

备案号: JXXXXX-XXXX

DB

四川省工程建设地方标准

P

DBJ51/T *** -2019

四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准

Sichuan Technical Standard for Prefabricated Concrete Gravity Foundation of
Tower Crane

(征求意见稿)

2019-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

四川省住房和城乡建设厅 发布

四川省工程建设地方标准

四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准

Sichuan Technical Standard for Prefabricated Concrete Gravity Foundation of
Tower Crane

DBJ51/T * -20XX**

主编单位：四川省装配式建筑产业协会
四川鑫塔塔机基础设施有限责任公司
批准部门：四川省住房和城乡建设厅
施行日期：20XX年XX月XX日

西南交通大学出版社

201X 成都

前 言

本标准（规范、规程）是根据四川省住房和城乡建设厅《关于下达四川省工程建设地方标准〈四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准〉编制计划的通知》（川建标发[2018] 1210 号）的要求，由四川省装配式建筑产业协会会同有关单位共同编制完成的。

标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际和国内先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 8 章和 6 个附录，主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、设计、制作与检验、拼装与验收、运输、维护与报废、安全管理。

本标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理，由四川省装配式建筑产业协会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送四川省装配式建筑产业协会（地址：成都市人民南路四段 36 号综合楼 503，邮编：610041，电话：（028）85568172，邮箱：××××）。

主编单位：四川省装配式建筑产业协会
四川鑫塔塔机基础设施有限责任公司

参编单位：中国五冶集团有限公司
中国水利水电第五工程局有限公司
中国建筑第八工程局有限公司西南分公司
成都建工集团有限公司
绵阳市特种设备监督检验所
中国华西企业股份有限公司第十二建筑工程公司
四川省第六建筑有限公司
四川锦城建筑机械有限责任公司
西南交通大学
中冶成都勘察研究总院有限公司

主要起草人：周 元 余志祥 吴 昊 淡 浩 李平昌 从卫民
岳晨曦 梅 琨 彭俊生 李延和 郭清波 刘建伟
徐玉飞 魏爱生 张家国 代发云 李文田 黄光洪
黄晓军 丁瑞丰 曾大伟 谢国涛 毛 伟 程文明
彭 涛

主要审查人：

目 次

1 范 围	1
2 术语符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	3
3 基本规定	6
4 设 计	7
4.1 一般规定	7
4.2 结构设计计算	8
4.3 构造要求	14
5 制作与检验	16
5.1 预制件的制作与检验	16
5.2 拼装连接索及配件的检验	17
5.3 出厂检验	17
6 拼装与验收	18
6.1 一般规定	18
6.2 拼 装	18
6.3 验 收	20
6.4 拆除和堆放	21
7 运输、维护与报废	23
7.1 运 输	23
7.2 维 护	23
7.3 报 废	23
8 安全管理	25
附录 A 塔式起重机装配式重力基础拼装结构图	26
附录 B 拼装连接索张拉施工记录表	31
附录 C 塔式起重机装配式重力基础拼装验收记录表	32
附录 D 塔式起重机装配式重力基础安全使用巡查记录表	33
附录 E 预制拼装塔机基础地基承载力确定方法	34
附录 F 预制拼装塔机基础地基处理方案	36
本标准用词说明	41
引用标准名录	42
附：条文说明	43

目 次

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirement	6
4	Design	7
4.1	General Requirement	7
4.2	Structure Design Calculations for the Assembled Base	8
4.3	Requirements for the Structure	14
5	Manufacture and Inspection	16
5.1	Manufacture and Inspection of the Prefabricated Concrete Block	16
5.2	Inspection of Joining Strand and Fittings	17
5.3	Final Production Inspection	17
6	Assembly and Acceptance	18
6.1	General Requirement	18
6.2	Assembly	18
6.3	Acceptance	20
6.4	Dismantlement and Stacking	21
7	Transportation, Maintenance and Discarding	23
7.1	Transportation	23
7.2	Maintenance	23
7.3	Discarding	23
8	Safety Management	25
	Appendix A Structure Diagram of the Composition of Prefabricated Concrete Block Assembled Base of Tower Crane	26
	Appendix B Table B: Operation Record of the Joining Strand Post-Tensioning	31
	Appendix C Table C: Acceptance Inspection Checklist for the Assembled Base	32
	Appendix D Table D: Patrol Safety Inspection Checklist of the Assembled Base	33
	Appendix E Method to Determine the Bearing Capacity of Foundation	34
	Appendix F Ground Treatment Plan	36
	Explanation of Wording in the Specification	41
	List of Quoted Standards	42
	Addition: Explanation of Provisions	43

1 范 围

1.0.1 本标准规定了四川省塔式起重机装配式重力基础的设计、施工、质量控制和验收的标准。

1.0.2 本标准适用于四川省建筑工程塔式起重机装配式重力基础的设计、施工、质量控制和验收，市政工程可参照执行。

1.0.3 本标准适用于小车变幅水平臂额定起重力矩不超过 $3150\text{kN}\cdot\text{m}$ 的塔式起重机装配式重力基础的设计、制作、拼装、验收和使用维护。

2 术语符号

2.1 术 语

2.1.1 塔式起重机装配式重力基础 prefabricated concrete gravity foundation of tower crane

通过拼装连接索将经过专门设计的混凝土预制件拼装成一体，用于传递塔式起重机荷载至地基的基础。简称塔式起重机装配式重力基础。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.1】

2.1.2 中心件 cruciform block

置于塔式起重机装配式重力基础中心部位的十字形混凝土预制件。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.2】

2.1.3 扩展件 extending block

扩展塔式起重机装配式重力基础长度的混凝土预制件。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.3】

2.1.4 端件 outer block

塔式起重机装配式重力基础端部的混凝土预制件。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.4】

2.1.5 配重块 ballast block

搁置于扩展件、端件之间且中部悬空用以抗倾覆的混凝土预制件。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.5】

2.1.6 定位剪力键 shear resisting positioning couplings

设置在相邻预制件之间用于限制预制件连接的形位公差并起到抗剪作用的钢制耦合件。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.6】

2.1.7 拼装连接索 joining cable

将预制件连接成整体的预应力钢绞线。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.7】

2.1.8 配件 fittings

与预制件和拼装连接索配套使用的螺栓、螺母、垫圈、垫板、锚具、承压板等的总称。

【JGJ/T197—2010，术语 2.1.8】

2.1.9 转换底座 Tower crane conversion base

塔式起重机支腿与塔式起重机基础连接的钢构件。

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_{ptk} ——预应力钢绞线强度标准值；
- f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；
- f_t^b ——螺栓抗拉强度设计值；
- f_y ——钢筋的抗拉强度设计值；
- f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；
- f_v ——定位剪力键钢材的抗剪强度设计值。

2.2.2 作用、作用效应及承载力

- f_a ——修正后的地基承载力特征值；
- f_{ak} ——地基主要受力层的承载力特征值；
- F ——塔式起重机装配式重力基础与塔式起重机连接处单根主肢杆上的垂直连接螺栓的最大拉力设计值；
- F_{hk}^t ——塔式起重机作用在其基础顶面上的水平荷载标准值；
- F_v ——塔式起重机作用在其基础顶面上的竖向荷载设计值；
- F_{vk}^b ——塔式起重机作用在其基础底面上的竖向荷载标准值；
- F_{vk}^t ——塔式起重机作用在其基础顶面上的竖向荷载标准值；
- F_y ——每根垂直连接螺栓的预紧力；
- G_k ——塔式起重机装配式重力基础自重及配重的标准值；
- M ——塔式起重机作用在基础底面上的弯矩设计值；
- M_k^b ——塔式起重机作用在其基础底面上的弯矩标准值；
- M_k^t ——塔式起重机作用在其基础顶面上的弯矩标准值；
- M_{max} ——塔式起重机装配式重力基础梁截面内的最大弯矩设计值；
- M_R ——抗滑力距；
- M_S ——滑动力矩；

- M_{stb} ——塔式起重机装配式重力基础抵抗倾覆的力矩值；
- M_{dst} ——塔式起重机作用在其基础上的倾覆力矩值；
- M_y ——螺栓副的预紧力矩；
- N ——单个垂直连接螺栓的拉力设计值；
- N_{p0} ——拼装连接索考虑损失后的拉力的合力设计值；
- $p_{k,m}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面上的平均压力标准值；
- $p_{k,max}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面边缘处的最大压力标准值；
- $p_{k,min}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面边缘处的最小压力标准值；
- V ——剪力设计值；
- σ_{con} ——预应力钢绞线张拉控制应力；
- σ_l ——预应力钢绞线的预应力损失值；
- σ_{pe} ——预应力钢绞线的有效预应力。

2.2.3 几何参数

- A ——塔式起重机装配式重力基础底面积；
- A_0 ——混凝土基础换算截面面积；
- A_p ——预应力钢绞线截面面积；
- A_{p1} ——单根预应力钢绞线的截面面积；
- A_s ——塔式起重机装配式重力基础翼缘受力钢筋的截面面积；
- A_{s0} ——定位剪力键的截面总面积；
- A_{sv} ——同一截面内各肢箍筋的全部截面面积；
- a ——塔身截面对角线上两根主肢杆形心间距；
- b ——塔式起重机装配式重力基础梁截面的宽度；
- b_0 ——基础端件的宽度；
- d ——螺栓的公称直径；
- d_e ——螺栓的有效直径；
- h ——塔式起重机装配式重力基础梁截面高度；
- h_0 ——截面有效高度；
- l ——塔式起重机装配式重力基础底面的长度；
- l_0 ——塔式起重机装配式重力基础最小的抗倾覆力臂；

W_{\min} ——塔式起重机装配式重力基础的最小截面抵抗矩。

2.2.4 计算系数及其他

K_{stb} ——抗倾覆稳定性系数；

n ——基础底部预应力钢绞线数量；塔机每根主肢杆上的垂直连接螺栓数量；

α ——荷载不均匀系数。

3 基本规定

3.0.1 塔式起重机装配式重力基础应由定位剪力键和拼装连接索将中心件、扩展件、端件连接而成，配重块应按计算配置。

3.0.2 塔式起重机装配式重力基础应安装牢固、连接可靠。

3.0.3 塔式起重机装配式重力基础应拼装便利，在正常维护下应能重复使用。

3.0.4 预制件的混凝土强度等级不应低于 C40，其相关指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

3.0.5 混凝土预制件应配置 HRB400 级及其以上钢筋，其相关指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 版）的规定。

3.0.6 拼装连接索应采用抗拉强度标准值 f_{ptk} 为 1860N/mm^2 及其以上无粘结高强低松弛预应力钢绞线，其相关指标应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T5224 的规定。

3.0.7 预埋件、承压板等宜采用 Q235、Q355、Q390 和 Q420 钢，其相关指标应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《碳素结构钢》GB/T700、《低合金高强度结构钢》GB/T1591 和《建筑结构用钢板》GB/T19879 的规定。

3.0.8 垂直连接螺栓应采用 40Cr 钢并经调质处理，调质后其极限抗拉强度不应小于 750N/mm^2 ，屈服强度不得小于 550N/mm^2 ，相关指标应符合现行国家标准《紧固件机械性能》GB3098 的规定。

3.0.9 锚具质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用锚具、夹具和连接器》GB/T14370 的要求。

4 设 计

4.1 一般规定

4.1.1 塔式起重机装配式重力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》GB50007 及现行国家标准的相关规定，其地基基础设计等级宜取为丙级。

4.1.2 塔式起重机装配式重力基础的地基承载力特征值额定起重力矩 400kN·m 以下不应低于 80kN/m²，额定起重力矩 400kN·m-800 kN·m 不应低于 120kN/m²，800 kN·m 以上不应低于 160kN/m²，并由所设置场地的岩土工程勘察来验证。如不满足要求，宜按 JGJ79 的规定对地基进行处理，使其满足要求。当持力层为表层土且岩土工程勘察报告中未提供表层土承载力时，可通过现场测试确定。

4.1.3 塔式起重机装配式重力基础预制件设计应符合下列要求：

- 1 预制件设计应构造简单、坚固耐用、便于制作、运输和拼装；
- 2 整体平面布置应合理规范；
- 3 截面形式宜采用倒 T 形，其截面尺寸宜满足塔机基础受力参数要求。

4.1.4 塔式起重机装配式重力基础设计包括下列内容：

- 1 地基承载力验算、地基稳定性验算、基础抗倾覆验算、基础承载力计算、转换底座承载力计算；
- 2 受拉区拼装连接索根据受力计算确定，并按构造要求布置受压区拼装连接索，明确索的规格型号等级；
- 3 编写塔式起重机装配式重力基础设计说明书；
- 4 绘制塔式起重机装配式重力基础平面布置与装配图；
- 5 绘制预制件配筋图及模板图；
- 6 绘制预埋件和拼装连接索布置图；
- 7 绘制转换底座、定位剪力键详图和布置图。

4.1.5 塔式起重机装配式重力基础倾覆力矩设计值 (M) 和水平荷载设计值 (F_h) 应按其中任一条形基础纵向作用计算，竖向荷载设计值 (F_v) 应由全部基础承受。

4.2 结构设计计算

4.2.1 作用在塔式起重机装配式重力基础上的荷载及其荷载效应组合应符合下列规定：

1 作用在塔式起重机装配式重力基础顶面的荷载应由塔式起重机生产厂家按现行国家标准《塔式起重机》(GB/T5031)提供或根据相关规范计算。塔式起重机作用在基础顶面上的竖向荷载标准值、水平荷载标准值、弯矩标准值及扭矩标准值分别为 F_{vk}^t 、 F_{hk}^t 、 M_k^t 、 T_k^t (图 4.2.1-1)。

