

塔式起重机附着装置 设计手册

T S

严尊湘 编著
Yan zunxiang Bianzhu

Tashi

Qizhongji

Fuzhuo

Zhuangzhi

Sheji

Shouce

塔式起重机附着装置设计手册

严尊湘 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塔式起重机附着装置设计手册/严尊湘编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 7

ISBN 978-7-112-22322-0

I. ①塔… II. ①严… III. ①塔式起重机-设计-手册 IV. ①TH213.302.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 123658 号

责任编辑: 张 磊 周世明

责任设计: 李志立

责任校对: 姜小莲

塔式起重机附着装置设计手册

严尊湘 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 字数: 295 千字

2018 年 8 月第一版 2018 年 8 月第一次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-22322-0

(32197)

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)

前 言

随着我国建筑施工技术的发展，高层建筑增多，施工现场使用的塔式起重机普遍安装为附着式工作状态。

附着装置是塔式起重机的重要结构件，起到抵抗外力、提高塔身强度、保持塔式起重机稳定的重要作用。附着装置由附着框、附着杆、附墙座3部分组成。附着框、附墙座可以多次重复使用。附着杆则需要因地制宜，根据建筑物的外形、塔式起重机至建筑物的距离、附着杆受力大小设计制作，是非标准件。

目前多数建筑施工企业、塔式起重机租赁安装企业普遍缺少附着装置的专业设计人员，往往由塔式起重机安装人员在现场实量尺寸，凭经验制作加工。由附着装置原因引发的事故偶有发生。

目前我国现行的塔式起重机标准、规范中，尚未对附着装置的设计计算方法做出详细规定。有关塔式起重机的技术书籍中，对附着装置设计计算方法的介绍也极其简单，因此附着装置的设计制作质量良莠不齐，其安全状况堪忧。

塔式起重机附着装置的设计涉及机械、钢结构、钢筋混凝土结构、微机应用等多专业知识，受专业知识局限性的限制，附着装置的设计往往困惑不少设计人员。

本人一直在基层企业从事塔式起重机技术管理工作，承担过大量的附着装置设计工作，对设计计算方法做了一些研究，编制了设计计算程序。现借助本书，将本人积累的一些研究成果和实践经验奉献给社会。

本书内容由9章组成：

第1章 概述，讲述塔式起重机附着装置的作用和结构型式、行业标准对附着装置设计的规定、塔式起重机基础位置与附着装置的关系、塔身最大自由端高度的计算、附着装置设计和安装工作中存在的一些问题。

第2章 塔身对附着框作用荷载的计算，讲述塔式起重机塔身对附着装置作用荷载的计算方法。

第3章 附着框的设计计算，讲述附着框的构造要求和设计计算方法。

第4章 附着杆轴向内力的计算，分别讲述了3杆附着方式、4杆附着方式轴向内力的计算方法。由于计算附着杆轴向内力需要先计算力臂长度，这将涉及大量烦琐的三角函数。为避开这些烦琐的力臂长度计算，本书首先提出了在受力分析计算图上直接量取力臂长度的方法。用这种方法可以获得很精确的轴向内力计算结果。

第5章 附着杆的设计计算，讲述了附着杆的构造要求，以及实腹式、双肢格构式、4肢格构式附着杆的设计计算方法。

第6章 附墙座的设计计算，讲述了附墙座的构造要求及设计计算方法。

第7章 建筑结构强度的验算及加强，根据JGJ 196—2010《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》的要求，附着装置设计时，应对支承处的建筑主体结构进

行验算。本章讲述了对建筑主体结构的验算方法和对建筑主体结构的加固处理方法。

第8章 非常规附着方案实例，介绍了几例非常规附着方案，供读者在遇到类似案例时参考。

第9章 计算机应用及设计计算书样本，介绍了编制附着装置设计计算程序的方法和技巧，并提供了附着杆轴向内力计算和各种附着杆的设计计算书样本，供读者在编制计算程序和撰写设计计算书时参考。

本书附录1提供了钢材、焊缝、螺栓的强度设计值，附录2提供了型钢规格及截面特性表，附录3提供了组合截面特性表，附录4提供了轴心受压构件截面分类及稳定系数，附录5提供了螺纹连接的相关数据，附录6钢筋和混凝土强度设计值。这些设计参数，为设计人员在从事设计工作时提供了方便，避免再查阅其他手册。

本书编写过程中，陆志远、徐俊奇等同志提供了支持和帮助，作者在此表示感谢。

由于作者水平有限，书中内容难免存在缺陷和错误，敬请读者予以指正。电子邮箱：45314248@qq.com。

严尊湘

2018年5月15日于江苏镇江

目 录

1 概述	1
1.1 塔机附着装置的作用和结构型式	1
1.2 行业标准对塔机附着装置设计的规定	3
1.3 塔机基础位置与附着装置的关系	3
1.4 塔身最大自由端高度的计算	3
1.5 附着装置设计中存在的一些问题	5
1.6 附着装置安装中存在的一些问题	10
2 塔身对附着框作用荷载的计算	15
2.1 水平力的计算	15
2.2 扭矩的计算	20
2.3 计算例题	20
3 附着框的设计计算	23
3.1 构造要求	23
3.2 附着框钢梁强度计算	24
3.3 附着框连接法兰的计算	29
4 附着杆轴向内力的计算	36
4.1 绘制附着杆受力分析计算图	36
4.2 3杆附着杆系最大轴向内力的计算	37
4.3 4杆附着杆系最大轴向内力的计算	42
5 附着杆的设计计算	55
5.1 构造要求	55
5.2 实腹式附着杆的设计计算	57
5.3 双肢格构式附着杆的设计计算	60
5.4 4肢格构式附着杆的设计计算	65
5.5 调节螺杆的设计计算	70
5.6 连接耳板的设计计算	72
5.7 法兰连接强度的设计计算	73
5.8 附着杆接头焊缝的设计计算	75
6 附墙座的设计计算	78
6.1 构造要求	78
6.2 销轴强度计算	79

