

Research on Standard Tower Section in Communication Monopole

Bo Yuan, Huahua Zhang

Jiangsu Posts and Telecommunications Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing Jiangsu
Email: yuanbo53520@163.com

Received: Jan. 6th, 2018; accepted: Jan. 20th, 2018; published: Jan. 29th, 2018

Abstract

Through the research on parts of the communication monopole's segments in this article, the author can design some standard tower segments assembled into iron tower according to certain rules. These standard tower sections can be used in different heights of the tower, and can be used in different air pressures. This research can help to standardize the production process of the tower and advance the standardization of the production process of the tower, thus speeding up the standardization and production of the tower.

Keywords

Communication Monopole, Standard Tower Section, Concept Design

单管通信塔标准塔段研究

袁 波, 章画画

江苏省邮电规划设计院有限责任公司, 江苏 南京
Email: yuanbo53520@163.com

收稿日期: 2018年1月6日; 录用日期: 2018年1月20日; 发布日期: 2018年1月29日

摘 要

本文通过对单管通信塔塔段各组成构件的研究, 设计出可以按照一定规则进行组装成铁塔的标准塔段, 这些标准塔段既可以用于不同高度下的铁塔, 又可以用于不同风压下的铁塔。通过此项研究有助于规范铁塔生产流程、推进铁塔生产工艺标准化, 从而加快了铁塔标准化、产品化的步伐。

关键词

单管通信塔, 标准塔段, 概念设计

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

近年来, 随着我国通讯行业的迅速发展, 各大运营商在全国建设了大量的通讯塔, 主要有角钢塔、管塔、单管塔、桅杆等, 单管塔与其他形式的塔桅结构相比, 具有造型简洁、美观大方、安装便捷、占地面积小等众多优点, 在通信基站建设选型中占据了主导地位, 被广泛用于通讯领域, 并取得了良好的经济和社会效益。

2014年7月, 中国铁塔股份有限公司成立, 旨在对通信基础设施进行整合, 逐步实现了铁塔的模块化、标准化, 并发布了《通信铁塔标准图集》, 但铁塔的设计仍遵循“一站一设计”的原则, 塔段标准化设计仍存在空缺。现有《通信铁塔标准图集》中的标准塔也只是实现了铁塔外形、附属物等标准化设计, 并没有实现塔段标准化设计。所谓塔段标准化是指塔段所有组成构件实现标准化, 包括塔段长度、塔段上下口径、壁厚、连接方式、外形、附属物等, 再将不同的标准塔段按照一定的规则组成铁塔。

本文讲究的思路是通过对单管塔塔段各组成构件的研究, 设计出可以按照一定规则进行组装成铁塔的标准塔段, 这些塔段既可以用于不同高度下的铁塔, 又可以用于不同风压下的铁塔。通过此项研究有助于规范铁塔生产流程、推进铁塔生产工艺标准化, 从而加快了铁塔标准化、产品化的步伐。

2. 标准塔段主要参数

2.1. 单管塔计算方法

目前, 单管塔的计算方法主要有两种: 一种是建立有限元模型进行计算[1]; 另一种是设计人员自行编制悬臂梁模型进行估算。前者是建立实体模型, 沿塔身方向及横截面方向均匀划分单元, 然后计算各单元所受的风荷载, 最后计算各断面的应力和位移, 此方式更符合单管塔实际受力和变形情况, 计算结果从理论上来说也更准确, 但在实际工程中, 其建模、对模型上施加荷载和模型计算等过程比较复杂, 通常选用第二种方法。估算法是将单管塔作为一种变截面的悬臂钢管梁考虑, 用材料力学挠度叠加法计算单管塔的最大位移, 其结果与真实结构精确解存有误差。经过大量的对比试验, 单管塔顶点位移相差1.1% [2], 对于工程应用, 估算法完全满足计算精度。

对于单管塔类的高耸结构, 主要计算控制指标是塔身的强度和刚度, 而往往刚度是主要计算控制指标, 根据《高耸结构设计规范》(GB50135-2006)第3.0.10条的规定[3]: 自立塔在以风为主的荷载标准组合下的水平位移不得大于塔高的1/50, 单管塔的水平位移限值可根据各行业标准适当放宽。

《移动通信工程钢塔桅工程结构设计规范》(YD5131-2005)第3.1.10条规定[4]: 单管塔在以风荷载为主的荷载标准组合作用下, 塔桅结构任意点的水平位移不得大于塔高的1/40。

