

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ/T 301 – 2013

备案号 J 1597 – 2013

大型塔式起重机混凝土基础工程 技术规程

Technical specification for concrete foundation engineering
of large tower cranes

2013 – 06 – 24 发布

2014 – 01 – 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

大型塔式起重机混凝土基础工程
技术规程

Technical specification for concrete foundation engineering
of large tower cranes

JGJ/T 301 - 2013

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 4 年 1 月 1 日

中国建筑工业出版社

2013 北 京

中华人民共和国行业标准
大型塔式起重机混凝土基础工程
技术规程

Technical specification for concrete foundation engineering
of large tower cranes

JGJ/T 301 - 2013

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：2¼ 字数：61 千字

2013 年 10 月第一版 2013 年 10 月第一次印刷

定价：11.00 元

统一书号：15112·23747

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 65 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《大型塔式起重机混凝土基础工程 技术规程》的公告

现批准《大型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 301 - 2013，自 2014 年 1 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

2013 年 6 月 24 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2012年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2012〕5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，编制本规程。

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. 设计；5. 构件制作及装配与拆卸；6. 检查与验收。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由北京九鼎同方技术发展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，请寄送北京九鼎同方技术发展有限公司（地址：北京市昌平区昌平北站广场西侧，邮政编码：102200）。

本 规 程 主 编 单 位：北京九鼎同方技术发展有限公司
国强建设集团有限公司

本 规 程 参 编 单 位：中国建筑科学研究院建筑机械化研究
分院
清华大学
同济大学
北京工业大学
北京起重运输机械设计研究院

本规程主要起草人员：赵正义 路全满 陈 希 杨亦贵
李守林 钱稼茹 薛伟辰 彭凌云
赵春晖 果 刚 郝雨辰 王兴玲
杨宏建 罗 刚 王银可

本规程主要审查人员：杨嗣信 钱力航 魏吉祥 徐克诚
孙宗辅 惠跃荣 华锦耀 熊学玉
郑念中 黄轶逸 施锦飞

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	设计	10
4.1	一般规定	10
4.2	结构设计计算	11
4.3	地基承载力	13
4.4	地基稳定性	16
4.5	剪切承载力	17
4.6	非预应力钢筋	18
4.7	预应力筋和连接螺栓	19
4.8	构造要求	21
5	构件制作及装配与拆卸	25
5.1	构件制作	25
5.2	装配与拆卸	26
6	检查与验收	30
6.1	检验与验收	30
6.2	报废条件	31
附录 A	检验及验收表	33
本规程	用词说明	37
引用标准	名录	38
附：	条文说明	39

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
4	Design	10
4.1	General Requirements	10
4.2	Calculations for Structural Design	11
4.3	Bearing Capacity of Soils	13
4.4	Stability of Soils	16
4.5	Shear Strength	17
4.6	Non Prestressed Tendon	18
4.7	Prestressed Tendon and Connecting Bolts	19
4.8	Detailing Requirements	21
5	Fabrication of Components, Installation and Dismantle	25
5.1	Fabrication of Components	25
5.2	Installation and Dismantle	26
6	Quality Control	30
6.1	Inspection and Acceptance	30
6.2	Scrap Conditions	31
	Appendix A Tables for Detection and Acceptance	33
	Explanation of Wording in This Specification	37
	List of Quoted Standards	38
	Addition; Explanation of Provisions	39

1 总 则

1.0.1 为规范大型塔式起重机混凝土基础工程的技术要求，做到技术先进、安全适用、节能环保和保证质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程施工中额定起重力矩 $400\text{kN}\cdot\text{m}\sim 3000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的固定式塔式起重机装配式混凝土基础（简称装配式塔机基础）的设计、构件制作、装配与拆卸、检查与验收。

1.0.3 装配式塔机基础的设计、构件制作、装配与拆卸、检查与验收，除应符合本规程外，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 大型塔式起重机混凝土基础 concrete foundation for large tower crane

设于额定起重力矩 $400\text{kN} \cdot \text{m} \sim 3000\text{kN} \cdot \text{m}$ 的固定式塔式起重机之下，并与其垂直连接的、由一组截面为倒 T 形预制混凝土构件水平组合装配而成、可重复装配使用的梁板结构。

2.1.2 中心件 center piece

位于装配式塔机基础平面中心部位的预制混凝土构件。

2.1.3 过渡件 transition connecting piece

位于装配式塔机基础中心件与端件之间，并沿基础梁平面十字轴线对称设置的、其外立面与中心件和端件的外立面之间紧密配合的预制混凝土构件。

2.1.4 端件 end piece

位于装配式塔机基础外端，其外立面与过渡件的外立面紧密配合的预制混凝土构件。

2.1.5 基础梁 foundation beam

位于装配式塔机基础底板之上并与底板连成一体的、平面为十字形的混凝土结构。

2.1.6 混凝土抗剪件 concrete shear member

设于装配式塔机基础预制混凝土构件相邻立面上紧密配合的钢筋混凝土凹凸键。

2.1.7 钢定位键 steel key

设于装配式塔机基础预制混凝土构件相邻立面上紧密配合的钢质凹凸键。

2.1.8 水平连接构造 horizontal connection structure

设于装配式塔机基础的预制混凝土构件中，能使预制混凝土构件水平连接成整体、能承受塔机荷载的构造。

2.1.9 垂直连接构造 vertical connection structure

设于装配式塔机基础的预制混凝土构件的上部，能使塔机与装配式塔机基础垂直连接、保证塔机稳定及安全使用的构造。

2.1.10 压重件 pressure part

设于装配式塔机基础底板上能补足基础预制混凝土构件的总重力与基础设计总重力的差额的预制混凝土配重件或固体散料。

2.1.11 散料仓壁板 bulk silo wall

设于装配式塔机基础外缘与基础梁板结构连接的、防止固体散料移动的混凝土板或钢板。

2.1.12 转换件 conversion device

能使一种形式的装配式塔机基础与多种形式的塔机垂直连接并可重复使用的构件。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能：

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值；

f_t —— 混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_{vl} —— 钢定位键的抗剪强度设计值；

f_{ptk} —— 钢绞线极限强度标准值；

f_y 、 f_{yv} —— 斜筋、箍筋的抗拉强度设计值。

2.2.2 作用和作用效应：

f_a —— 修正后的地基承载力特征值；

$[F]$ —— 垂直连接螺栓的最大容许作用力；

F —— 单根垂直连接螺栓的承载力设计值；

F_g —— 基础的自重及压重的标准值；

F_k —— 相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的垂直荷载标准值；

F_L —— 单根垂直连接螺栓的承载力标准值；

F_n ——相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的水平荷载标准值；

F_v ——相应于作用的基本组合下塔机作用于基础顶面的垂直荷载；

M ——相应于作用的基本组合下塔机作用于基础底面的倾覆力矩值；

M_D ——装配式塔机基础抗倾覆力矩值；

M_H ——滑动力矩；

M_k ——相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的力矩标准值；

M_R ——抗滑力矩；

p_k ——相应于作用的标准组合下基础底面的平均压力值；

$p_{k,max}$ ——相应于作用的标准组合下基础底面边缘的最大压力值；

$p_{k,min}$ ——相应于作用的标准组合下基础底面边缘的最小压力值；

T_k ——相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的扭矩标准值；

V_{CS} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力的设计值；

V_D ——配置斜筋处剪力设计值；

V_Q ——混凝土抗剪件截面剪力设计值；

σ_{con} ——钢绞线的张拉控制应力设计值；

σ_{pe} ——钢绞线的有效预应力；

σ_l ——钢绞线的全部预应力损失值。

2.2.3 几何参数：

A ——基础底面面积；

A_0 ——单根钢绞线的截面面积；

A_{p1} 、 A_{p2} ——下部、上部钢绞线束总截面面积；

A_{s0} ——钢定位键的截面面积；

A_{sb} ——同一截面内斜筋的截面面积；

A_{sv} ——同一截面内各肢箍筋的全部截面面积；

b ——正方形基础边长；

b' ——基础梁截面的宽度；

h ——基础的高度；

h_0 ——基础梁截面的有效高度；

h_j ——混凝土抗剪件的截面高度；

l ——塔身的宽度；

S ——基础梁纵向的箍筋间距；

W ——基础底面的抵抗矩。

2.2.4 计算系数：

k_1 ——安全系数；

β ——折减系数。

3 基本规定

3.0.1 装配式塔机基础的地基应符合现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的规定。

3.0.2 装配式塔机基础的水平组合形式应为倒 T 形截面的各预制混凝土构件通过十字交叉无粘结预应力钢绞线水平连接成底板平面为正方形，与其上的十字形基础梁为一体可重复装配的梁板结构，该十字形基础梁的中心与基础底板中心重合（图 3.0.2），

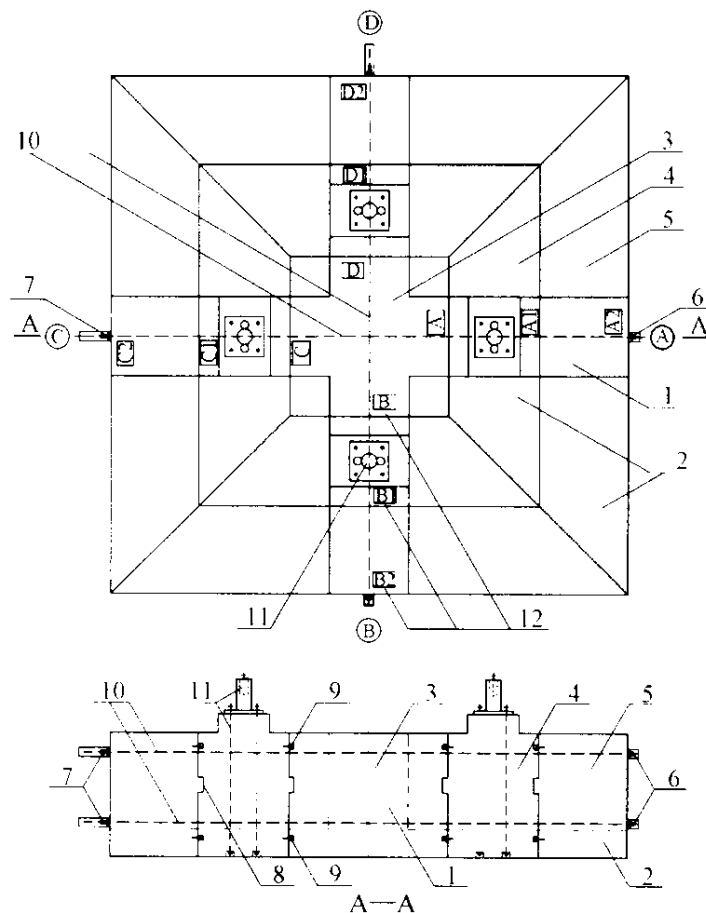


图 3.0.2 装配式塔机基础的平面、剖面示意

- 1 基础梁；2 底板；3—中心件；4—过渡件；5—端件；6—固定端；
7—张拉端；8—混凝土抗剪件；9—钢定位键；10—钢绞线束及预埋孔道；11—垂直连接构造；12—预制混凝土构件安装方位编号

并应在底板上设置压重件；同一套装配式塔机基础的各预制混凝土构件的平面位置及方向应固定，且不得换位装配；非同一套装配式塔机基础的预制混凝土构件不得混合装配。

3.0.3 装配式塔机基础预制混凝土构件的连接面上应设置混凝土抗剪件，预制混凝土构件连接后混凝土抗剪件应相互吻合，并应在预制混凝土构件连接面上设置钢定位键。

3.0.4 在装配式塔机基础上，应设置能与塔机进行垂直连接的转换件（图 3.0.4）。

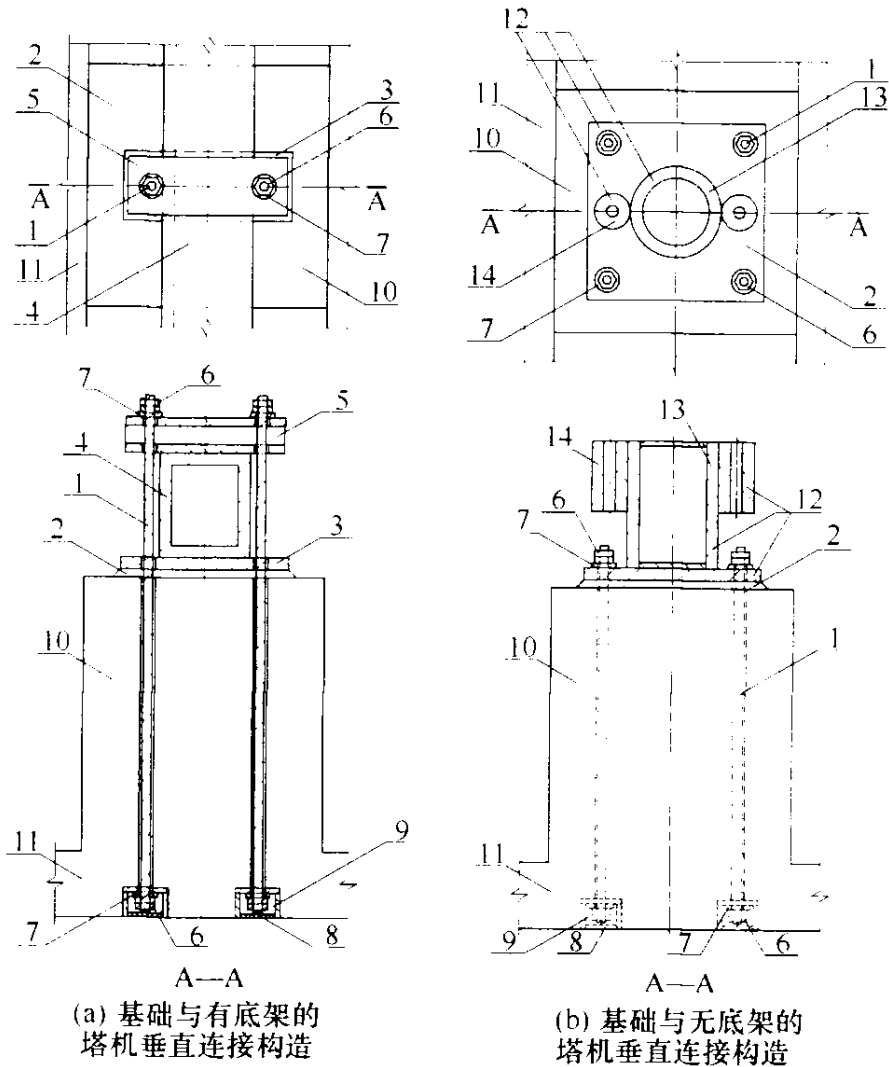


图 3.0.4 基础与塔机垂直连接示意

1—垂直连接螺栓；2—高强度水泥砂浆；3—垫板；4—塔机底架梁；
5—横梁；6—螺母；7—垫圈；8—封闭塞；9—垂直连接螺栓下端构造盒；10—基础梁；11—底板；12—转换件；13—垂直连接管；
14—垂直连接螺栓连接套筒

