—圆桩直径或方桩边长，*D*—扩大端设计直径。

当纵横向桩距不相等时，其最小中心距应满足“其他情况”一栏的规定。

当为端承型桩时，非挤土灌注桩的“其他情况”一栏可减小至2.5d。

**2**应选择较硬土层作为桩端持力层。桩端全断面进入持力层的深度，对于黏性土、粉土不宜小于2d，砂土不宜小于1.5d，碎石类土，不宜小于1d。当存在软弱下卧层时，桩端以下硬持力层厚度不宜小于3d。

**3** 对于嵌岩桩，嵌岩深度应综合荷载、上覆土层、基岩、桩径、桩长诸因素确定；对于嵌入倾斜的完整和较完整岩的全断面深度不宜小于0.4d且不小于0.5m，倾斜度大于30%的中风化岩，宜根据倾斜度及岩石完整性适当加大嵌岩深度；对于嵌入平整、完整的坚硬岩和较硬岩的深度不宜小于0.2d，且不应小于0.2m。

## 刚性短桩基础

**4.5.1**基础形式及抗倾覆受力简图（图4.5.1）

刚性短桩：当时可视为刚性短桩，桩的水平变形系数可采用4.4.6-4公式计算。



图4.5.1刚性短桩基础计算简图

图中，—短桩重，、、——上部塔体对基础顶面的轴向压力、剪力、弯矩标准值。

**4.5.2**土的被动抗力：

　　　 　　（4.5.2-1）

　　　　　　　　　　　　（4.5.2-2）

式中 ——自地面以下深度（m）；

——为土压力系数；

——土容重（）；

——土的折算内摩擦角。

**4.5.3**短桩的抗倾覆力矩极限值：

 （4.5.3-1）

　　　　　　　　　　　 　（4.5.3-2）

　　　　　　　 （4.5.3-3）

，当时，取 （4.5.3-4）

 （4.5.3-5）

式中：——短桩的抗倾覆力矩极限值；

——总的土侧向抗力标准值；

——刚性短桩基础地面以下总长度；

——竖向反力偏心距，；

——土与桩之间摩擦系数，；

——计算土侧向抗力时所用短柱的宽度；

——系数，对粘性土，对砂土。

**4.5.4**短桩抗倾覆验算公式：

 （4.5.4）

**4.5.5**短桩顶位移验算公式：

 （4.5.5-1）

 （4.5.5-2）

式中：——地基土水平抗力比例系数（），按《建筑桩基础技术规范》JGJ94-2008附录C.0.2条确定。

**4.5.6**短桩的转角验算公式：

 （4.5.6）

旋转中心位于处；

**4.5.7** 灌注桩应按下列规定配筋：

刚性短桩基础的构造要求见4.4.9节。

## 岩石锚杆基础

**4.6.1** 由于锚杆的施工质量对锚杆的抗拔承载力影响较大，因此应根据当地施工水平决定是否采用，当采用此类基础时，应进行现场试验确定单根锚杆的抗拔承载力。

**4.6.2**普通锚杆基础中单根锚杆所承受的拔力，应按下列公式验算：

 （4.6.2-1）

 (4.6.2-2)

式中 —— 相应于作用效应标准组合作用在基础顶面的竖向压力值（拔力为负值）(kN)；

—— 基础自重及其上的土重标准值(kN)；

—— 按作用效应标准组合计算作用在基础底面形心的力矩值(kN.m)；

—— 第*i*根锚杆至基础底面形心的*y*、*x*轴线的距离(m)；

—— 按作用效应标准组合下，第*i*根锚杆所承受的拔力值(kN)；

—— 单根锚杆抗拔承载力特征值(kN)。

**4.6.3**单根普通锚杆抗拔承载力特征值的确定，应遵守以下规定：

对于安全等级为二级的高耸结构，单根锚杆的抗拔承载力特征值可按下式计算：

 （4.6.3）

式中 —— 锚杆孔直径(m)；

—— 锚杆有效锚固长度(m)，当超过13倍锚杆孔直径时，取；

—— 砂浆与岩石间的粘结强度特征值（kPa），由试验确定，当缺乏资料时，可根据岩质情况，按表4.6.3取用。

表**4.6.3** 砂浆与岩石间的粘结强度特征值（kPa）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 岩石坚硬程度 | 软岩 | 较软岩 | 硬质岩 |
| 粘结强度 | 100～200 | 200～400 | 400～600 |