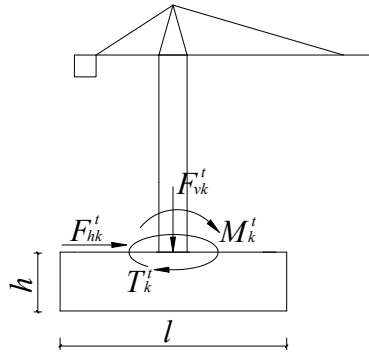


图 4.2.1-1 基础顶面荷载标准值

2 对塔式起重机装配式重力基础的底面压力进行验算时,作用在基础底面上的荷载应采用标准组合。标准组合中取用的竖向荷载标准值和弯矩标准值应按下列公式计算：

$$F_{vk}^b = F_{vk}^t + G_k \quad (4.2.1-1)$$

$$M_k^b = M_k^t + F_{hk}^t \cdot h \quad (4.2.1-2)$$

式中： F_{vk}^b ——作用在基础底面上的竖向荷载标准值 (kN)；

G_k ——塔式起重机装配式重力基础的自重及配重的标准值 (kN)；

M_k^b ——塔式起重机装配式重力基础作用在其基础底面上的弯矩标准值 (kN·m)；

h ——塔式起重机装配式重力基础梁截面高度 (mm)。

3 对塔式起重机装配式重力基础进行抗倾覆验算时,应采用荷载基本组合的效应设计值。当采用图 4.2.1-2 的方式布置基础时,其倾覆力矩和抗倾覆力矩应按下列公式计算：

$$M_{stb} = 0.9l_0 \times F_{vk}^b \quad (4.2.1-3)$$

$$M_{dst} = 1.5M_k^b \quad (4.2.1-4)$$

$$l_0 = \frac{\sqrt{2}}{4}(l + b_0) \quad (4.2.1-5)$$

式中： M_{stb} ——塔式起重机装配式重力基础的抗倾覆的力矩值 (kN·m)；

- M_{dst} ——塔式起重机作用在基础上的倾覆力矩值(kN·m)；
- l_0 ——塔式起重机装配式重力基础最小的抗倾覆力臂(mm)；
- b_0 ——基础端件的宽度(mm)；
- l ——塔式起重机装配式重力基础底面的长度(mm)。

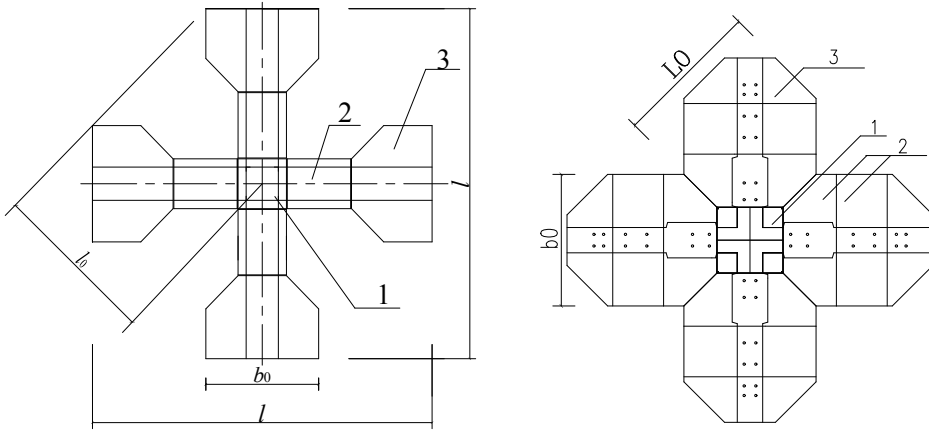


图 4.2.1-2 最小抗倾覆力臂示意图

1—中心件；2—扩展件；3—端件

4 对塔式起重机装配式重力基础进行截面承载力计算时,竖向荷载设计值和弯矩设计值应按下列公式计算:

$$F_v = 1.45F_{vk}^t \quad (4.2.1-6)$$

$$M = 1.5M_k^t + 1.0F_{hk}^t h \quad (4.2.1-7)$$

式中: F_v ——塔式起重机作用在其基础顶面上的竖向荷载设计值(kN)；

M ——塔式起重机作用在其基础底面上的弯矩设计值(kN·m)。

4.2.2 塔式起重机装配式重力基础的地基承载力应符合下列规定:

1 塔式起重机在偏心荷载作用下基础底面的压力应按下列式确定(图 4.2.2):

$$\left. \begin{array}{l} p_{k,max} \\ p_{k,min} \end{array} \right\} = \frac{F_{vk}^b}{A} \pm \frac{M_k^b}{W_{min}} \quad (4.2.2-1)$$

式中: $p_{k,max}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面边缘的最大压力标准值(kN/m²)；

$p_{k,min}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面边缘的最小压力标准值(kN/m²)；

W_{min} ——塔式起重机装配式重力基础的最小截面抵抗矩(m³)；

A ——塔式起重机装配式重力基础底面积(m²)。

2 基础底面的压力，应符合下列公式要求：

$$p_{k,m} \leq f_a \quad (4.2.2-2)$$

$$p_{k,max} \leq 1.2f_a \quad (4.2.2-3)$$

式中： $p_{k,m}$ ——塔式起重机装配式重力基础底面上的平均压力标准值(kN/m²)；

f_a ——经过宽度和深度修正后的地基承载力特征值(kN/m²)。

当采用图 4.2.1-2 的方式布置基础时，基底出现零应力区时，偏心距 e 应小于 $l/4$ ；偏心距 e (m) 应按下列公式计算：

$$e = \frac{M_k^b}{F_{vk}^b} \quad (4.2.2-4)$$

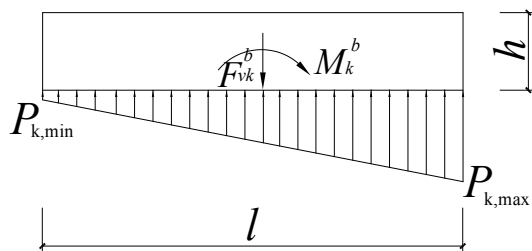


图 4.2.2 基底压力示意图

4.2.3 塔式起重机装配式重力基础的地基稳定性计算应符合下列规定：

1 当塔式起重机装配式重力基础底面标高接近土坡底或基坑底(图 4.2.3)，当 h' 不大于 1.0m、 α' 不小于 2.0m、 f_{ak} 不小于 130kN/m² 且地基持力层无软弱下卧层时，可不做地基稳定性验算。

2 当塔式起重机装配式重力基础处于边坡内且不符合上条规定时，应进行边坡的稳定性验算，可按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的规定，按圆弧滑动面法进行计算。最危险滑动面上的诸力对滑动中心所产生的抗滑力矩与滑动力矩应符合下式要求：

$$\frac{M_R}{M_S} \geq 1.25 \quad (4.2.3)$$

式中： M_R ——抗滑力矩(kN·m)；

M_S ——滑动力矩(kN·m)。

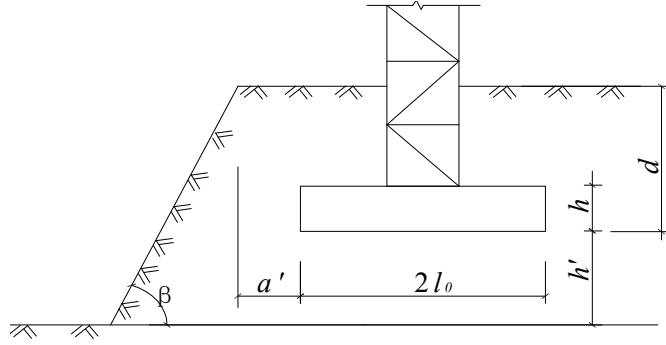


图 4.2.3 基础底面外边缘至坡顶的水平距离示意

a' —基础底面外边缘至坡顶的水平距离； $2l_0$ —竖向于坡顶边缘线的基础底面边长；
 h' —基础底面至坡（坑）底的竖向距离； d —基础的埋置深度； β —边坡坡角。

4.2.4 塔式起重机装配式重力基础的抗倾覆稳定性应符合下式要求：

$$k_{\text{stb}} \leq \frac{M_{\text{stb}}}{M_{\text{dst}}} \quad (4.2.4)$$

式中： k_{stb} ——抗倾覆稳定性系数：当塔式起重机装配式重力基础有埋深时， k_{stb} 应按不小于 2.0 取值；无埋深时， k_{stb} 应按不小于 2.2 取值。

4.2.5 倒 T 形预制件在受拉翼缘中配置的受力钢筋截面面积应按下式计算，且应满足最小配筋率的要求：

$$A_s = \frac{M_1}{0.9 f_y h_0} \quad (4.2.5)$$

式中： M_1 ——塔式起重机装配式重力基础倒 T 形预制件中的最大弯矩设计值(kN·m)；

A_s ——塔式起重机装配式重力基础翼缘每米长的受力钢筋的截面面积(mm²)；

f_y ——钢筋的抗拉强度设计值(N/mm²)；

h_0 ——塔式起重机装配式重力基础翼缘的有效高度(mm)。

4.2.6 塔式起重机装配式重力基础梁的受剪承载力应符合下列规定：

1 整体抗剪应符合下式要求：

$$V \leq 0.65(0.7 f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0) \quad (4.2.6-1)$$

式中： V ——构件斜截面上的最大剪力设计值(kN)；

- f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值(N/mm²)；
- b ——基础梁截面的宽度(mm)；
- h_0 ——基础梁截面的有效高度(mm)；
- f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值(N/mm²)；
- A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积(mm²)；
- s ——沿构件长度方向的箍筋间距(mm)。

2 拼接面处的抗剪应符合下列公式要求：

$$V \leq 0.5N_{p0} \quad (4.2.6-2)$$

$$A_{so} \geq (V - 0.2N_{p0}) / f_v \quad (4.2.6-3)$$

式中： V ——拼接面处的剪力设计值；

N_{p0} ——拼装连接索考虑损失后的拉力的合力设计值：当 N_{p0} 大于 $0.3f_cA_0$ 时，应取 N_{p0} 等于 $0.3f_cA_0$ ，此处， A_0 为构件的换算截面面积， f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值；

A_{so} ——定位剪力键的截面总面积(mm²)；

f_v ——定位剪力键钢材的抗剪强度设计值(N/mm²)。

4.2.7 塔式起重机装配式重力基础垂直连接螺栓的设计应符合下列规定：

1 垂直连接螺栓孔附加横向箍筋总截面面积 A_{sv} 应符合下列公式要求：

$$A_{sv} \geq \frac{F}{0.8f_{yv}} \quad (4.2.7-1)$$

$$F = \frac{1.5M_k^t}{a} - \frac{0.9F_{vk}^t}{4} \quad (4.2.7-2)$$

式中： A_{sv} ——承受垂直连接螺栓拉力所需的附加横向钢筋总截面面积(mm²)；

F ——塔式起重机装配式重力基础与塔式起重机连接处单根主肢杆上垂直连接螺栓组的最大拉力设计值(kN)；

a ——塔身截面对角线上两根主肢杆形心间距(mm)。

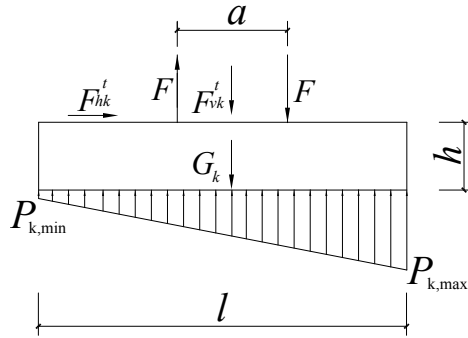


图 4.2.7 垂直连接螺栓受力示意图

2 垂直连接螺栓的拉力应按下列公式验算：

$$N \leq \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^b - F_y \quad (4.2.7-3)$$

$$N = \alpha \frac{F}{n} \quad (4.2.7-4)$$

$$F_y \leq \frac{M_y}{0.318d} \quad (4.2.7-5)$$

式中：N ——单个垂直连接螺栓的拉力设计值(kN)；

d_e ——螺栓的有效直径(mm)；

f_t^b ——螺栓抗拉强度设计值(N/mm²)；

F_y ——每根垂直连接螺栓的预紧力(kN)；

α ——荷载不均匀系数， α 取 1.1；

n ——每根主肢杆上的垂直连接螺栓数量(个)；

M_y ——螺栓副的预紧力矩(kN·m)，按塔式起重机说明书或现行国家标准《塔式起重机》GB/T5031 的有关规定取值；

d ——螺栓的公称直径(mm)。

4.2.8 塔式起重机装配式重力基础拼装连接索的设计应符合下列规定：

1 拼装连接索施加的有效预应力应按下列公式计算：

$$\sigma_{pe} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad (4.2.8-1)$$

式中： σ_{pe} ——预应力钢绞线的有效预应力(N/mm²)；

σ_{con} ——预应力钢绞线张拉控制应力(N/mm²)，可取 $\sigma_{con} = 0.55 f_{pk}$ ；

σ_l ——预应力钢绞线的预应力损失值，按照《混凝土结构设计规范》GB50010 计算。当预应

力钢绞线长度不小于 7m，采用一端张拉且有顶压措施时， σ_l 可取 200 N/mm²；

f_{ptk} ——预应力钢绞线强度标准值 (N/mm²)。

2 预应力钢绞线的截面面积和根数可按下列公式计算：

$$A_p \geq \frac{M_{\max}}{0.9h_0\sigma'_{pe}} \quad (4.2.8-2)$$

$$n = \frac{A_p}{A_{p1}} \quad (4.2.8-3)$$

式中： A_p ——预应力钢绞线截面面积 (mm²)；

M_{\max} ——塔式起重机装配式重力基础梁截面内的最大弯矩设计值 (kN·m)；

σ'_{pe} ——考虑拼接缝影响，经折减后的有效预应力 (N/mm²)， $\sigma'_{pe} = 0.85\sigma_{pe}$ ；

h_0 ——塔式起重机装配式重力基础梁的有效高度，取基础截面顶部到下部钢绞线合力点的距离 (mm)；

n ——基础底部预应力钢绞线数量 (根)，取整数；

A_{p1} ——单根预应力钢绞线的截面面积 (mm²)。

4.2.9 对塔式起重机装配式重力基础预应力张拉和锚固端、垂直连接螺栓孔部位，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 进行局部受压承载力计算，并配置必要的间接钢筋网或螺旋式钢筋。

