

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 187 - 2009

备案号 J953 - 2009

塔式起重机混凝土基础工程技术规程

Technical specification for concrete foundation
engineering of tower cranes

2009 - 10 - 30 发布

2010 - 07 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

塔式起重机混凝土基础工程技术规程

Technical specification for concrete foundation
engineering of tower cranes

JGJ/T 187-2009

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 0 年 7 月 1 日

中国建筑工业出版社

2009 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 421 号

关于发布行业标准《塔式起重机混凝土基础 工程技术规程》的公告

现批准《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》为行业标准，编号为 JGJ/T 187-2009，自 2010 年 7 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2009 年 10 月 30 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划(第一批)〉的通知》(建标[2008]102号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定了本规程。

本规程的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.基本规定;4.地基计算;5.板式和十字形基础;6.桩基础;7.组合式基础;8.施工及质量验收。

本规程由住房和城乡建设部负责管理,由华丰建设股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送华丰建设股份有限公司(地址:浙江省宁波市科技园区江南路1017号,邮政编码:315040)。

本规程主编单位:华丰建设股份有限公司
中国建筑科学研究院

本规程参编单位:浙江大学
浙江大学宁波理工学院
歌山建设集团有限公司
华锦建设股份有限公司
浙江省建设机械集团有限公司
中建六局第二建筑工程有限公司

本规程主要起草人:华锦耀 罗文龙 王兼嵘 谢新宇
吴佳雄 方鹏飞 吕国玉 赵剑泉
吴恩宁 张 辉

本规程主要审查人:钱力航 潘秋元 樊良本 张振拴
李耀良 刘启安 顾仲文 刘兴旺
朱良锋

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	6
4	地基计算	8
4.1	地基承载力计算	8
4.2	地基变形计算	12
4.3	地基稳定性计算	13
5	板式和十字形基础	14
5.1	一般规定	14
5.2	构造要求	14
5.3	基础计算	15
6	桩基础	17
6.1	一般规定	17
6.2	构造要求	17
6.3	桩基计算	19
6.4	承台计算	21
7	组合式基础	26
7.1	一般规定	26
7.2	基础构造	27
7.3	基础计算	27
8	施工及质量验收	32
8.1	基础施工	32
8.2	地基土检查验收	33

8.3 基础检查验收	33
8.4 桩基检查验收	34
8.5 格构式钢柱检查验收	35
附录 A 塔机风荷载计算	36
附录 B 格构式钢柱缀件的构造要求	42
本规程用词说明	44
引用标准名录	45
附: 条文说明	47

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Calculation of Foundation Soil	8
4.1	Bearing Capacity of Foundation Soil	8
4.2	Deformation of Foundation Soil	12
4.3	Stability Capacity of Foundation Soil	13
5	Slab and Cross Foundation	14
5.1	General Requirements	14
5.2	Constructional Requirements	14
5.3	Foundation Calculation	15
6	Pile Foundation	17
6.1	General Requirements	17
6.2	Constructional Requirements	17
6.3	Pile Foundation Calculation	19
6.4	Pile Cap Calculation	21
7	Combined Foundation	26
7.1	General Requirements	26
7.2	Constructional Requirements of Foundation	27
7.3	Foundation Calculation	27
8	Construction, Quality Inspection and Acceptance	32
8.1	Foundation Construction	32
8.2	Inspection and Acceptance of Foundation Soil	33

8.3	Inspection and Acceptance of Foundation	33
8.4	Inspection and Acceptance of Pile Foundation	34
8.5	Inspection and Acceptance of Lattice Steel Column	35
Appendix A	Wind Load Calculation of a Tower Crane	36
Appendix B	Constructional Requirements of a Lattice Steel Column	42
	Explanation of Wording in This Specification	44
	Normative Standards	45
	Explanation of Provisions	47

1 总 则

1.0.1 为了在塔式起重机（以下简称塔机）混凝土基础工程的设计与施工中做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境、方便施工，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程施工过程中的塔机混凝土基础工程的设计及施工。

1.0.3 塔机混凝土基础工程的设计与施工应根据地质勘察资料，综合考虑工程结构类型及布置、施工条件、环境影响、使用条件和工程造价等因素，因地制宜，做到科学设计、精心施工。