3.0.5 塔身基础节的底面形心应与基础平面形心及基础垂直连接系统的中心相重合。

3.0.6 装配式塔机基础与无底架的塔身基础节连接，在基础梁上预留垂直连接螺栓孔应符合下列规定：

1 在基础梁的平面中心至梁外端的范围内，预留垂直连接螺栓孔的组数不应多于 3 组，且严禁与水平孔道相互贯通；

2 垂直连接螺栓孔中心与梁外立面的距离不应小于 100mm，同 1 组 2 个垂直连接螺栓中心的距离不应小于 200mm；

3 1 组垂直连接螺栓孔的数量不应多于 2 个；

4 2 个垂直连接螺栓孔为 1 组的 2 组垂直连接螺栓孔之间的纵向距离不应小于 400mm；

5 1 个垂直连接螺栓孔为 1 组的与 2 个垂直连接螺栓孔为 1 组的 2 组垂直连接螺栓孔之间的纵向距离不应小于 200mm；

6 垂直连接螺栓孔径不应大于梁宽的 $1/15$ 。

3.0.7 装配式塔机基础与有底架的塔身基础节连接，在基础梁上预留垂直连接螺栓孔应符合下列规定：

1 在基础梁的平面中心至梁外端的范围内，预留垂直连接螺栓孔的组数不应多于 4 组，且严禁与水平孔道相互贯通；

2 垂直连接螺栓孔中心与梁外立面的距离不应小于 100mm，同 1 组 2 个垂直连接螺栓孔中心的距离不应小于 120mm；

3 1 组垂直连接螺栓孔的数量不应多于 2 个；

4 2 个垂直连接螺栓孔为 1 组的 2 组垂直连接螺栓孔之间的纵向距离不应小于 700mm；

5 1 个垂直连接螺栓孔为 1 组的与 2 个垂直连接螺栓孔为 1 组的 2 组垂直连接螺栓孔之间的纵向距离不应小于 200mm；

6 垂直连接螺栓孔径不应大于梁宽的 $1/12$ 。

3.0.8 装配式塔机基础所用的材料应符合下列规定：

1 装配式塔机基础的预制混凝土构件的混凝土材料应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定，预制混凝土构件强度等级不应低于 C40，附属件混

凝土强度等级不应低于 C30，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定；

2 基础水平组合连接用钢绞线应选用 1×7 型直径 15.2mm 极限强度标准值为 1860N/mm² 或 1960N/mm² 的钢绞线，并应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的相关规定；

3 装配式塔机基础的垂直连接螺栓的材料和物理力学性能应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 和《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2 的规定，并应符合塔机使用说明书的规定；

4 装配式塔机基础的水平连接构造所用的锚环、锚片和连接器应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定；

5 装配式塔机基础的预制混凝土构件的受力筋宜选用 HRB400 级钢筋，也可采用 HRB335 级钢筋，其屈服强度标准值、极限强度标准值和工艺性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定；

6 装配式塔机基础使用的预埋件、承压板宜采用 Q295、Q345、Q390 和 Q420 级钢，其屈服强度标准值、极限强度标准值和工艺性能应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。

4 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.1 装配式塔机基础的设计计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《高耸结构设计规范》GB 50135 的规定。

4.1.2 装配式塔机基础设计时应具备与其装配的固定式塔机的技术性能和荷载资料，且技术性能和荷载资料应符合国家现行标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 和《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187 的相关规定。

4.1.3 装配式塔机基础的地基承载力特征值不宜低于 120kPa。地基承载力特征值可根据勘察报告、载荷试验或原位测试等并结合工程实践经验综合确定，地基承载力验算应符合国家现行相关标准的规定。

4.1.4 装配式塔机基础的预制混凝土构件设计应符合下列规定：

- 1 构造宜简单、耐用、便于制作、运输和周转使用；
- 2 截面尺寸宜符合建筑模数，单件重量宜为 2t~4t。

4.1.5 装配式塔机基础性能的计算与验算应包括下列内容：

- 1 装配式塔机基础的地基承载力验算；
- 2 装配式塔机基础的地基稳定性验算；
- 3 预制混凝土构件水平连接钢绞线的计算与配置；
- 4 塔机与基础垂直连接构造的计算与配置；
- 5 预制混凝土构件钢筋的计算与配置。

4.1.6 绘制装配式塔机基础施工图，并应符合下列要求：

- 1 装配式塔机基础的平、立、剖面及节点详图，应按建筑制图标准绘制；
- 2 预制混凝土构件在平、立、剖面图上应标注垂直连接构

造、水平连接构造和各种埋件的位置和尺寸；

3 装配式塔机基础预制混凝土构件的模板图和装配图应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

4.1.7 应编写装配式塔机基础的装配说明书。

4.2 结构设计计算

4.2.1 装配式塔机基础应按塔机独立状态的工作状态和非工作状态时的荷载效应组合进行设计计算，并应符合现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 的相关规定，验算地基承载力时，传至基础底面上的作用效应应采用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；验算基础截面、确定配筋和材料强度时，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，并应采用相应的分项系数。

4.2.2 作用在装配式塔机基础上的荷载及其荷载效应组合应符合下列规定：

1 作用在装配式塔机基础顶面的荷载应由塔机生产厂家按现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 提供。作用于基础的荷载应包括塔机作用于基础顶面的垂直荷载标准值 (F_k)、水平荷载标准值 (F_n)、力矩标准值 (M_k)、扭矩标准值 (T_k) 以及基础的自重及压重的标准值 (F_g)。当塔机现场风荷载的基本风压值大于现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752或塔机使用说明书的规定时，应按实际的基本风压值进行荷载组合和计算（图 4.2.2）。

2 相应于作用的基本组合下塔机作用于基础顶面的垂直荷载应按下式计算：

$$F_v = 1.35F_k \quad (4.2.2-1)$$

式中： F_v ——相应于作用的基本组合下塔机作用于基础顶面的垂直荷载（kN）；

F_k 相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面上的垂直荷载标准值 (kN)。

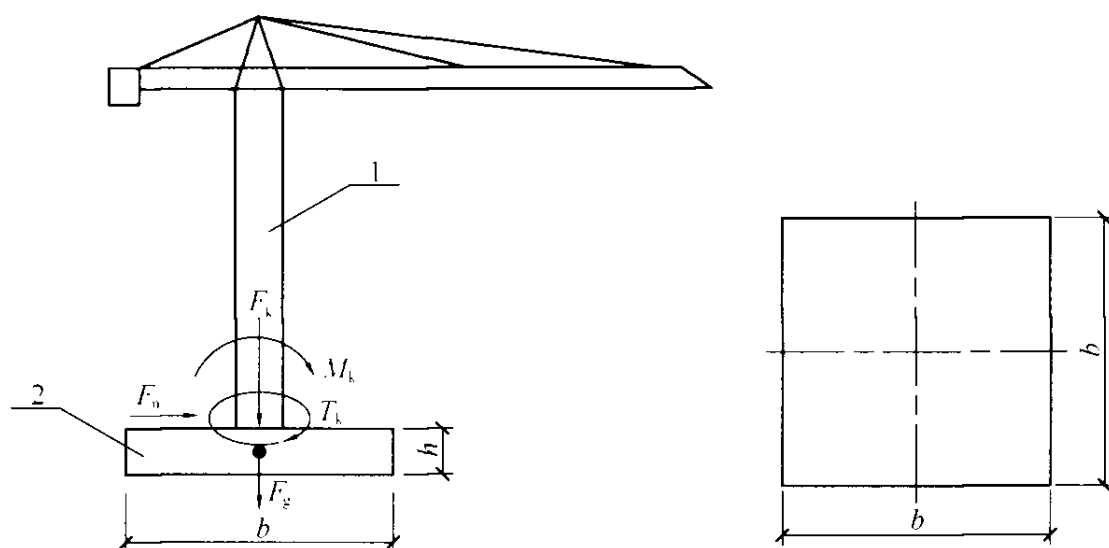


图 4.2.2 装配式塔机基础结构受力

1—塔机；2—装配式塔机基础

3 相应于作用的基本组合下塔机作用于基础底面的倾覆力矩值应按下式计算：

$$M = 1.4(M_k + F_n \cdot h) \quad (4.2.2-2)$$

式中： M 相应于作用的基本组合下塔机作用于基础底面的倾覆力矩值 (kN·m)；

M_k 相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的力矩标准值 (kN·m)；

F_n 相应于作用的标准组合下塔机作用于基础顶面的水平荷载标准值 (kN)；

h ——基础的高度 (m)。

4.2.3 装配式塔机基础抗倾覆稳定性应符合下式的要求：

$$M_D \geq k_1 M \quad (4.2.3)$$

式中： M_D ——装配式塔机基础抗倾覆力矩值 (kN·m)；

k_1 ——安全系数，应取 1.2。

4.2.4 装配式塔机基础受弯承载力计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

4.3 地基承载力

4.3.1 装配式塔机基础的地基承载力应符合下列规定：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k \leq f_a \quad (4.3.1-1)$$

式中： p_k ——相应于作用的标准组合下基础底面的平均压力值 (kPa)；

f_a ——修正后的地基承载力特征值 (kPa)，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，除应符合式 (4.3.1-1) 的要求外，尚应符合下式要求：

$$p_{k,\max} \leq 1.2f_a \quad (4.3.1-2)$$

式中： $p_{k,\max}$ ——相应于作用的标准组合下基础底面边缘的最大压力值 (kPa)。

3 当基础承受偏心荷载作用时，基础底面脱开地基土的面积不应大于底面全面积的 1/4。

4.3.2 当轴心荷载和合力作用点在基础核心区内时，基础底面压力可按下列公式计算：

1 当轴心荷载作用时：

$$p_k = \frac{F_k + F_g}{A} \quad (4.3.2-1)$$

式中： A ——基础底面面积 (m^2)；

F_g ——基础的自重及压重的标准值 (kN)。

2 当偏心荷载作用时 ($p_{k,\min} \geq 0$)：

$$p_{k,\max} = \frac{F_k + F_g}{A} + \frac{M_k + F_n \cdot h}{W} \quad (4.3.2-2)$$

$$p_{k,\min} = \frac{F_k + F_g}{A} - \frac{M_k + F_n \cdot h}{W} \quad (4.3.2-3)$$

式中： W ——基础底面的抵抗矩 (m^3)；

$p_{k,\min}$ ——相应于作用的标准组合下基础底面边缘的最小压力

值 (kPa)。

3 当双向偏心荷载作用时 ($p_{k,\min} \geq 0$):

$$p_{k,\max} = \frac{F_k + F_g}{A} + \frac{M_{kx}}{W_x} + \frac{M_{ky}}{W_y} \quad (4.3.2-4)$$

$$p_{k,\min} = \frac{F_k + F_g}{A} - \frac{M_{kx}}{W_x} - \frac{M_{ky}}{W_y} \quad (4.3.2-5)$$

式中: M_{kx} 、 M_{ky} ——相应于作用的标准组合下塔机传给基础对 x 轴和 y 轴的力矩值 (kN·m);

W_x 、 W_y ——基础底面对 x 轴、 y 轴的抵抗矩 (m^3)。

4.3.3 当在核心区外承受偏心荷载时, 偏心距可按下列式计算:

$$e = \frac{M_k + F_n \cdot h}{F_k + F_g} \quad (4.3.3)$$

式中: e ——偏心距 (m), 应小于或等于基础宽度的 1/4。

4.3.4 当偏心荷载作用在核心区外时, 基础底面压力可按下列公式确定:

1 正方形基础承受单向偏心荷载作用时 (图 4.3.4-1):