《钢结构单管通信塔技术规程》(CECS236-2008)第3.0.5条规定[5]: 当业主无具体要求时, 单管塔塔身的横向变形允许值, 应按下述要求确定。在风荷载频遇组合下(且风压不小于 0.2 kN/m^2), 加抱杆小微波天线高处塔身角位移应小于 4° , 且塔顶水平位移不应大于塔高的1/50。

笔者认为单管塔铁塔结构在满足强度、稳定性要求的前提下, 其水平位移限值可以适当放宽, 按照《钢结构单管通信塔技术规程》(CECS236-2008)的位移控制指标进行刚度控制, 这样塔身直径和壁厚均可适当减小, 有效降低塔身重量, 使得铁塔更加经济、美观。

通信单管塔由塔身、塔架附属物结构(工作平台、天线、天线支架、爬梯等)、避雷针等组成。塔身一般采用轧制钢板在专用设备上卷制成圆形或是折弯成正多边形截面的钢管、形成沿杆长呈一定锥度的塔段。塔段受加工设备、运输、安装等条件的限制, 塔段规格指标参数的选取显得尤为重要。

2.2. 塔段截面形状

塔段截面形状主要有圆形和正多边形两种。圆形截面加工时采用横向卷板方式将钢板卷成圆锥形筒体, 用纵向焊缝焊牢, 再用横向焊缝将 2 m 左右长度的筒体拼接成一个节段。圆形截面塔段的主要优点是具有回转半径大, 抗弯强度高、工业化程度高, 缺点是其多被用于具有美化要求的市区, 电缆、爬梯等设备需要设在塔内, 管径大, 进而用钢量大。

而加工正多边形截面时, 是通过大型液压机将钢板折成竖向折板形式, 通常为 8 边形、12 边形、16 边形, 边数最好为 4 的倍数, 按照单管塔直径大小, 采用 1~2 条竖向焊缝将折板卷筒焊成节段。其制作工艺相比圆形截面简单, 使用场景更具广泛。

2.3. 塔段锥度(斜率)

为了充分利用材料, 单管塔在外形上通常采用下大上小的截锥形, 锥度是影响塔体计算和重量的一项重要指标[6]。对于塔段长度、壁厚和底部管径一定的塔段, 在相同荷载作用下, 塔体锥度越大, 则重量越轻, 抗弯刚度折减越多; 反之, 塔体锥度越小, 重量越重, 抗弯刚度折减越少。举例说明, 底部管径为 1000 mm, 壁厚为 10 mm, 塔段长度为 10 m, 塔段重量、抗弯刚度随着塔段锥度的变化规律详见图 1、图 2。