1.0.4 本规程规定了塔机混凝土基础工程的设计与施工的基本技术要求。当本规程与国家法律、行政法规的规定相抵触时，应按国家法律、行政法规的规定执行。

1.0.5 塔机混凝土基础工程的设计与施工，除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 塔式起重机混凝土基础 concrete foundation of tower crane

用于安装固定塔机、保证塔机正常使用且传递其各种作用到地基的混凝土结构。

2.1.2 组合式基础 combined foundation

由若干格构式钢柱或钢管柱与其下端连接的基桩以及上端连接的混凝土承台或型钢平台组成的基础。

2.1.3 十字形基础 cross foundation

由长度和截面相同的两条相互垂直等分且节点加腋的混凝土条形基础组成的基础。

2.1.4 塔式起重机的独立状态 independent state of tower crane

塔机与邻近建筑物无任何连接的状态。

2.1.5 塔式起重机的附着状态 attachment state of tower crane

塔机通过附着装置与邻近建筑物连接的状态。

2.1.6 塔式起重机自重荷载 dead load of tower crane

塔机各部分(包括平衡重)的重力作用。

2.1.7 塔式起重机起重荷载 lifting load of tower crane

塔机总起重量的重力作用。

2.1.8 基本风压 reference wind pressure

作用在塔机上风荷载的基准压力。

2.1.9 工作状态 in-service state

塔机处于司机控制之下进行作业的状态(吊载运转、空载运转或间歇停机)。

2.1.10 非工作状态 out of service state

塔机处于所有机构停止运动、切断动力电源、不吊载,并采取防风保护措施的状态。

2.1.11 最大起重力矩 maximum load moment

最大额定起重量重力与其在设计确定的各种组合臂长中所能达到的最大工作幅度的乘积。

2.1.12 结构充实率 structural adequacy ratio

塔机迎风面杆件和节点净投影面积除以迎风面轮廓面积的值。

2.1.13 等效均布风荷载 equivalent uniform wind load

根据荷载效应相等的原则,将塔机沿计算高度分布的风荷载标准值换算为均布的风荷载标准值。

2.1.14 塔式起重机的基础节 the based segment of tower crane

塔机塔身和基础相连接的一节。

2.1.15 塔式起重机的预埋节 the embedded segment of tower crane

塔机塔身预埋入基础且和基础节相连接的一节。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应

F_{gk} ——塔机各部分的自重荷载标准值;

F_g ——考虑荷载分项系数的塔机自重荷载设计值;

F_{qk} ——塔机的起重荷载标准值;

F_q ——考虑荷载分项系数的塔机起重荷载设计值;

F_k ——荷载效应标准组合时,塔机作用于基础顶面的竖向力;

F ——荷载效应基本组合时,塔机作用于基础的竖向力;

F_{vk} ——荷载效应标准组合时,塔机作用于基础顶面的水平力;

- F_v ——荷载效应基本组合时,塔机作用于基础顶面的水平力;
- G_k ——基础自重及其上土的自重标准值;
- G ——考虑荷载分项系数的基础自重及其上土的自重;
- M_k ——塔机作用于基础的力矩或截面的弯矩标准值;
- M ——塔机作用于基础的力矩或截面的弯矩设计值;
- M_{sk} ——塔机风荷载作用于基础顶面的力矩标准值;
- M_s ——塔机风荷载作用于基础顶面的力矩设计值;
- N ——作用于格构式钢柱的轴心力设计值;
- P_k ——相应于荷载效应标准组合时,基础底面处的平均压力值;
- P_i ——相应于荷载效应基本组合时,基础 i 截面对应的底面压力设计值;
- Q_k ——相应于荷载效应标准组合时的单桩所受竖向力标准值;
- Q ——相应于荷载效应基本组合时的单桩轴向压力设计值;
- Q' ——相应于荷载效应基本组合时的单桩轴向拔力设计值;
- q_{sk} ——塔机所受风均布线荷载标准值;
- q_s ——塔机所受风均布线荷载设计值;
- T_k ——塔机作用于基础的扭矩标准值;
- T ——塔机作用于基础的扭矩设计值;
- w_0 ——基本风压。