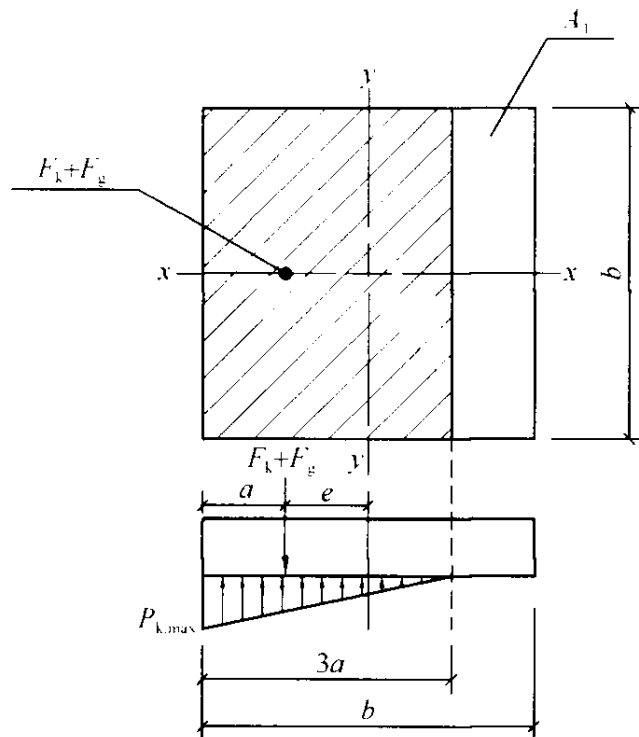


图 4.3.4-1 在单向偏心荷载作用下, 正方形基础底面部分脱开时的基底压力示意

A_T ——基底脱开面积; e ——偏心距

$$p_{k,\max} = \frac{2(F_k + F_g)}{3ab} \quad (4.3.4-1)$$

$$3a \geq 0.75b \quad (4.3.4-2)$$

式中： b ——正方形基础边长（m）；

a ——合力作用点至基础底面最大压力边缘的距离（m）。

2 正方形基础承受双向偏心荷载，塔机倾覆力矩的作用方向在基础对角线方向时（图 4.3.4-2）：

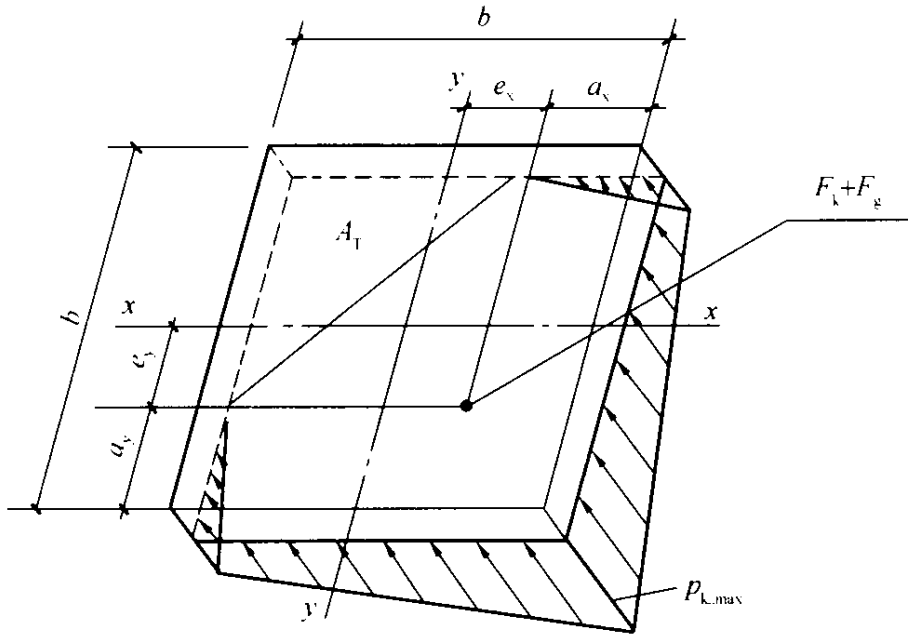


图 4.3.4-2 在双向偏心荷载作用下，正方形基础底面部分脱开时的基底压力示意

$$p_{k,\max} = \frac{F_k + F_g}{3a_x a_y} \quad (4.3.4-3)$$

$$a_x a_y \geq 0.101b^2 \quad (4.3.4-4)$$

$$a_x = \frac{b}{2} - e_x \quad (4.3.4-5)$$

$$a_y = \frac{b}{2} - e_y \quad (4.3.4-6)$$

$$e_x = \frac{M_{kx}}{F_k + F_g} \quad (4.3.4-7)$$

$$e_y = \frac{M_{ky}}{F_k + F_g} \quad (4.3.4-8)$$

式中： a_x ——合力作用点至 e_x 一侧基础边缘的距离 (m)；

a_y ——合力作用点至 e_y 一侧基础边缘的距离 (m)；

e_x —— x 方向的偏心距 (m)；

e_y —— y 方向的偏心距 (m)。

4.3.5 当正方形基础承受单向或双向偏心荷载时，应以计算得出的基础底面边缘 2 个最大的压力值 ($p_{k,max}$) 中的较大值作为计算基础底面的平均压力值 (p_k) 的依据，并应进行验算。

4.4 地基稳定性

4.4.1 装配式塔机基础底面边缘到坡顶的水平距离 c (图 4.4.1) 应符合下式要求，但不得小于 2.5m；

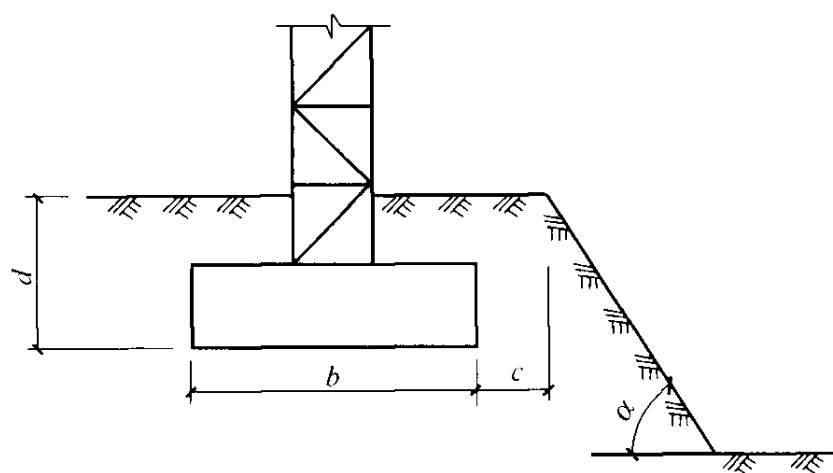


图 4.4.1 基础底面外边缘线至坡顶的水平距离示意

$$c \geq 2.5b - \frac{d}{\tan \alpha} \quad (4.4.1)$$

式中： c ——基础边缘至坡顶的水平距离 (m)；

d ——基础埋置深度 (m)；

α ——边坡坡角 ($^{\circ}$)。

4.4.2 当装配式塔机基础处于边坡内且不符合本规程第 4.4.1 条的规定时，应根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》

GB 50007 的规定，采用圆弧滑动面法进行边坡稳定验算。最危险滑动面上的全部力对滑动中心产生的抗滑动力矩与滑动力矩应符合下式规定：

$$\frac{M_R}{M_H} \geq 1.2 \quad (4.4.2)$$

式中： M_R ——抗滑力矩（kN·m）；

M_H ——滑动力矩（kN·m）。

4.5 剪切承载力

4.5.1 基础梁的受剪承载力应符合下列公式的要求：

$$V_D \leq 0.75(V_{cs} + 0.8f_y A_{sb} \sin \theta) \quad (4.5.1-1)$$

$$V_{cs} = 0.7f_t b' h_0 + 1.0f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (4.5.1-2)$$

式中： V_D ——配置斜筋处剪力设计值（kN）；

V_{cs} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力的设计值（kN）；

f_y, f_{yv} ——斜筋、箍筋的抗拉强度设计值（N/mm²）；

A_{sb} ——同一截面内斜筋的截面面积（mm²）；

θ ——斜筋的倾斜角度（°）；

A_{sv} ——同一截面内各肢箍筋的全部截面面积（mm²）；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值（N/mm²）；

h_0 ——基础梁截面的有效高度（m）；

S ——基础梁纵向的箍筋间距（m）；

b' ——基础梁截面的宽度（m）。

4.5.2 基础梁连接面的抗剪件承载力应符合下式要求（图 4.5.2）：

$$V_Q \leq 0.75(n_1 f_{v1} A_{s0} + 0.25n_2 f_c b' h_j) \quad (4.5.2)$$

式中： V_Q ——混凝土抗剪件截面剪力设计值（kN）；

f_{v1} ——钢定位键的抗剪强度设计值（N/mm²）；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

h_j ——混凝土抗剪件的截面高度（m）；

A_{s0} ——钢定位键的截面面积 (mm^2);

n_1 ——钢定位键的件数;

n_2 ——混凝土抗剪件的件数。

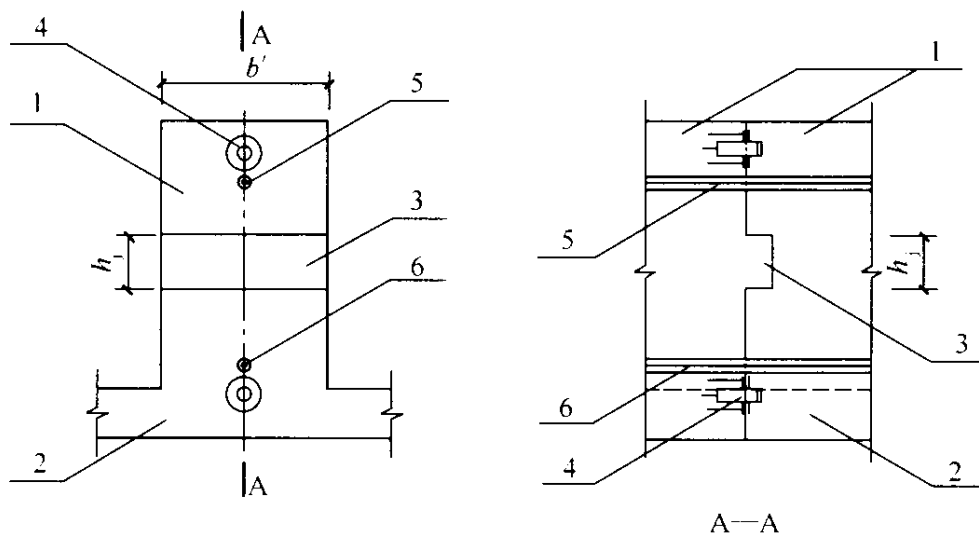


图 4.5.2 基础梁受剪承载力示意

1—基础梁；2—底板；3—混凝土抗剪件；4—钢定位键；

5—上部钢绞线束；6—下部钢绞线束

4.6 非预应力钢筋

4.6.1 装配式塔机基础的预制混凝土构件的非预应力受力钢筋计算，应按基础最不利荷载效应基本组合下承受的力矩分配到预制混凝土构件各部位，分别计算，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于预应力混凝土构件中的普通受力钢筋的设计计算和纵向钢筋最小配筋率的规定。预制混凝土构件的底板下层受力主筋和上层受力主筋应分别按底板承受的地基反力和压重件的重力计算所得的弯矩进行计算；在复核截面受压区强度时，不应将下层或上层受力钢筋作为受压钢筋纳入计算；基础梁内的上、下纵向非预应力钢筋不应作为受压区钢筋纳入基础梁的抗弯强度计算。

4.6.2 装配式塔机基础的预制混凝土构件的构造配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中受扭构件配置

的纵向、横向、构造钢筋和箍筋的规定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 有关扩展基础的规定。

4.7 预应力筋和连接螺栓

4.7.1 当基础梁内设置上、下各 1 束钢绞线作为水平连接时，钢绞线应符合下列规定；并应对基础梁混凝土受压区强度按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定进行验算（图 4.7.1）：

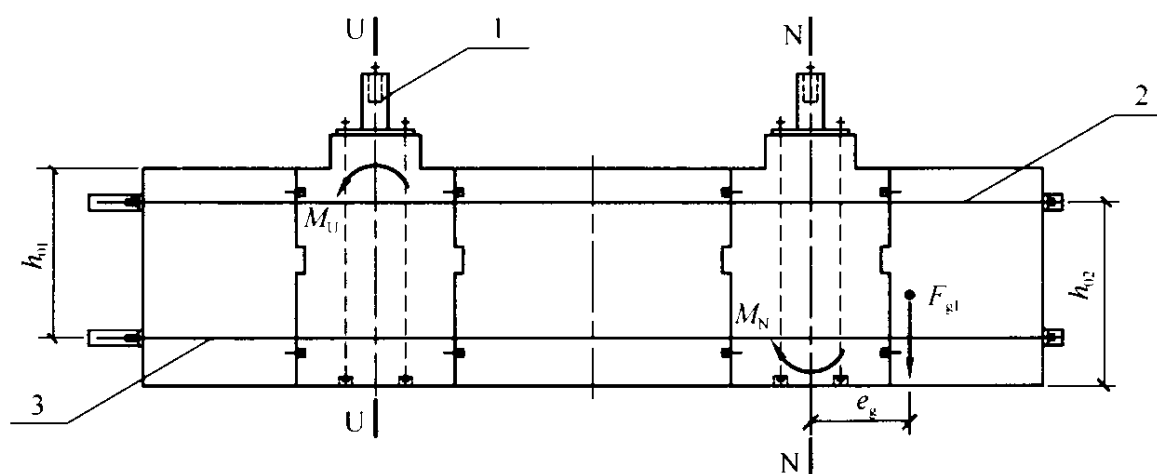


图 4.7.1 配置上下两束钢绞线基础梁剖面示意

1—转换件；2—上部钢绞线束；3—下部钢绞线束

1 下部钢绞线束的截面面积和根数应按下列公式计算：

$$A_{p1} = \frac{M_U}{0.875\beta\sigma_{pe}h_{01}} \quad (4.7.1-1)$$

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad (4.7.1-2)$$

$$\lambda_1 = \frac{A_{p1}}{A_0} \quad (4.7.1-3)$$

式中： β ——折减系数，应取 0.85；

σ_{pe} ——钢绞线的有效预应力（N/mm²）；

σ_{con} ——钢绞线的张拉控制应力设计值，可取（0.45 ~ 0.55） f_{ptk} （N/mm²）；

σ_l ——钢绞线的全部预应力损失值，当计算值小于或等于 80N/mm^2 时， σ_l 取 80N/mm^2 ；当计算值大于 80N/mm^2 时，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定中各种条件引起的损失值计算取值；