笔者通过对大量的工程经验进行总结, 塔段锥度(斜率)一般控制在 1.0%~2.0%之间, 在这个范围既能保证塔段的安全性, 也有效的降低了塔重。

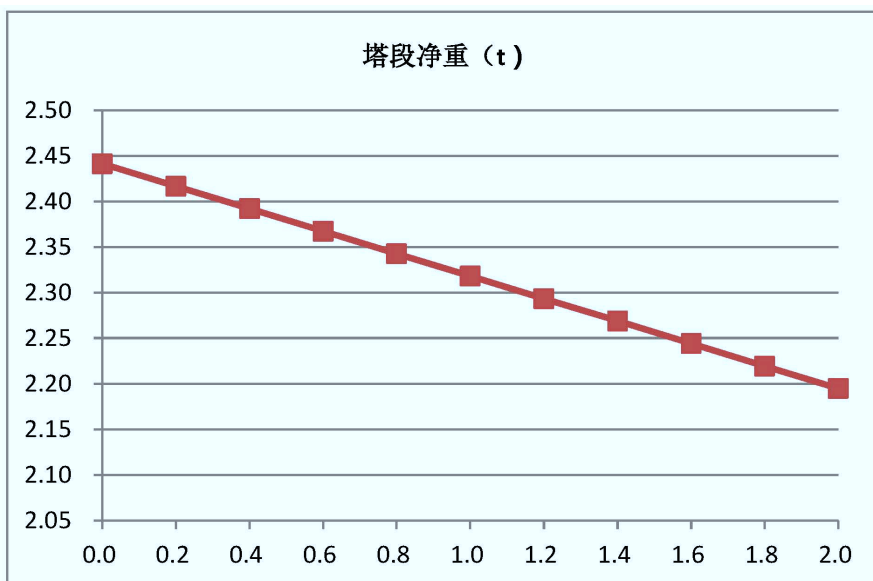


Figure 1. The curve of the tower weight with the taper
图 1. 塔段净重随锥度变化曲线

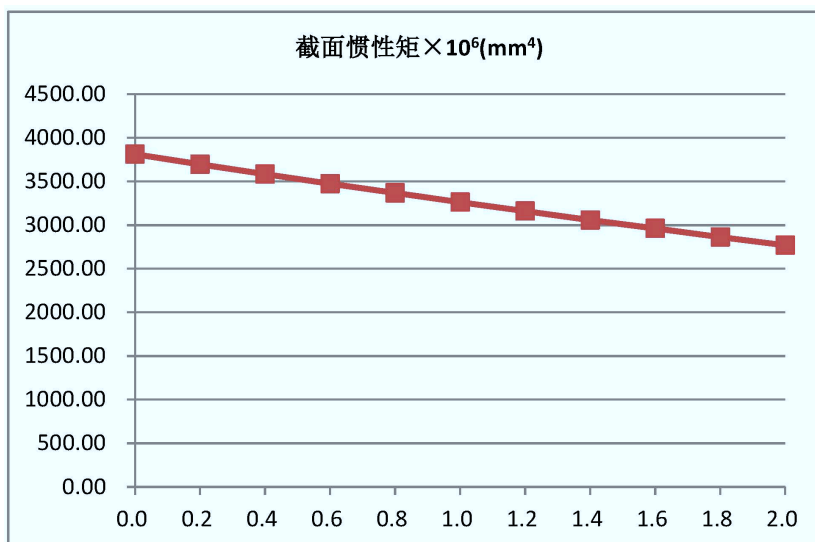


Figure 2. The curve of the tower flexural rigidity with the tape
图 2. 塔段抗弯刚度随锥度变化曲线

2.4. 塔段径厚比

按照板壳力学规定, 当 $D/t \geq 40$ 时, 钢管构件就属于薄壁壳体结构, 薄壁壳体钢结构与普通钢结构的主要不同之处是其容易发生局部变形, 对缺陷比较敏感, 极限承载力受径厚比影响较大[7]。《高耸结构设计规范》(GB50135-2006)第 5.6.7 条规定[3]: 单管塔受弯时(压应力占最大应力值 5%以内), 其径厚比满足下列条件时, 可以确保钢管的局部稳定。考虑到管壁局部稳定影响。

对于 Q235 钢 $D/t \leq 140$

对于 Q345 钢 $D/t \leq 110$

对于径厚比大于上述规定值的单管塔, 《高耸结构设计规范》(GB50135-2006)第 5.6.7 条还规定[3]: 单管塔验算弯矩作用平面内稳定时, 其设计强度 f 应乘以修正系数 μ_d 。 μ_d 按下式计算:

$$\text{对于 Q235 钢 } \mu_d = \begin{cases} 1.0 \\ 0.566 + \frac{73.85}{(D/t)} - \frac{1832.5}{(D/t)^2} \end{cases} \quad D/t \leq 140$$

$$\text{对于 Q345 钢 } \mu_d = \begin{cases} 1.0 \\ 0.554 + \frac{66.62}{(D/t)} - \frac{1926.5}{(D/t)^2} \end{cases} \quad D/t \leq 110$$

对于塔段壁厚, 《钢结构单管通信塔技术规程》(CECS236-2008)第 5.4.1 条规定[5]: 单管塔所采用的筒体壁厚不应小于 5 mm。因此单管塔的壁厚通常为 6 mm、8 mm、10 mm、12 mm、14 mm、16 mm, 采用大于 16 mm 的钢板, 其强度要按照《钢结构设计规范》(GB 50017-2003) [8]进行折减。

2.5. 连接形式

塔段之间的连接, 常用的主要有焊接连接、法兰连接和插接连接, 其中法兰连接又分为外法兰连接和外法兰连接。焊接连接是将钢板卷成圆锥形筒体, 用纵向焊缝焊牢, 再用环向焊缝将 2 m 左右长度的筒体拼接成相应高度的铁塔。塔管纵缝、环缝采用自动埋弧焊焊接, 塔管纵缝、环缝应满足二级焊缝要求, 环缝应全熔透, 并采用超声波探伤对其进行无损检测。此种连接方式受运输条件和安装条件限制,