2.2.2 抗力和材料性能

- f_a ——修正后的地基承载力特征值;
- f_{ak} ——地基承载力特征值;
- f_{spk} ——复合地基承载力特征值;
- f_c ——混凝土轴心受压强度设计值;
- f_y ——普通钢筋强度设计值;

q_{pa} ——桩端土的承载力特征值;

q_{sa} ——桩周土的摩阻力特征值;

R_a ——单桩竖向承载力特征值;

R'_a ——单桩竖向抗拔承载力特征值。

2.2.3 几何参数

A ——基础底面面积;

A_p ——桩的截面积;

B ——塔机的塔身桁架结构宽度;

b ——矩形基础底面或基础梁截面的宽度;

d ——桩身直径、方桩截面边长或基础埋置深度;

H ——塔机的计算高度或格构式钢柱的总长度;

H_0 ——塔机的起重高度或格构式钢柱的计算长度;

h ——基础或基础梁截面的高度;

h_0 ——基础截面有效高度;

L ——矩形承台对角线上两端桩轴线的距离;

l ——矩形基础底面长度;

U_p ——桩的截面周长。

2.2.4 计算系数

α ——塔机的风向系数;

α_0 ——塔机桁架结构的平均充实率;

β_z ——风振系数;

η_b ——基础宽度的承载力修正系数;

η_d ——基础埋深的承载力修正系数;

λ ——基桩抗拔系数或轴心受压构件的长细比;

μ_z ——风压等效高度变化系数;

μ_s ——风荷载体型系数;

φ ——轴心受压构件的稳定系数。

3 基本规定

3.0.1 塔机的基础形式应根据工程地质、荷载大小与塔机稳定性要求、现场条件、技术经济指标，并结合塔机制造商提供的《塔机使用说明书》的要求确定。

3.0.2 塔机基础的设计应按独立状态下的工作状态和非工作状态的荷载分别计算。塔机基础工作状态的荷载应包括塔机和基础的自重荷载、起重荷载、风荷载，并应计入可变荷载的组合系数，其中起重荷载不应计入动力系数；非工作状态下的荷载应包括塔机和基础的自重荷载、风荷载。

3.0.3 塔机工作状态的基本风压应按 0.20kN/m^2 取用，风荷载作用方向应按起重力矩同向计算；非工作状态的基本风压应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 中给出的 50 年一遇的风压取用，且不小于 0.35kN/m^2 ，风荷载作用方向应从平衡臂吹向起重臂；塔机的风荷载可按本规程附录 A 的规定进行简化计算。

3.0.4 塔机基础和地基应分别按下列规定进行计算：

- 1 塔机基础及地基均应满足承载力计算的有关规定；
- 2 不符合本规程第 4.2.1 条规定的塔机基础应进行地基变形计算；
- 3 不符合本规程第 4.3.1 条规定的塔机基础应进行稳定性计算。

3.0.5 地基基础设计时所采用的荷载效应最不利组合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荷载效应应按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合，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，传至基础底面上的荷载效应应按正常使用极限状态下荷载效应的准永久组合，相应的限值应为地基变形允许值；

3 计算基坑边坡或斜坡稳定性，荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合计算，其分项系数均应取 1.0；

4 在确定基础或桩承台高度、计算基础内力、确定配筋和验算材料强度时，传给基础的荷载效应组合和相应的基底反力，应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合计算，并应采用相应的分项系数；

5 基础设计的结构重要性系数应取 1.0。

3.0.6 塔机基础设计缺少计算资料时，可采用塔机制造商提供的《塔机使用说明书》的基础荷载，包括工作状态和非工作状态的垂直荷载、水平荷载、倾覆力矩、扭矩以及非工作状态的基本风压；若非工作状态时塔机现场的基本风压大于《塔机使用说明书》提供的基本风压，则应按本规程附录 A 的规定对风荷载予以换算。