A_{p1} ——下部钢绞线束总截面面积 (mm^2)；

A_0 ——单根钢绞线的截面面积 (mm^2)；

M_U ——作用于基础梁 U-U 截面的弯矩设计值 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)；

λ_1 ——下部使用钢绞线数量 (根)；

h_{01} ——下部钢绞线束计算的截面有效高度 (mm)。

2 上部钢绞线束的截面面积和根数应按下列公式计算：

$$A_{p2} \geq \frac{M_N}{0.9\beta\sigma_{pe}h_{02}} \quad (4.7.1-4)$$

$$M_N = F_{g1} \cdot e_g \quad (4.7.1-5)$$

$$\lambda_2 = \frac{A_{p2}}{A_0} \quad (4.7.1-6)$$

式中： M_N ——作用于基础梁 N-N 截面的弯矩设计值 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)；

A_{p2} ——上部钢绞线束总截面面积 (mm^2)；

F_{g1} ——N-N 截面以外的基础的自重及压重 (kN)；

e_g ——N-N 截面以外的基础重力合力点到 N-N 截面的距离 (mm)；

λ_2 ——上部使用钢绞线数量 (根)；

h_{02} ——上部钢绞线束计算的截面有效高度 (mm)。

4.7.2 当基础梁内设置一束钢绞线连接时，计算上部正弯矩 M_Q 时，应符合本规程公式 (4.7.1-1) 的规定；验算下部负弯矩 M_P 时，应符合本规程公式 (4.7.1-4) 的规定，取其中的大值作为一束钢绞线的设计值；并按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定对基础梁混凝土上部受压区面积进行验算 (图 4.7.2)。

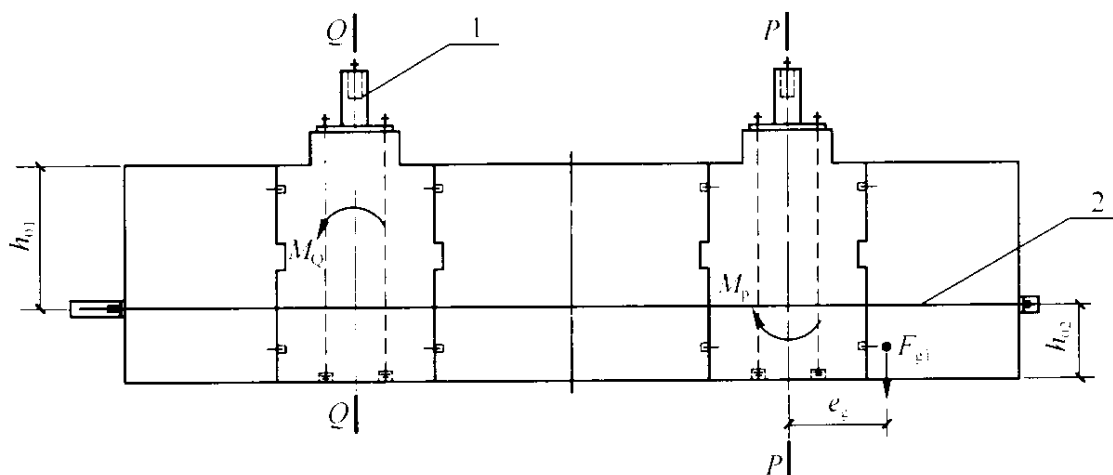


图 4.7.2 配置一束钢绞线基础梁剖面示意

1 转换件；2 钢绞线束

4.7.3 装配式塔机基础的垂直连接螺栓的最大容许作用力不应小于装配式塔机基础与之装配的塔机使用说明书要求配置的塔机与基础的垂直连接螺栓的最大容许作用力，并应按下列公式进行验算，取二者中较大值来配置装配式塔机基础与塔机连接的垂直连接螺栓：

$$F_L = \frac{M_k}{2l} \cdot \frac{1}{n} \quad (4.7.3-1)$$

$$F = 1.35F_L \quad (4.7.3-2)$$

$$F \leq [F] \quad (4.7.3-3)$$

式中：\$F_L\$ —— 单根垂直连接螺栓的承载力标准值（kN）；

\$F\$ —— 单根垂直连接螺栓的承载力设计值（kN）；

\$n\$ —— 塔身与基础的每个垂直连接点的螺栓数量（根）；

\$l\$ —— 塔身的宽度（m）；

\$[F]\$ —— 垂直连接螺栓的最大容许作用力（kN），应按现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的规定取值。

4.8 构造要求

4.8.1 装配式塔机基础的预制混凝土构件的水平连接应使用钢

绞线。钢绞线应设于预制混凝土构件中的水平预留通轴线长度的孔道中。当装配式塔机基础截面高度不小于 1.5m 时，应沿梁轴线在梁的上、下部分别设置钢绞线束。上部钢绞线束的合力点至基础梁上表面的距离不宜小于 250mm，且钢绞线不应少于 2 根；下部钢绞线束合力点至基础底面的距离不宜小于 300mm，当需设置双束钢绞线时，可在基础梁截面轴线两侧水平对称设置。当基础截面高度小于 1.5m 时，应设一束钢绞线，钢绞线束合力点位置应在与基础底面的距离应为 $1/4 \sim 1/3$ 基础高范围内，平面位置应与预制混凝土构件轴线重合。

4.8.2 装配式塔机基础的预制混凝土构件的配筋除应按梁、板分别计算配置外，纵向非预应力受力钢筋配筋率不应小于 0.15%，且配置的钢筋应符合下列规定：

1 受力筋直径不应小于 10mm，梁的箍筋直径不应小于 8mm；

2 压重件应按双排双向配置纵向受力筋，其直径宜为 10mm~16mm；

3 基础梁截面高度大于 700mm 时，应在梁的两侧设置直径不小于 10mm、间距不大于 200mm 的纵向构造钢筋，并应以直径不小于 8mm、间距不大于 300mm 的单肢箍筋相连；

4 在预制混凝土构件基础梁内应纵向成排设置 2 根直径大于 14 mm、强度等级为 HRB335 或 HRB400 的斜筋，通梁高设置，其倾斜度宜为 60° 或 45° ；

5 混凝土底板上部宜双向单排配置主筋，其直径宜为 8mm~12mm；

6 预制混凝土构件的其他部位宜配置构造钢筋，其直径宜为 6mm~8mm；

7 预制混凝土构件应设置足够的预埋件，预埋件及其锚筋的设置方法、位置、尺寸长度和锚固形式应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定。

4.8.3 当基础梁截面宽不大于 300mm 时，宜采用双肢箍筋；

当基础梁截面宽度大于 300mm 时，宜采用四肢箍筋。

4.8.4 装配式塔机基础垂直连接螺栓孔的内壁应设置钢管，钢管壁厚不应小于 2.5mm，且应以与钢管焊接的间距不大于 200mm、直径不小于 8mm 的 HPB300 钢筋环与混凝土锚固。

4.8.5 装配式塔机基础的预制混凝土构件的连接面应设置不少于 1 组混凝土抗剪件和 1 组钢定位键。混凝土抗剪件应按构造要求配置钢筋，并应按混凝土抗剪件外形配置弯曲钢筋，钢筋宜选用直径 5mm 的预应力钢丝，间距不宜大于 100mm，横向分布筋的间距不宜大于 100mm，混凝土抗剪件混凝土保护层应为 15mm；钢定位键宜选用定型的定位键，截面形状应为正多边形或圆形，最小截面积不应小于 700mm^2 ，并应焊接经计算后配置的锚固钢筋。

4.8.6 当预制混凝土构件连接面的梁上设置的混凝土抗剪件的抗剪力低于设计要求时，应在预制混凝土构件底板相邻连接面上增设混凝土抗剪件，其截面高度不应小于 90mm。

4.8.7 预制混凝土构件和其他附属件钢筋混凝土保护层厚度应符合表 4.8.7 的规定。

**表 4.8.7 预制混凝土构件和其他附属件钢筋
混凝土保护层厚度（mm）**

构件及附件	上面	底面	侧立面
基础构件	40	40	40
压重件	35	35	35
散料仓壁板	25	25	15

4.8.8 钢绞线在基础梁中应呈十字交叉布置，中心件之外的预制混凝土构件内预留钢绞线的孔道中心高差不应大于 2mm。

4.8.9 钢绞线的固定端和张拉端部件宜采用定型的钢制产品。

4.8.10 装配式塔机基础底板的边缘厚度不应小于 200mm。

4.8.11 当塔机与装配式塔机基础垂直连接时，宜在预制混凝土构件中设置垂直螺栓孔和螺栓下端的螺栓锚固构造盒与螺栓套管

焊接，形成封闭盒，在螺栓锚固构造盒内应设有可反复装配的垂直连接螺栓（图 3.0.4）。

4.8.12 在预制混凝土构件的两侧立面上应对称设置预留吊装销孔。

4.8.13 装配式塔机基础可设置在桩基础上，基础桩和承桩台的设计、施工及验收应符合国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定，并应符合装配式塔机基础的使用要求。

4.8.14 装配式塔机基础在装配时应按塔机使用说明书的要求设置规定电阻值的避雷接地设施，且应符合现行国家标准《塔式起重机》GB/T 5031 的有关规定。

5 构件制作及装配与拆卸

5.1 构件制作

5.1.1 预制混凝土构件的制作应符合下列规定：

1 预制混凝土构件的制作应执行现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定；

2 制作构件用的原材料、预埋件、零部件及模板均应经过检查和验收，并应符合相关质量标准和验收标准；

3 预制混凝土构件应在加工平台上由具备专业生产能力和生产条件的企业制作；

4 在预制混凝土构件制作过程中，应由技术部门对施工程序进行监督和指导。

5.1.2 预埋件和零部件的制作应符合下列规定：

1 预埋件和零部件应按设计要求加工制作，焊接的部件应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定；

2 预制混凝土构件的铸钢预埋件和钢定位键应按设计要求由专业厂家铸造，并应按设计要求焊接锚固钢筋；

3 橡胶封闭圈应现场制作或选购，其材质和强度应符合现行国家标准《工业用橡胶板》GB/T 5574 的规定。

5.1.3 装配式塔机基础的预制混凝土构件出厂前应进行编号后试装配，并应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定进行检查验收，合格后方可出厂。

5.2 装配与拆卸

5.2.1 装配式塔机基础装配前应检查基础的装配条件，并应符合下列规定：

- 1 装配式塔机基础设置的环境条件应符合下列规定：
 - 1) 基坑的定位应符合塔机使用方的要求，基坑的深度、四壁和基底的土质应达到设计要求；
 - 2) 基底的地基承载力应经检测，并应达到设计要求；
 - 3) 在季节性冻土层上不得装配基础；
 - 4) 垫层下方 1.5m 深度范围内有水、油、气、电等管线设备的地基严禁装配基础；
 - 5) 基坑外缘 3m 范围内有积水不得装配基础；
 - 6) 垫层的几何尺寸、水平度和平整情况应达到设计要求。
- 2 装配条件应符合下列规定：
 - 1) 应由专业装配技能的人员从事装配和拆卸工作；
 - 2) 应配备装配用的各种仪器和仪表及工具，仪器和仪表应经校核，并应在有效使用期内；
 - 3) 应配备满足吊装作业条件的起重机械；
 - 4) 在端件垫层以外应留有 1.5m×1.5m 的工作空间；
 - 5) 在压重件安装完成前，不得安装塔身基础节之上的任何塔机结构。

5.2.2 对装配式塔机基础预制混凝土构件的检查，应按新出厂的或多次重复使用的两种情况分别检查，新出厂的基础构件有产品合格证的可进行安装，重复使用的构件装配前应对构件和配套的零部件逐一进行检查和检测，达到装配要求和使用条件后进行装配。

5.2.3 预制混凝土构件装配时应在混凝土垫层上铺设厚度为 20mm 的中砂层，装配的顺序、方法及要求应符合装配说明书的有关规定。

5.2.4 预制混凝土构件的装配与钢绞线张拉应符合现行行业标

准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的规定，钢绞线张拉应控制张拉应力值和伸长值，二者均应符合设计要求，且应单向张拉钢绞线。在张拉时应使用带顶压器的千斤顶或安装防松退构造，并应按本规程附录 A 表 A.0.1 填写记录。

5.2.5 在装配水平连接构造张拉钢绞线时，当钢绞线水平位置在自然地坪以上时，在钢绞线轴线外固定端和张拉端外侧 $10\text{m} \times 3\text{m}$ 范围内严禁非操作人员通过和逗留，并应设专人看护；操作人员不得在钢绞线轴线方向进行操作。

5.2.6 装配式塔机基础的水平连接构造的固定端和张拉端，必须置于封闭的防护构造内，并应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的规定（图 5.2.6）。

5.2.7 装配式塔机基础的预制混凝土构件装配完成后，应及时装配压重件。当采用散料时，上表面应以水泥砂浆或细石混凝土保护层覆盖。保护层的厚度宜为 20mm ，且应从中心向外侧做成 2% 的坡度。

5.2.8 当装配式塔机基础装配在室外地坪垫层上时，预制混凝土构件和水平连接构造装配完成后应在混凝土板的外边缘与垫层之间做高度和宽度不小于 100mm 、坡度为 45° 的细石混凝土封闭护角（图 5.2.8）。