注：水泥砂浆强度等级为M30，或细石混凝土强度等级C30。

**4.6.4**当锚杆基础不满足无筋扩展基础条件时，应按照扩展基础进行底部配筋。所有的锚杆基础均应计算基础顶部力矩（图4.6.4），进行顶部配筋，基础顶部配筋量不宜少于φ8@200。

基础顶部的力矩可按下式计算：

 （4.6.4）



式中 —— 按作用效应标准组合的基础底面一侧的总拔力值(kN)；

—— 拔力合力作用点到柱（墙）或基础台阶边缘的距离(m)。

图4.6.4 锚杆基础顶部配筋

**4.6.5**岩石锚杆基础的基座应与基岩连成整体，并应符合下列要求：

**1** 锚杆孔直径，一般取三至四倍锚杆直径，但不应小于一倍锚杆直径加50mm。锚杆钢筋的锚固长度应大于40d，锚杆中心间距不小于6d1，锚杆到基础的边距不应小于150mm，锚杆钢筋离孔底距离宜为50mm。

图4.6.4普通锚杆基础



*d*1—— 锚杆孔直径；

*l* —— 锚杆的有效锚固长度；

*d* —— 锚杆直径；

**2** 锚杆插入上部结构的长度，应符合钢筋的锚固长度要求；

**3** 锚杆宜采用热轧带肋钢筋；锚杆应按作用效应基本组合计算的拔力,并按钢筋强度设计值计算其截面；

**4** 灌孔的水泥砂浆（或细石混凝土）强度等级不宜低于M30（或C30），灌浆前应将锚杆孔清理干净，并保证灌注密实。

## 基础的抗拔稳定计算

**4.7.1承受上拔力的独立基础、锚板基础等，均应验算抗拔稳定性。扩展基础承受上拔力时，在验算其抗拔稳定性的同时，尚应按上拔力进行强度和配筋计算，并按计算结果在基础的上表面配置钢筋，配筋应满足最小配筋率要求。**

**4.7.2**基础抗拔稳定应采用土重法计算。

**4.7.3**采用土重法时铁塔基础的抗拔稳定应按下式计算（图4.7.3）

 (4.7.3)

式中 —— 基础的受拔力(kN)（对应第4.1.3条第3款组合值）；

—— 土体重量(kN)，按《高耸结构设计规范》GB50135-2006附录*D*计算，此时土的计算重度可参照表4.7.3-1采用；当基础上拔深度时，取基础底板以上、抗拔角以内的土体重,见图4.7.3(a)；当基础上拔深度时，取以上、抗拔角以内的土体重和高度为的土柱重之和，见图4.7.3(b)；

—— 基础重(kN)，按基础的体积与容重计算；

—— 土体重量计算的抗拔角，可参照表4.7.3-1采用；

—— 土重法计算的临界深度(m)，按表4.7.3-2采用；

—— 土体重的抗拔稳定系数，可用2.0；

—— 基础重的抗拔稳定系数，可用1.4。



（a）基础上拔深度 （b）基础上拔深度

图4.7.3 土重法基础抗拔稳定计算

表4.7.3-1土的计算重力密度和土体计算抗拔角

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 粘性土、粉土 | | | 粗砂、中砂、碎石土、风化岩石 | 细砂 | 粉砂 | 碎石土、砂类土 |
| 坚硬、硬塑  密实 | 可塑  中密 | 软塑、流塑  稍密 | 中密～密实的 | 稍密～密实的 | 稍密～密实的 | 松散 |
| (kN/m3) | 17  25° | 16  20° | 15  10°～0° | 17  28° | 16  26° | 15  22° | 15  0° |