4.2.10 对符合本标准适用范围的，即额定起重力矩不超过 800kN·m 的塔式起重机基础，可不进行正常使用极限状态裂缝控制验算和挠度验算。

4.3 构造要求

4.3.1 塔式起重机装配式重力基础下应设置强度等级为 C15 的素混凝土垫层，垫层厚度应不小于 100mm；垫层上宜设置 5mm~10mm 细砂作为滑动层。

4.3.2 预制件（基础梁）箍筋直径不应小于 8mm，且不应小于受力筋直径的 0.25 倍。箍筋宜采用对焊封闭箍筋；也可采用末端做成 135°弯钩、弯钩端部平直段长度不应小于 10 倍箍筋直径的搭接封闭箍筋。

4.3.3 垂直连接螺栓孔距小于 120mm 或有多组孔组合，应设置暗梁及箍筋加强，孔口周围应设置双向 $\phi 6@100$ 网片作为抗裂钢筋。螺栓孔边与梁外边缘距离应小于 80mm。

- 4.3.4 垂直连接螺栓的直径不应小于 24mm。
- 4.3.5 预制件拼接面处的角部应设置截面不小于 50mm×5mm 的防碰撞等边角钢, 其他部位宜设置防碰撞等边角钢或倒角。
- 4.3.6 张拉端及固定端应配置构造钢筋网片 $\phi 6@100$ 或螺旋钢筋。垂直连接螺栓预留孔处, 梁两侧应配置 2 根 $\phi 12$ 构造钢筋。
- 4.3.7 受压区(基础顶面)拼装连接索的预应力钢绞线对额定起重力矩不超过 400kN·m 的塔式起重机不应少于 2 根; 对额定起重力矩 400kN·m~1000kN·m 的塔式起重机不应少于 4 根; 对额定起重力矩超过 1000kN·m 的塔式起重机不应少于 8 根。
- 4.3.8 塔式起重机装配式重力基础内穿拼装连接索的孔应按水平直线布置, 十字梁两个方向孔高差不应大于 25mm。
- 4.3.9 当基础与塔机采用转换底座, 转换底座底板厚度应大于 30 mm, 加劲板厚度大于 14mm, 并采用气保焊, 钢制转换底座受压边缘距离基础梁边应大于 80 mm。
- 4.3.10 拼接面处定位剪力键的数量不应少于 4 个, 定位剪力键距截面边缘的距离不得小于 100mm。
- 4.3.11 塔式起重机装配式重力基础倒 T 形预制件翼缘高度不应小于 200 mm; 当翼缘高度大于 250 mm 时, 宜采用变厚度翼板, 翼板坡度不应大于 1:3, 但应考虑配重件的搁置。
- 4.3.12 当预制件梁腹板高度大于 450mm 时, 应在梁两侧面沿高度配置纵向构造钢筋, 每侧纵向构造钢筋的截面面积不应小于腹板截面面积的 0.1%且不小于 12 ;, 其间距不宜大于 200mm。
- 4.3.13 张拉端、固定端的承压板厚度不应小于 12mm。
- 4.3.14 预制件梁底板配置的非预应力纵向受力钢筋的最小配筋率不应小于 0.15%, 钢筋间距不大于 100mm。
- 4.3.15 预制件梁底板中受力钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 50mm。
- 4.3.16 定位剪力键的锚筋应设置 3 根不小于 2 的钢筋, 且长度不应小于 300mm。

5 制作与检验

5.1 预制件的制作与检验

5.1.1 预制件制作的适合条件和技术条件。

1 塔式起重机装配式重力基础的各预制件属于预应力构件，其组合后能承受塔机的载荷和倾覆力矩，本标准中各预制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，并且要在埋件上焊接符合设计要求的固定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 塔式起重机装配式重力基础是由各预制件通过十字空间交叉无粘接预应力水平连接构造，把各预制件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；由于各预制件为预应力构件且需重复装配，对预制件的几何形状尺寸和材料要求严格，预制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、管理水平且符合生产要求的企业来加工制作

5.1.2 预制件的预埋件和零部件制作的要求。

1 由于各预埋件和零部件对塔式起重机装配式重力基础结构的重要性，在制作时应按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 规定钢制预埋件和钢定位件应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 塔式起重机装配式重力基础各预制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、张拉端的零部件配合部位应设置橡胶封闭圈进行防水、防潮，本标准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 预制件所使用的材料，应具有合格证、检验试验报告。

5.1.4 预制件制作过程的质量控制应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的相关规定。

5.1.5 预制件的制作允许偏差与检验方法应符合表 5.1.5 的要求。

表 5.1.5 预制件尺寸允许偏差与检验方法

项 目	允 许 偏 差 (mm)	检 查 方 法
轴 线	+5 0	钢尺检查
几何尺寸	±5	角尺和量尺检查

表面平整度	+5 0	2m 靠尺和塞尺检查
预埋件中心线位置	+5 0	钢尺检查
预留孔中心线位置	±3	钢尺检查
预留洞中心线位置	±10	钢尺检查
主筋保护层厚度	+10 -5	钢尺或保护层厚度测定仪量测
对角线差	+10 0	钢尺量两个对角线

5.1.6 塔式起重机装配式重力基础各预制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，并对在装配过程中发现的问题进行处理，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 拼装连接索及配件的检验

5.2.1 拼装连接索的检验应符合下列规定：

1 首次使用钢绞线的检验应按现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ92 的有关规定执行，并应具有产品出厂合格证和出厂检验报告。

2 重复使用的钢绞索应符合下列要求：

- 1) 钢绞索不应产生塑性变形；
- 2) 单根钢丝不得产生脆断或裂纹；
- 3) 钢绞索不得出现明显锈蚀脱皮，因锈蚀使截面面积减少 5% 以上的钢绞线不得使用；
- 4) 钢绞索使用次数不得超过 20 次；
- 5) 钢绞索在同一夹持区使用不应超过 6 次。

5.2.2 锚具、垂直连接螺栓等质量要求应按本标准第 3.0.8、3.0.9 条规定执行。

5.3 出厂检验

5.3.1 应对预制件的几何尺寸、数量以及拼装质量逐件进行实测检验。

5.3.2 应对配件的数量、型号、形状尺寸进行检查。

5.3.3 按本标准第 5.3.1 条、第 5.3.2 条要求检验合格后，应出具产品出厂合格证。

6 拼装与验收

6.1 一般规定

6.1.1 拼装前应制定合理的拼装方案。塔式起重机装配式重力基础的拼装应符合本标准附录 A 的规定。

6.1.2 拼装单位作业人员应经过专门培训和单位内部考核。

6.1.3 塔式起重机装配式重力基础严禁设置在积水浸泡的地基和冻土地基上。使用过程中严禁基槽内积水。当塔式起重机装配式重力基础位于不良工程地质环境时，应有保证基础及地基稳定的技术措施。

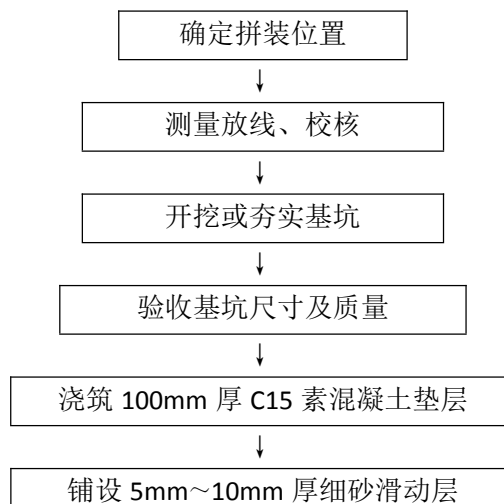
6.1.4 张拉用千斤顶和压力表应配套标定、配套使用；张拉设备的标定期限不应超过半年；当张拉设备出现不正常现象时或千斤顶检修后，应重新标定。

6.1.5 吊装预制件时应设专人指挥，预制件起吊应平稳，不得偏斜和大幅度摆动。

6.1.6 钢绞线在张拉或拆除时，严禁在基础梁两端正前方站人或穿越，工作人员应位于千斤顶侧面操作。

6.2 拼 装

6.2.1 塔式起重机装配式重力基础拼装可按图 6.2.1 所示流程进行：



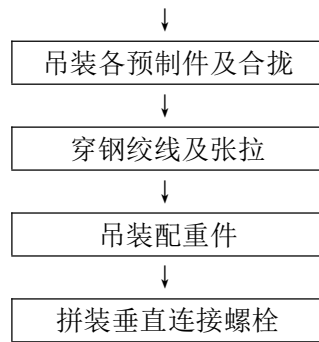


图 6.2.1 塔式起重机装配式重力基础拼装流程

6.2.2 塔式起重机装配式重力基础拼装前应进行下列准备工作：

- 1 确认拼装位置的地基承载力特征值是否满足设计要求，并进行验收；
- 2 收集相邻建筑、道路、管线、边坡等相关资料；
- 3 拼装场地的道路应平整坚实、无障碍物，并满足运输和吊装要求；
- 4 依据设计要求清点预制件和配件数量，核对型号；
- 5 根据设计和相关规范的要求检查预制件和配件质量；
- 6 必须对拼装机具进行校核、检查；
- 7 组织拼装人员进行技术交底。

6.2.3 塔式起重机装配式重力基础的拼装应符合下列规定：

- 1 拼装位置应符合项目施工组织设计或专项施工方案的要求；
- 2 基坑的尺寸及深度应达到设计要求，地基承载力特征值应符合设计规定；
- 3 素混凝土垫层的平整度不得大于 5mm；
- 4 在预制件吊装过程中不应破坏砂滑动层，构件高差、平整度应满足设计要求；
- 5 预制件应按设计要求吊装，起吊时绳索与构件水平面夹角不宜小于 45°；
- 6 应按平面布置依次吊装中心件、扩展件、端件，定位剪力键的凹件与凸件应紧密咬合，拼装时预制件的间隙不应大于 8mm；
- 7 预制件的中心位置应与轴线重合；
- 8 预制件的拼接面缝隙内不得有杂物；
- 9 配重块应搁置于基础边缘，中部应悬空，并与基础有可靠连接；配重块搁置未达设计配置的总重量前，不得安装塔机；
- 10 垂直连接螺栓的预留长度应满足使用要求；
- 11 塔式起重机装配式重力基础周边包括张拉索端部应砌挡墙围护，挡墙下部留泄水孔。

6.2.4 拼装连接索应按下列规定进行施工：

- 1 拼装连接索的张拉程序和张拉力应符合塔式起重机装配式重力基础的设计要求；
- 2 拼装连接索张拉首先应进行合拢张拉，待拼装构件完全合拢后再进行正式逐根对称张拉；张拉时应严格控制油泵压力表值，读数偏差不得大于 0.5MPa，张拉过程应由监理人员进行现场监督，并按本标准附录 B 填写拼装连接索张拉施工记录表；
- 3 张拉后，各预制件的拼接应严密，预制件拼接面缝隙不应大于 0.2 mm，构件间的高差不应大于 2mm；
- 4 拼装连接索的锚具及保留的钢绞线外露部分应设置全密封的防护套，在套上防护套之前先应在锚具外露钢绞线上涂覆油脂或其他可清洗的防腐材料。

6.3 验 收

6.3.1 塔式起重机装配式重力基础拼装质量应符合下列要求：

- 1 塔式起重机装配式重力基础底部与垫层之间缝隙应用黄砂塞紧；
- 2 张拉力应满足设计要求；
- 3 塔式起重机装配式重力基础的表面不得有结构性裂纹；
- 4 塔式起重机装配式重力基础的压重应符合设计要求；
- 5 垂直连接螺栓连接不得松动，螺栓副预紧力矩应符合塔式起重机说明书的要求；
- 6 锚具、夹片应清洁，张拉后锚具及外露钢绞线应满涂防腐油脂，并用专用护套套牢；
- 7 当塔式起重机装配式重力基础无埋深时，端件周边应抹 40mm×40mm、强度等级为 M15 水泥砂浆带。

6.3.2 塔式起重机装配式重力基础的拼装允许偏差及检验方法应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 塔式起重机装配式重力基础拼装允许偏差及检验方法

项 目	允 许 偏 差	检 验 方 法
构件轴线	$+3$ 0 mm	钢尺检查
整体尺寸	$+15$ -10 mm	钢尺检查
预制件间高差	$+2$ 0 mm	水平仪测量
预制件拼接面缝隙	$+0.2$ 0 mm	裂缝观察仪观测

预制件与垫层之间缝隙	$\begin{matrix} +2 \\ 0 \end{matrix} \text{ mm}$	塞尺检查
安装面水平度	$\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix} \text{ ‰}$	水平仪测量

6.3.3 塔式起重机装配式重力基础验收后，应按本标准附录 C 填写塔式起重机装配式重力基础安装验收记录表。

6.3.4 正常使用三个月或遇六级以上风、暴雨后、复工前，应对塔式起重机装配式重力基础进行检查，并应按本标准附录 D 填写塔式起重机装配式重力基础安全使用巡查记录表。