5.2.9 有底架的塔机与基础装配时，应在塔机与基础连接处设钢垫板，垫板厚度不应小于 10mm ，长度应大于塔机底架宽度，宽度不应小于 100mm ，钢垫板与基础梁上表面之间的缝隙应采用强度等级不小于 M15 的干硬性水泥砂浆填充密实。

5.2.10 装配式塔机基础的拆卸应符合下列规定：

- 1 塔机结构应全部拆除；
- 2 压重件与基础应分离，或散料压重件已经清除且散料仓壁板已与基础分离，预制混凝土构件已全部暴露后方可拆卸；
- 3 装配式塔机基础的固定端和张拉端外处应有 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 可供退张操作的空间；

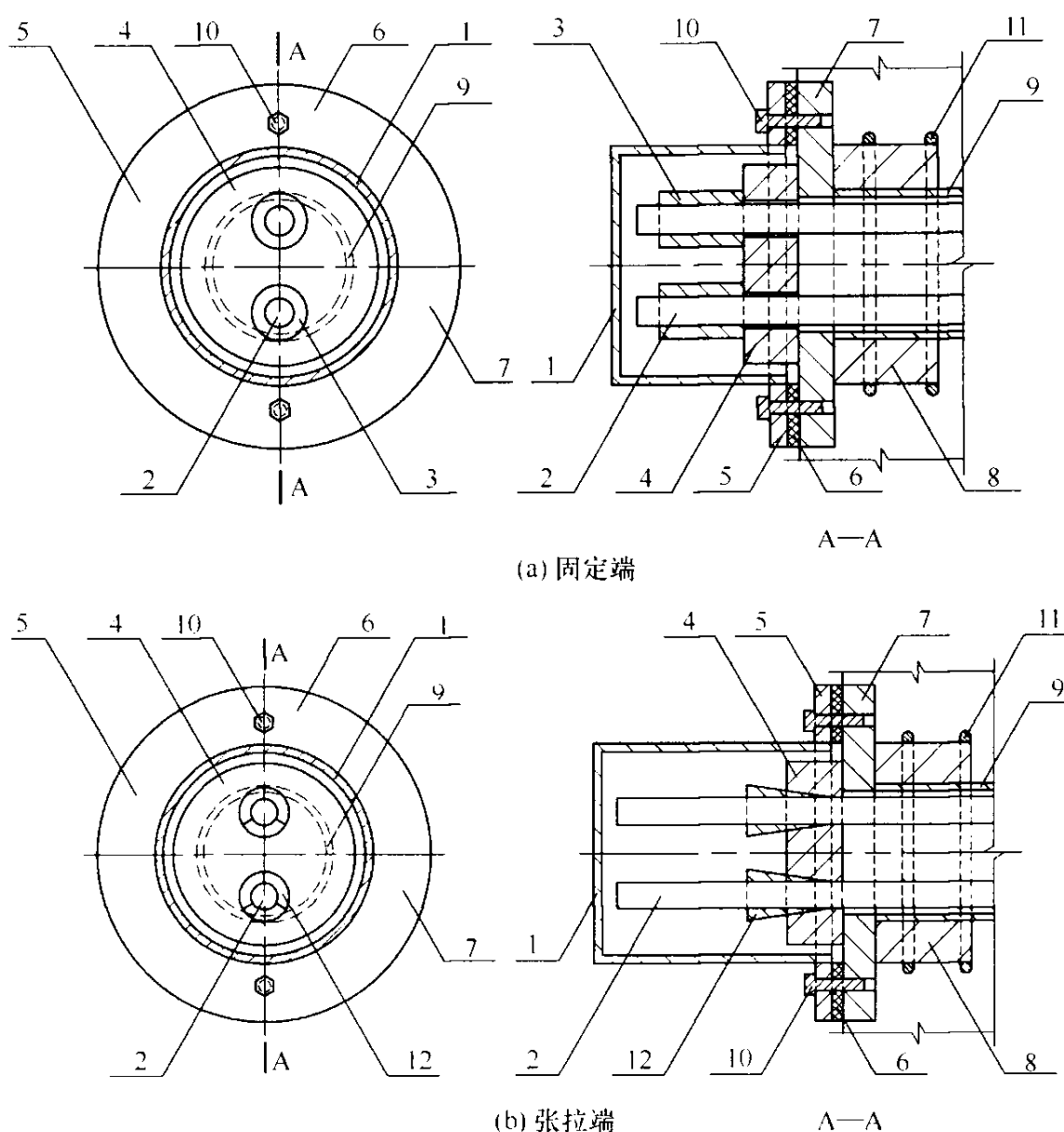


图 5.2.6 固定端、张拉端示意

- 1—封闭套筒；2—钢绞线；3 挤压锚头；4—承压板；5—套筒封口圈；
 6 橡胶封闭圈；7—承压圈；8—肋板；9—钢绞线预埋孔道管；
 10—固定连接螺栓；11—附加筋；12—锚片

4 应采用与张拉相同的方法逐根退张，钢绞线退张时的控制应力不应大于 $0.75f_{pk}$ ；

5 应按装配说明书中的装配顺序相反的顺序吊装拆卸构件；

6 钢绞线退张后从固定端孔洞内抽出，应检查伤损情况，涂抹保护层卷成直径 1.5m 的圆盘绑扎牢固后方可入库；

7 回填基坑应至原地坪。

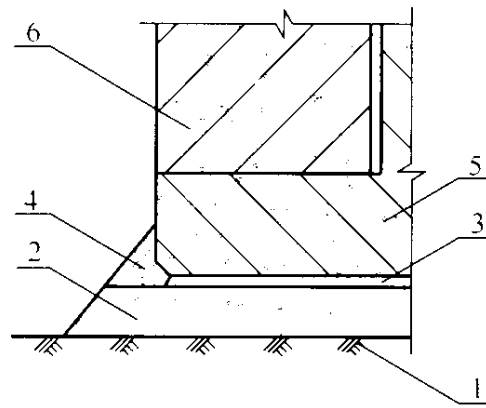


图 5.2.8 基础设置方式为全露式的护角构造示意

1—室外地坪；2 混凝土垫层；3—中砂垫层；4 豆石混凝土护角；
5—预制混凝土构件；6—压重件

6 检查与验收

6.1 检验与验收

6.1.1 装配式塔机基础的预制混凝土构件的检验、检测与验收应符合下列规定：

1 对新出厂的预制混凝土构件应检验产品合格证，在运输和装配过程中严重伤损的预制混凝土构件，不应使用。

2 重复使用的预制混凝土构件，每次装配前应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定对预制混凝土构件进行鉴定验收，并应符合下列规定：

- 1) 装配条件和环境条件应达到装配要求；
- 2) 装配式塔机基础型号规格应与塔机匹配；
- 3) 预制混凝土构件的数量、几何尺寸和强度应达到设计要求；
- 4) 水平连接构造和垂直连接构造应达到设计要求和使用要求。

3 预制混凝土构件装配后的检验与验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定，并按本规程附录 A 表 A.0.3 的内容检查与验收。

6.1.2 装配式塔机基础零部件的检验与验收应符合下列规定：

1 垂直连接螺栓的强度等级、直径和最大容许作用力及使用次数的检查，应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 和《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2 的相关规定；当垂直连接螺栓为高强度螺栓，以最大容许载荷紧固时使用次数不应多于 2 次；有底架塔机与装配式塔机基础连接的螺栓，按不大于最大容许载荷 50% 紧固时，使用次数不应多于 8 次；且使用总年限不应多于 5 年，可

根据施工记录或使用标记进行查验。在使用中应按塔机使用说明书规定，应定期对螺栓的紧固进行复验，并应按本规程附录 A 表 A.0.2 填写记录；

2 钢绞线的型号、直径、极限强度标准值和锚环、锚片的检查应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定；钢绞线的同一夹持区可重复夹持 4 次，钢绞线重复使用总次数不应多于 16 次，使用总年限不应多于 8 年，可根据施工记录或使用标记进行查验；

3 钢制零部件的检查与验收，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的相关规定。

6.1.3 装配式塔机基础和塔机组合连接的整体检验与验收应符合下列规定：

1 应检查塔机的垂直度，并应符合现行国家标准《塔式起重机》GB/T 5031 的有关规定；

2 应检验塔机的绝缘接地设备和绝缘电阻值，并应符合现行国家标准《塔式起重机》GB/T 5031 的相关规定；

3 装配式塔机基础和塔机装配组合连接的整体在使用中遇 6 级以上大风、暴雨等特殊情况时应立即停止工作，塔机的回转机构应处于自由状态，大风、暴雨过后应及时对基础的沉降进行观测，对装配式塔机基础和塔身的垂直度进行测量，并应符合现行国家标准《塔式起重机》GB/T 5031 的有关规定，应对垂直连接螺栓的紧固力矩值进行复查，并应按本规程附录 A 表 A.0.2 和表 A.0.3 填写记录。

6.2 报 废 条 件

6.2.1 装配式塔机基础的预制混凝土构件符合下列条件之一时应报废：

1 预制混凝土构件质量有严重外形缺陷，不能继续使用的；

- 2 预制混凝土构件的各种技术性能，未达到设计要求的；
 - 3 预制混凝土构件主要连接面不能紧密配合的；
 - 4 预制混凝土构件装配组合后，装配式塔机基础与塔机不能配套使用的。
- 6.2.2** 一套装配式塔机基础的预制混凝土构件总件数中有 40% 达到报废条件的应整套报废。
- 6.2.3** 钢绞线符合下列条件之一时应报废：
- 1 存在对装配后的水平连接构造功能产生不利影响的破损和变形；
 - 2 有断丝、裂纹或严重锈蚀的；
 - 3 受力后产生塑性变形或在张拉过程中发生单根钢丝脆断的；
 - 4 钢绞线重复使用次数达到 16 次的或使用年限达到 8 年的。
- 6.2.4** 锚环出现裂纹、变形或不能继续使用的应报废。
- 6.2.5** 锚片有裂痕和损坏的，或齿槽出现变形而丧失夹持钢绞线功能的应报废。
- 6.2.6** 垂直连接螺栓符合下列条件之一时应报废：
- 1 螺纹出现变形或螺杆产生塑性变形的；
 - 2 当高强度螺栓承受最大容许载荷，使用次数达到 2 次的，或有底架塔机与装配式塔机基础连接的螺栓在承受不超过最大容许载荷 50% 的条件下使用次数达到 8 次的，或使用年限达到 5 年的。
- 6.2.7** 转换件或其他垂直连接构造的零部件出现裂纹、变形或磨损后，不符合设计要求或现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定时应报废。
- 6.2.8** 当散料仓壁板符合下列条件之一时应报废：
- 1 钢制散料仓在使用过程中严重变形不能再修复的；
 - 2 钢制散料仓严重锈蚀，强度和刚度不符合设计要求的；
 - 3 混凝土散料仓壁板变形大于现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 有关规定的。

附录 A 检验及验收表

表 A.0.1 钢绞线张拉力施工记录表

工程名称:			装配式塔机基础型号:				
装配式塔机基础使用单位:			施工地点:				
张拉单位:			张拉日期: 年 月 日				
张拉机型号:			钢绞线型号:				
钢绞线张拉力设计值 (kN 根):			设计压力表显示值 (MPa):				
部位		钢绞线编号	已使用年限	使用次数	压力表显示值 (MPa)	允许偏差	评定 结果
上部	AC 轴	1				3%	
		2					
		3					
	BD 轴	1					
		2					
		3					
下部	AC 轴	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					

续表 A.0.1

部位		钢绞线编号	已使用年限	使用次数	压力表显示值 (MPa)	允许偏差	评定 结果
下部	BD 轴	1				3%	
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					

记录人员_____

基础使用单位验收负责人_____

- 注：1 钢绞线十字交叉以 AC 和 BD 各为钢绞线轴线顺序；
2 压力表显示值为对所使用的压力表的性能和张拉设计值换算所得；
3 填写“评定结果”项时，在允许偏差范围内的用“√”表示；在允许偏差范围外的用“×”表示；
4 当“评定结果”项出现“×”时评定结果为不合格。

表 A.0.2 垂直连接螺栓的紧固记录表

工程名称:		装配式塔机基础型号:				装配式塔机基础安装单位:				装配紧固日期:															
施工地点:		与基础配套的塔机型号:				力矩扳手型号:				复测紧固日期:															
基础使用说明书规定的单根螺栓的紧固力矩值: (kN·m)																									
项目		已使用年限				使用次数				装配紧固值				复测紧固值				允许偏差				评定结果			
组	编号	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	左																								
	右																								
B	左																								
	右																								
C	左																								
	右																								
D	左																								
	右																								
评定结果: 记录人员_____ 施工负责人_____ 基础使用单位验收负责人_____ 年 月 日																									

- 注: 1 有底架的塔机与装配式塔机基础垂直连接四个方向 (A、B、C、D), 每个方向限定 4 组垂直连接螺栓; “左、右” (相对基础轴线而言, 顺时针为右侧、逆时针为左侧) 表示 1 组 2 根螺栓沿基础梁设置的横向位置, 单根螺栓填在左、右之间的横线上; “编号” (编号顺序自基础中心向外纵向排序) 表示每组左、右侧连接螺栓纵向点位;
- 2 无底架的塔机与装配式塔机基础垂直连接四个方向 (A、B、C、D), 每个方向限定 3 组垂直连接螺栓; “左、右” 表示 1 组 2 根螺栓沿基础梁设置的横向位置, 单根螺栓填在左、右之间的横线上; “编号” 表示每组连接螺栓点数;
- 3 根据螺栓已使用时间和次数, 填写 “已使用年限” 项和 “使用次数” 项; 填写 “评定结果” 项时, 在允许偏差范围内的用 “√” 表示; 在允许偏差范围外的用 “×” 表示;
- 4 当 “评定结果” 项出现 “×” 时评定结果为不合格。