6.3	耳板强度计算	80
6.4	连接焊缝的设计计算	81
6.5	固定螺栓承载力的计算	84
7	建筑结构强度的验算及加强	89
7.1	附墙座对建筑结构作用荷载的计算	89
7.2	钢筋混凝土剪力墙承载力验算	91
7.3	钢筋混凝土框架梁承载力验算	94
7.4	钢筋混凝土框架柱承载力验算	96
7.5	钢筋混凝土非框架梁的加固处理	100
8	非常规附着方案实例	104
8.1	在建筑物转角位置安装3杆附着装置	104
8.2	在建筑物转角位置安装4杆附着装置	106
8.3	附着杆支撑在2幢建筑物上	107
8.4	用支撑架解决超长附着杆的挠度问题	109
8.5	排架结构支撑加固方案	110
8.6	排架连系梁结构加固方案	115
8.7	在圆柱形构筑物上安装附着装置	117
8.8	在钢构架上安装附着装置	119
9	计算机应用及设计计算书样本	121
9.1	Excel软件基本知识及使用技巧	121
9.2	设计计算书样本	127
附录1	钢材、焊缝、螺栓的强度设计值	144
附录2	型钢规格及截面特性表	146
附录3	组合截面特性表	165
附录4	轴心受压构件截面分类及稳定系数	171
附录5	螺纹连接	175
附录6	钢筋和混凝土强度设计值	182
	参考文献	183

1 概 述

1.1 塔机附着装置的作用和结构型式

目前建筑施工现场使用的塔式起重机（以下简称“塔机”），大多数是水平臂小车变幅自升式塔机。自升式塔机未安装附着装置之前，称为独立式工作状态；安装附着装置以后，称为附着式工作状态。如图 1-1 所示。

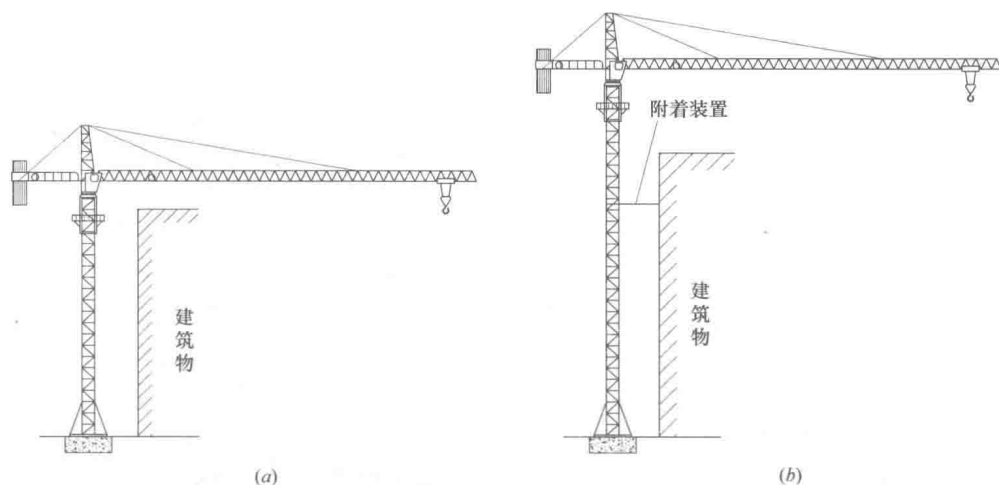


图 1-1 水平臂小车变幅自升式塔机
(a) 独立式工作状态；(b) 附着式工作状态

塔机最初安装为独立式工作状态。当在建建筑物的高度达到可以安装第 1 道附着装置的高度以后，塔机的塔身与建筑物之间用附着装置连接，塔机利用自身配备的液压顶升机构升高；建筑物的高度达到可以安装第 2 道附着装置的高度以后，安装第 2 道附着装置，塔机再继续升高……直至塔机达到最终安装高度，完成建筑施工任务。建筑物的高度不同，塔机的最终安装高度也不同，可以安装 1 道附着装置，也可以安装若干道附着装置。

塔机附着装置由附着框、附着杆和附墙座三部分组成。其作用是减小塔身的计算长度，将作用于塔身的弯矩、水平力和扭矩传递到建筑结构上，增强塔身的抗弯、抗扭能力。常见的附着杆布置方式有两种：3 杆附着方式和 4 杆附着方式，如图 1-2 所示。

图 1-2 中，两个附墙座之间的中心距离 B 、塔身中心线至建筑物的垂直距离 L ，是两个重要尺寸。塔机用户在确定塔机安装位置时，应尽可能依据这两个尺寸确定塔机的位置。当由于建筑结构的原因，塔机位置大于说明书中的 L 尺寸时， B 尺寸应随 L 尺寸的变化而变化，使附着杆与建筑物之间的夹角保持在 60° 左右为宜。