3.0.7 塔机独立状态的计算高度 (H) 应按基础顶面至锥形塔帽一半处高度或平头式塔机的臂架顶取值。

3.0.8 塔机地基基础设计，可以所在工程的《岩土工程勘察报告》作为地质条件的依据，必要时应在设定的塔机基础位置补充勘探点。

4 地基计算

4.1 地基承载力计算

4.1.1 塔机在独立状态时, 作用于基础的荷载应包括塔机作用于基础顶的竖向荷载标准值 (F_k)、水平荷载标准值 (F_{vk})、倾覆

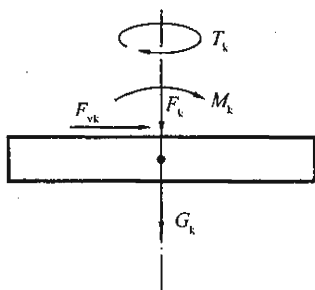


图 4.1.1 基础荷载

力矩 (包括塔机自重、起重荷载、风荷载等引起的力矩) 荷载标准值 (M_k)、扭矩荷载标准值 (T_k), 以及基础及其上土的自重荷载标准值 (G_k), 见图 4.1.1。

4.1.2 矩形基础地基承载力计算应符合下列规定:

1 基础底面压力应符合下列公式要求:

1) 当轴心荷载作用时:

$$p_k \leq f_a \quad (4.1.2-1)$$

式中: p_k —— 相应于荷载效应标准组合时, 基础底面处的平均压力值;

f_a —— 修正后的地基承载力特征值。

2) 当偏心荷载作用时, 除符合式 (4.1.2-1) 要求外, 尚应符合下式要求:

$$p_{kmax} \leq 1.2f_a \quad (4.1.2-2)$$

式中: p_{kmax} —— 相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最大压力值。

2 基础底面的压力可按下列公式确定:

1) 当轴心荷载作用时:

$$p_k = \frac{F_k + G_k}{bl} \quad (4.1.2-3)$$

式中: F_k ——塔机作用于基础顶面的竖向荷载标准值;

G_k ——基础及其上土的自重标准值;

b ——矩形基础底面的短边长度;

l ——矩形基础底面的长边长度。

2) 当偏心荷载作用时:

$$p_{kmax} = \frac{F_k + G_k}{bl} + \frac{M_k + F_{vk} \cdot h}{W} \quad (4.1.2-4)$$

式中: M_k ——相应于荷载效应标准组合时, 作用于矩形基础顶面短边方向的力矩值;

F_{vk} ——相应于荷载效应标准组合时, 作用于矩形基础顶面短边方向的水平荷载值;

h ——基础的高度;

W ——基础底面的抵抗矩。

3) 当偏心距 $e > \frac{b}{6}$ 时 (图 4.1.2), p_{kmax} 应按下式计算:

$$p_{kmax} = \frac{2(F_k + G_k)}{3la} \quad (4.1.2-5)$$

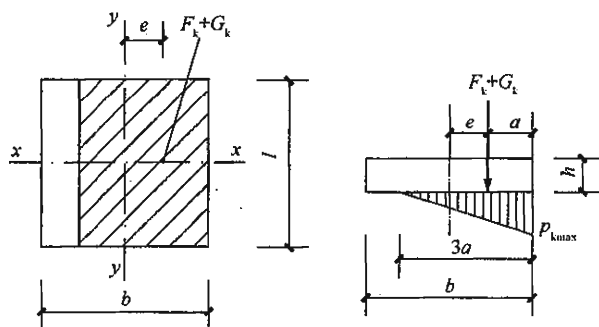


图 4.1.2 单向偏心荷载 ($e > \frac{b}{6}$) 作用下的

基底压力计算示意

式中: a ——合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离。

3 偏心距 e 应按式 (4.1.2-6) 计算, 并应符合式 (4.1.2-7) 要求:

$$e = \frac{M_k + F_{kv} \cdot h}{F_k + G_k} \quad (4.1.2-6)$$

$$e \leq b/4 \quad (4.1.2-7)$$

4 当塔机基础为十字形时, 可采用简化算法, 即倾覆力矩标准值 (M_k)、水平荷载标准值 (F_{kv}) 仅由与其作用方向相同的条形基础承载, 竖向荷载标准值 (F_k 和 G_k) 应由全部基础承载。

4.1.3 方形基础和底面边长比小于或等于 1.1 的矩形基础应按双向偏心受压作用验算地基承载力, 塔机倾覆力矩的作用方向应取基础对角线方向 (图 4.1.3), 基础底面的压力应符合下列公式要求:

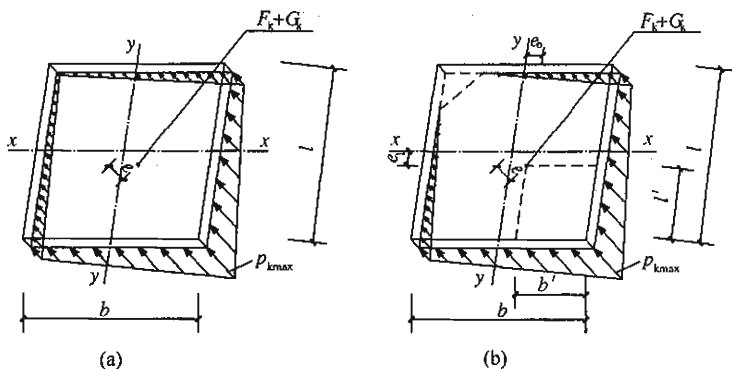


图 4.1.3 双向偏心荷载作用下矩形基础的基底压力

(a) 偏心荷载在核心区内; (b) 偏心荷载在核心区外

$$p_k \leq f_a \quad (4.1.3-1)$$

$$p_{kmax} \leq 1.2 f_a \quad (4.1.3-2)$$

1 当偏心荷载合力作用点在核心区内时 ($p_{kmin} \geq 0$):

$$p_{kmax} = \frac{F_k + G_k}{A} + \frac{M_{kx}}{W_x} + \frac{M_{ky}}{W_y} \quad (4.1.3-3)$$

$$p_{kmin} = \frac{F_k + G_k}{A} - \frac{M_{kx}}{W_x} - \frac{M_{ky}}{W_y} \quad (4.1.3-4)$$

式中: p_{kmax} 、 p_{kmin} ——相应于荷载效应标准组合时, 基础底面边缘的最大、最小压力值;

F_k ——塔机作用于基础顶面的竖向荷载标准值;

G_k ——基础及其上土的自重标准值;

A ——基础底面面积;

M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于荷载效应标准组合时, 作用于基础底面对 x 、 y 轴的力矩值;

W_x 、 W_y ——基础底面对 x 、 y 轴的抵抗矩。

2 当偏心荷载合力作用点在核心区外时 ($p_{kmin} < 0$):

$$p_{kmax} = \frac{F_k + G_k}{3b'l'} \quad (4.1.3-5)$$

$$e = \frac{M_k + F_{kv} \cdot h}{F_k + G_k} \quad (4.1.3-6)$$

$$b'l' \geq 0.125bl \quad (4.1.3-7)$$

$$b' = \frac{b}{2} - e_b \quad (4.1.3-8)$$

$$l' = \frac{l}{2} - e_l \quad (4.1.3-9)$$

式中: F_{kv} ——相应于荷载效应标准组合时, 作用于基础顶面的水平荷载值;

e ——偏心距;

b ——方形基础和底面边长比小于或等于 1.1 的矩形基础 x 方向的底面边长;

l ——方形基础和底面边长比小于或等于 1.1 的矩形基础 y 方向的底面边长;

h ——基础的高度;

b' ——偏心荷载合力作用点至 e_b 一侧 x 方向基础边缘的距离;

l' ——偏心荷载合力作用点至 e_l 一侧 y 方向基础边缘的

距离；

e_b —— 偏心距在 x 方向的投影长度；

e_l —— 偏心距在 y 方向的投影长度。

4.1.4 基础底面允许部分脱开地基土的面积不应大于底面全面积的 $1/4$ 。

4.1.5 地基承载力特征值按《岩土工程勘察报告》取用，当基础宽度大于 3m 或埋置深度大于 0.5m 时，应将《岩土工程勘察报告》提供的地基承载力特征值或荷载试验等方法确定的地基承载力特征值，按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行修正。

4.1.6 对于经过地基处理的复合地基的承载力特征值，应按现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的规定进行计算。

4.1.7 当地基受力层范围内存在软弱下卧层时，应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行下卧层承载力验算。