表 A.0.3 装配式塔机基础的装配质量验收单

工程名称:			装配式塔机基础型号:			
施工地点:			与基础配套的塔机型号:			
检查验收内容	序号	项 目	允许偏差值	实测值	评定结果	检验人员签字
	1	地基承载力 使用说明书规定值 (kPa)	$\geq$ 设计值			
	2	基础轴线	2mm			
	3	垂直连接螺栓间的距离尺寸	± 2 mm			
	4	回填散料密度 使用说明书规定值 (g/cm ³)	$\geq$ 设计值			
		或混凝土压重件位移	4mm			
	5	单根钢绞线张拉力 使用说明书规定的张拉设计值 (kN)	$\pm 3\%$			
	6	垂直连接螺栓紧固力矩值 使用说明书规定值 (N·m)	$\pm 2\%$			
	7	轴线为同一直线的基础梁 两端上面高差	6mm			
	8	防雷接地电阻值	不大于 1 Ω			
	9	塔机垂直度	$< 1/1000$			
判定结果:						
装配式塔机基础安装单位 (盖章) 施工负责人 (签字): 年 月 日						
验收结论:						
建筑行政主管部门负责人 (签字): 塔机使用单位验收代表 (签字): 年 月 日						

注: 1 填写“评定结果”项时, 在允许偏差范围内的用“ $\checkmark$ ”表示; 在允许偏差范围外的用“ $\times$ ”表示;

2 当“评定结果”项出现“ $\times$ ”时评定结果为不合格。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《高耸结构设计规范》GB 50135
- 4 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 5 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 6 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 7 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 8 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 9 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 10 《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2
- 11 《塔式起重机》GB/T 5031
- 12 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 13 《工业用橡胶板》GB/T 5574
- 14 《塔式起重机设计规范》GB/T 13752
- 15 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 16 《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92
- 17 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 18 《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187

中华人民共和国行业标准

**大型塔式起重机混凝土基础工程
技术规程**

JGJ/T 301 - 2013

条 文 说 明

制 订 说 明

《大型塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 301 - 2013 经住房和城乡建设部 2013 年 6 月 24 日以第 65 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组对国内建筑施工中使用的固定式塔式起重机混凝土基础使用状况进行了调查研究，总结了我国工程建设中装配式塔式起重机混凝土基础设计施工的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了装配式塔式起重机混凝土基础设计、构件制作和检查与验收所需的重要技术参数，且广泛征求了有关单位和专家的意见，最后经审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《大型塔式起重机混凝土基础工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	42
2	术语和符号	43
2.1	术语	43
2.2	符号	43
3	基本规定	44
4	设计	46
4.1	一般规定	46
4.2	结构设计计算	46
4.3	地基承载力	48
4.4	地基稳定性	49
4.5	剪切承载力	49
4.6	非预应力钢筋	50
4.7	预应力筋和连接螺栓	51
4.8	构造要求	53
5	构件制作及装配与拆卸	57
5.1	构件制作	57
5.2	装配与拆卸	58
6	检查与验收	62
6.1	检验与验收	62
6.2	报废条件	63

1 总 则

1.0.1 本条说明制定本规程的目的、意义和指导思想。装配式塔机基础技术是一项由我国自主研发的新技术体系，适用于建筑工程使用的固定式塔式起重机。在现有材料条件下，实现了基础的重复使用，并在节约资源、节能环保基础上明显提高了综合经济效益和社会效益。已在国内 21 个省、市、自治区推广应用，配套国内外 115 个厂家生产的 87 个不同型号的固定式塔式起重机 15.8 万台，共完成单项工程 26.71 万项，总建筑面积 12.67 亿 m^2 。为适应装配式塔机基础新技术在我国建筑行业全面迅速推广应用，保证其安全和综合效益的实现，并为其拓展应用积累经验，创造条件，制定本规程。

1.0.2 本条说明本规程的适用范围。对国内建筑施工市场调查表明，建筑行业实际使用的固定式塔式起重机的额定起重力矩绝大多数在 $400\text{kN}\cdot\text{m}\sim 3000\text{kN}\cdot\text{m}$ ，故本规程对装配式塔机基础的设计原则、计算公式、制作与装配和使用做出的规定均针对额定起重力矩 $400\text{kN}\cdot\text{m}\sim 3000\text{kN}\cdot\text{m}$ 的固定式塔式起重机。

1.0.3 本规程主要针对由倒 T 形截面的预制混凝土构件水平组合装配而成的混凝土底板平面形状为正方形的独立梁板结构基础。其他截面、平面形式的装配式塔机基础，除应执行本规程以外，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

本规程列出了 12 个术语，所用的术语是参照我国现行国家标准《塔式起重机》GB/T 5031、《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132 和《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 的规定编写的，并从装配式塔机基础的角度赋予其特定的涵义。

2.2 符 号

本规程对所列符号分别作出了定义，所列符号按现行国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132、《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083 的规定，并结合《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《高耸结构设计规范》GB 50135、《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 的内容综合而成。

3 基本规定

3.0.1 塔式起重机的结构属于高耸结构，适用于建筑工程，所以装配式塔机基础的设计与施工除应符合本规程外，尚应符合现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 的相关规定。

3.0.2 本条规定了本规程的标准化对象——装配式塔机基础的特点、结构形式和水平组合时各构件位置，及整体平面形状。本规程选用基础混凝土底板组合后平面为正方形的形式，其目的是最大限度的优化基础平面图形，充分发挥地基承载力。针对目前建筑工程所使用的固定式塔机的塔身平面为正方形的情况，在基础设计抗倾覆力矩和地基承载力标准值相同的条件下，基础底面为正方形时比三角形、正多边形和圆形的占地面积都小，而基础占地面积大小对建筑施工是有多方面影响的，所以，装配式塔机基础的优化始于平面图形的优化。

3.0.3 基础构件的连接面上应设置混凝土抗剪件和钢定位键，目的在于提高预制混凝土构件相邻连接面的抗剪切防位移能力，混凝土抗剪件和钢定位键在预制混凝土构件重复组合或分解时应具有吻合或分离的功能。

3.0.4 本条规定了装配式塔机基础能匹配多种同性能、不同连接构造形式的塔机，实现“一基配多机”的要求，是预制的装配式塔机基础工厂化、产业化的重要技术条件之一。

3.0.5 本条规定是为了将固定式塔机的荷载按设计要求传给装配式塔机基础，保证装配式塔机基础各部件承受的荷载与设计计算一致，以保证装配式塔机基础整体的安全稳定。

3.0.6、3.0.7 规定了基础梁上预留垂直连接螺栓孔洞数量、直

径和位置。装配式塔机基础在塔机荷载作用下要具备抗弯、剪、扭的综合承载力，而装配式塔机基础的一个主要构造特征是在基础梁集中承受最大弯矩、最大剪力和最大扭矩的区段设置垂直连接构造的预留垂直连接螺栓孔，因此必须对垂直连接螺栓孔的组数、内径，沿基础梁纵向、横向的距离进行严格控制并严禁垂直连接螺栓孔与水平孔洞相互贯通，以确保装配式塔机基础的结构稳定性和耐久性。

条文中“同 1 组 2 个垂直连接螺栓孔中心的距离”是沿基础梁平面纵轴线对称设置的 2 个垂直连接螺栓孔中心的距离；“纵向距离”是沿基础梁平面纵轴线方向的距离。

3.0.8 本条对装配式塔机基础的以下内容作出规定：预制混凝土构件的材料、混凝土强度等级；水平连接构造的预应力材料的型号、规格和极限标准强度；垂直连接螺栓的材料、物理力学性能；水平连接构造的主要零部件的性能；预制混凝土构件内钢筋的型号、强度标准值和工艺性能；钢预埋件、承压板和钢材型号、强度标准和工艺性能等。其目的在于确保装配式塔机基础整体构造的质量、装配式塔机基础与塔机垂直连接构造的安全稳定，从而为装配式塔机基础的耐久和重复使用提供物质条件。

4 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.1 装配式塔机基础是构筑物基础，属于建筑工程的一部分；装配式塔机基础是专为固定式塔机提供稳定支撑作用的，而固定式塔机的结构特征属于高耸结构，故装配式塔机基础的设计应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《高耸结构设计规范》GB 50135 的规定，装配式塔机基础整体刚度较大，装配在地基土质均匀、承载力达到设计要求的地基承载力特征值的地基上时可不作地基变形验算。

4.1.2 与装配式塔机基础装配的固定式塔机的技术性能和工作性能数据应从塔机出厂时随机的塔机使用说明书中查找，装配式塔机基础所受各种荷载与现行行业标准《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187 的规定一致。

4.1.3 装配式塔机基础的地基承载力可通过工程地质勘测报告取得，当地质条件复杂没有勘测资料时，应通过原位测试确定。当地基承载力特征值小于 120kPa 时，可按相关标准的规定对地基进行处理，达到要求后，用作装配式塔机基础的地基。

4.1.4 本条规定了装配式塔机基础的预制混凝土构件的几何形状的特征，应符合装配式塔机基础生产、装配、运输和重复使用的要求，并为最大限度地缩小基础占地面积提供条件。

4.1.5~4.1.7 规定了确保实现装配式塔机基础各项技术经济指标的主要设计内容和制作、装配及使用的必要技术条件的资料内容。

4.2 结构设计计算

4.2.1 本条对装配式塔机基础的设计计算和验算的规则作出规

定。固定式塔式起重机在工作状态下和非工作状态下对装配式塔机基础产生的作用力不同，对地基产生的作用也不同，因此，计算装配式塔机基础强度和地基承载力的荷载取值方法不同。本规程在进行荷载效应组合计算时的取值方法执行现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 和现行行业标准《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187 的规定；在进行基础结构设计计算时应符合现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752、《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定；只有这样，装配式塔机基础的设计才有科学依据并保证装配式塔机基础结构的稳定安全。

4.2.2 1 本条规定了作用于装配式塔机基础上的荷载及其荷载效应组合取值项目和取值依据：

- 1) 作用于基础顶面的垂直荷载标准值 (F_k)；
- 2) 作用于基础顶面的水平荷载标准值 (F_n)；
- 3) 作用于基础顶面的力矩荷载标准值 (M_k)；
- 4) 作用于基础顶面的水平扭矩荷载标准值 (T_k)；
- 5) 基础的自重及压重的标准值 (F_g)。

上列 5 种取值项目是装配式塔机基础设计所需要的。

2 由于固定式塔式起重机为适应不同的施工作用要求，有不同的高度和不同的臂架长度及不同的配重，造成塔机垂直荷载的变化，因此对塔机垂直荷载的计算取值进行综合考量并作出了相关规定。

3 固定式塔式起重机作用于装配式塔机基础底面的倾覆力矩值是装配式塔机基础的地基承载力计算的关键内容，装配式塔机基础的抗倾覆力矩能力更是基础稳定的关键因素之一，因此对作用于装配式塔机基础底面的倾覆力矩值的取值，应在荷载效应标准组合条件下形成的作用于装配式塔机基础顶面上的力矩荷载值与作用在基础顶面上的水平力所产生的扭矩值之和的基础上附加一个组合安全系数 1.4 后共同构成装配式塔机基础承受的倾覆力矩的取值，既保证装配式塔机基础的安全稳定，又不会造成大

的设计浪费。

4.2.3 公式 (4.2.3) 规定了装配式塔机基础的抗倾覆力矩设计值的取值依据；限定了装配式塔机基础的稳定条件。

4.2.4 装配式塔机基础是由预应力混凝土构件组成，本条规定了装配式塔机基础的抗弯承载力的计算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

4.3 地基承载力

4.3.1、4.3.2 装配式塔机基础地基承载力公式 (4.3.1-1)、公式 (4.3.1-2)、公式 (4.3.2-1)、公式 (4.3.2-2) 和公式 (4.3.2-3) 与现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定和要求一致，公式 (4.3.2-4) 和公式 (4.3.2-5) 与现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 一致。

4.3.3 装配式塔机基础地基地面出现零应力，且基底脱开地基土面积不大于全部面积的 1/4 时，装配式塔机基础底面应力合力点至基础中心的距离（偏心距）计算公式 (4.3.3) 与现行行业标准《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187 的规定一致。

公式 (4.3.3) 作为装配式塔机基础承受偏心荷载的合力点位于基础的核心区外，且基底脱开地基土面积不大于全部面积的 1/4 时偏心距 (e) 的计算公式，也是现行国家标准《塔式起重机设计规范》GB/T 13752 中基础的抗倾覆稳定性验算公式。本规程对偏心距 (e) 取值作了相应的规定，控制了偏心荷载的偏心距，也就保证了基础的稳定性。

4.3.4 基础在核心区外承受单向偏心荷载，且基底脱开地基土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公式 (4.3.4-1) 和公式 (4.3.4-2) 与现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 规定一致。基础在核心区外承受双向偏心荷载，且基底脱开地基土面积不大于全部面积的 1/4，

塔机倾覆力矩的作用方向在基础对角线方向时，验算地基承载力的基础底面压力公式（4.3.4-3）与现行国家标准《高耸结构设计规范》GB 50135 规定一致，正方形基础平面是矩形平面中的一个特例，公式（4.3.4-4）“ $a_x a_y \geq 0.101b^2$ ”限定了正方形基础承受双向偏心荷载时偏心距的最大值，使 360° 任意方向偏心距的“ $F_k + F_g$ ”的合力点处于地基压力合力点之内，从而确保了地基稳定性。