表4.7.3-2土重法计算的临界深度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 回填土类别 | 密实情况 | 临界深度 | |
| 圆形基础 | 方形基础 |
| 砂土、碎石土、岩石  粘性土、粉土  粘性土、粉土  粘性土、粉土 | 稍密的～密实的  坚硬的～硬塑的、密实的  可塑的、中密的  软塑的、稍密的 | 2.5*d*  2.0 *d*  1.5 *d*  1.2 *d* | 3.0*b*  2.5 *b*  2.0 *b*  1.5 *b* |

注：1公式(4.7.3)对非松散砂类土适用于和；对粘性土适用于和 。

2 当铁塔结构的基础有可能处于地下水面以下或有可能被水淹没时，土重和基础重标准值均应减去水的浮力。

3按土重法计算时须确保填土密度达到和超过表中。当对基础开挖方式及施工质量无把握时抗拔角可按0度取用。基础上拔深度内有多层土时，可按加权平均值估算。

4上拔时的临界深度即为土体整体破坏的计算深度。

5分别为圆形基础的直径和方形基础的边长。

6当矩形基础的长边与短边之比小于3时，可折算为后，按圆形基础的临界深度采用。

**4.7.4**采用土重法时倾斜拉绳锚板基础的抗拔稳定应按下式计算（图4.7.4）：



（*a*）锚板上拔深度　　 （*b*）锚板上拔深度

图**4.7.4**  拉绳锚板基础的抗拔稳定计算

 (4.7.4)