6.4 拆除和堆放

6.4.1 塔式起重机装配式重力基础拆除应符合下列规定：

- 1 基础上方的塔机拆除完毕，回填材料清理后，方可进行拆除；
- 2 张拉端、固定端头应留出足够的工作面；
- 3 退锚时工作锚具距锚环不应小于 200mm，退锚拉力应缓慢增加，当夹片退出 2mm~3mm 后，即刻用专用工具拨出，不得用手取出；
- 4 退锚时钢绞线最大拉应力不应大于 $0.75f_{ptk}$ ；
- 5 钢绞线全部抽出以前不得拆除塔式起重机装配式重力基础。

6.4.2 拆除塔式起重机装配式重力基础工艺流程应按图 6.4.2 所示流程进行。

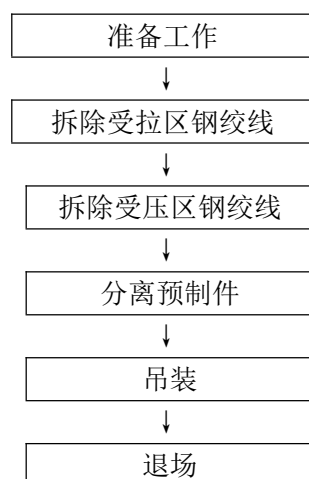


图 6.4.2 拆除塔式起重机装配式重力基础工艺流程

6.4.3 拆除钢绞线应采用张拉千斤顶并与工作锚栓相应的卸荷座按下列程序操作：

- 1 将卸荷座穿过钢绞线套在工作锚上；
- 2 将千斤顶安装到钢绞线上，锚固好后进行缓慢张拉；

- 3 当锚固端夹片松动时，方可用钳子自卸荷座出口处拔出夹片；
- 4 缓慢回油使钢绞线松动，最后卸下千斤顶等设备，抽出钢绞线。

6.4.4 预制件的堆放应符合下列规定：

- 1 堆放场地应平整、坚实；
- 2 预制件之间连接面、定位剪力键凹孔处不得有杂物，并按预制件的编号进行堆放。

7 运输、维护与报废

7.1 运输

7.1.1 预制件运输应根据其长度、高度、重量选用合适的车辆，运输车辆应满足构件尺寸和载重要求。

7.1.2 预制件在运输车辆上应水平放置，并用绳索绑扎牢固，预制件与绳索接触的边角应采用柔性衬垫。

7.2 维护

7.2.1 当预制件在使用和回场保养时有非结构性破损时，应进行修补后方可继续使用。

7.2.2 配件使用一个周期后，应按下列要求进行维护：

- 1 钢绞索应涂防腐油，外加套管保护；
- 2 螺栓螺纹用钢丝刷刷净，满涂防腐油脂；
- 3 定位剪力键的凹凸面用钢丝刷刷去浮锈，满涂防腐油脂；
- 4 外露铁件用钢丝刷刷去浮锈，涂防锈漆二度。

7.3 报废

7.3.1 塔式起重机装配式重力基础预制件出现下列情况时应报废：

- 1 预制件在主要受力部位出现宽度大于 0.3mm 的裂缝；
- 2 预制件出现结构性破坏；
- 3 定位剪力键产生严重锈蚀，截面面积减少 10%以上。
- 4 垂直连接螺栓孔损坏引起连接失效。

7.3.2 拼装连接索达不到本标准第 5.2.1 条中的重复使用要求时应报废。

7.3.3 配件出现下列情况时应报废：

- 1 垂直连接螺栓出现明显锈蚀脱皮，截面面积减少 10%；
- 2 垂直连接螺栓发生弯曲变形超过 5 度；
- 3 垂直连接螺栓螺纹出现严重变形或有严重锈蚀；
- 4 垂直连接螺栓使用次数达 10 次以上；

- 5 夹片出现断裂或平绞破损超过 5%；
- 6 锚环出现裂缝、变形或环面出现塑性变形；
- 8 压板出现塑性变形达到 5%以上弯度；
- 9 压板出现明显锈蚀脱皮，截面面积减少 10%以上。

8 安全管理

8.0.1 塔式起重机装配式重力基础在安装拆除前，应有专项施工方案，超过一定规模的塔式起重机装配式重力基础应由专家组织论证。

8.0.2 塔式起重机装配式重力基础安装、拆除时，操作人员必须戴安全帽；构件吊装时，应有专人指挥，吊钩下严禁站人。

8.0.3 塔式起重机装配式重力基础钢绞索张拉安全管理按本标准 6.1 节的规定执行。

8.0.4 塔式起重机装配式重力基础安装时应有可靠的防雷接地系统，接地电阻应不大于 4 欧姆。

附录 A 塔式起重机装配式重力基础拼装结构图

A.0.1 QTZ400 塔式起重机装配式重力基础可按图 A.0.1 进行拼装。图中的配重块为满配示意，实际工程应用的配重块应按计算配置。

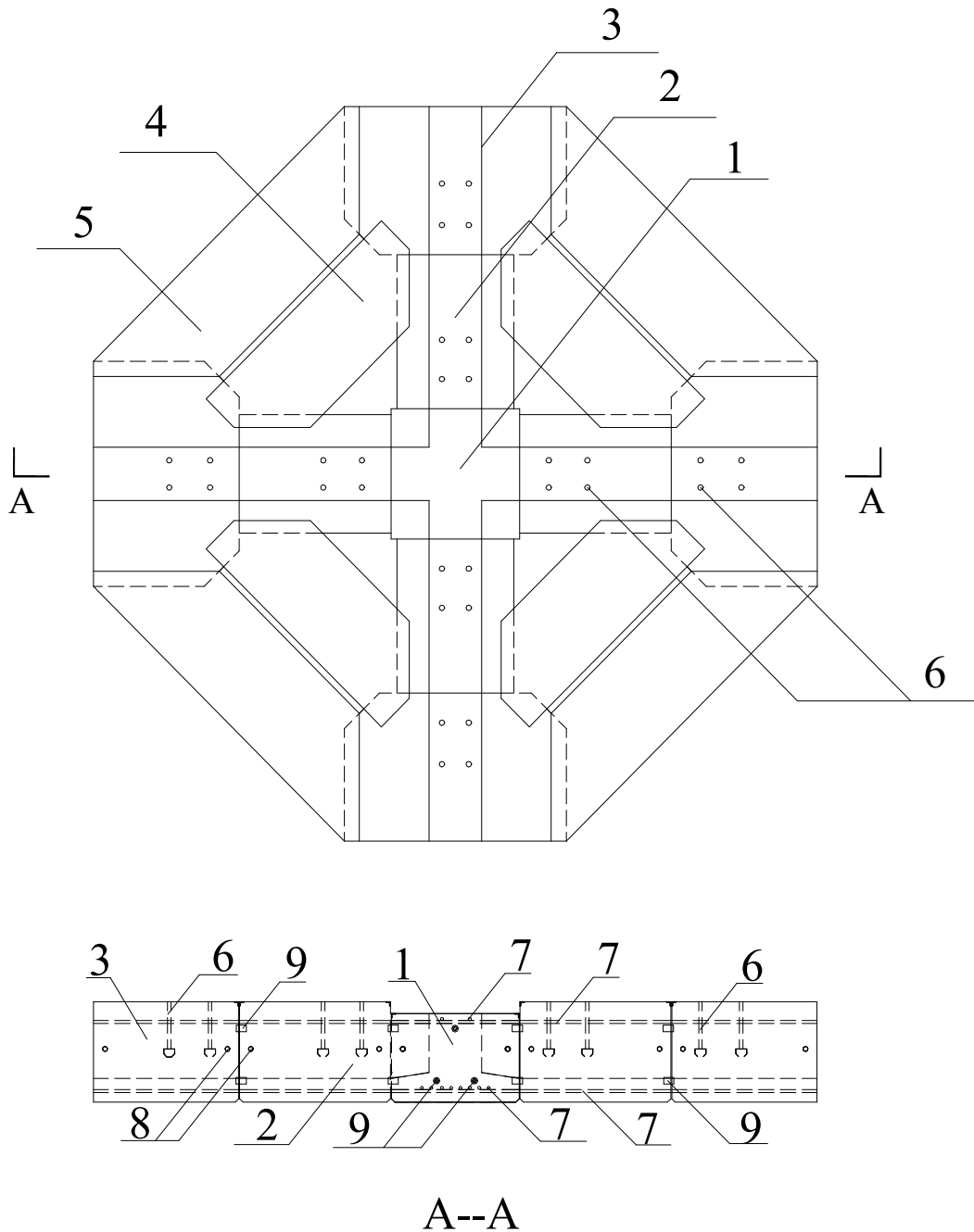


图 A.0.1 拼装结构图

1—中心件；2—扩展件；3—端件；4—配重块；
5—配重块；6—垂直接连接螺栓孔；7—预应力孔；8—吊装孔；9—定位剪力键

A.0.2 QTZ40 塔式起重机装配式重力基础组成件应由中心件(图 A.0.2-1)、扩展件(图 A.0.2-2)、端件(图 A.0.2-3)、定位剪力键(图 A.0.2-4)构成。