一般不会完全靠焊缝连接成铁塔, 而是将 2 m 左右长度的筒体拼接成一个塔段, 塔段之间采用法兰连接或是插接连接, 拼装成一个铁塔(表 1)。

法兰连接是在塔段的两端安装连接法兰, 采用螺栓将相邻塔段禁固在一起。法兰式连接通过螺栓、法兰盘和加劲板传递塔身内力, 是单管塔较为理想的连接形式。单管塔采用法兰连接时, 法兰应保证 75% 紧密贴合, 边缘间隙最大不超过 2 mm。

插接连接是将下部塔段的顶部插入上部塔段底部, 依靠上下铁塔插接段楔紧的作用传递塔身内力的一种连接方式[9]。插接长度不同, 节点破坏形式不同, 为保证节点插接段不先于非插接段破坏, 插接长度不宜过小。但是目前相关的规范及行业标准对插接长度仅给出了一个的建议值, 取为 1.5 D (D 为套接范围下端直径)。

两种及两种以上连接方式的互用是目前少见的一种连接方式, 但其可以发挥一种方式的优点, 通过另一种连接方式弥补第一种连接方式的不足, 从而达到良好的效果。

2.6. 塔段长度

塔段长度是铁塔标准化的一项重要指标。塔段长度受钢板模数、塔厂加工工艺、运输条件和安装条件限制, 塔段长度不宜过长, 一般在 12 m 以内。

塔段又不宜过短, 是因为塔段过短, 塔段的连接节点必然增多, 插接式的套接段或是法兰式的法兰数量必然增多, 从而增加了铁塔的重量。以 50 m 的插接单管塔举例说明, 铁塔顶部直径为 600 mm, 底部直径 1200 mm, 壁厚均为 10 mm, 插接长度取 1.5 D (D 为套接范围下端直径)。

通过表 2、表 3 可以看出, 对于 50 m 插接单管塔, 平均分成 10 段塔段的铁塔总重为 13,635.19 kg, 而平均分成 5 段塔段的铁塔总重为 12,158.13 kg, 塔重增加 12.14%。以同样的方式计算(计算省略)法兰连接单管塔, 内法兰连接铁塔增重约为 11.23%, 外法兰连接铁塔增重约为 13.67%。

由此可见, 对于同一单管塔, 无论是插接式连接的单管塔, 还是法兰连接的单管塔, 塔段的数量不宜过度, 塔段长度不宜过短。综上所述, 塔段长度不宜过长、过短, 宜为 6 m~10 m 之间。

3. 标准塔段设计方案

通过对上述单管塔计算理论的理解, 以及对大量工程设计经验总结, 本文将双轮景观塔的标准塔段设计方案作为研究对象, 详细介绍了设计条件。

3.1. 场地条件

本方案适用于建设场地抗震设防烈度不高于 8 度且场地类型为 I 类、II 类场地, 地面粗糙类别为 B 类, 覆盖基本风压范围为 0.35 kN/m²、0.45 kN/m²、0.55 kN/m²、0.65 kN/m²、0.75 kN/m²、0.85 kN/m²、0.95 kN/m² 的区域。

3.2. 计算参数

标准塔段主材选用 Q345B, 长度为 10 m, 塔高选择 30 m、40 m、50 m 三种高度, 截面选择圆形截面, 体型系数为 0.6; 塔段连接方式选择铁塔下部采用内法兰, 上部部分采用外法兰的混用连接方式, 这样维护安装人员可以在有足够空间的底部内爬, 待上升到一定的高度, 空间不足, 可以从上部出人孔出来外爬, 以达到最大程度节省钢材的目的。

一副天线的迎风面积 $\leq 0.6 \text{ m}^2$, 质量约为 20 kg, 体形系数为 1.3, 一个 RRU 设备的迎风面积 $\leq 0.2 \text{ m}^2$, 质量约为 40 kg, 体形系数为 1.3。三种高度的铁塔的挂在能力全部为 4 层支架, 可以安装 12 副天线和 12 副 RRU 设备, 天线挂高详见表 4, 铁塔造型详见图 3。

Table 1. The advantages and disadvantages of the three types of connections**表 1.** 塔段三种连接方式优缺点