式中 —— 垂直于锚板的拉绳拔力(kN)（对应第4.1.4条第3款组合值）；

—— 土体重量(kN)，可按《高耸结构设计规范》GB50135-2006附录D计算；

—— 拉绳锚板基础重(kN)；

—— 拔力与水平地面的夹角；

 —— 同第4.7.3条。

注：1 公式(4.7.4)仅适用于。当时，考虑土体剪切作用，可按《高耸结构设计规范》GB50135-2006附录*D.0.3*计算。

2 浮力按第4.7.3条注2。

## 铁塔基础接地网

**4.8.1**接地体上端距地面宜不小于0.7m。在寒冷地区接地体应埋设在冻土层以下。在土壤较薄的石山或碎石多岩地区应根据具体情况确定接地体埋深。

**4.8.2**垂直接地体宜采用长度不小于2.5m的热镀锌钢材、铜材、铜包钢等接地体，也可根据埋设地网的土质及地理情况确定。垂直接地体间距不宜小于5m，具体数量可根据地网大小、地理环境情况确定。地网四角的连接处应埋设垂直接地体。

**4.8.3** 在大地土壤电阻率较高的地区，当地网接地电阻值难以满足要求时，可向外延伸辐射形接地体，也可采用液状长效降阻剂、接地棒以及外引接地等方式。

**4.8.4**当城市环境不允许采用常规接地方式时，可采用接地棒接地的方式。

**4.8.5**水平接地体应采用热镀锌扁钢或铜材。水平接地体应与垂直接地体焊接连通。  
**4.8.6**接地体采用热镀锌钢材时，其规格应符合下列要求：

**1．**钢管的壁厚不应小于3.5mm。

**2．**角钢不应小于50mm×50mm×5mm。

**3．**扁钢不应小于40mm×4mm。

**4．**圆钢直径不应小于10mm。

**4.8.7**接地体采用铜包钢、镀铜钢棒和镀铜圆钢时，其直径不应小于10mm。镀铜钢棒和镀铜圆钢的镀层厚度不应小于0.254mm.

**4.8.8**除在混凝土中的接地体之间所有焊接点外，其他接地体之间所有焊接点均应进行防腐处理。

**4.8.9**接地装置的焊接长度，采用扁钢时不应小于其宽度的2倍；采用圆钢时不应小于其直径的10倍。

**4.8.10**移动基站地网应由机房地网、铁塔地网或者由机房地网、铁塔地网和变压器地网组成。

**4.8.11**铁塔位于机房旁边时，铁塔地网应采用40mm×4mm的热镀锌扁钢将铁塔地基四塔脚内部金属构件焊接连通组成铁塔地网，其网格尺寸不应大于3m×3m。铁塔地网与机房地网之间应每隔3m~5m焊接连通一次，且连接点不应少于两点。

4.8.12基站地网的接地电阻值不宜大于10Ω。接地电阻值可按《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB50689-2011附录E的规定确定。土壤电阻率大于1000Ω·m的地区，可不对基站的工频接地电阻予以限制，应以地网面积的大小为依据。地网等效半径应大于10m，地网四角还应敷设10m～20m的热镀锌扁钢作辐射型接地体，且应增加各个端口的保护和提高SPD通流容量、加强等电位连接等措施予以补偿。土壤电阻率可按《通信局（站）防雷与接地工程设计规范》GB50689-2011附录F的规定确定。

## 预埋锚栓构造

**4.9.1**锚栓设计应兼顾上部钢结构的精度要求、安装调整的可能性以及混凝土基础施工的实际可能性确定施工精度要求，并对塔柱底部锚栓孔作相应扩大，便于安装时调整。锚栓孔扩大后应在安装调整完毕后加焊厚垫片以满足螺栓固定的要求。

**4.9.2**普通锚栓应用双螺母防松。

**4.9.3**普通锚栓埋设深度应按受拉钢筋锚固要求确定，锚栓至短柱外边缘的距离不应小于4倍锚栓直径及150mm二者的较大值，塔脚底法兰板边缘至短柱外边缘的距离不应小于100mm，锚栓间距不宜小于4倍锚栓直径。

**4.9.4**锚栓上部的环形法兰盘下应设调节螺母，宜留有2倍锚栓直径空隙供调节。在天线安装之前宜用高一级微膨胀细石混凝土浇筑密实。

**4.9.5**露出基础顶面的锚栓在钢结构安装前，应涂防腐材料，并妥善保护，防止螺栓锈蚀与损伤。

# 铁塔常用基础设计

## 设计一般要求

5.1.1桩周边地基土处理要求见表5.1.1。

表**5.1.1**桩周边地基土处理要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 基础形式 | 刚性短桩及单桩基础 | |
| 地基持力层承载力特征值（kPa） | ＜80 | ≥80 |
| 周边地基土处理要求 | 承台周边高度范围地基土加固、上表面加防水覆盖层 | 表面耕植土层换道渣、上表面加防水覆盖层 |

5.1.2回填土需分层夯实，重度达到16.5kN/m3。

5.1.3基础如需进行正常使用极限状态验算时，应参照相关规范计算。

## 单管塔（路灯杆塔、仿生树、景观塔）基础设计

**5.2.1**扩展基础



基础平面图 基础剖面图

**1**单管塔扩展基础地基承载力计算应按4.2.2条承受双向偏心荷载进行计算。

**2**单管塔扩展基础底板的抗冲切、抗弯验算应按4.3.4～4.3.9进行计算。

**3**单管塔扩展基础柱墩的设计应根据其受力特点，不应计算侧面回填土的嵌固作用，正截面承载力按偏心受压构件根据现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之6.2.21条规定进行计算，斜截面承载力根据现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之6.3.15条规定进行计算。

**4**单管塔扩展基础底板的构造应符合4.3.10的规定。

**5**单管塔扩展基础柱墩的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.3节的规定。

**5.2.2**群桩－承台基础



基础平面图 基础剖面图

**1**单管塔群桩－承台基础之桩基计算包括桩顶作用效应计算、桩基竖向抗压及抗拔承载力计算、桩身承载力计算等，均应按4.4.1～4.4.6的规定进行计算。

**2**单管塔群桩－承台基础之桩基承台的抗冲切、抗剪切、抗弯验算（考虑抗压和抗拔两种受力状态）应按4.4.7的规定进行计算。

**3**柱墩的设计应根据其受力特点，不应计算侧面回填土的嵌固作用，正截面承载力按偏心受压构件根据现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之6.2.21条规定进行计算，斜截面承载力根据现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之6.3.15条规定进行计算。