附着框是刚架构件，应有足够的强度和刚度，紧紧地抱箍在塔身上，不应松动。

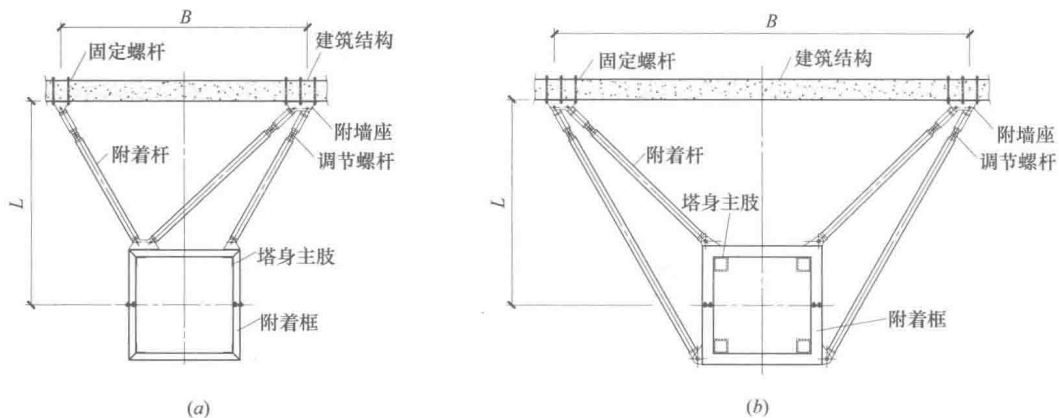


图 1-2 常见的两种附着方式
(a) 3 杆附着方式；(b) 4 杆附着方式

附着杆应使用销轴与附着框、附墙座连接。销轴与销孔的配合不应存在明显的间隙。附着杆不得直接焊接在建筑结构上。也不可以使用螺栓代替销轴。

附墙座应使用预埋螺栓或穿墙螺杆固定在建筑物的框架梁、框架柱、剪力墙上，不宜安装在构造柱、连系梁上，禁止安装在填充墙体上。固定附墙座的螺杆不得少于 4 根。

图 1-2 是塔机使用说明书中提供的附着方式，是一种理想方式。由于塔机基础的位置受建筑结构、建筑物轮廓形状、相邻塔机之间安全距离、塔机降节拆除等多种因素的限制，大多数的塔机附着装置都难以按这种理想方式安装。必须结合建筑结构、塔机位置，设计合适的附着方式。也就是说，塔机附着装置是非标准件，附着方案必须因地制宜，做到每台塔机每次安装编制一次附着方案。

附着方案包括：设计计算书、图纸、必要的文字说明。图纸包括装配图和零件图，工人可以根据图纸制作和安装附着装置。使附着装置的制作、安装工作处于受控状态。

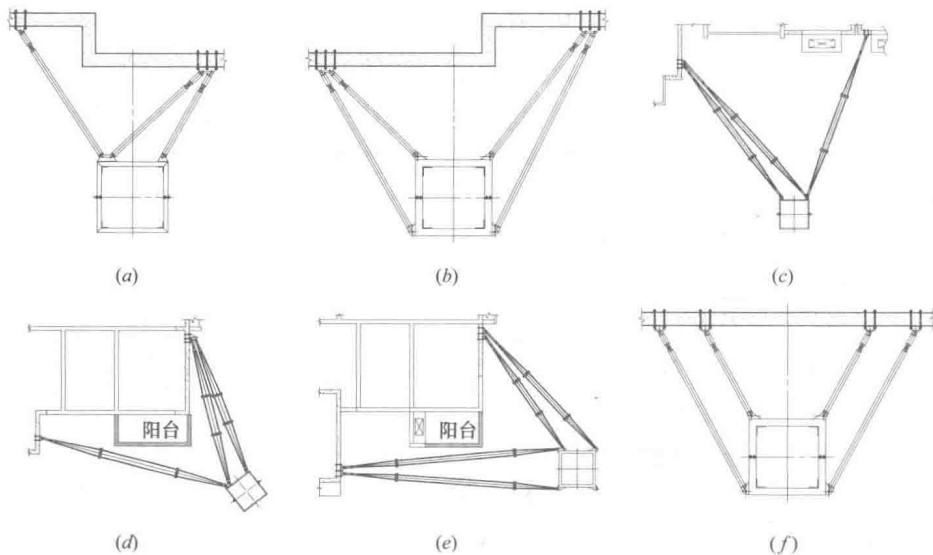


图 1-3 附着杆系结构稳定性判断
(a)~(e) 稳定结构；(f) 非稳定结构

附着装置的附着杆系必须是稳定的几何不变体系。即在不考虑弹性变形的条件下，体系的几何形状和位置是不可改变的。因此附着杆系必须含有三角形的单元，只有三角形可以保持几何形状不变。

建筑结构是刚性体，即使两附墙座不在同一墙面上，两附墙座之间的距离不会发生变化，因此可以把两附墙座之间的连线视为三角形的一条边。图 1-3 (a)~(e) 所示的附着杆系均含有三角形单元，因此是稳定结构；图 1-3 (f)，塔身两侧的附着杆互相平行，不形成三角形，是非稳定结构。

1.2 行业标准对塔机附着装置设计的规定

《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196—2010 中 3.3 条，对塔机附着装置的设计、制作有如下规定：