连接方式	形式	适用条件	优点	缺点
焊接连接	与法兰连接 配合使用	---	---	---
插接连接	插接式	内爬单管塔、外爬单管塔均可	1.不受管径粗细限值; 2.施工周期短, 便于机械化快速施工; 3.安全性好, 倒塔几率低。	1.受插接长度的影响, 不利于实现标准化; 2.插接部分贴合率难以控制; 3.铁塔塔身垂直度不易控制; 4.铁塔不便于拆卸和搬迁; 5.连接方式受上下塔段锥度的影响。
法兰连接	外法兰式	外爬单管塔	1.满足标准化生产的要求; 2.塔身垂直度有保证; 3.铁塔便于拆卸和搬迁; 4.不受管径粗细限值; 5.连接方式不受上下塔段锥度的影响。	1.外法兰比较重, 经济性差; 2.法兰突出管塔, 美观性差; 3.法兰采用螺栓, 施工速度慢于插接式; 4.维护要求高。
	内法兰式	内爬单管塔	1.满足标准化生产的要求; 2.塔身垂直度有保证; 3.铁塔便于拆卸和搬迁[10]; 4.圆形单管塔美观性好; 5.连接方式不受上下塔段锥度的影响。	1.塔内空间有限, 施工面小, 螺栓不易拧紧; 2.管径比较粗, 经济性差; 3.法兰采用螺栓, 施工速度慢于插接式; 4.维护要求高。

Table 2. The tower weight (the length of the tower is 10 meters)**表 2.** 铁塔重量统计(计算长度为 10 m)

序号	计算长度 (mm)	壁厚 (mm)	底部管径 (mm)	顶部管径 (mm)	套接范围下 端(mm)	套接长度 (mm)	该段长度 (mm)	塔段重量 (kg)	铁塔总重 (kg)
1	10000	10	1200	1042.2	1064.0	1600	11600	3178.62	
2	10000	10	1084.0	928.3	948.0	1450	11450	2812.84	
3	10000	10	968.0	815.0	832.0	1250	11250	2445.65	12,158.13
4	10000	10	852.0	701.0	716.0	1100	11100	2098.29	
5	10000	10	736.0	600.0	600.0		10000	1622.73	

Table 3. The tower weight (the length of the tower is 5 meters)**表 3.** 铁塔重量统计(计算长度为 5 m)

序号	计算长度 (mm)	壁厚 (mm)	底部管径 (mm)	顶部管径 (mm)	套接范围下 端(mm)	套接长度 (mm)	该段长度 (mm)	该段重量 (kg)	铁塔总重 (kg)
1	5000	10	1200	1095.5	1122.0	1700	6700	1879.91	
2	5000	10	1142.0	1039.0	1064.0	1600	6600	1758.72	
3	5000	10	1084.0	982.4	1006.0	1510	6510	1642.75	
4	5000	10	1026.0	925.7	948.0	1430	6430	1531.58	
5	5000	10	968.0	869.1	890.0	1340	6340	1420.55	
6	5000	10	910.0	812.5	832.0	1250	6250	1312.07	13,635.19
7	5000	10	852.0	755.9	774.0	1160	6160	1206.13	
8	5000	10	794.0	699.2	716.0	1080	6080	1104.44	
9	5000	10	736.0	642.6	658.0	990	5990	1003.45	
10	5000	10	678.0	600.0	600.0		5000	775.60	

Table 4. Antenna mounting height
表 4. 天线安装高度

铁塔高度(m)	50	40	30
第一层天线高度(m)	48.5	38.5	28.5
双轮一高度(m)	46.5	36.5	26.5
第二层天线高度(m)	44.5	34.5	24.5
第三层天线高度(m)	41	31	21
双轮二高度(m)	38.5	28.5	18.5
第四层天线高度(m)	36.5	26.5	16.5

