

Design of Prefabricated Foundations for Single-pipe Towers with Steel Sub-frame

Gang Li

China Information Consulting & Designing Institute Co., Ltd., Jiangsu, Nanjing, 210019, China

Abstract

This paper proposes a combined model of steel bottom frame and single-tube tower, aiming to change the force mode of the single-tube tower foundation. By converting the overturning moment of the single-tube tower into the axial force of the steel columns of the bottom steel frame, the precast foundation of the single-tube tower is transformed from overall anti-overturning to tension and compression force modes, solving the problems of the overall stiffness of the precast foundation and the plane section assumption that have not been solved in the precast foundations of current communication single-tube towers. Aiming at this problem, this paper innovatively proposes a precast foundation of a single-tube tower set on a steel bottom frame, which can not only solve the problem that the precast foundation of the single-tube tower cannot form an overall foundation for anti-overturning, but also has the advantages of precast foundations, being safe and economical.

Keywords

Single-pipe Tower with Steel Sub-frame; Prefabricated Foundation; Foundation Design

钢底框架设单管塔预制基础设计

李刚

中通服咨询设计研究院有限公司，中国·江苏 南京 210019

摘 要

本文提出的一种将钢底框与单管塔组合模式，目的为改变单管塔基础受力模式，通过将单管塔的倾覆弯矩转化为底部钢框钢柱的轴力，将单管塔预制基础从整体抗倾覆转换为抗拔、抗压受力模式，解决了目前通信单管塔预制基础未能解决的预制基础的整体刚度和平截面假定的问题。本文针对此问题，创新性提出钢底框架设单管塔预制基础，既能解决单管塔预制基础不能组成整体基础抗倾覆的问题，又兼具预制基础的优点，安全经济。

关键词

钢底框架设单管塔；预制基础；基础设计

1 引言

目前铁塔公司因交付运营商压力要求，对设计提出较高要求。一些特殊站点需要使用预制基础，增加建站速度及考虑后期搬迁的可重复使用。但是目前一些快速组装的单管塔预制形式，但是大部分预制基础未解决预制基础的整体刚度和平截面假定的问题，只是各组件的硬性拼装，变形协调很难保证。本文针对此问题，创新性提出钢底框架设单管塔预制基础，既能解决单管塔预制基础不能组成整体基础抗倾覆的问题，又兼具预制基础的优点，安全经济。

2 目前预制基础的现状介绍

目前预制基础常采用方式为两类：一类为采用螺栓将混凝土配重块连接成为整体，共同抵抗上部风荷载，防止基

础发生倾覆。

另外一类为采用型钢将混凝土配重块连接为整体，共同抵抗上部风荷载，防止基础发生倾覆。

相似类型的单管塔预制基础均按照整体进行抗倾覆计算，即假设基础以整体基础边为旋转轴，预制基础及上部结构自重标准值对旋转轴取矩，抵抗单管塔的底部弯矩。按照规范，公式如下：

$$\frac{G_K * L}{M} \geq 2$$

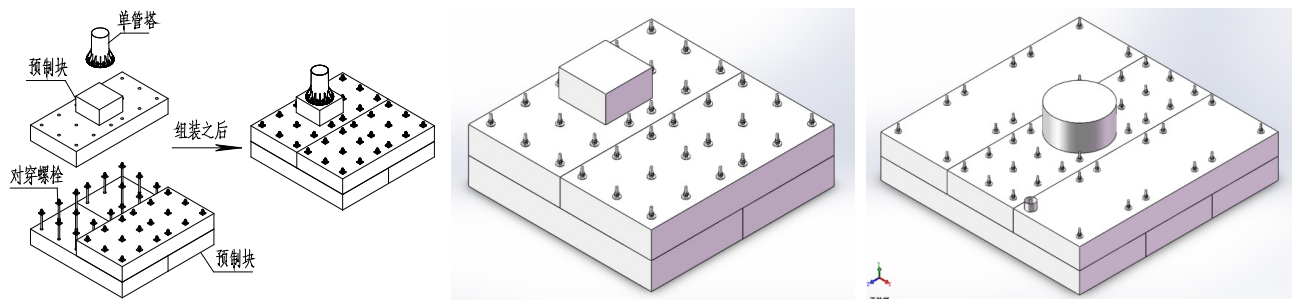
式中： G_K —预制基础及上部结构的自重标准值（kN）；

L —预制基础及上部结构重心至倾覆边的距离（m）；

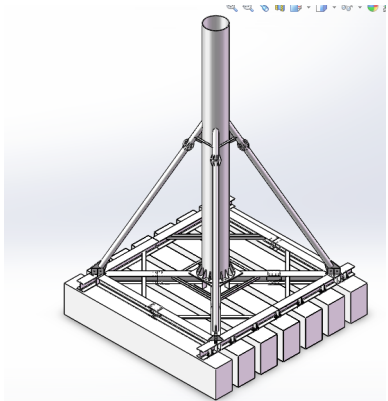
M —风荷载传至预制基础底面的弯矩代表值（kN·m）

此处需假定各配重块经过连接，形成一个整体，并以整体基础的边为旋转轴。但实际情况是次假定只是认为假定，各种配重块连接不一定能真正形成整体，整体刚度达不到全部基础均对假定轴进行取矩抗倾覆，存在安全隐患。