**4**基桩及承台的构造应符合4.4.8、4.4.9。基桩布置应符合4.4.10。

**5**柱墩的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.3节的规定。

**5.2.3**单桩基础



基础平面图 基础剖面图

**1**单管塔单桩基础之桩基计算包括桩基竖向抗压承载力计算、桩基水平承载力与位移计算、桩身承载力计算等，均应按4.4.3～4.4.6的规定进行计算

**2**单管塔单桩基础中，钢筋混凝土桩的桩身全截面配筋率不宜小于0.65％，桩顶水平位移允许值小于10mm。

**3**基桩的构造应符合4.4.9的相关规定。

**4**基桩混凝土的浇筑必须连续施工，一次浇筑成形，并保证桩顶混凝土达到设计等级。

**5.2.4**刚性短桩基础



基础平面图 基础剖面图

**1**单管塔刚性短桩基础适用于：。

**2**单管塔刚性短桩基础应进行抗倾覆验算，短桩位移、转角，短桩桩身承载力计算，计算方法应按4.5.1~4.5.6。

**3**单管塔刚性短桩基础中，钢筋混凝土桩的桩身全截面配筋率不宜小于0.65％，桩顶水平位移允许值小于10mm。

**4**基桩的构造应符合4.4.9的相关规定。

**5**基桩混凝土的浇筑必须连续施工，一次浇筑成形，并保证桩顶混凝土达到设计等级。

## 三管塔基础设计

**5.3.1**筏板基础



基础平面图 基础剖面图

**1**三管塔筏板基础地基承载力计算应按4.2.2条承受双向偏心荷载进行计算。

**2**三管塔筏板基础通常可采用平板式筏板基础，筏板基础的尺寸，应根据工程地质条件、三管塔的荷载因素确定。

**3**三管塔筏板基础混凝土强度等级不应低于C30；底板的抗冲切、抗弯验算应按现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011之8.4.7、8.4.16条规定进行计算，抗冲切验算时可不考虑不平衡弯矩的影响。底板底面及顶面均应按抗弯计算配置受力钢筋，最小配筋率不应小于0.15%

**4**三管塔筏板基础各独立短柱间应设置连梁；连梁宽度不宜小于200mm，高度可取铁塔根开的1/10~1/15，且不宜小于300mm；基础连梁、柱的内力分析可采用空间刚架整体分析；柱正截面承载力应根据其受力特点按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010的6.2.21、6.2.25条计算，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算；连梁正承载力计算按6.2.17、6.2.23条，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算。

**5**三管塔筏板基础底板的构造应符合4.3.10的规定。

**6**三管塔筏板基础柱、连梁的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.2、9.3节的规定。

**5.3.2**桩基础



基础平面图 基础剖面图

**1**三管塔桩基础之桩基计算包括桩顶作用效应计算、桩基竖向抗压及抗拔承载力计算、桩身承载力计算等，均应按4.4.1～4.4.6的规定进行。

**2**三管塔桩基础各基桩间应设置连梁；连梁宽度不宜小于200mm，高度可取铁塔根开的1/10~1/15，且不宜小于300mm；基础连梁、柱的内力分析可采用空间刚架整体分析；基础连梁承载力计算应根据其受力特点按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010的之6.2.17、6.2.23、6.3.11、6.3.14条计算。

**3**三管塔桩基础基桩的构造应符合4.4.9的规定。

**4**三管塔桩基础连梁的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.2节的规定。

## 角钢塔基础设计

**5.4.1**独立基础



基础平面图 基础大样图及剖面图

**1**角钢塔独立基础的地基承载力按4.2.2条承受轴心荷载进行计算，抗拔稳定性计算应按4.7条的规定进行计算。

**2**角钢塔独立基础底板的抗冲切、抗弯验算应按4.3.4～4.3.9的规定进行计算。

**3**角钢塔独立基础间应设置连梁；连梁宽度不宜小于200mm，高度可取铁塔根开的1/10~1/15，且不宜小于300mm；基础连梁、柱的内力分析可采用空间刚架整体分析；柱正截面承载力应根据其受力特点按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010的6.2.21、6.2.25条计算，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算；连梁正承载力计算按6.2.17、6.2.23条，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算。