3.3.1 当塔式起重机作附着使用时，附着装置的设置和自由端高度等应符合使用说明书的规定。

3.3.2 当附着水平距离、附着间距等不满足使用说明书要求时，应进行设计计算、绘制制作图和编写相关说明。

3.3.3 附着装置的构件和预埋件应由原制造厂家或由具有相应能力的企业制作。

3.3.4 附着装置设计时，应对支承处的建筑主体结构进行验算。

1.3 塔机基础位置与附着装置的关系

在确定塔机基础位置时，应同步考虑塔机附着装置如何安装的问题，避免出现无法安装塔机附着装置的尴尬局面。在确定塔机位置时，应遵循以下几点原则：

(1) 在保证塔机拆除时能正常降节作业的前提下，塔机基础位置，应尽可能按说明书中给定的 L 、 B 尺寸设置，靠近建筑物，避免附着杆加长。

(2) 对于分高、低跨的建筑物，塔机位置应靠近高跨，附着装置安装在高跨结构上。如果附着装置安装在低跨结构上，有可能受塔身自由端高度的限制，施工无法继续进行。

(3) 当一台塔机用于多栋建筑物的施工时，塔机基础位置应选择在高的建筑物附近。在塔身自由端高度许可范围内，能完成其他几栋建筑物的施工。

(4) 应考虑两只附墙座在建筑结构上均有安装的位置，且附着杆不被建筑结构的梁、墙、柱阻挡。尽量避免出现附着装置非常规安装。

(5) 无论塔机处于独立状态或附着状态，塔机起重臂必须能够 360° 全方位随风转动，不被相邻塔机或建筑物阻挡。

因塔机位置选择不当，造成附着装置难以按常规方式安装的案例，将在本书第 8 章中介绍。

1.4 塔身最大自由端高度的计算

塔机的附着间距和自由端高度（亦称“悬臂高度”），不允许超出塔机使用说明书中的

规定。自由端高度超长，使塔身存在折断的风险。

有些塔机使用说明书中，明确规定了附着装置之间的竖向间距，但对塔身自由端的高度却无明确规定，使土建施工人员、塔机安装人员执行时概念模糊。

当塔机使用说明书中对塔身自由端高度无明确规定时，可以按公式 (1-1) 计算塔身自由端高度，按公式 (1-2) 验算自由端高度是否满足施工需要。

$$H_{N+1} \leq 0.7H_0 \quad (1-1)$$

$$h_q = H_{N+1} - h_a > h_g \quad (1-2)$$

式中 H_0 ——塔机最大独立高度时，塔机基础顶面至起重臂下弦杆的高度 (m)；

H_{N+1} ——塔机附着状态时，塔机最上一道附着装置至起重臂下弦杆的允许最大高度，即塔身最大自由端高度 (m)；

h_q ——塔身自由端的有效起升高度 (m)；

h_a ——吊钩支承面至起重臂下弦杆的最小安全距离，通常为 1.5~2.0m；

h_g ——施工需要的自由端工作高度 (m)。

计算公式中的代号如图 1-4 所示。

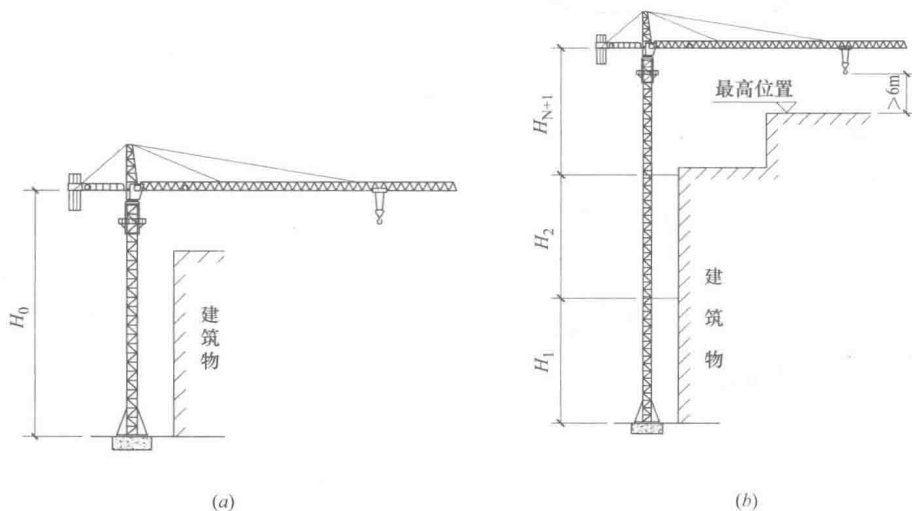


图 1-4 塔身自由端高度和工作高度的计算

【例 1-1】 Z 市游戏谷工程 1 号楼，由 2 层地下车库、北楼、西楼、南楼 4 个分项目组成。北楼局部 10 层，屋面结构标高 38.95m；西楼 2 层，屋面结构标高 14.75m；南楼局部 11 层，屋面结构标高 39.65m。

为了使塔机作业覆盖范围兼顾到北楼，土建施工人员计划在图 1-5 (a) 所示位置安装 1 台 QTZ63 (5610) 塔机。塔机位置远离南楼、北楼。当问及附着装置如何安装时，方案设计人员说是将附着装置安装在西楼上。如果采用该土建施工人员设计的 (a) 图方案，塔机自由端高度是否可以满足这个工程的施工需要？

解：该型号塔机最大独立高度时，基础顶面至起重臂下弦杆的高度 $H_0 = 42\text{m}$ ，吊钩支承面至起重臂下弦杆的安全距离按 $h_a = 2.0\text{m}$ 计算。西楼屋面结构标高 14.75m，附着装置的标高约 14.40m。南楼屋面结构标高 39.65m，屋面至吊钩之间的工作高度按 6m 控制。