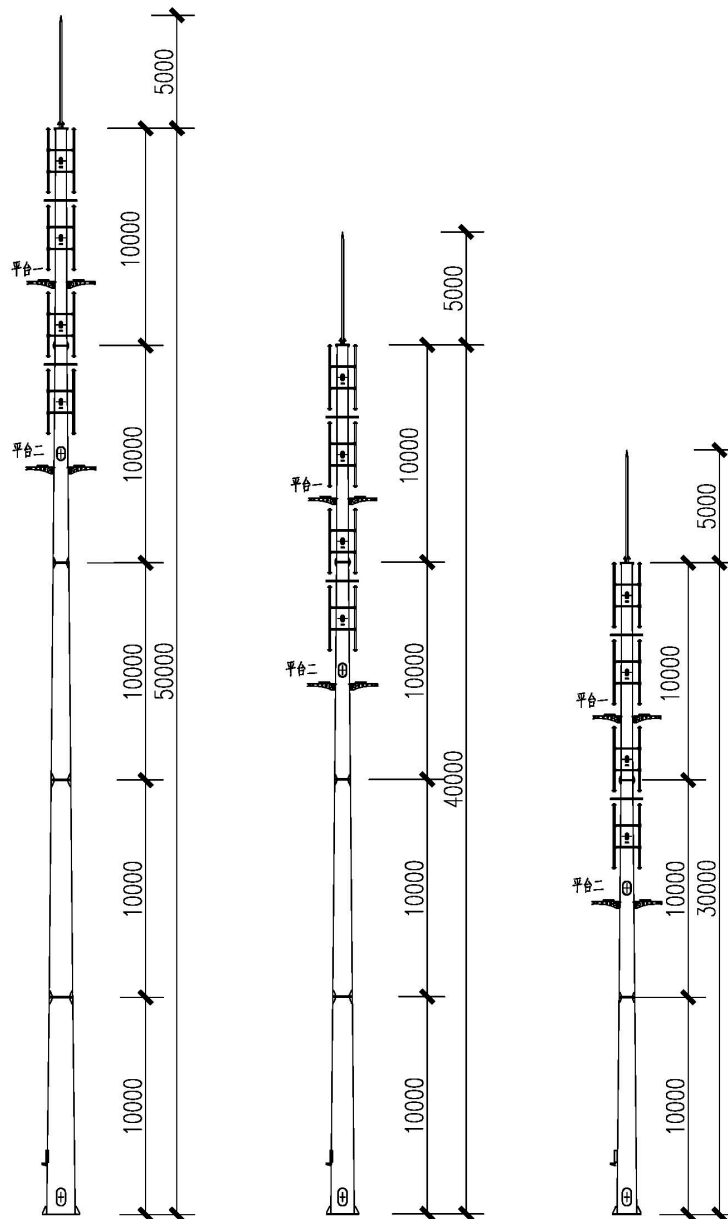


Figure 3. Exterior design of the tower
图 3. 铁塔外部造型图

3.3. 控制指标

- 1) 本研究方案按照《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)、《高耸结构设计规范》(GB50135-2006)等相关规范进行强度控制。
- 2) 本研究方案的位移控制是按照《钢结构单管通信塔技术规程》(CECS236-2008)进行位移控制。
- 3) 径厚比控制在 $D/t \leq 110$ 。
- 4) 塔段锥度控制在 1.0%~2.0%。

3.4. 设计思路

- 1) 首先确定管径和壁厚的最大的塔段, 本方案的最大管径及壁厚出现在塔高 50 m、风压值为 0.95 kN/m^2 对应的单管塔中;
- 2) 在 1.0%~2.0% 范围内合理安排每一塔段的锥度, 对于法兰连接单管塔, 上下塔段的锥度不需要保证统一, 但出于美观的考虑, 一般相差在 0.5% 以内;
- 3) 小一级风压的底部管段共用大一级风压底部第二管段, 塔高矮一级的底部管段共用高一级底部第二管段, 不同塔高标准段的互用, 不受风压的影响, 可越级共用;
- 4) 对组合出来的单管塔进行强度、刚度、径厚比、长细比等复核, 全部满足要求, 则进行下一步, 若其中任何一项不满足, 则重复进行 3), 直到所有指标满足为止;
- 5) 铁塔与基础连接是靠塔脚法兰和地脚螺栓连接, 本设计方案选用的是铁塔的下部塔段采用内法兰连接, 上部塔段部分采用外法兰连接, 故存在内法兰与外法兰转换的问题, 若是某一标准塔段仅限在铁塔底部管段使用, 则直接将该塔段底部的内法兰修改成塔脚外法兰, 若是某一塔段不仅用在铁塔的底部, 而且还用到另一铁塔的中部, 则需要对内法兰进行转换, 转换段详见图 4。

3.5. 设计结果

7 种风压值, 3 种塔高, 共有 84 个塔段(50 m 单管塔由 5 个塔段组成, 40 m 单管塔由 4 个塔段组成, 30 m 单管塔由 3 个塔段组成)组合成 21 种塔, 笔者通过大量的运算, 设计出一组标准塔段, 共计 19 种, 详见表 5。塔段表示方法为: 塔段 - 塔段长度 - 塔段顶部管径/塔段底部管径 - 塔段壁厚, 例如: TD-10000-1300/1500-14。塔段的使用频率表示某一标准塔段在 84 个塔段的复用的几率, 几率越大, 表示复用的次数越多, 需求量相应多, 可以有效的指导塔厂生产及备货标准塔段。