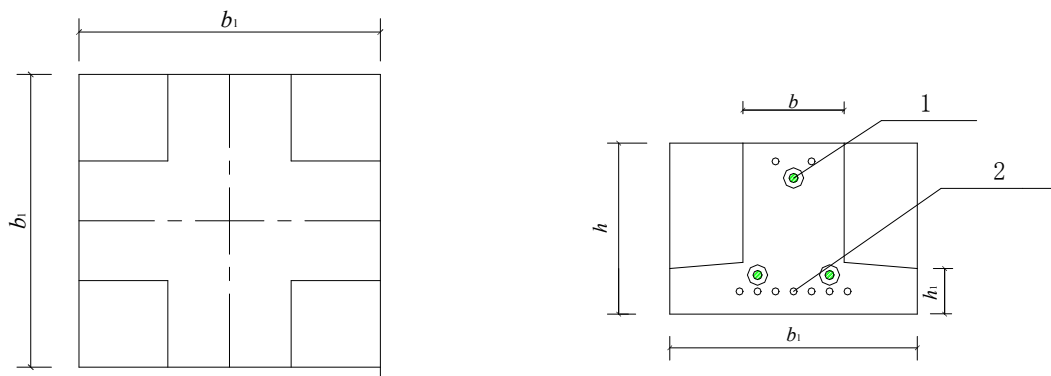


图 A.0.2-1 中心件

1—定位剪力键； 2—预应力孔

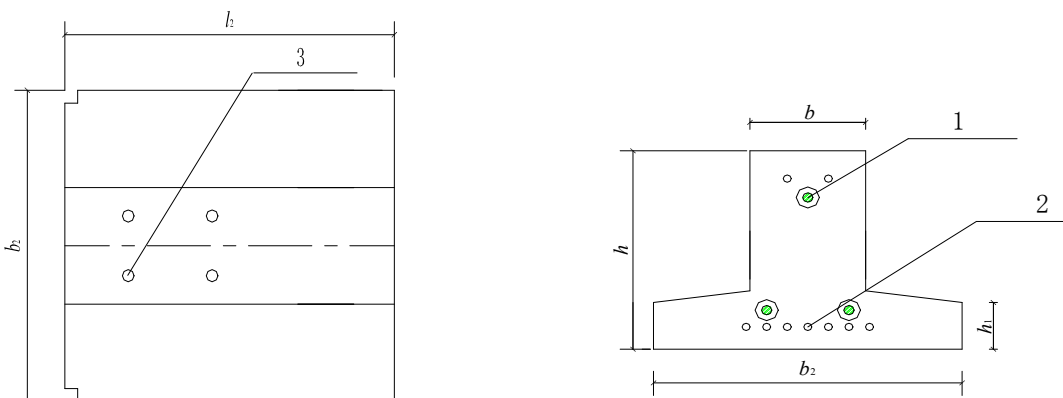


图 A.0.2-2 扩展件

1—定位剪力键； 2—预应力孔； 3—垂直连接螺栓孔

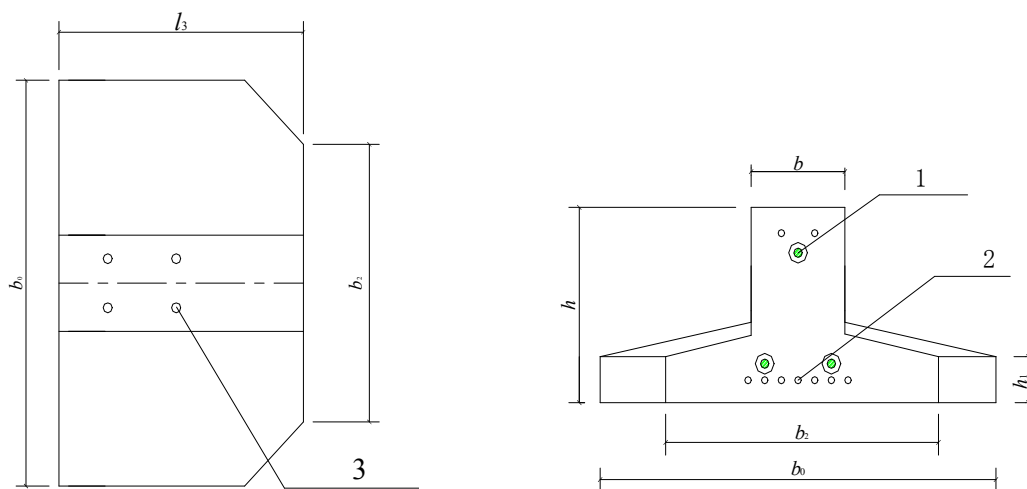


图 A.0.2-3 端件

1—定位剪力键； 2—预应力孔； 3—垂直连接螺栓孔

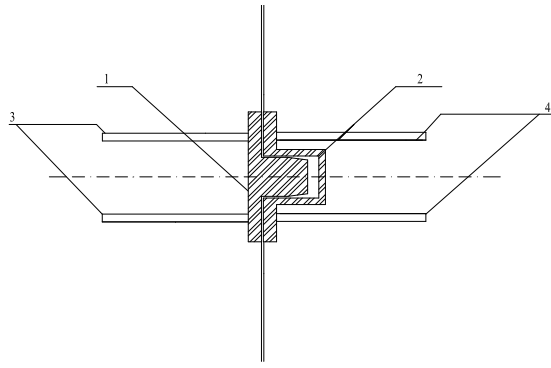
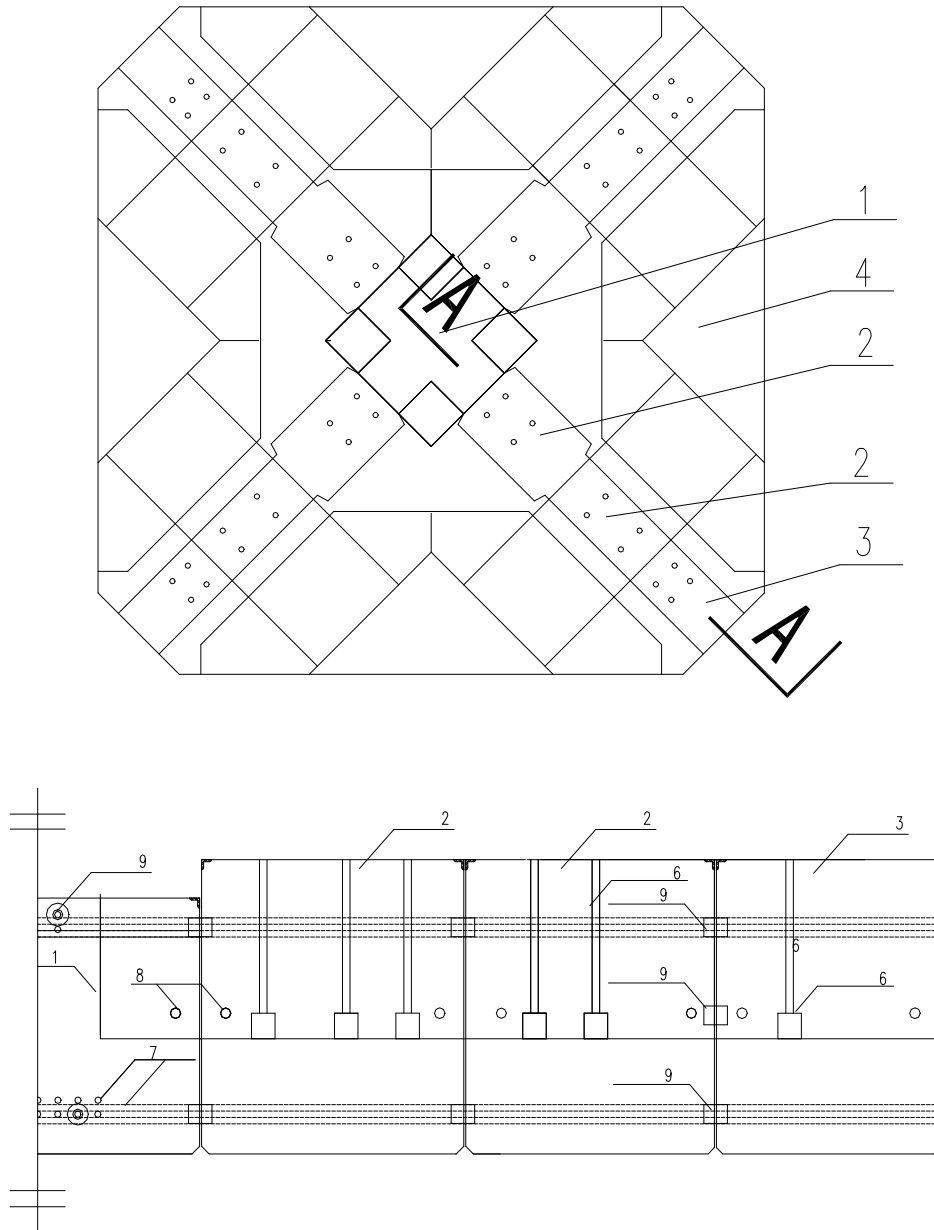


图 A.0.2-4 定位剪力键构造示意图

1—凸件；2—凹件；3—焊接于凸件上的钢筋；4—焊接于凹件上的钢筋

A.0.3 QTZ800 以上塔式起重机装配式重力基础可按图 A.0.3 进行拼装。图中的配重块为满配示意，实际工程应用的配重块应按计算配置。



A---A

图 A.0.3 QTZ80 拼装结构图

1—中心件；2—扩展件；3—端件；4—配重块；
5—配重块；6—垂直连接螺栓孔；7—预应力孔；8—吊装孔；9—定位剪力键

A.0.4 QTZ800 塔式起重机装配式重力基础组成件应由中心件(图 A.0.4-1)、扩展件(图 A.0.4-2)、端件(图 A.0.4-3)构成，定位剪力键构造同图 A.0.2-4。

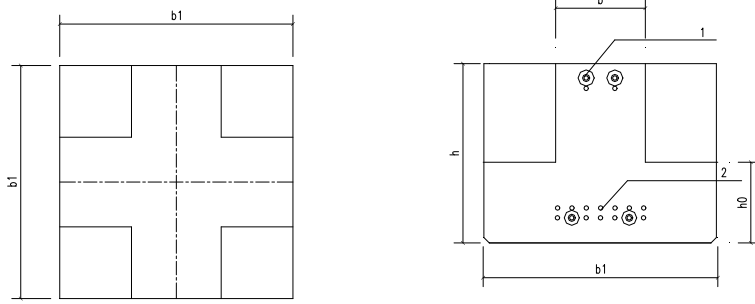


图 A.0.4-1 中心件

1—定位剪力键； 2—预应力孔

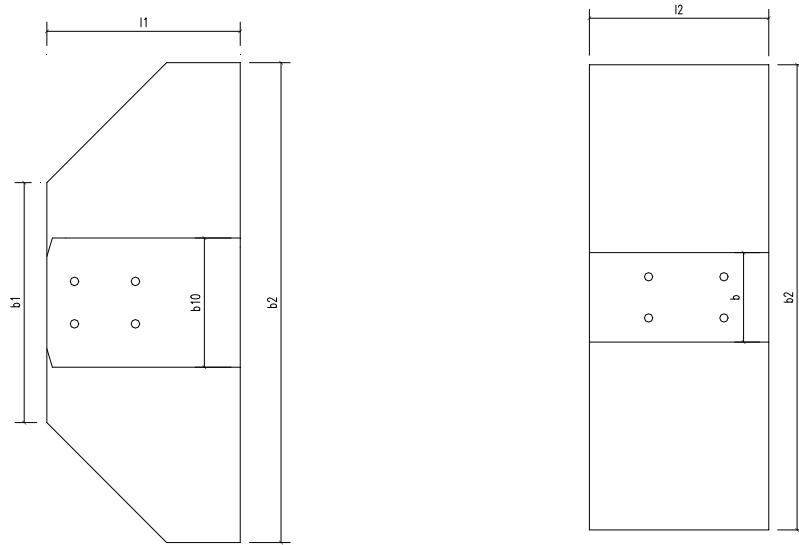


图 A.0.4-2 扩展件

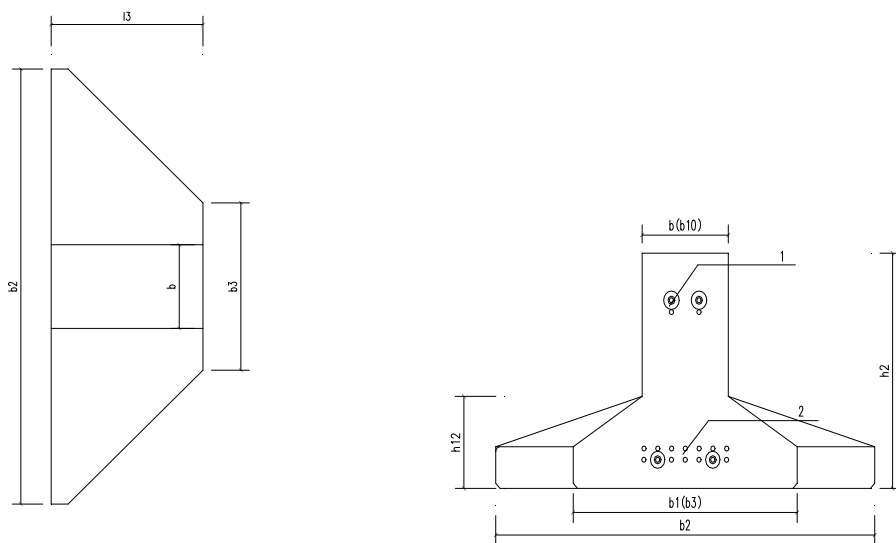


图 A.0.4-3 端件

附录 B 拼装连接索张拉施工记录表

表 B 拼装连接索张拉施工记录表

工程名称				施工地点		
施工单位				项目负责人		
钢绞线规格				设计张拉应力	要求压力表 读数	
张拉设备				张拉日期	操作人	
序号	位置	编号	张拉时间	压力表（测力计）读数		复测读数

张拉记录人：

监理工程师（建设单位负责人）：

质检员：

附录 C 塔式起重机装配式重力基础拼装验收记录表

表 C 塔式起重机装配式重力基础拼装验收记录表

工程名称		塔式起重机装配式重力基础拼装 装施工单位				
塔机类型		基础类型				
检 查 项 目		验收标准	检查数值			结论
地基承载力特征值 (kN/m ²)		设计要求				
配重块总重量 (kN)		设计要求				
垫层平整度(mm)		6.2.3.3				
预制件拼装后整体尺寸(mm)		6.3.2				
预制件表面破损情况		7.3.1				
张拉后预制件之间缝隙 (mm)		6.3.2				
预制件与垫层之间缝隙 (mm)		6.3.2				
钢绞线、锚具表面锈蚀或破损情况		7.3.2				
外露钢绞线、锚具保护		7.2.2				
承压板受力后情况		7.3.3				
基础周边的围护挡墙		6.2.3				
安装面水平度		6.3.2				
验收 结果	塔式起重机装配式重力基础拼装单位 (盖章) 代表 (签字): 年 月 日					
验收 结论	工程监理人员 (签字): 塔机使用单位代表 (签字): 年 月 日					

注：表中“检查标准”栏中数字指本标准的条款号。

附录 D 塔式起重机装配式重力基础安全使用巡查记录表

表 D 塔式起重机装配式重力基础安全使用巡查记录表

编号：

巡查时间：

工程名称		塔机使用单位	
塔机型号		塔机基础类型	
巡查地点		工地负责人	
检查内容		检查标准	检查结果
基础	基础上方配重		设计要求
	预制件之间缝隙		6.3.2
螺栓及锚固压板	垂直连接螺栓连接紧固情况		6.3.1
	锚固压板变形情况		7.3.3
	垂直连接螺栓涂油及保护		7.2.2
	垂直连接螺栓弯曲变形		7.3.3
钢绞线及锚具	端头压板变形		7.3.3
	张拉端伸出部分防护		6.3.1
	锚具、夹片、防护套异常情况		7.3.3
周边围护及地基	基础周边挡土墙情况		6.2.3
	基础局部沉降引起的塔身倾斜		≤2‰
	基础周边环境		6.1.3
	邻近深基坑情况		6.1.3
巡查单位意见	巡查人（签字）： 年 月 日	塔机使用单位意见 负责人（签字）： 年 月 日	监理单位意见 监理工程师（签字）： 年 月 日

注：1 检查结果达不到标准的，暂停使用并调整，经再次检查合格后方可使用；

2 表中“检查标准”栏中数字指本标准的条款号。

附录 E 预制拼装塔机基础地基承载力确定方法

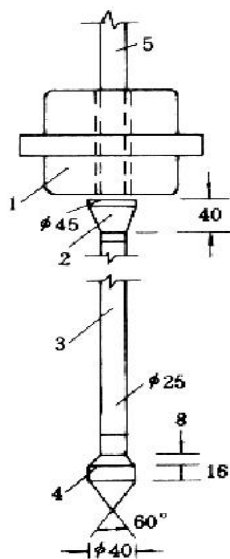
E.0.1 轻型动力触探确定表层填土地基承载力方法

E.0.1.1 轻型动力触探设备

圆锥动力触探试验是利用一定的锤击动能，将一定规格的圆锥探头打入土内，依据贯入击数判别土层的变化，确定土的工程性质，对地基土作出岩土工程评价。轻型动力触探是圆锥动力触探试验的一种类型，主要测试浅部 1~4 深度内土层，通过大量试验数据与其他测试建立经验关系，可用于工程实践，得出地基土承载力、压缩模量等岩土参数。

轻型动力触探试验的优点是：设备简单且坚固耐用；操作及测试方法容易；适应性广，能快速、经济，连续测试土层性质。适用土类有：素填土、含少量杂物的杂填土、粘性土、粉土等，设备见图 E.0.1 所示。

轻型动力触探仪由圆锥探头、探杆、穿心锤三部分组成，穿心锤重 10kg，落距 50cm，将圆锥探头击入土中，计每击入 30cm 深度的锤击数 N_{10} 。



图E.0.1 轻型动力触探仪

E.0.1.2 测试方法

- 1) 先用轻便钻具钻至试验土层标高以上 0.3m 处，然后对所需试验土层连续进行触探。
- 2) 试验时，穿心锤落距为 0.5m (± 0.02 m)，使其自由下落。记录每打入土层中 0.3m 时的锤击数。
- 3) 如遇密实坚硬土层，当贯入 0.3m 所需锤击数超过 100 击或贯入 0.15m 超过 50 击时，即可停止试验。如需对下卧土层进行试验时，可用钻具穿透坚实上层再贯入。
- 4) 本试验一般用于贯入深度小于 4m 的土层。必要时，也可在贯入 4m 后，用钻具将孔掏清，再继续贯入 2m。