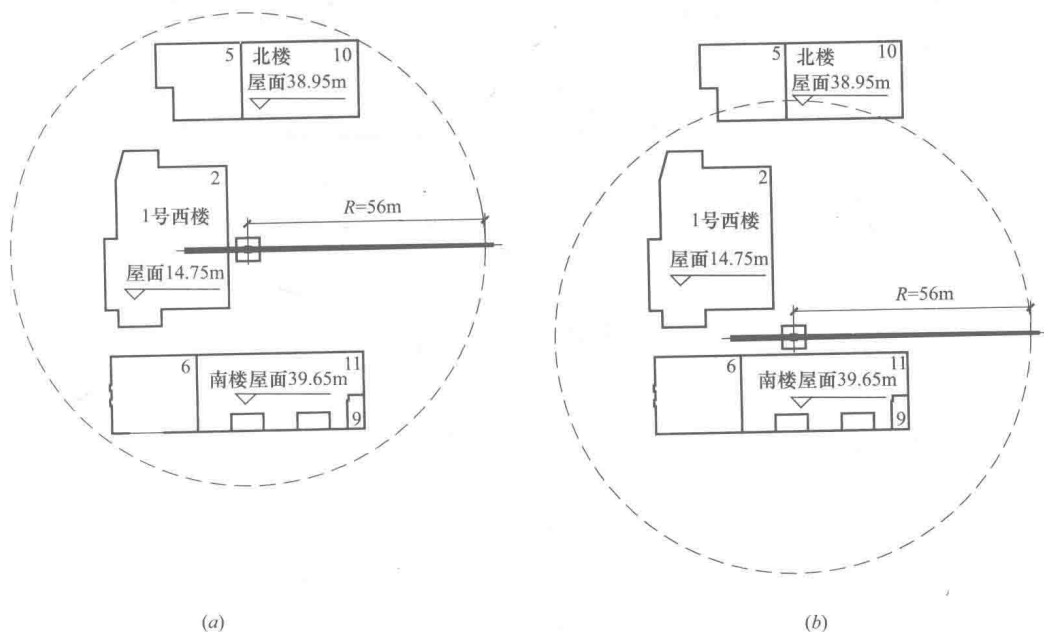


图 1-5 Z市游戏谷 1 号楼塔机安装位置的两种方案

(a) 最初方案; (b) 修改后的方案

塔身最大自由端高度: $H_{N+1} \leq 0.7H_0 = 0.7 \times 42 = 29.4\text{m}$,

自由端有效起升高度: $h_q = H_{N+1} - h_a = 29.4 - 2 = 27.4\text{m}$

施工需要的自由端工作高度: $h_g = 39.65 - 14.40 + 6 = 31.25\text{m}$

$h_q = 27.40\text{m} < h_g = 31.25\text{m}$, 塔身自由端高度不满足施工需要。

否定图 1-5 (a) 所示的方案, 将这台塔机调整到图 1-5 (b) 所示的位置, 附着装置安装在南楼上。图 (b) 所示的方案不仅解决了塔身自由端超长的安全隐患, 而且方便了塔机拆除时的降节工作。

至于塔机作业面覆盖不到北楼的问题, 则将 2 号楼的塔机同步位移到北楼的北侧, 这里不再赘述。

1.5 附着装置设计中存在的一些问题

目前塔机附着装置特别是附着杆的设计, 多由塔机使用单位、租赁单位或者安装单位, 根据施工现场实际状况自行设计。

国家标准、行业标准目前对附着装置的设计计算尚无明确、详细的规定。由于设计人员的设计水平不一, 因此出现了一些不正确的设计方案。下面分析几种常见的不正确的设计方案, 希望能引起附着装置设计人员的重视。

1.5.1 在附着杆两端增加了万向接头

某塔机制造公司设计、制造的塔机附着装置, 在附着杆的两端增加了万向接头, 如图 1-6 所示。

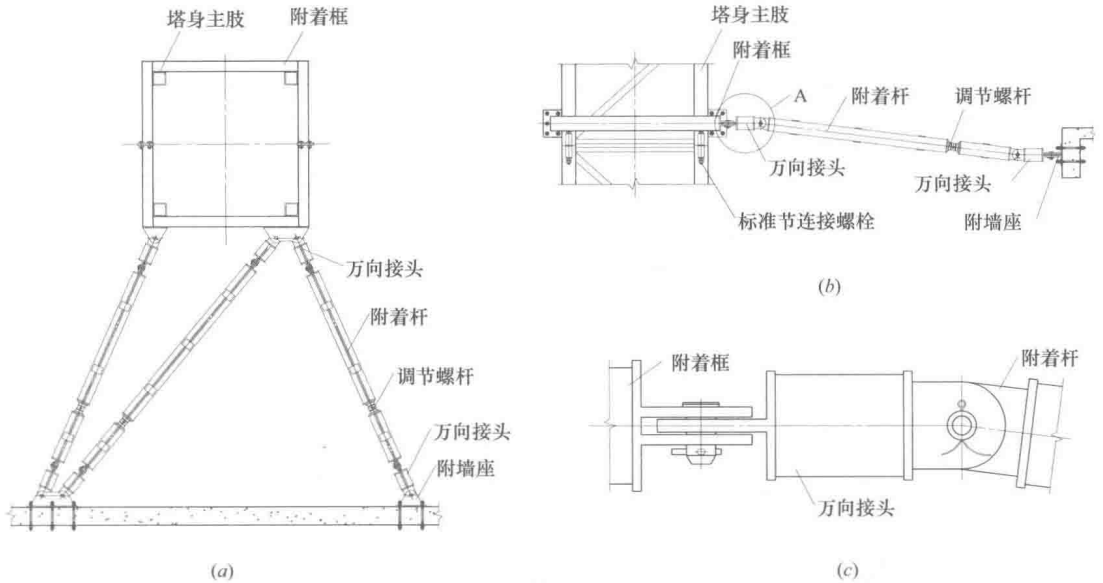


图 1-6 在附着杆两端增加了万向接头
(a) 平面图 (b) 立面图 (c) A 放大

这样设计的初衷也许是，当附着框与附墙座不在同一高度时，可以调节附着杆两端的高度。但是，这样的附着杆受拉时则伸长，受压时则缩短。从力学角度分析，在一定范围内，既不能承受轴向拉力更不能承受轴向压力，起不到固定塔身位置的作用，失去了附着杆的基本功能。因此这种附着杆必须禁止使用！