**4**角钢塔独立基础底板的构造应符合4.3.9的规定。

**5**角钢塔独立基础柱、连梁的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.2、9.3节的规定。

**5.4.2**桩基础



基础平面图 基础剖面图

**1**角钢塔桩基础之桩基计算包括桩顶作用效应计算、桩基竖向抗压及抗拔承载力计算、桩身承载力计算等，均按4.4.1～4.4.6的规定进行。

**2**角钢塔桩基础各独立短柱间应设置连梁；连梁宽度不宜小于200mm，高度可取铁塔根开的1/10~1/15，且不宜小于300mm；基础连梁、柱的内力分析可采用空间刚架整体分析；柱正截面承载力应根据其受力特点按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010的6.2.21、6.2.25条计算，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算；连梁正承载力计算按6.2.17、6.2.23条，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算。

**3**角钢塔桩基础基桩及承台的构造应符合4.4.8、4.4.9的规定。

**4**角钢塔桩基础柱、连梁的混凝土保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.2、9.3节的规定。

**5.4.3**筏板基础



基础平面图 基础剖面图

**1**角钢塔筏板基础地基承载力计算应按4.2.2条承受双向偏心荷载进行计算。

**2**角钢塔筏板基础通常可采用平板式筏板基础，筏板基础的尺寸应根据工程地质条件、角钢塔的荷载因素确定。

**3**角钢塔筏板基础混凝土强度等级不应低于C30。底板厚度应满足受冲切承载力的要求，其抗冲切计算、内力分析应按现行标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011之8.4.7、8.4.16条规定进行计算，抗冲切验算时可不考虑不平衡弯矩的影响。底板底面及顶面均应按抗弯计算配置受力钢筋，最小配筋率不应小于0.15%

**4**角钢塔筏板基础各独立短柱间应设置连梁；连梁宽度不宜小于200mm，高度可取铁塔根开的1/10~1/15，且不宜小于300mm；基础连梁、柱的内力分析可采用空间刚架整体分析；柱正截面承载力应根据其受力特点按现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010的之6.2.21、6.2.25条计算，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算；连梁正承载力计算按6.2.17、6.2.23条，斜截面承载力按6.3.11、6.3.14条计算。

**5**角钢塔筏板基础的构造应符合4.3.10的规定。

**6**角钢塔筏板基础柱、连梁的混凝土的保护层厚度，钢筋的锚固、连接，纵向受力钢筋的最小配筋率等应符合现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010之8.2、8.3、8.4、8.5、9.2、9.3节的规定。

# 铁塔基础类型的选择建议

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 塔型 | 基础类型 | 地质条件 | 上部结构荷载 | 施工条件 | 建设场地 |
| 单管塔  （路灯杆塔、仿生树、景观塔） | 扩展基础 | 好 | 大、中、小 | 具备较好的施工条件，便于施工设备进出场地 | 田野、乡村等较为空旷的场地 |
| 较好、一般 | 中、小 |
| 较差 | 小 |
| 群桩－承台基础 | 一般 | 大、中、小 | 便于桩基的施工，可以进行机械钻孔或预制桩沉桩 | 田野、乡村等场地，同时对占地面积有一定要求的地区 |
| 较差 | 中、小 |
| 差 | 小 |
| 单桩基础 | 较好、一般 | 大、中、小 | 便于桩基的施工，可以进行机械钻孔或人工挖孔 | 城市市区等对征地面积受限的地区，也适用于田野、乡村等较为空旷的场地 |
| 较差、差 | 中、小 |
| 刚性短桩基础 | 较好、一般 | 大、中、小 |
| 较差、差 | 中、小 |
| 三管塔 | 筏板基础 | 好、较好 | 大、中、小 | 具备较好的施工条件，便于施工设备进出场地 | 田野、乡村等较为空旷的场地 |
| 一般 | 中、小 |
| 较差 | 小 |
| 桩基础 | 一般 | 大、中、小 | 便于桩基的施工，可以进行机械钻孔或人工挖孔 | 田野、乡村等场地，同时对占地面积有一定要求的地区 |
| 较差 | 中、小 |
| 差 | 小 |
| 角钢塔 | 扩展基础 | 好、较好 | 大、中、小 | 具备较好的施工条件，便于施工设备进出场地 | 田野、乡村等较为空旷的场地 |
| 一般 | 中、小 |
| 较差 | 小 |
| 筏板基础 | 好、较好 | 大、中、小 | 田野、乡村等场地，同时对占地面积有一定要求的地区 |
| 一般 | 中、小 |
| 较差 | 小 |
| 桩基础 | 一般 | 大、中、小 | 便于桩基的施工，可以进行机械钻孔或人工挖孔 |
| 较差 | 中、小 |
| 差 | 小 |