4.2 地基变形计算

4.2.1 当地基主要受力层的承载力特征值 (f_{ak}) 不小于 130kPa 或小于 130kPa 但有地区经验，且黏性土的状态不低于可塑（液性指数 I_L 不大于 0.75 ）、砂土的密实度不低于稍密时，可不进行塔机基础的天然地基变形验算，其他塔机基础的天然地基均应进行变形验算。

注：地基主要受力层指塔机板式基础下为 $1.5b$ (b 为基础底面宽度)，十字形基础下为 $3b$ (b 为其中任一条形基础的底面宽度)，且厚度不小于 5m 范围内的地基土层。

4.2.2 当塔机基础符合下列情况之一时，应进行地基变形验算：

- 1 基础附近地面有堆载可能引起地基产生过大的不均匀沉降；
- 2 地基持力层下有软弱下卧层或厚度较大的填土。

4.2.3 基础下的地基变形计算可按现行国家标准《建筑地基基

础设计规范》GB 50007 的规定执行。

4.2.4 基础的沉降量不得大于 50mm；倾斜率 ($\tan\theta$) 不得大于 0.001，且应按下式计算：

$$\tan \theta = \frac{|s_1 - s_2|}{b} \quad (4.2.4)$$

式中： θ ——基础底面的倾角 ($^\circ$)；

s_1 、 s_2 ——基础倾斜方向两边缘的最终沉降量 (mm)；

b ——基础倾斜方向的基底宽度 (mm)。

4.3 地基稳定性计算

4.3.1 当塔机基础底标高接近边坡坡底或基坑底部，并符合下列要求之一时，可不作地基稳定性验算 (图 4.3.1)：

1 a 不小于 2.0m， c 不大于 1.0m， f_{ak} 不小于 130kN/m²，且地基持力层下无软弱下卧层；

2 采用桩基础。

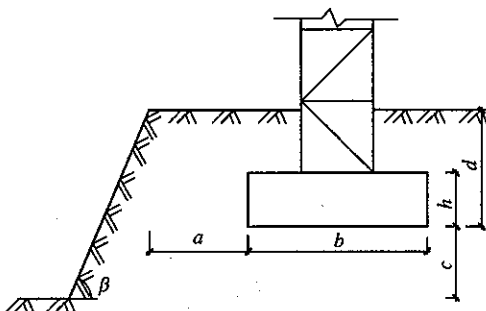


图 4.3.1 基础位于边坡的示意

a —基础底面外边缘线至坡顶的水平距离； b —垂

直于坡顶边缘线的基础底面边长； c —基础底面

至坡 (坑) 底的竖向距离； d —基础埋置深度；

β —边坡坡角

4.3.2 处于边坡内且不符合本规程第 4.3.1 条规定的塔机基础，应根据地区经验采用圆弧滑动面方法进行边坡的稳定性分析。

5 板式和十字形基础

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土基础的形式构造应根据塔机制造商提供的《塔机使用说明书》及现场工程地质等要求,选用板式基础或十字形基础。

5.1.2 确定基础底面尺寸和计算基础承载力时,基底压力应符合本规程第4章地基计算的规定;基础配筋应按受弯构件计算确定。

5.1.3 基础埋置深度的确定应综合考虑工程地质、塔机的荷载大小和相邻环境条件及地基土冻胀影响等因素。基础顶面标高不宜超出现场自然地面。在冻土地区的基础应采取构造措施避免基底及基础侧面的土受冻胀作用。

5.2 构造要求

5.2.1 基础高度应满足塔机预埋件的抗拔要求,且不宜小于1000mm,不宜采用坡形或台阶形截面的基础。

5.2.2 基础的混凝土强度等级不应低于C25,垫层混凝土强度等级不应低于C10,混凝土垫层厚度不宜小于100mm。

5.2.3 板式基础在基础表层和底层配置直径不应小于12mm、间距不应大于200mm的钢筋,且上、下层主筋应用间距不大于500mm的竖向构造钢筋连接;十字形基础主筋应按梁式配筋,主筋直径不应小于12mm,箍筋直径不应小于8mm且间距不应大于200mm,侧向构造纵筋的直径不应小于10mm且间距不应大于200mm。板式和十字形基础架立筋的截面积不宜小于受力筋截面积的一半。

5.2.4 预埋于基础中的塔机基础节锚栓或预埋节,应符合塔机