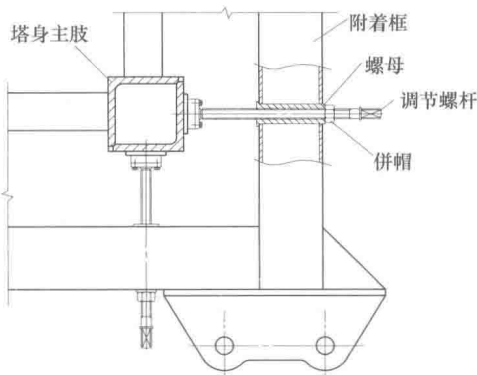


图 1-7 配有调节螺杆的附着框

1.5.2 用调节螺杆将附着框支承在塔身上

某塔机制造公司设计制造的塔机附着框，在附着框与塔身之间增加了 8 根调节螺杆，如图 1-7 所示。

这样的设计思路是，用调节螺杆将附着框紧紧地顶撑在塔身主肢上，消除附着框与塔身主肢之间的间隙。

但是从受力分析看，调节螺杆不仅承受轴向荷载，而且还承受着附着框的重力荷载和塔机回转时产生的扭矩荷载，这两个力的方向垂

直于调节螺杆中心线，使调节螺杆承受弯矩和剪力，因此这种附着框上调节螺杆折断的事故时有发生。一旦一根螺杆折断，附着框便不再紧紧地抱箍在塔身上，使附着装置瞬间失去应有的作用。

再者，附着框处于露天工作环境，即使不使用时往往也是露天存放，塔机产权单位对调节螺杆往往又缺少保养，大多数的调节螺杆均严重腐蚀，失去了调节作用，形同虚设。

图 1-8 为一台 QTZ40 塔机附着框调节螺杆折断，安装人员在附着框上焊接一根角钢抵在塔身主肢上凑合使用的照片。这些不起眼的小事往往有可能成为引发安全事故的大事。



图 1-8 调节螺杆折断，安装人员焊一根角钢抵在塔身主肢上

1.5.3 附着杆与附着框连接接头的结构型式不匹配

附着杆与附着框之间采用销轴连接。附着框上的销座通常设计为双耳板，附着杆上设计为单耳板，连接方式如图 1-9 (a) 所示。

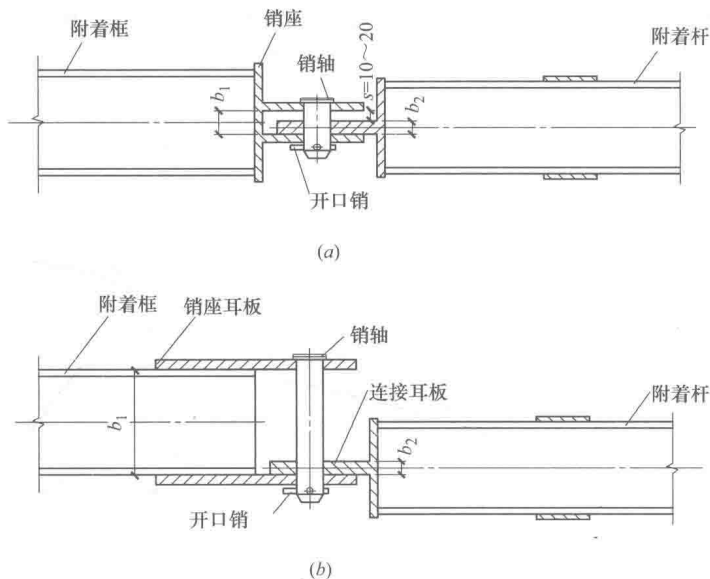


图 1-9 附着杆与附着框的连接方式示意
(a) 通常的连接方式；(b) 不匹配的连接方式

受建筑结构和塔身标准节连接螺栓位置的限制，有时附着框与附墙座不能处于同一高度，如图 1-6 (b) 所示，因此双耳板之间的净尺寸 b_1 应略大于单耳板的厚度 b_2 ，其间隙 $s=b_1-b_2=10\sim 20\text{mm}$ 为宜。

有些附着框不设置销座底板，将两块耳板直接焊接在附着框的上、下两个面上，两块耳板之间的净尺寸较大。塔机用户制作的附着杆，如果仍然采用单耳板的结构型式，于是出现了 b_1 尺寸远大于 b_2 尺寸的现象。在重力作用之下，附着杆的单耳板搁置在附着框下面的一块耳板上，如图 1-9 (b) 所示。

从受力角度分析，图 1-9 (a) 所示的连接方式，附着杆对附着框的反作用力，由上、

下两块耳板共同分担，下面一块耳板承担的作用力略大于上面一块耳板；销轴双面受剪，下面一个剪切面的剪应力略大于上面一个剪切面。

图 1-9 (b) 所示连接方式，附着杆对附着框的作用荷载几乎全部作用在下耳板上；销轴的下剪切面也几乎承担了全部的剪切力，完全改变了原设计的力学模式。存在着下耳板被拉断、销轴被剪断的风险。

塔机用户在设计制作附着杆时，应根据附着框的接头型式，将附着杆的接头也设计成双耳板型式。两块耳板之间焊接一段衬管，避免耳板因碰撞变形。使附着框上两块耳板内边之间的净尺寸，略大于附着杆上两块耳板外边之间的尺寸，保持间隙 $s = b_1 - b_2 = 10 \sim 20\text{mm}$ 。如图 1-10 所示。