E. 0. 1. 3 数据整理

轻型动力触探试验根据实测锤击数N10进行土层的力学分层，在每层土的测试数据中剔除个别指标异常值后计算每层土实测锤击数的算术平均值，以此作为该层土的计算值，利用计算值确定地基土设计参数。

E. 0. 1. 4成果应用

根据测试成果，可按下列表确定地基土的承载力、压缩模量。

表E. 0. 1 粘性土承载力特征值

N10	15	20	25	30
fak (KPa)	105	145	190	230

表E. 0. 2 素填土承载力特征值

N10	10	20	30	40
fak (kPa)	85	115	135	160

E. 0. 2 用静力触探试验确定表层土的承载力

静力触探试验（CPT），是把具有一定规格的圆锥形探头借助机械匀速压入土中，以测定探头阻力等参数的一种原位测试方法。借助于静力触探试验可以进行土层的力学分层，估算土的状态、密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力及液化判别等。

静力触探试验是连续贯入，因此在表层土中同样可以取得测试数据，在房屋建设工程中因建筑物基础埋置深度、荷载等因素，岩土工程勘察报告中，往往表层土的承载力不提供，但我们可以从静力触探试验中得到的锥尖阻力 P_s ，利用工程实践中总结出的承载力与 P_s 值之间的经验关系，分析出表层土的承载力特征值 f_{ak} ，具体如下：

$$\text{对于粉土} \quad f_{ak} = P_s \times 20 + 50$$

$$\text{对于粘性土} \quad f_{ak} = P_s \times 100$$

f_{ak} 的单位为 kPa， P_s 单位为 MPa，1000kPa=1MPa，

$$100\text{kPa}=10\text{t} / \text{m}^2$$

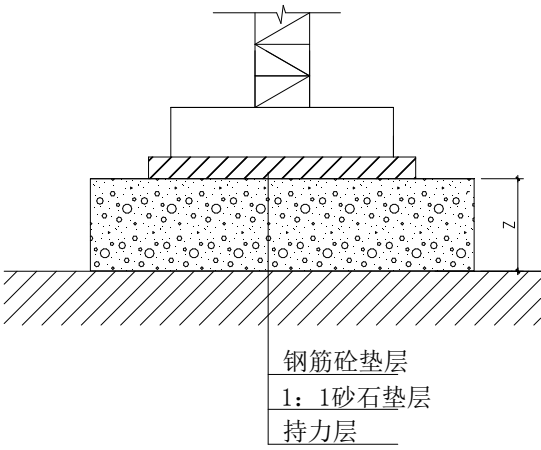
表层土一定要并尽可能夯实，塔基周边更要夯实点。结果比上述公式要提高 10~20kPa。

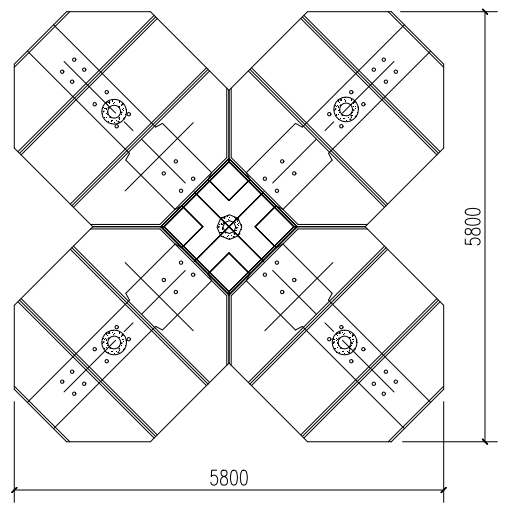
当采用双桥静力触探试验时，锥尖阻力 q_c 和侧壁阻力 f_s 换算成比贯入阻力 P_s ，可按 $P_s = q_c + 6.4 \times f_s$ 换算。

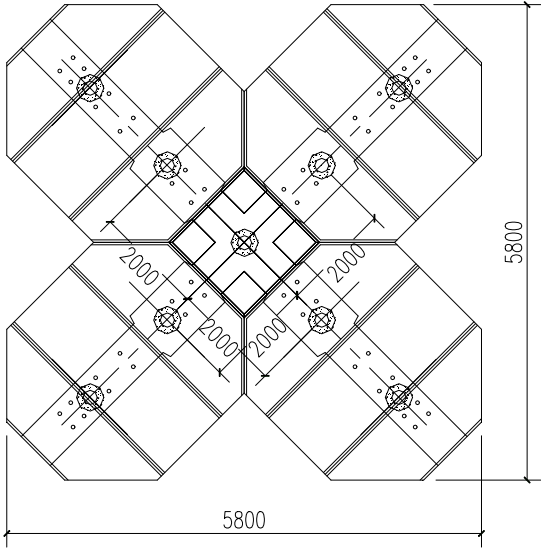
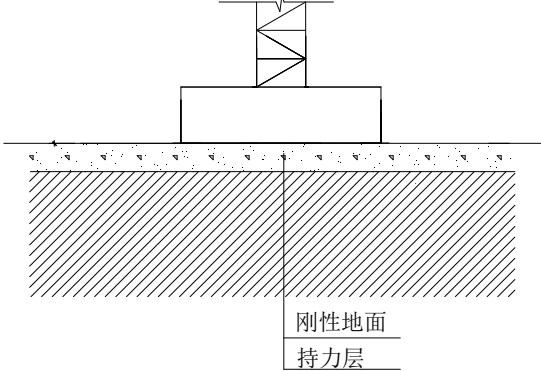
附录 F 预制拼装塔机基础地基处理方案

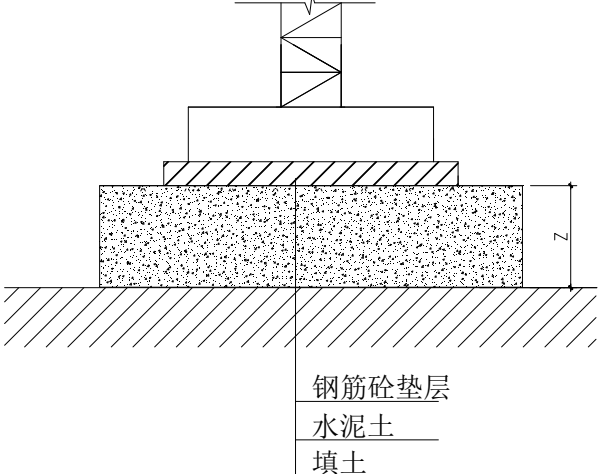
按照《塔式起重机装配式重力基础技术标准》DB43 技术要求，对QTZ630、QTZ800的塔机基础地基承载力特征值应 $\geq 120\text{kPa}$ 。当地基承载力满足要求，且持力层厚度也满足要求的情况下，根据基础埋深确定由表层土下挖至一定深度后铲除浮泥夯实以后做150厚C15砼垫层即可满足要求，基坑平面尺寸为 7500×7500 。当持力层厚度较薄，承载力不能达到要求时，应对地基进行处理。

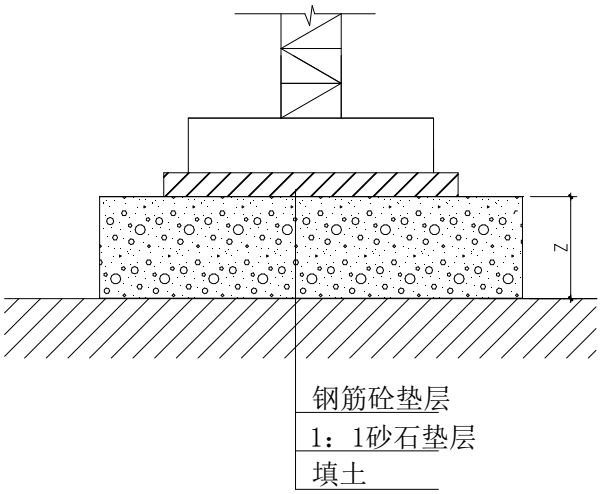
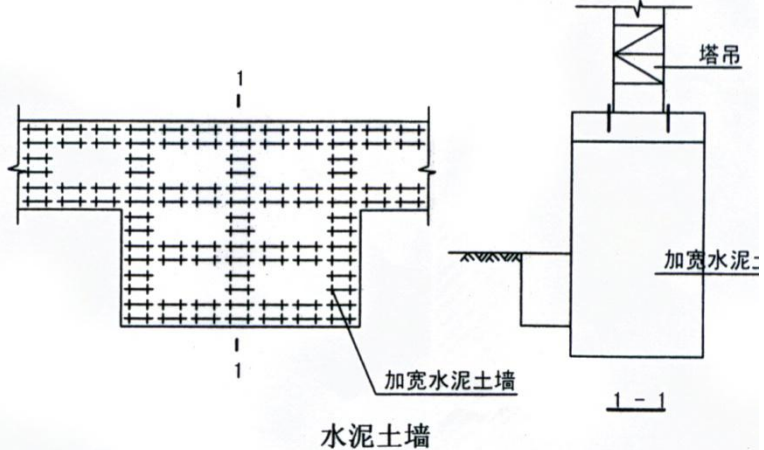
F.0.1 处理方法：

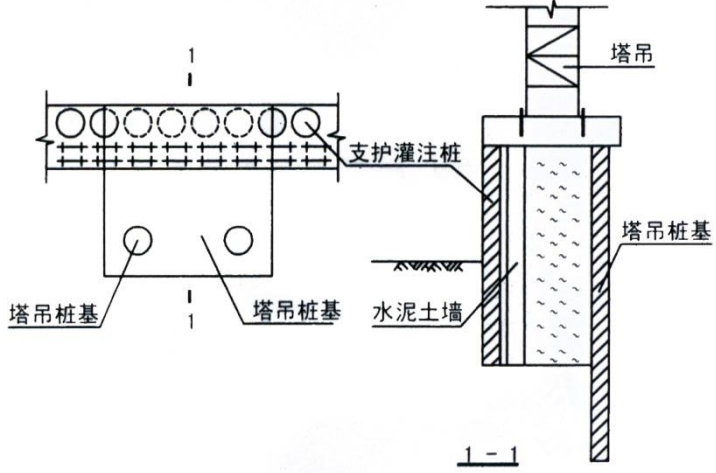
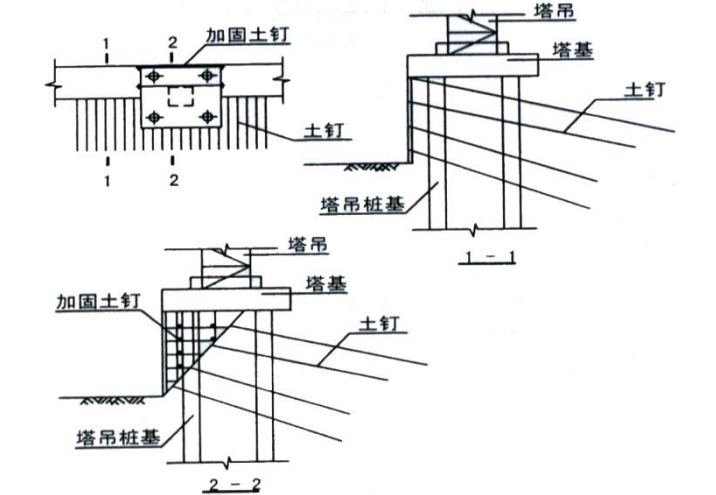
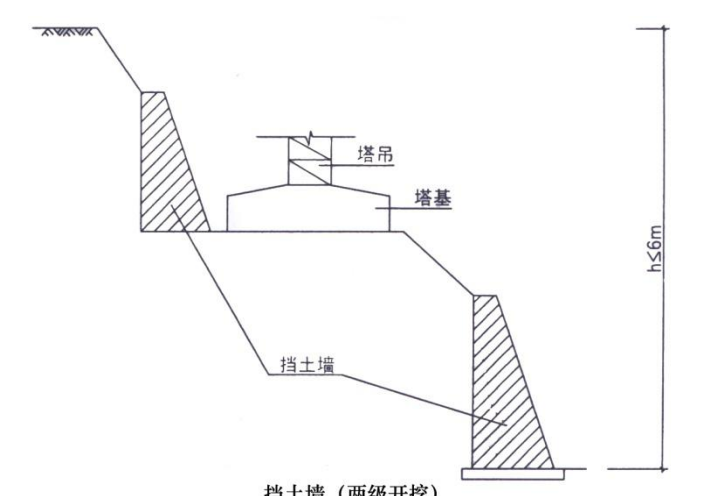
	做法	图示
<p>F.0.1.1 持力层承载力不满足要求</p>	<p>当地基承载力特征值=70KPa 时，上部土层挖除 700mm 厚度并夯实后，用 1:1 砂石垫层分层夯实，再采用 $\phi 10$ 螺纹钢、间距 200×200，双向单层钢筋网片 250 厚 C30 钢筋混凝土即可满足要求（基础外侧挑出宽度与厚度相同）。当地基承载力特征值$\geq 80\text{KPa}$ 时可直接在基底下采用钢筋混凝土垫层 250 厚 C30。</p>	