4.3.5 正方形基础在核心区以外承受单向偏心荷载与双向偏心荷载的基础边缘最大压力值 $p_{k,max}$ 是不同的。理论计算和实践证明，正方形基础承受双向偏心荷载时，基础承受的倾覆力矩方向与正方形的平面对角线重合，在基底脱开地基土面积不大于全部面积 1/4 的条件下，基础边缘最大压应力值 $p_{k,max}$ 要大于基础承受相同值的倾覆力矩方向与正方形的平面十字轴线重合，且基底脱开地基土面积不大于全部面积 1/4 的条件下，基础边缘最大压应力值，取两种验算方法中的基础边缘压力值中的大值作为基础设计的荷载效应标准组合下基础底面平均压力值 p_k 的计算依据，可以保证基础承受 360° 任意方向的偏心荷载。

4.4 地基稳定性

4.4.1、4.4.2 基础处在边坡范围内时稳定条件计算和有关基础稳定性的规定对基础进行稳定性计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

4.5 剪切承载力

4.5.1 装配式塔机基础梁任意截面的抗剪承载力：基础梁抗剪承载力计算公式（4.5.1-1）和公式（4.5.1-2）是在国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 - 2010 的计算公式（6.3.8-1）和公式（6.3.4-2）的基础上进行微调，去掉了 $V_p = 0.05N_{p0}$ ， V_p 是由预加钢绞线张拉时提高构件截面抗剪承载力， $0.05N_{p0}$ 很小可以忽略不计，另增加了装配式塔机基础梁

截面抗剪的折减系数（参考美国公路桥梁规范《节段式混凝土桥梁设计和施工指导性规范》AASHTO 表 5.5.4.2.2-1 的规定，折减系数取 0.75）。

4.5.2 装配式塔机基础的预制混凝土构件连接面设置抗剪构造的受剪承载力公式（4.5.2），在连接面上设置了混凝土抗剪件和钢定位键，加强了连接面的抗剪切能力，均按混凝土抗剪件和钢定位键的受剪面积乘以混凝土抗剪件和钢定位键剪切容许应力和混凝土抗剪件和钢定位键的数量计算，但考虑到抗剪件和定位件不同时工作和其材料强度的差异，增加折减系数 0.75。装配式塔机基础的预制混凝土构件的连接面不是绝对的平面，在水平连接构造的预应力作用下，预制混凝土构件的连接面上会产生很大的摩擦力作为连接面处的抗剪切内力储备，混凝土抗剪件中配置钢筋增加的剪切承载力未纳入计算，提高了连接面处的抗剪切承载力。

4.6 非预应力钢筋

4.6.1、4.6.2 装配式塔机基础的预制混凝土构件的非预应力受力钢筋设计计算，最主要的是底板的受力钢筋设计计算。底板的下层受力钢筋的计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 扩展基础的底板下层受力主筋计算的规定，但应注意地基压应力沿基础梁自外向内的递减分布的情况，底板混凝土受压区应配置经计算的受力钢筋以承受抗压板自重和底板上承载的压重件的重力总和；但下层或上层受力主筋不作为相应的上部或下部受压钢筋纳入受压区强度计算；因为装配式塔机基础底板所承受的正、负弯矩是随着塔机传给基础的倾覆力矩的方向变化而变化的，所以在计算底板的下层和上层受力钢筋时，只对计算截面进行混凝土受压区的复核计算，目的在于提高底板在频繁承受正、负弯矩过程中的抗弯强度和构件的耐久性。

基础梁中设置的上、下非预应力钢筋因在各预制混凝土构件的连接面处断开，无法实现力的有效传递，故基础梁中配置的纵

向非预应力钢筋应按构件的构造配筋配置。

装配式塔机基础的各预制混凝土构件的构造配筋应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中抗剪扭矩构件的要求并应符合最小配筋率的规定。

4.7 预应力筋和连接螺栓

4.7.1 装配式塔机基础水平连接钢绞线的计算分为两种情况设置，当基础梁内设置上、下各 1 束钢绞线作水平连接的预应力受力筋时：

1 按装配式塔机基础的基础梁承受塔机传给倾覆力矩的受力分析，基础梁内下部设置的钢绞线的最大应力区段位于塔机与装配式塔机基础预制混凝土构件的基础梁上的垂直连接构造中心，即基础梁的 U-U 截面。

公式 (4.7.1-2) 符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于预应力混凝土结构构件最小预应力张拉控制值 $0.40f_{ptk}$ 和最大值 $0.75f_{ptk}$ 的规定；由于各种不利条件造成的预应力损失，为了提高张拉控制应力规定允许提高 $0.05f_{ptk}$ ；钢绞线在退张时是在原张拉的基础上对钢绞线再次张拉使钢绞线再度伸长，才能实现退张，应在实际张拉控制应力与允许最大张拉应力之间留有钢绞线退张时的附加应力，所以钢绞线控制应力设计值取 $(0.45 \sim 0.55)f_{ptk} + \sigma_l$ ，预应力总损失值，经过多项工程实践计算的总结均在 $170\text{N/mm}^2 \sim 210\text{N/mm}^2$ 之间，取 $\sigma_l = 210\text{N/mm}^2$ ； σ_{pe} 是钢绞线张拉时的有效应力控制值；由于装配式塔机基础是多件组合而成的，公式 (4.7.1-1) 考虑到构件连接时的折减，参考美国公路桥梁规范《节段式混凝土桥梁设计和施工指导性规范》AASHTO 的规定，折减系数取 0.85。

0.875 是钢绞线的内力臂系数（按行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的公式计算，临界高度为 0.311， $\gamma_s = 1 - 0.5 \times 0.311 = 0.8445$ ，考虑到钢绞线重复使用的不利因素，取内力臂系数为 0.875）， $0.875h_0$ 值限定了基础梁上部受压区的高

度，在复核上部受压区面积时，实际上是复核梁的宽度。

2 在基础梁的 U-U 截面承受塔机传给基础的最大正弯矩 (M_U) 的同时，基础梁的 N-N 截面承受截面以外的基础自重和压重对 N-N 截面形成的最大负弯矩 (M_N)。公式 (4.7.1-4) 中 $0.9h_0$ 与公式 (4.7.1-1) 的 $0.875h_0$ 的区别之根据在于，对 N-N 截面的上部钢绞线束这一受拉钢筋而言，复核其对应的混凝土受压区面积时，基础梁和底板形成的倒 T 形下翼缘的受压区面积显然大于同样高度的基础梁上部受压区面积，再者，基础梁的 N-N 截面所承受的负弯矩要比 U-U 截面承受的正弯矩小了很多，因此上部钢绞线束的内力臂系数定为 0.9，公式 (4.7.1-3) 和 (4.7.1-6) 中的 n_1 和 n_2 应采用小数进位整数取值。

4.7.2 基础梁内配置一束钢绞线时，基础梁 Q-Q 截面承受塔机传给装配式塔机基础的最大弯矩，钢绞线根数应按公式 (4.7.1-1)、(4.7.1-2) 和 (4.7.1-3) 计算，基础梁承受 P-P 截面以外的基础自重和压重对 P-P 截面产生的负弯矩所需的钢绞线的根数，以公式 (4.7.1-4)、(4.7.1-5) 和 (4.7.1-6) 进行验算；取对基础梁的 Q-Q 和 P-P 两个截面的钢绞线计算结果中的大值作为钢绞线的配置根数。

4.7.3 本条规定了装配式塔机基础垂直连接螺栓的配置与设计，首先应符合与之装配的固定式塔机使用说明书关于垂直连接螺栓的力学性能的要求，并且以公式 (4.7.3-1) ~ 公式 (4.7.3-3) 进行验算，取二者中较大值作为装配式塔机基础的垂直连接螺栓力学性能的要求。垂直连接螺栓的最大容许载荷按现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 规定取值，以保证垂直连接螺栓的力学性能。

鉴于装配式塔机基础的每个垂直连接构造在承受塔机对基础的倾覆力矩、水平扭矩在不同方向上的不同和垂直连接螺栓特定的平面位置的不同及紧固预紧力的差值，也就产生了同 1 组连接螺栓中各螺栓受力的不均匀性，为防止由于受力不均造成的应力集中，引起的个别垂直连接螺栓的超过设计值的载荷，以公式

(4.7.3-2) 给按 M_k 计算的垂直连接螺栓的承载力附加一个不均匀系数 1.35。

4.8 构造要求

4.8.1 对于装配式塔机基础的水平连接构造系统的预应力主筋的束数和预埋水平孔道位置的规定，是根据大量工程实践和长期经验积累做出的。

1 当装配式塔机基础的高度大于或等于 1.5m 时，基础高决定装配式塔机基础承受的倾覆力矩相对较大，根据装配式塔机基础稳定性、耐久性要求，将承受倾覆力矩梁的受拉主筋钢绞线设置于基础梁的下端部，以实现 h_{01} 的最大化和结构内力的最大化，从而最大限度地节约受力筋；将针对基础整体性和基础重力产生的力矩而设置的预应力主筋设置于基础梁的上端部，也可以实现 h_{02} 的最大化，从而最大限度地节约预应力主筋；在此基础上进一步增加结构的整体性和控制基础的高度。为了给梁上部混凝土受压区施加预应力，以减少梁在承受最大弯矩时的变形，且增加梁的整体性和刚度，规定梁上部钢绞线束的钢绞线数量至少为 2 根，作为上部钢绞线束的钢绞线的最少根数；当设于基础梁下端部的下部钢绞线束的钢绞线数量大于 10 根时宜分为 2 束，水平对称于基础梁轴线设置，并使 2 束钢绞线的合力点距离在 200mm~300mm，作为防止应力集中的构造措施。位于基础梁上端部或下端部的钢绞线束的部位应符合预应力筋固定端和张拉端的构造要求，并应对该部位混凝土的集中受压荷载进行验算，以确保装配式塔机基础的结构稳定性和耐久性。

2 当装配式塔机基础的高度小于 1.5m 时，梁高决定的装配式塔机基础承受的倾覆力矩相对较小，而水平连接构造的功能更多地偏重于装配式塔机基础的整体性，在基础梁截面形心点偏下的部位设置，一束钢绞线既可满足装配式塔机基础结构承受的正、负弯矩，也能满足基础整体性的要求，同时减少了预埋孔道

和固定端、张拉端构造的数量而明显提高装配式塔机基础的抗压剪扭强度和整体稳定性，该钢绞线束预埋孔道在基础梁高的设置位置应按对基础的受力分析计算确定，以确保装配式塔机基础的结构安全和重复使用效果。

4.8.2 本条规定了装配式塔机基础配置的部分构造钢筋和受力筋的型号和布置要求，及锚固钢筋的设置方法、位置、长度尺寸及锚固形式的具体要求，定型预埋件可按设计施工图进行定型加工制作后按受力情况增加焊接一定数量锚固筋。

4.8.3 根据装配式塔机基础的预制混凝土构件的受力复杂情况，对于大于 300mm 宽的梁宜采用四肢箍作为梁的箍筋。以提高混凝土结构的抗剪扭能力。

4.8.4 装配式塔机基础与塔机的垂直连接螺栓孔垂直贯穿了基础梁，且设置垂直连接螺栓孔的位置又是基础梁剪扭受力集中的部位，垂直连接螺栓孔的设置无疑会对基础梁的抗剪扭内力产生十分不利的影响，且垂直连接螺栓孔更是应力集中部位，因此，应对垂直连接螺栓孔采取加固措施，可避免这一构造薄弱环节在剪扭的集中作用下成为基础梁破坏的根源和突破口。

4.8.5 本条规定了在预制混凝土构件的连接面上，在不影响水平连接构造的空间部位设置混凝土抗剪件和钢定位键，但不少于各 1 组，对混凝土抗剪件和钢定位键分别作了规定，这对预制混凝土构件的安装定位、基础结构的整体性和抗剪切性能具有关键作用。

4.8.6 在基础梁上设置的混凝土抗剪件和钢制定位键的抗剪强度达不到设计值的，应在底板的相邻连接面上增设混凝土抗剪件补充抗剪力的不足。

4.8.7 针对装配式塔机基础的使用环境和附属件的特定位置，本条规定了预制混凝土构件及附属件的钢筋混凝土保护层厚度，这对结构安全和延长装配式塔机基础的使用寿命有重要作用。

4.8.8 中心件之外的钢绞线水平预埋孔道纵向轴心的标高位置

决定了装配式塔机基础水平连接钢绞线的中心位置和抗倾覆内力的大小，四个方向的预埋孔道的纵向轴心若水平高差超过本规程规定的 $\pm 2\text{mm}$ 时，其直接的后果是造成装配式塔机基础抵抗各个方向的倾覆力矩的内力差别明显加大，使装配式塔机基础的结构产生不同方向的显著内力差，这对于承受水平 360° 任意方向的倾覆力矩和垂直力、水平力和水平扭矩的共同作用，对装配式塔机基础的稳定性有重要影响。因此，对各水平预埋件孔道的水平高差进行严格控制对结构安全十分重要。

4.8.9 水平连接构造的固定端的构造和张拉端的构造，宜优选采用铸造厂按设计生产的定型产品，也可以自行加工和焊接，但应保证产品的质量要求和工作性能要求。

4.8.10 基础构件的底板厚度应大于或等于 200mm ，与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的规定一致。