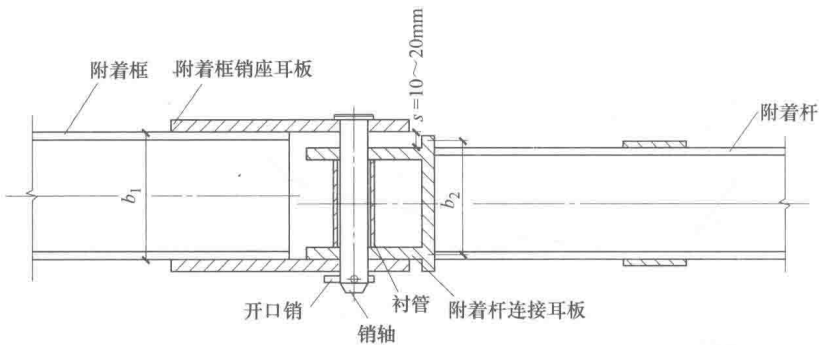


图 1-10 附着杆接头形式应与附着框匹配

1.5.4 附着杆的长细比和稳定性不符合钢结构设计规定

随着塔机臂架的旋转，附着杆有时承受拉力有时承受压力，应按压弯构件设计计算。依据《钢结构设计规范》GB 50017—2003 中 5.3.8 条的规定，其容许长细比应不大于 150。但是，目前塔机附着杆长细比不满足要求的现象较为普遍，存在较大的安全隐患。

举例：J 市某工程 B28 号楼安装了 1 台 QTZ50 塔机，塔机附着装置安装方案如图 1-11 所示。

原塔机制造厂家为这套附着装置专门设计了附着杆，附着杆材料选用 $\phi 121 \times 8$ 无缝钢管。施工单位和当地建筑安全监督部门发现设计存在问题，组织专业人员重新进行了设计。

附着杆 1 的计算长度 $L_1 = 8348\text{mm}$ ，最大轴向力设计值 $N_{1\text{max}} = 122.0\text{kN}$ 。 $\phi 121 \times 8$ 无缝钢管的截面面积 $A = 28.40\text{cm}^2$ ，每米质量 $G = 22.29\text{kg/m}$ ，截面惯性矩 $I = 455.57\text{cm}^4$ ，截面模量 $W = 75.30\text{cm}^3$ ，截面回转半径 $i = 4.01\text{cm}$ 。

由于附着杆承受自重荷载和风荷载，因此按压弯构件计算。经计算，附着杆 1 的长细比 $\lambda = 208.4$ ，稳定性 $\sigma_x = 398.9\text{N/mm}^2$ ， $\sigma_y = 337.1\text{N/mm}^2$ 。这组数据均大于许用值，存在极大的安全风险。

重新设计，附着杆 1 选用 $\phi 168 \times 5.5$ 无缝钢管。其截面面积 $A = 28.08\text{cm}^2$ ，每米质量 $G = 22.04\text{kg/m}$ ，截面惯性矩 $I = 927.85\text{cm}^4$ ，截面模量 $W = 110.46\text{cm}^3$ ，截面回转半径 $i = 5.75\text{cm}$ 。经计算，附着杆 1 的长细比 $\lambda = 145.2$ ， $\sigma_x = 165.8\text{N/mm}^2$ ， $\sigma_y = 161.3\text{N/mm}^2$ ，满足要求。

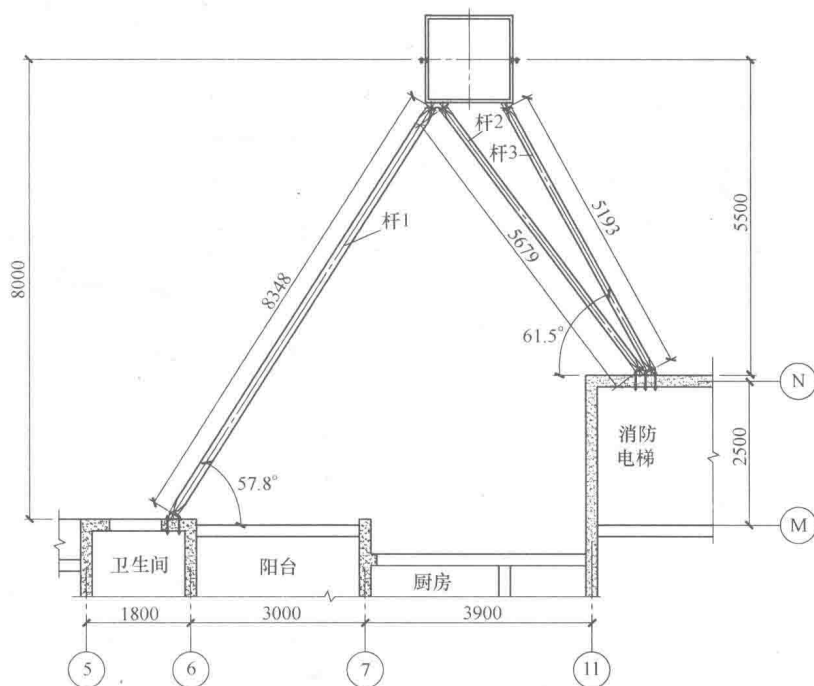


图 1-11 J 市某工程 B28 号楼 QTZ50 塔机附着装置安装图

对比上述两种管材的重量数据可以发现，后一种管材的重量略轻一些。在设计附着杆时，宜选用外径较大壁厚相对较薄的管材，以充分利用材料的力学特性。

1.5.5 附着杆调节螺杆过于细长

在附着杆上设置调节螺杆，用于微调附着杆的长度。但是有些调节螺杆过于细长，应力集中易弯曲，成为附着杆的强度薄弱段。

举例：Y 市某工程 16 号楼安装了 1 台 QTZ63 塔机。用 2 根 16a 普通槽钢拼焊成 160×160 的双肢格构式附着杆。附着杆上配置 M60 调节螺杆，如图 1-12 (a) 所示。