若是按照“一站一设计”的原则, 21 种塔至少需要 84 个完全不同的塔段才能实现, 而采用塔段标准化设计后, 仅需要 19 个标准塔段就可以组装成具有同样适用功能的 21 种塔, 详见表 6。

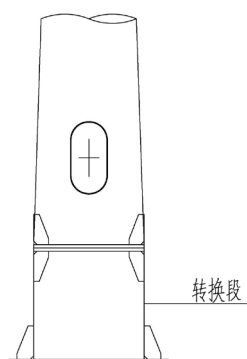


Figure 4. Schematic of the inner flange converted to outer flange
图 4. 内法兰转换成外法兰示意图

Table 5. Data statistics of 19 standard tower segments
表 5. 19 种标准塔段的数据统计表

塔段编号	壁厚(mm)	顶部管径 (mm)	底部管径 (mm)	径厚比 (D/t)	塔段锥度 (%)	塔段使用 频率(%)	法兰连接形式
TD-10000-400/500-6	6	400	500	83.3	1.0	11.90%	外法兰
TD-10000-500/650-6	6	500	650	108.3	1.5	16.67%	外法兰 外法兰
TD-10000-650/850-8	8	650	850	106.3	2.0	19.05%	外法兰 内法兰
TD-10000-500/700-8	8	500	700	87.5	2.0	3.57%	外法兰 内法兰
TD-10000-650/800-8	8	650	800	100.0	1.5	1.19%	外法兰
TD-10000-650/750-8	8	650	750	93.8	1.0	1.19%	塔脚外法兰 外法兰
TD-10000-850/1000-10	10	850	1000	100.0	1.5	14.29%	塔脚外法兰 内法兰
TD-10000-850/1050-10	10	850	1050	105.0	2.0	2.38%	内法兰 内法兰
TD-10000-700/850-10	10	700	850	85.0	1.5	2.38%	内法兰 内法兰
TD-10000-850/950-10	10	850	950	95.0	1.0	2.38%	内法兰
TD-10000-700/900-10	10	700	900	90.0	2.0	1.19%	塔脚外法兰 内法兰
TD-10000-1150/1250-12	12	1150	1250	104.2	1.0	1.19%	塔脚外法兰 内法兰
TD-10000-1000/1200-12	12	1000	1200	100.0	2.0	2.38%	塔脚外法兰 内法兰
TD-10000-1000/1150-12	12	1000	1150	95.8	1.5	9.52%	塔脚外法兰 内法兰
TD-10000-1150/1300-12	12	1150	1300	108.3	1.5	5.95%	内法兰 内法兰
TD-10000-1050/1250-12	12	1050	1250	104.2	2.0	1.19%	内法兰 塔脚外法兰
TD-10000-1300/1500-14	14	1300	1500	107.1	2.0	1.19%	内法兰 塔脚外法兰
TD-10000-1300/1450-14	14	1300	1450	103.6	1.5	1.19%	内法兰 塔脚外法兰
TD-10000-1300/1400-14	14	1300	1400	100.0	1.0	1.19%	内法兰 塔脚外法兰

Table 6. A plan of tower assembled by standard tower section
表 6. 标准塔段拼装组合成铁塔的方案

风压(kN/m ²)	塔高		
	50 m	40 m	30 m
0.95	TD-10000-1300/1500-14		
	TD-10000-1150/1300-12	TD-10000-1150/1300-12	
	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-850/1000-10
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-650/850-8
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/650-6
0.85	TD-10000-1300/1450-14		
	TD-10000-1150/1300-12	TD-10000-1050/1250-12	
	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-850/1050-10	TD-10000-850/950-10
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/850-8
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6
0.75	TD-10000-1300/1400-14		
	TD-10000-1150/1300-12	TD-10000-1000/1200-12	
	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-700/900-10
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/700-8
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/650-6	TD-10000-400/500-6
0.65	TD-10000-1150/1300-12		
	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-1000/1150-12	
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-700/850-10
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/700-8
	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6	TD-10000-400/500-6
0.55	TD-10000-1150/1300-12		
	TD-10000-1000/1150-12	TD-10000-850/1050-10	
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-700/850-10	TD-10000-650/850-8
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-500/700-8	TD-10000-500/650-6
	TD-10000-500/650-6	TD-10000-400/500-6	TD-10000-400/500-6
0.45	TD-10000-1000/1200-12		
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-850/1000-10	
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/800-8
	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6
	TD-10000-400/500-6	TD-10000-400/500-6	TD-10000-400/500-6
0.35	TD-10000-1000/1150-12		
	TD-10000-850/1000-10	TD-10000-850/950-10	
	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/850-8	TD-10000-650/750-8
	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6	TD-10000-500/650-6
	TD-10000-400/500-6	TD-10000-400/500-6	TD-10000-400/500-6