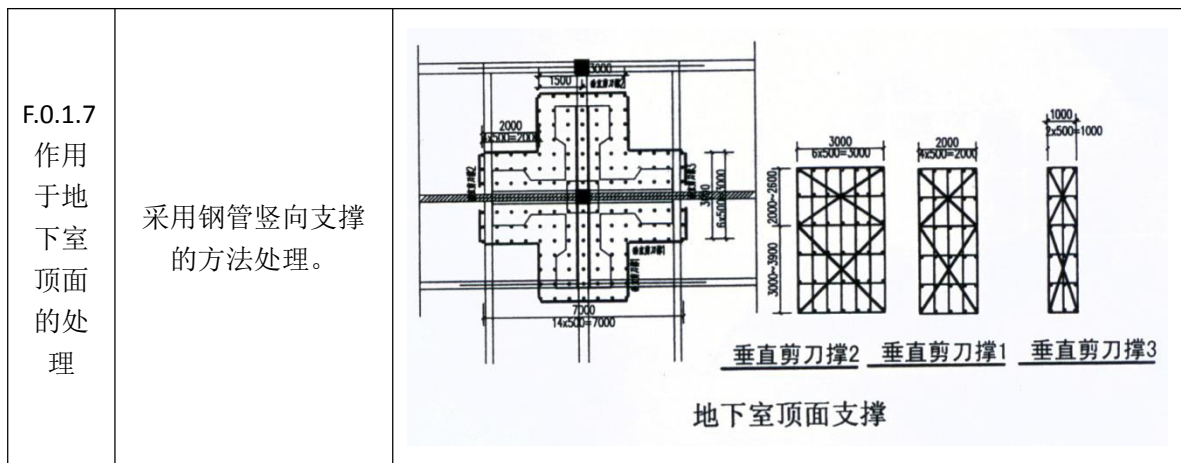
<p>F.0.1.2 桩基法</p>	<p>当地基承载力特征值$\leq 60\text{KPa}$ 时，在塔机基础下，打桩 5 根，要求单桩承载力特征值$\geq 600\text{KN}$，其上再采用 $\phi 10$ 螺纹钢、间距 200×200 双向单层钢筋网片、厚度 250mm 的 C30 钢筋混凝土的砼垫层（基础外侧挑出宽度与厚度相同）。</p>	
------------------------	---	--

<p>F.0.1.3 复合桩基法</p>	<p>当地基承载力特征值$\leq 60\text{KPa}$时,在塔机基础下,打桩9根,中心距$S_a=2000\text{mm}$,要求单桩承载力特征值$\geq 300\text{KN}$,桩顶做厚度$200\text{-}300\text{mm}$1:1砂石垫层,其上再采用$\phi 10$螺纹钢、间距200×200,双向单层钢筋网片的砼垫层。</p>	
<p>F.0.1.4 地表为刚性地面</p>	<p>当地表为砼路面、操场(厚度$\geq 200\text{mm}$)等情况时,不破坏刚性地面,将塔机基础置于刚性地面。</p>	

<p>F.0.1.5 持力层为较厚的新填土时</p>	<p>1、当上部填土为较厚的新填土时,可利用挖掘机开挖一定厚度的填土,采用15%的水泥与填土掺合搅拌成水泥土,并按300mm分层回填压实。再采用$\phi 10$螺纹间距200×200,双向单层钢筋网片250厚C30钢筋混凝土即可满足要求。处理范</p>	<p>A、当填土堆填时间少于2年时,处理的水泥土厚度$Z \geq 1200\text{MM}$</p> <p>B、当填土堆填时间≥ 2年时,处理的水泥土厚度$Z \geq 800\text{MM}$</p>	
--------------------------------	--	--	--

	围的平面尺寸为 7500×7500		
	2、可利用挖掘机开挖一定厚度的填土夯实后，用1:1砂石垫层分层夯实，再采用 $\Phi 10$ 螺纹间距 200×200 ，双向单层钢筋网片250厚C30钢筋混凝土即可满足要求。处理范围的平面尺寸为 7500×7500	A、当填土堆填时间少于2年时，砂石垫层厚度 $Z \geq 1200\text{MM}$	
		B、当填土堆填时间 ≥ 2 年时，砂石垫层厚度 $Z \geq 800\text{MM}$	
F.0.1.6 作用于深基坑边缘的处理	采用水泥搅拌桩进行基坑围护，处理至塔基下 7500×7500 范围，并在基坑内侧对土层进行加固，加固范围 7500×2000 。		

<p>利用基坑支护中的灌注桩排桩和水泥土止水帷幕，并在基坑外侧的塔基下设置 2 根灌注桩组成塔吊基础。</p>	 <p style="text-align: center;">灌注桩排桩</p>
<p>利用基坑支护中的土钉墙，在基坑外侧的塔基下设置 4 根灌注桩组成塔吊基础。</p>	 <p style="text-align: center;">土钉墙</p>
<p>塔吊位于基坑中部，用于基坑开挖深度 $\leq 6\text{m}$、基坑放坡开挖的情况，进行分 2 级开挖，在基坑内侧上下各砌筑一道挡土墙，挡土墙顶部厚度 380，挡土墙长度 7500。塔吊置于中部平台上。</p>	 <p style="text-align: center;">挡土墙（两级开挖）</p>



以上几种处理方法，施工单位可根据实际情况对照处理。

F.0.2 塔基安装结束后，应在塔基四周砌挡墙并留涉水孔，如在深基坑边应做防护坡处理以防塌方。

要求塔机安装单位经常检查垂直连接螺栓的紧固与塔机的运行状况。定期检测塔机的竖向度，发现偏差 3%，即通知安装单位及时处理以确保塔机安全运行。（钢绞线一定要在挡墙内）。

本标准用词说明

- 1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词，说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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词：

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，在条件允许时首先这样做的词：

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 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068
- 2 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 3 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 4 《高耸结构设计规范》GB 50135
- 5 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 6 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 7 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 8 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
- 9 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 10 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 11 《紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹》GB/T 3098.2
- 12 《塔式起重机》GB/T 5031
- 13 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 14 《塔式起重机设计规范》GB/T 13752
- 15 《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ196-2010
- 16 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 17 《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92
- 18 《混凝土预制拼装塔机基础技术规程》JGJ/T-2010
- 19 《塔式起重机混凝土基础工程技术规程》JGJ/T 187

四川省工程建设地方标准

四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准

Sichuan Technical Standard for Prefabricated Concrete
Gravity Foundation of Tower Crane

DBJ51/T * -2019**

条 文 说 明

制订说明

《四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准》DBJ51/T XXX -2019，经省住房和城乡建设厅2019年XX月XX日以第XX号公告批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了大量的调查分析，开展了多项专题研究和验证性试验，总结了我国工程建设10万多台次塔式起重机装配式重力基础应用的工程实践经验，参考了国内外先进的相关文献资料，在总结国家规程《混凝土预制拼装塔机基础技术规程》（JGJ/T179-2010）的基础上，进一步规范了塔式起重机装配式重力基础的设计、制作与检验、拼装与验收、运输、维护与报废，增加了QTZ800-3150塔机基础的范围，较全面地体现了塔式起重机装配式重力基础的安全适用、技术先进、经济合理、保证质量、重复利用、节能环保的总体要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《四川省塔式起重机装配式重力基础技术标准》编制组按章、节、条、款顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据、及执行过程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标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 范 围.....	46
2 术语和符号.....	47
2.1 术 语.....	47
2.2 符 号.....	47
3 基本规定.....	48
4 设 计.....	50
4.1 一般规定.....	50
4.2 结构设计计算.....	50
4.3 构造要求.....	53
5 制作与检验.....	54
5.1 预制件的制作与检验.....	54
5.2 拼装连接索及配件的检验.....	54
6 拼装与验收.....	55
6.1 一般规定.....	55
6.2 拼 装.....	55
6.3 验 收.....	56
6.4 拆除与堆放.....	56
7 运输、维护与报废.....	57
7.1 运 输.....	57
7.2 维 护.....	57
7.3 报 废.....	57

1 范 围

塔式起重机装配式重力基础是一项自成体系的成套技术，该技术适应了建筑工业化、机械化、高效、快捷、文明施工和节能环保的要求，已在江苏、安徽、山东、河南、四川、陕西、山西等省推广应用 10 万多台次。为促进塔式起重机装配式重力基础技术的发展和保证安全施工，在总结现有实践经验的基础上制定了本标准。

本条界定了本标准的适用范围，供塔式起重机装配式重力基础的设计、制作、拼装单位应用。额定起重力矩为塔机制造厂家提供的起重性能表（或曲线）所给出的额定起重力与相应的工作幅度的乘积，在塔式起重机使用过程中不应超过此限值。

2 术语和符号

2.1 术 语

本标准列出 8 个术语是为了使与塔式起重机装配式重力基础有关的俗称和不统一的称呼在本标准及今后的使用中形成单一的概念，利用已知或根据其概念特征赋予其涵义，但不一定是术语的准确定义。

2.2 符 号

本标准的符号按照以下次序以字母的顺序列出：

- 大写拉丁字母位于小写字母之前（A、a、B、b 等）；
- 无脚标的字母位于有脚标的字母之前（B、B_m、C、C_m 等）；
- 希腊字母位于拉丁字母之后；

公式中的符号概念已在正文中表述的不再列出。

3 基本规定

3.0.1 本条简明的说明了塔式起重机装配式重力基础组成部分。预制件包括中心件、扩展件、端件、配重块；拼装连接索是指将预制件连接成整体的预应力钢绞线；配件包括固定张拉装置零件、螺栓、螺母、垫圈、垫板等。

3.0.2 预制件之间是通过钢绞线张拉连接，拼接面处由预应力拼装面的摩擦力及定位剪力键抗剪，塔式起重机装配式重力基础与塔式起重机之间通过垂直连接螺栓连接。为保证塔式起重机装配式重力基础拼装、使用安全，组成塔式起重机装配式重力基础的各系统之间的连接应保证安全可靠。

3.0.4 塔式起重机装配式重力基础的预制件主要为钢筋混凝土构件，由于预制件之间采用高强钢绞线预应力技术进行连接，结构体系属于无粘结后张拉预应力结构，根据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015年版）第4.1.2条规定，要求混凝土强度等级不应低于C40。

3.0.5 本标准在钢筋方面提倡使用HRB400级及其以上钢筋，与预制件的混凝土强度等级C40相匹配。

3.0.6 拼装连接索的作用是先采用穿索方式将预制件串联在一起，然后对索施加预应力使各个预制件连成整体组成共同受力的塔式起重机装配式重力基础。

在不考虑现场安装条件，仅将塔式起重机装配式重力基础拼装在空旷的地面上时，各种类型的预应力钢绞线和预应力钢筋均可作拼装连接索。从经济合理、安全可靠、实际应用和方便操作等因素上考虑，拼装连接索应具备如下几方面的性能：

(1) 应具备较高的强度。索的强度较高，设计计算所需的索的根数就少，则便于预制件的截面尺寸控制、拼装预制件时施工方便。

(2) 应具备可装拆功能。塔式起重机装配式重力基础是可重复使用的拼装式基础。要求拼装连接索的锚固系统能够装拆。换句话说要求拼装连接索张拉锚固可靠，又能拆除基础时退锚方便。

(3) 应具备一定的柔软性。塔式起重机装配式重力基础的使用场地是各式各样的，大多数情况下塔式起重机装配式重力基础的基槽深度为0.5m~0.8m，特殊情况下基础埋深为零（直接使用混凝土地面为塔式起重机装配式重力基础的持力层）和基础埋深大于1.0m（表层杂填土为新填土或属于软弱土层，层厚大于1.0m）。在基槽内具有一定深度时，要求索要具有一定的柔软性才能便于穿索施工。

经过对现有的预应力钢筋和钢绞线进行适用性分析和大量的实际使用经验总结， $f_{pk} = 1860\text{N/mm}^2$ 的无粘结高强低松弛预应力钢绞线是适合的选择之一。

3.0.7 为了扩大钢材在塔式起重机装配式重力基础中的应用范围，本条列入了《钢结构设计标准》

GB50017 中规定的牌号，当采用其他牌号的钢材时，尚应符合相应有关标准的规定和要求。

3.0.8 传统塔机基础的垂直连接螺栓通常采用 45#钢或 45#钢经调质处理，本标准中的塔机基础是预制拼装塔机基础且是多次重复使用的，对垂直连接螺栓的要求应更高，采用 40Cr 并经调质处理后，提高了螺栓机械性能，其许用应力不应小于《塔式起重机设计规范》GB/T13752-2017 标准中规定螺栓连接的许用应力的 1.7 倍。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 塔式起重机基础为临时性结构，选择设计等级为丙级，因基础在双向预应力作用下，基础整体刚度较大，均匀的沉降变形对塔机在独立高度的使用没有影响，一般情况下可不进行地基变形验算。

4.1.2 本条文规定了地基承载力特征值的最低值及地基承载力的主要确定方法。由于岩土工程勘察报告中常常不提供表层土的承载力特征值，甚至不提供表层土的相关参数，针对塔式起重机装配式重力基础的地基持力层多数为表层土的情况，本文提出了表层土地基承载力特征值可通过现场测试。现场测试(见附录 E)可选用轻型动力触探和静力触探试验等方法。

4.1.3 本条对塔式起重机装配式重力基础的结构构造、整体平面布置、截面形式等设计作出了规定。

4.1.4 本条规定了塔式起重机装配式重力基础设计应包含的内容。

4.2 结构设计计算

4.2.1 本条主要是对作用在塔式起重机装配式重力基础顶面上的标准荷载的取值和对塔式起重机装配式重力基础在进行基础底面压力验算、抗倾覆验算、基础截面设计时所应选用的荷载分别作出的规定。

根据现行国家标准《塔式起重机设计规范》(GB/T 13752-2017)第 4.6.3 条规定，混凝土基础的抗倾覆稳定性验算和地面压应力验算均用到了塔式起重机作用在基础上的荷载 F_{vk}^t 、 F_{hk}^t 、 M_k^t 、 T_k^t ，这些荷载是生产厂商经过工况分析，选取最不利工况时的荷载组合确定出的荷载值并在使用说明书中给出。