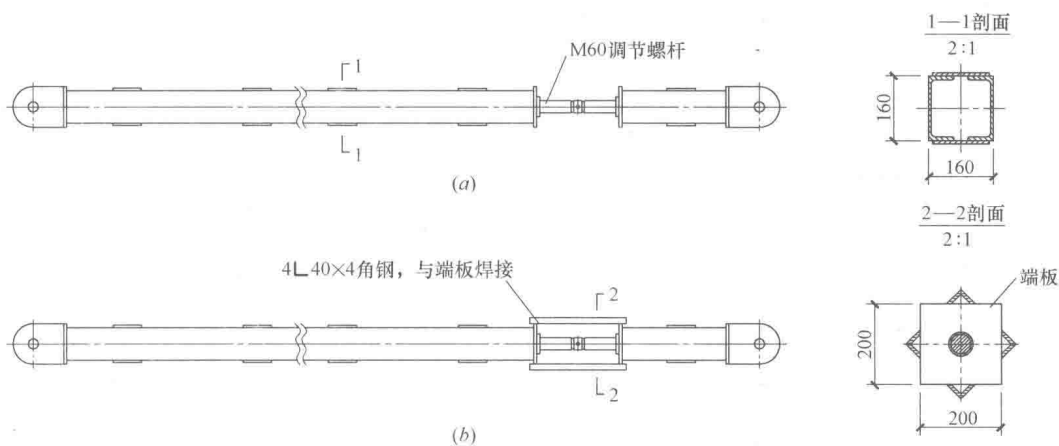


图 1-12 附着杆调节螺杆处的加强

(a) 未加强前的附着杆；(b) 调节螺杆部位的加强

双肢 16a 普通槽钢，截面面积 $A = 43.91\text{cm}^2$ ，截面惯性矩 $I_x = 1732\text{cm}^4$ ， $I_y = 1840\text{cm}^4$ ，截面模量 $W_x = 217\text{cm}^3$ ， $W_y = 230\text{cm}^3$ ，回转半径 $i_x = 6.28\text{cm}$ ， $i_y = 6.47\text{cm}$ 。

M60 螺杆，螺纹有效直径 $d_1 = 54.046\text{mm}$ ，有效截面面积 $A_e = 22.94\text{cm}^2$ ，截面惯性矩 $I = 41.88\text{cm}^4$ ，截面模量 $W = 15.50\text{cm}^3$ ，回转半径 $i = 1.35\text{cm}$ 。

比较上述两组数据可以看出，M60 螺杆的材料截面特性比双肢 16a 槽钢的截面特性小得多，调节螺杆成为附着杆上的薄弱环节。这也是有些附着杆在调节螺杆处弯折的原因。当遇到暴风侵袭的恶劣天气时，调节螺杆的失稳将造成整个附着杆系的破坏。

针对图 1-12 (a) 中存在的调节螺杆偏细问题，采取了局部加强措施。将塔身垂直度调整到允许偏差范围内后，用 4 根 L 40×4 等边角钢焊接在调节螺杆两端的端板上，进行临时加强，如图 1-12 (b) 所示。

调节螺杆加强以后，螺杆和角钢的总截面面积 $A = 35.30\text{cm}^2$ ，截面惯性矩 $I = 866.25\text{cm}^4$ ，截面模量 $W = 66.53\text{cm}^3$ ，回转半径 $i = 4.95\text{cm}$ 。提高了调节螺杆部位的压弯强度。

螺纹牙形有多种：普通螺纹（三角形螺纹）、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹等。附着杆调节螺杆的螺纹宜选用梯形螺纹。在设计附着杆时，还应对调节螺杆的强度进行验算，验算方法将在第 5 章中介绍。

1.5.6 销孔至耳板边缘的尺寸偏小

某建筑工地 1 台 QTZ40 塔机附着框如图 1-13 所示。

这个附着框的销孔直径 40mm，销孔中心至耳板边缘尺寸 40mm，这尺寸偏小，存在耳板被破坏的风险。

1.5.7 附墙座固定螺杆的数量不足

一个附墙座至少需要用 4 根螺杆固定在建筑物上。某工地的一台 QTZ40 塔机，单销附墙座、双销附墙座均只有 2 根固定螺杆，存在固定螺杆被拉断的风险。

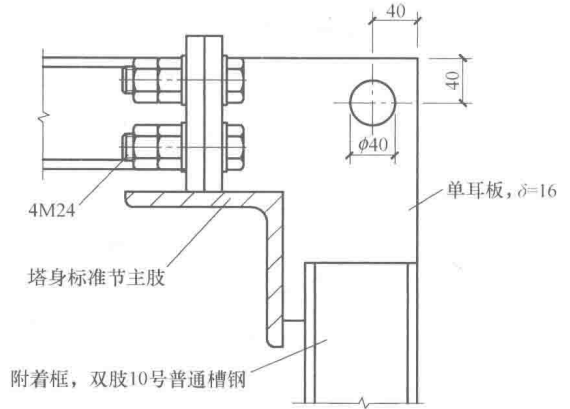


图 1-13 销孔至耳板边缘的尺寸偏小

1.6 附着装置安装中存在的一些问题

下面是附着装置几种常见的不正确安装方式，希望引起塔机安装人员的重视。

1.6.1 塔身自由端高度超长

塔身自由端高度超长的情况时有发生。发生塔身自由端高度超长的原因，多与塔机安装位置不当相关。由于附着装置的安装位置偏低，为了完成施工任务，因此违规加高塔身，冒险作业。

确定塔机基础位置方案时，土建施工人员应会同塔机管理人员，共同商定塔机的安装