准确的说, 标准塔段应该是一种概念设计, 其设计结果具有不唯一性, 需要从业人员进行大量的试算以及对塔段进行组合, 找到一组最优数据解, 组合出来的铁塔既具安全性, 还能最大程度节省钢材。

4. 工程应用

标准塔段的设计已经在西部某省进行了试用(塔高为 40 m, 风压为 0.65 kN/m^2)。笔者首先与铁塔厂家进行了图纸细化, 包括法兰盘大小、螺栓型号、抱杆安装预留件, 塔体留空等等; 然后厂家按照图纸在车间进行精确放样, 进行标准塔段加工制作, 最后在基站现场进行了安装。第一座铁塔的整个制作周期比普通的塔长了 20 天左右, 主要原因: 一是设计图纸的细化与交底; 二是铁塔厂家首次制作, 加工设备、模具需要调试; 三是车间工人需要再培训上岗。而之后的铁塔加工明显好于第一座, 逐步向标准化逼近。

通过本次的试用, 可以发现: 塔段标准化可以规范铁塔生产流程, 可以实现模具标准化, 加工工艺标准化, 缩短了制作周期; 可以实现铁塔生产厂家备货, 缩短通信基站建设的周期。

当然塔段标准化还有一巨大优势, 就是从长远来看, 随着城市化步伐的加快, 已建成的铁塔极有可能因某种原因被搬迁或拆除, 若是采用了标准塔段, 拆下的塔段可以用于新建站, 也可以降低塔高用于其他基站, 标准塔段的重复使用, 达到节省投资的目的(图 5)。



Figure 5. Tower photograph
图 5. 铁塔实物照片

5. 结语

随着我国通信行业的发展, 通信单管塔必然向着规模化、产品化的方向发展, 而塔段标准化将是这个过程中必不可少的一个环节。笔者通过对标准塔段参数(塔段截面形式、塔段锥度、塔段径厚比、塔段连接方式和塔段长度)的研究, 设计出 19 种标准塔段, 可以组装成三种塔高(30 m、40 m、50 m)的 21 种铁塔, 基本风压适用于 0.35 kN/m^2 、 0.45 kN/m^2 、 0.55 kN/m^2 、 0.65 kN/m^2 、 0.75 kN/m^2 、 0.85 kN/m^2 、 0.95 kN/m^2 的区域, 并对其进行应用, 取得了良好的效果。

参考文献 (References)

- [1] 龙驭球, 包世华. 结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 陈允锐, 贾兆平. 单管塔顶点位移的快速计算方法[J]. 山西建筑, 2014, 40(29): 54-55.
- [3] 上海市建设和交通委员会. GB50135-2006 高耸结构设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.
- [4] 广东省电信规划设计院. YD5131-2005 移动通信工程钢塔桅工程结构设计规范[S]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [5] 同济大学, 上海市金属结构行业协会. CECS236-2008 钢结构单管通信塔技术规程[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [6] 郎金权, 唐明桃, 等. 单管塔锥度与其用钢量的关系浅析[J]. 特种工程, 2013, 30(5): 14-15.
- [7] 陈俊岭, 吴水根, 等. 单管塔中钢管构件的受力分析[J]. 特种工程, 2013, 20(1): 38-40.
- [8] 北京钢铁设计研究总院. GB 50017-2003 钢结构设计规范[S]. 北京: 中华人民共和国建设部, 2003.
- [9] 罗列, 涂望龙, 等. 单管塔插接连接节点抗弯刚度的试验研究[J]. 建筑结构, 2013, 43(s1): 431-435.
- [10] 穆宇亮, 彭朋. 谈通讯单管塔两种连接方式的特点[J]. 山西建筑, 2015, 41(7): 31-32.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org