《建筑地基基础设计规范》GB50007—2011 为概率极限状态设计方法，《塔式起重机设计规范》GB/T 13752-2017 规范中的 M 、 F_v 、 F_h (由生产厂商提供，具体分为工作状态和非工作状态两种情况。设计时应分别按工作状态和非工作状态进行计算，从安全角度比较后取值)与《建筑地基基础设计规范》GB50007—2011 规范中的荷载标准值对应，即与本条中出现的 M_k^t 、 F_{vk}^t 、 F_{hk}^t 相对应。

由于塔式起重机荷载中永久荷载为自重，可变荷载为风荷载、起升荷载、运行冲击荷载等，生产厂商给出的竖向荷载 F_v 、水平荷载 F_h 及弯矩 M 中均没有具体组合方法，所以本条第 2~4 款中给出了与《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011) 对应荷载组合值：

1) 塔式起重机的竖向荷载 F_{vk}^t 主要为自重，起升荷载等所占比例较小，所以属于永久荷载控制的情况。

① 荷载基本组合的效应设计值时竖向荷载分项系数取 1.45；

② 计算抗倾覆力矩时竖向荷载分项系数按照《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068-2018 的原则取为 0.9。

2) 塔式起重机作用在基础顶面的水平荷载 F_{hk}^t 主要为风荷载组成，属于可变荷载，在计算中乘上基础高度组合到倾覆力矩中去。在倾覆力矩的组合中，该项不起控制作用。

在荷载基本组合的效应设计值时分项系数取 1.5，荷载组合系数取 0.6，则 $1.5 \times 0.6 = 0.90 < 1.0$ ，从安全角度取 1.0。

3) 塔式起重机作用到基础顶面的弯矩 M_k^t 主要由风荷载和起升荷载产生，属于可变荷载且起控制作用。

在荷载基本组合的效应设计值时荷载分项系数取 1.5。

4.2.2 本条主要是按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007—2011 中 5.2 节的相关规定确定的。本标准中的塔式起重机装配式重力基础为十字形或近似十字形基础，与矩形基础的计算有所不同，用本条款公式 (4.2.2-1) 计算 $p_{k,max}$ 、 $p_{k,min}$ 时可采用简化计算，即作用在基础底面上的弯矩标准值 M_k^b 仅由与其作用方向相同的条形基础承载，且与此对应的截面抵抗矩为 W_{min} ，竖向荷载 F_{vk}^b 由全部基础承载；公式 (4.2.2-2)、(4.2.2-3) 中的 f_a 根据地质勘察报告取值，未提供表层土地基承载力特征值时，按本标准 4.1.2 条中的方法确定。当地基承载力达不到设计要求，应对地基进行处理。地基处理应符合《建筑地基处理技术规范》JGJ79 的规定，处理方案应有注册结构工程师或注册岩土工程师签章。对于基底出现零应力区时偏心矩值的取定，根据《塔式起重机设计规范》GB/T13752-2017 标准 4.7.3.3.3 条规定，混凝土基础的抗倾覆稳定性公式中 $e \leq b/3$ ，此时在该偏心距范围内对应的基础脱离地基土的面积不大于 1/2 的基础底面面积，本条款中的偏心矩 e 取小于 1/4，对于目前所使用的塔式起重机装配式重力基础，经计算沿十字梁方向基础脱离地基土的面积小于 1/6 的基础底面面积，沿十字梁 45° 方向基础脱离地基土的面积小于 1/16 的基础底面面积，均在规范规定的范围内。

4.2.3 本条规定 1 中的参数和塔机制造商提供的常用塔机荷载数据，按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330 的规定，经过验算符合要求；本条规定 2 可根据《建筑边坡工程技术规范》

GB50330 第 5.2.3 条中的公式计算。

4.2.4 塔式起重机装配式重力基础的抗倾覆稳定性计算是涉及塔吊安全使用的重要内容，其抗倾覆稳定性应符合《塔式起重机设计规范》GB/T13752 及《塔式起重机安全规程》GB5144 的要求；本条给出了抗倾覆稳定性验算的公式，式中抗倾覆稳定性系数 k_{stb} 由《塔式起重机设计规范》抗倾覆稳定性验算中偏心距的要求推算为 1.5，考虑塔式起重机装配式重力基础的形状与整体现浇塔机基础的区别并偏于安全，有埋深（塔式起重机装配式重力基础的顶面位于地表以下）时为 2.0，无埋深时提高到 2.2。

4.2.5 塔式起重机装配式重力基础的截面设计计算是设计制造塔式起重机装配式重力基础混凝土预制件、连接件以及拼装要求的主要工作。该截面设计计算的方法主要参照《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定和公式，公式中的 $0.9h_0$ 为截面内力臂的近似值。

4.2.6 本条中基础梁的受剪承载力计算分两块进行，一是对基础整体梁的抗剪计算，另一个是对拼接面处的抗剪计算。基础整体梁的受剪承载力计算公式(4.2.6-1)是根据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 年版）第 6.3.4 条中公式（6.3.4-1）、（6.3.4-2）、（6.3.4-3）稍作调整，因为本标准中的塔式起重机装配式重力基础是通过拼装连接索将预制件连成整体，其构成型式类同节段式混凝土桥梁，因此参照 AASHTO《节段式混凝土桥梁设计和施工指导性规范》第 8.3.6 条抗剪强度折减系数取为 0.65；由预加力所提高的构件受剪承载力 $0.05N_{p0}$ ，为偏于安全，忽略不计。拼接面处的剪力设计值 V 为上部塔机传递给塔式起重机装配式重力基础的竖向荷载、弯矩、水平荷载在拼接面处产生的剪力的矢量和；若塔机生产厂家提供扭矩值时，则在计算剪力合力时应予以考虑，否则不予考虑。公式（4.2.6-2）中的 $0.5N_{p0}$ 是考虑由预加力在混凝土面与面之间的磨擦所增加的拼接面处的剪力设计值，式中 0.5 的磨擦系数，依据《重力式码头设计与施工规范》JTJ290 第 3.4.10 条规定，混凝土面与混凝土面磨擦系数为 0.55，本式中取 0.5 偏于安全。公式（4.2.6-3）再设置定位剪力键是为了提高拼接面处的安全度，且便于拼装施工，精确定位。

4.2.7 垂直连接螺栓孔应设于梁的中下部，参照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010（2015 年版）第 9.2.11 条的规定，垂直连接螺栓的拉力应全部由附加箍筋承受，箍筋应沿垂直连接螺栓孔两侧布置，并从梁底伸到梁顶，做成封闭式。为提高可靠度，附加箍筋的设计强度 f_{yv} 乘以降低系数 0.8。

根据《机械设计（下）》（西北工业大学主编，1979 年 1 月第一版）式（17-26），螺栓的预紧力 F_y 与预紧力矩 M_y 之间的关系式为：

$$F_y = \frac{M_y}{\frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_v) + \frac{f}{3} \left(\frac{D_0^3 - d^2}{D_0^2 - d^2} \right)}$$

式中： d — 螺纹公称直径(mm)；

d_2 — 螺纹中径(mm)， $d_2 \approx 0.9d$ ；

α — 螺纹升角($^\circ$)， $\alpha \approx 2.5^\circ$ ；

φ_v — 三角螺纹的当量摩擦角($^\circ$)， $\varphi_v = \operatorname{tg}^{-1} f_v$ ， $f_v = 0.3 \sim 0.4$ ，取 $f_v = 0.35$ 时，

$\varphi_v = \operatorname{tg}^{-1} 0.35 = 19.29^\circ$ ；

f — 螺母与支承面间的摩擦系数，对于加工过的金属表面， $f = 0.2$ ；

D_0 — 螺母环形支承面的外径(mm)，可近似取 $D_0 = 1.7d$ 。

将以上各参数代入上式，可整得公式(4.2.7-5)。

4.2.8 根据《混凝土结构设计规范》GB50010-2010(2015年版)第6.2.10条规定并考虑到体外张拉和重复使用等因素，取 $\sigma_{\text{con}} = 0.55 f_{\text{ptk}}$ 。由于拼装连接索的作用类似于无粘结预应力束，参照美国公路桥梁规范(AASHTO)规定， $\sigma_l = 221 \sim 228 \text{N/mm}^2$ ，美国后张混凝土协会(PTI)建议 $\sigma_l = 138 \text{N/mm}^2$ ，本标准建议取 $\sigma_l = 200 \text{N/mm}^2$ 。关于 σ'_{pe} 计算式中的0.85系数是参照AASHTO《节段式混凝土桥梁设计和施工指导性规范》第8.3.6条抗弯强度折减系数取为0.85。

4.2.9 本条按《混凝土结构设计规范》GB50010第7.8节的内容确定。

4.2.10 塔式起重机装配式重力基础可以认为是采用倒楼盖形式的弹性地基梁，这种形式不会产生很大的挠度，因此不需进行挠度验算。如果在使用状态下截面内产生拉应力，则裂缝将集中发生在拼接缝处，所以对于额定起重力矩不超过800kN·m的塔式起重机基础，可不进行裂缝验算。

4.3 构造要求

针对塔式起重机装配式重力基础的预制件提出了具体的构造要求，这些要求是必须保证的。对于自制的转换底座，应进行专门的设计，制作应有钢结构施工资质或特种设备的生产许可，必须采用气体保护焊接，出厂前或使用一个周期应进行无损检测。

5 制作与检验

5.1 预制件的制作与检验

5.1.1 塔式起重机装配式重力基础对预制件的质量要求较高，应采用工厂化制作。

5.1.5 为保证塔式起重机装配式重力基础的整体性，对预制件尺寸的允许偏差要求比现行国家标准《混凝土施工质量验收规范》GB50204 高。

5.2 拼装连接索及配件的检验

拼装连接索及配件的质量直接影响塔式起重机装配式重力基础的安全使用，拼装连接索及配件质量必须满足相应要求。

6 拼装与验收

6.1 一般规定

6.1.1 本条要求施工现场的管理人员在组织塔式起重机装配式重力基础施工时，应结合施工现场的场地、起重作业量、作业人员的情况及可能出现的问题做通盘考虑和安排，制定具体的拼装方案。为清楚反映塔式起重机装配式重力基础的拼装构成，本条给出了截面形式为倒 T 形的塔式起重机装配式重力基础的拼装结构图。

6.1.2 由于塔式起重机装配式重力基础和基础拼装具有预应力张拉施工等技术要求，塔式起重机装配式重力基础拼装单位施工操作的人员应经过专门的培训和单位内部考核。。

6.1.3 经积水浸泡的地基的承载力将会减小以致达不到预制拼装基础对地基承载力的要求，冻土地基也存在同样的情况。另外，由于基槽内积水使拼装连接索的锚固装置浸泡于水中会对其锚固性能造成不利影响。条文对此作出严格的禁止规定，并在本标准的第 6.2.4 条第 3 款对锚具及钢绞线外露部分的防腐处理和套上防护套保护处理。当预制拼装基础位于深基坑边或一面有堆载时，应按本标准的第 4.2.3 条进行抗滑移稳定性验算。

6.1.4 本条对张拉机具提出相应的要求。

6.1.5~6.1.6 本条是安全施工要求，拼装施工过程必须做到安全、可靠、高效。“安全第一，预防为主，综合治理”是安全生产的基本方针，操作人员应严格遵守“不伤害自己、不伤害他人和不被他人伤害”的现场安全施工的“三不”原则，为防止钢绞线在张拉和拆除时发生意外，特制定本条文。

6.2 拼 装

6.2.2 拼装前的准备工作

2 为确保塔机基础在拼装和使用过程中做到安全、合理、高效的安全生产，须掌握相关环境资料。

4 塔式起重机装配式重力基础的拼装施工是按预制件设计“对号入座”，保证拼装顺利进行。

6 为使拼装达到设计要求应检查机具精度及性能。

7 塔式起重机装配式重力基础拼装前通过技术交底，将拼装要点和质量要求落实到班组和操作人员，这是确保拼装施工质量的必要措施。

6.2.3 本条对拼装施工过程中的各个方面作出具体规定和要求。

6.2.4 拼装连接索张拉施工是整个拼装施工的关键，张拉过程及张拉值记录应由监理人员进行现场

监督，以便确保拼装施工质量。本条文第4款对锚具及外露钢绞线的防腐处理和保护是确保该基础安全使用的措施之一。

6.3 验 收

质量验收及安全使用巡查是塔式起重机装配式重力基础施工及使用管理中的关键控制点之一，本条文分别就拼装质量、拼装允许偏差检验方法、安装验收的记录和安全使用巡查记录等给出了具体规定。本规定所涉及部分应按照国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204和《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB50202执行。

6.4 拆除与堆放

规定了塔式起重机装配式重力基础的拆除程序、拆除过程中的具体要求和方法

6.4.4 塔式起重机装配式重力基础是重复使用的预制件拼装组成的基础，对堆放提出了相关要求，否则会使预制件受损。

。

7 运输、维护与报废

7.1 运 输

预制件运输车辆的选择及预制件在车上的位置、绑扎方法是运输过程中注意成品保护的重要环节，为保证预制件从出厂到拼装现场的质量不因运输过程中的装车、绑扎等方法不当造成预制件降低质量水平和使用效果而提出的要求。主要是为了运输安全和保护预制构件，道路、桥梁的实际条件，包括荷重限值及限高、限宽及转弯半径等，运输线路制定还要考虑交通管理方面的相关规定。

7.2 维 护

当预制件在使用和回场保养时有非结构性破损时，应进行修补后，方可继续使用。从安装到拆除的一个周期内，对预制件及配件的维护，重点从影响预制件及配件重复使用质量方面，提出了具体维护方法的要求，并贯穿基础使用的全过程。

7.3 报 废

预制件和配件的质量影响到塔式起重机装配式重力基础的安全使用，拼装单位要加强内部管理，建立内部运转台账，对重复使用的次数，钢绞索夹持区、垂直连接螺栓的使用次数要定期检查，因此，该条详细的给出多项报废要求，应严格执行。