4.8.11 在垂直连接螺栓套管下端设置与预制混凝土构件既可锚固又能分解的封闭构造，应满足垂直连接螺栓重复使用、可更换的装配式塔机基础的特殊构造要求。

4.8.12 设计装配式塔机基础的预制混凝土构件的预留吊装孔和与之配合的专用吊装构造设施，而不采用传统的预制混凝土构件上预埋钢筋吊环的做法，因为预制混凝土构件长期处于潮湿的地下或露天环境，吊环锈蚀严重，不符合装配式塔机基础重复使用和耐久性要求，故针对装配式塔机基础特点，专设了吊装构造设施，以保证预制混凝土构件吊装的方便和安全。

4.8.13 装配式塔机基础装配到湿陷地基上，或地基承载力达不到装配式塔机基础的装配条件时，可采用桩基础，承桩台的设计应按桩基础的位置条件和构件的桩数并符合相关的规范和规定，因地制宜地进行设计和施工，并应符合相关要求。在承桩台上装配基础，桩基础的规定和要求应执行国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的桩基础的要求。

4.8.14 固定式塔机属于高耸结构，避免雷击是其安全的重要内

容之一，在装配式塔机基础的装配过程中，应按《塔式起重机》GB/T 5031 的规定做好防雷接地设施，并对接地电阻值进行检测，使其符合要求。

5 构件制作及装配与拆卸

5.1 构件制作

5.1.1 本规程规定了装配式塔机基础制作的适合条件和技术条件。

1 装配式塔机基础的各预制混凝土构件属于预应力构件，其组合后能承受塔机的荷载和倾覆力矩，本规程规定各预制混凝土构件制作应执行现行国家施工规范和验收标准的规定。

2 由于在制作预制混凝土构件的过程中预埋受力的定型的钢制埋件，应提前采购或加工，并且要在预埋件上焊接符合设计要求的锚固钢筋作为埋件的锚固件，并按相关的标准进行检查和验收。

3、4 装配式塔机基础是由各预制混凝土构件加工后通过十字空间交叉无粘接预应力水平连接构造，把各预制混凝土构件组合成一个底平面为正正方形的并能与塔机结构连接的独立梁板式结构；由于各预制混凝土构件为预应力构件和重复装配的要求，对预制混凝土构件的几何形状尺寸和材料要求严格，预制混凝土构件的制作应由具有相当的生产设备条件、专业技能、人员素质、管理水平符合生产要求的企业来加工制作。

5.1.2 预埋件和零部件制作的要求。

1 由于各预埋件和零部件对基础结构的重要性，在制作时应遵照设计图和施工图的要求制作和焊接，且应符合相关的技术标准和验收标准的要求。

2 规定铸钢预埋件和钢定位键由专业生产厂家按设计要求制作，既可保证质量又能节约成本。

3 装配式塔机基础各预制混凝土构件预留有钢绞线的孔道，在预制混凝土构件的连接面的孔道口端部和固定端、张拉端的零

件配合部位设置橡胶封闭圈为防水、防潮，本规程要求橡胶封闭圈的材质应符合相关国家标准的要求，目的是保证连接构造的密封性，实现构造的耐久性。

5.1.3 装配式塔机基础各预制混凝土构件的制作是一个复杂的系统工程，各预制混凝土构件制作完成后是否达到设计要求，水平连接构造和垂直连接构造的配合程度是否符合设计要求，应通过试装配进行检验，在装配过程中发现问题进行处理，最终应经过相关技术人员的鉴定合格后才允许出厂装配。

5.2 装配与拆卸

5.2.1 本规程对装配式塔机基础在装配前对装配条件提出了要求。

1 环境条件：

- 1) 基坑条件：对基础的定位和基坑四壁的防护（直接影响到塔机的使用）和稳定及安装过程的安全具有十分重要的意义；
- 2) 地基承载力对基础的安全和稳定具有决定性的作用，装配式塔机基础装配前应对地基承载力进行确认；
- 3) 在季节性冻土层上装配装配式塔机基础是造成装配式塔机基础沉降不均以致倒塔事故的重要隐患；
- 4) 装配式塔机基础设置的位置下方 1.5m 深度范围内是地基持力层，在此深度范围内埋有水、油、气和电的管线，在塔机作用下会产生地基不均匀受力，会对管线的安全造成不利影响，以致发生损坏管线的重大事故；
- 5) 基坑外缘 3m 范围内有积水存在会对地基产生影响，造成基础不均匀下沉；
- 6) 垫层的几何尺寸、水平度和平整情况对装配式塔机基础的装配和稳定性有重要影响。

2 装配条件：

- 1) 装配式塔机基础的装配具有特殊的工艺流程和专业技术要求，应由掌握装配式塔机基础技能的技术工人进行操作，否则会对装配式塔机基础的装配质量乃至塔机的安全产生重大隐患；
- 2) 装配式塔机基础的装配应有必要的专用仪器、工具，否则无法控制装配式塔机基础的装配质量，会给塔机安全留下重大隐患；
- 3) 根据现场情况不同，装配式塔机基础对起重机械的要求也不同，应使用满足吊装条件的起重机械，才能保证预制混凝土构件的装配顺利；
- 4) 装配式塔机基础的预制混凝土构件的端件上应设置水平连接构造的固定端构造和张拉端构造，对钢绞线进行张拉和固定端、张拉端的装配应有一定的工作空间；
- 5) 固定式塔机在安装过程中会产生相当大的倾覆力矩，只有装配式塔机基础的预制混凝土构件和压重件全部装配完毕应达到基础的重力要求，才能抵抗塔机装配过程中产生的倾覆力矩，确保塔机安装的顺利和安全。

5.2.2 装配式塔机基础的重复使用的特点，决定了预制混凝土构件的多次移位和重复装配，预制混凝土构件及配件的完好是装配式塔机基础安全稳定的前提条件。

5.2.3 本条规定在装配式塔机基础底板的下面与混凝土垫层上面之间设置中砂垫层，其作用是使地基承载力均匀地传给底板，这对防止装配式塔机基础的不均匀沉降有重要作用。

5.2.4 严格有效地控制钢绞线的张拉力符合设计要求，并采取锚片防脱退措施，可防止由塔机工作过程的振动造成锚片的松退，对保证装配式塔机基础的抗倾覆能力符合设计要求至关重要。

5.2.5 在装配式塔机基础的水平连接构造对钢绞线张拉或退张

的过程中应设置安全防护区域，操作人员不得违规操作，是确保水平连接构造装配全过程人员安全的重要措施。

5.2.6 装配式塔机基础的水平连接构造的固定端和张拉端是水平连接构造的关键构造，将其置于可装配的封闭构造内的意义一是确保装配式塔机基础的结构安全，二是防水、防锈，延长构造的使用寿命，满足装配式塔机基础重复使用和降低成本的要求。

5.2.7 本条规定了使用散料压重件时，应在散料上面设保护层，以防散料流失，造成压重件重力达不到设计要求，给装配式塔机基础的安全稳定造成隐患。

5.2.8 本条规定了当装配式塔机基础的设置方式为全露时，防止底板边缘之下的中砂垫层移位流失致使装配式塔机基础出现不均匀沉降，同时防止装配式塔机基础在塔机传来的水平扭矩作用下出现基础整体水平位移。

5.2.9 本条规定了有底架的塔机与装配式塔机基础进行垂直连接时，底架与基础梁之间设置垫板，并在垫板下面与基础梁上面之间设干硬性水泥砂浆垫层，通过调整水泥砂浆垫层厚度来控制垫板上面水平并使塔机的垂直力均匀地传给基础梁，这是保证装配式塔机基础结构稳定的重要措施。

5.2.10 本条规定了装配式塔机基础拆卸的条件。

1 塔机结构未全部拆除不得进行预制混凝土构件的分解，否则会造成垂直拆除作业出现安全事故；

2 装配式塔机基础的预制混凝土构件未全部暴露，会影响预制混凝土构件的分解和吊移；

3 装配式塔机基础的固定端、张拉端之外没有足够的操作空间，无法进行水平连接构造的拆卸工作，且会造成安全事故；

4 退张控制拉力超过 $0.75f_{ptk}$ ，会造成钢绞线的断丝或整根拉断，造成安全事故，又使钢绞线无法重复使用；

5 装配式塔机基础的预制混凝土构件是定位的，应按装配

时的安装顺序的逆顺序进行拆卸；

6 钢绞线是易损零件，本款规定了应及时对拆卸下来的钢绞线采取保护措施，以备重复使用；

7 装配式塔机基础的预制混凝土构件吊移后，回填基坑，以防人员跌入造成安全事故。

6 检查与验收

6.1 检验与验收

6.1.1 本条对装配式塔机基础的预制混凝土构件的检查、检测与验收的方法和标准作出了规定。

- 1 对新出厂的装配式塔机基础的预制混凝土构件的检验；
- 2 对重复使用装配前的装配式塔机基础的预制混凝土构件的检验；
- 3 对重复使用装配后的装配式塔机基础的预制混凝土构件的检验。

通过严格的检验程序和检验内容，保证装配式塔机基础的装配程序顺利和装配式塔机基础的结构稳定安全。

6.1.2 本条规定了装配式塔机基础的零部件的检验方法与标准。

1 根据有关标准的规定，高强度螺栓按最大允许载荷紧固时，允许使用次数不得多于 2 次；根据长时间和大量使用实践，规定有底架的塔机的垂直连接螺栓在不大于最大允许载荷 50% 紧固时，垂直连接螺栓的使用次数可以增加至 8 次，但又同时规定了使用年限不得超过 5 年，因为垂直连接螺栓长期暴露于自然环境，锈蚀无法避免，使用时间过久，对螺栓的截面和配合都会产生不利影响。

2 由于装配式塔机基础的钢绞线设计拉力值 $(0.45 \sim 0.55)f_{ptk}$ ，远低于 $0.75f_{ptk}$ 的最高限值，造成钢绞线的疲劳有限，且造成锚片与钢绞线的咬合力较低，这为钢绞线的重复使用创造了条件，大量工程实践证明，钢绞线与锚片在同一夹持区段内重复夹持次数不多于 4 次，只要在固定端和张拉端的两个锚固夹持区之间的钢绞线受力区段，钢绞线的截面上设有受过夹持的刻痕，钢绞线的张拉端锚固是可靠的；对钢绞线调换锚片夹持区的次数

限定为 4 次，其结果是限定钢绞线在规定的使用条件下可以重复使用不多于 16 次；同时限定了钢绞线的总使用年限，为防止钢绞线超长时间的使用造成疲劳影响钢绞线的力学性能；

3 钢制零部件是水平连接构造和垂直连接构造的重要组成部分，严格的检查与验收，对保证装配式塔机基础的结构安全和重复使用有重要意义。

6.1.3 本条规定了装配式塔机基础与塔机组合连接后，在塔机作业前及作业中进行检验的内容。

1 塔机装配后垂直度是保证塔机安全作业的重要指标，塔机垂直度在现行国家标准规定的范围内，塔机方可作业；

2 塔机的接地设施安装和电阻值应符合现行国家标准的要求，以保证塔机和司机在雷雨天的安全；

3 塔机在作业工程中突遇 6 级以上大风、暴雨等天气情况，使塔机的回转机构处于自主状态，可防止臂架在大风作用下转动时产生的水平扭矩造成对塔的扭伤；大风暴雨过后及时检测塔机的垂直度以保证塔机安全；大风、暴雨造成对塔机的不定向、不定量的推力使塔机受力振动，容易使装配式塔机基础与塔机的垂直连接螺栓出现松动，及时地检查紧固，对塔机的安全有重要意义。

6.2 报 废 条 件

6.2.1 本条规定了装配式塔机基础的预制混凝土构件的报废条件；预制混凝土构件是装配式塔机基础的结构主体，预制混凝土构件的质量直接关系到装配式塔机基础的结构性能，所以应认真执行本规程规定的预制混凝土构件的报废标准，杜绝预制混凝土构件“带病作业”造成基础整体功能的“短板效应”，给装配式塔机基础的性能带来隐患。

6.2.2 根据装配式塔机基础的预制混凝土构件水平组合后整体受力的结构特点，装配式塔机基础的预制混凝土构件总数中有 40% 的预制混凝土构件达到报废条件会对装配式塔机基础的整体

功能产生难以预测的不利影响，给基础安全造成重大隐患，应整体报废。

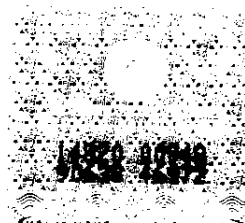
6.2.3 本条规定了钢绞线的报废条件，从而保证装配式塔机基础的水平连接构造的功能达到设计要求，保证装配式塔机基础的整体性和抗倾覆内力符合设计要求。

6.2.4、6.2.5 对水平连接构造的主要配件锚环和锚片的报废作出了明确规定，保证了装配式塔机基础水平连接构造的整体功能，从而消除了水平连接构造的功能因配件质量问题而达不到设计要求的可能。

6.2.6 垂直连接螺栓的功能是装配式塔机基础与塔机进行组合连接、荷载传递的关键零部件。严格执行垂直连接螺栓报废标准，是保证塔机安全稳定的重要环节，杜绝功能达不到标准要求的垂直连接螺栓进入装配环节，是关乎塔机安全的一项十分重要的工作。

6.2.7 本条明确了转换件和其他垂直连接构造的零部件的报废条件。为保证装配式塔机基础与塔机的垂直连接构造的整体功能符合设计要求，提供了质量保证的前提条件。

6.2.8 本条明确了散料仓壁板的报废条件；散料压重件的稳定是装配式塔机基础的重力稳定的前提条件之一，会对装配式塔机基础的抗倾覆稳定性产生决定性作用，所以散料仓壁板的功能得到保证，需要报废的应报废。



统一书号：15112 · 23747
定 价： 11.00 元