注：1、地质条件分类说明：差fak≤60kPa，较差60kPa <fak≤80kPa，一般80kPa <fak≤100kPa，较好100kPa <fak≤130kPa，好130kPa ≤fak

　　2、上部结构荷载分类说明：大－单管塔、三管塔底部弯矩标准值≥2000kN•m，角钢塔塔脚压力标准值≥550kN；中－2000kN•m >单管塔、三管塔底部弯矩标准值≥1000kN•m，550kN >角钢塔塔脚压力标准值≥350kN；小－1000kN•m >单管塔、三管塔底部弯矩标准值，350kN >角钢塔塔脚压力标准值；

# 铁塔基础示意图例

## 示意图例编制说明

**7.1.1** 编制依据

**1**《建筑工程设计文件编制深度规定》（2008年版）建质〔2008〕216

**2**《房屋建筑制图统一标准》GB/T50105-2010

**3**《建筑结构制图标准》GB/T50105-2010

**7.1.2** 编制原则及目的

在满足有关设计深度规定和制图标准的要求下，以实际工程中普遍采用的通信铁塔基础施工图为例，对基础的设计深度和制图标准予以细化和图例化，为通信铁塔基础施工图的编制提供一种示范画法，以利于保证通信铁塔基础施工图设计质量。

**7.1.3** 适用范围

**1**本图例提供的图纸内容、表示深度和绘制方法适用于通信铁塔基础施工图的编制。

**2**本图例所采用的通信铁塔基础示意实例只对图纸深度和内容进行表达，不得将其直接应用于施工，通信铁塔基础设计方案和设计参数应根据塔型、荷载、地质条件、地下水位深浅等条件由设计院确定；防雷接地应根据基站构筑物的形式、地理位置、周边环境、地质气候条件、土壤组成、土壤电阻率等因素进行设计，地网周边边界应根据基站所处地理环境与地形等因素确定。

**7.1.4** 图例内容

本图例按一般通信铁塔基础施工图内容，分别为：图纸目录、总平面图、铁塔基础图及设计说明、桩身大样、地脚锚栓大样图、防雷接地图等，针对具体工程尚应满足甲方特殊要求。

## 示意图例汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 塔型 | 基础类型 | 示意图例名称 | 图纸总张数 |
| 1 | 单管塔（路灯杆塔、仿生树、景观塔） | 扩展基础 | DGT(C)-40-0.35-3PT扩展基础 | 4 |
| 2 | 群桩－承台基础 | DGT(C)-40-0.45-3PT群桩－承台(钻孔桩)基础 | 4 |
| 3 | 刚性短桩基础 | DGT(D)-35-0.65-3ZJ人工挖孔桩基础 | 4 |
| 4 | DGT(C)-40-0.35-3PT钻孔灌注桩基础 | 4 |
| 5 | 三管塔 | 筏板基础 | 3GT-45-0.35-4PT筏板基础 | 4 |
| 6 | 桩基础 | 3GT-45-0.35-4PT人工挖土桩基础 | 4 |
| 7 | 3GT-45-0.35-4PT钻孔灌注桩基础 | 4 |
| 8 | 角钢塔 | 扩展基础 | JGT-45-0.65-4PT独立基础 | 4 |
| 9 | 筏板基础 | JGT-45-0.65-4PT筏板基础 | 4 |
| 10 | 桩基础 | JGT-50-0.65-4PT人工挖孔桩基础 | 5 |
| 11 | JGT-50-0.65-4PT钻孔灌注桩基础 | 5 |