【作者简介】李刚（1984—），男，中国江苏南京人，高级工程师，硕士，从事塔桅钢结构研究。



图一 螺栓连接预制基础



图二 型钢连接预制基础

3 钢底框架设单管塔预制基础介绍

针对上述问题，本文提出一种钢底框架设单管塔预制基础，即通过单管塔底部新增四柱钢框架，将常规单管塔预制基础需要整体抗倾覆的受力模式变更为每个塔脚预制基础承受下压 / 抗拔受力模式，解决了单管塔预制基础整体刚度和平截面假定的问题，而且集装箱机房可放置在四柱钢底

框之间，集装箱机房重量又可增加基础抗拔，能起到较经济的效果。

3.1 钢底框架设单管塔塔身设计

选取铁塔集团 30 米 0.45 风压支架式单管塔（2 支架 6 付抱杆）塔进行改造对比，截除底部 3.5 米，更换为底框架支撑。绘制的底框架设单管塔立面图如下：

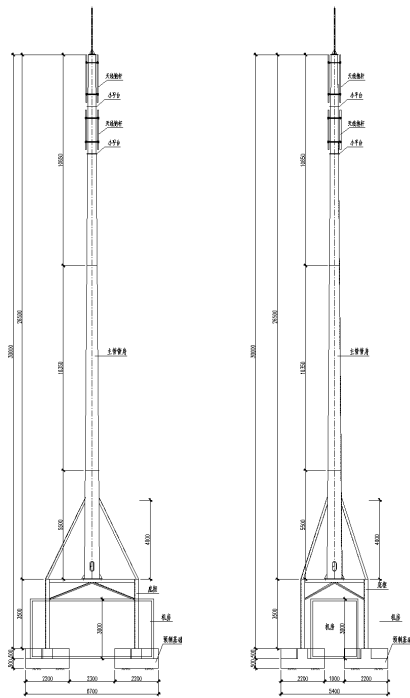


图 3 钢底框架设单管塔立面图

经计算，此底框架设单管塔塔身应力比、位移等均满足规范要求。

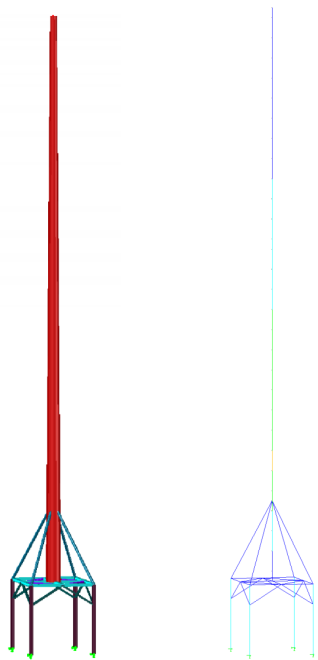
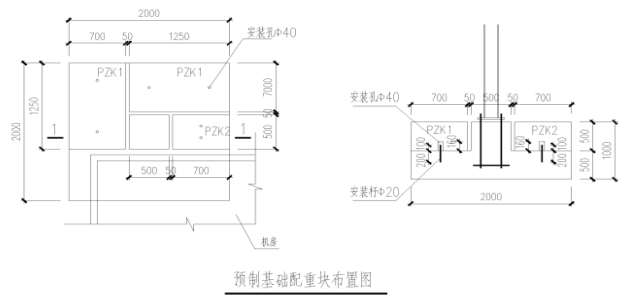


图4 模型图

图5 应力云图

3.2 钢底框架设单管塔预制基础设计

本底框架设单管塔基础受力模式由整体抗倾覆转化为单脚抗拔，从而单塔脚设置预制基础。单塔脚基础布置图如下：



预制基础配重块布置图

图6 预制基础配重块布置图

按照规范，公式如下：

$$F \leq \frac{G_e}{R_1} + \frac{G_f}{R_2}$$

- F—上部结构传至基础的拔力标准值（kN）；
- G_e —土体重量标准值（kN）；
- G_f —基础重标准值（kN）；
- R_1 —土体的抗拔稳定系数，一般采用2.0；
- R_2 —基础重的抗拔稳定系数，一般采用1.4。

预制基础放置于地面，不存在土体重量。塔体和机房传导到基础得重量为16.56kN，混凝土重量为79.38kN。则基础抗拔安全系数为

$$R_2 = \frac{16.56 + 79.38}{65} = 1.48 > 1.4$$

满足规范要求。

4 钢底框架设单管塔预制基础与常规单管塔预制基础对比

选取铁塔集团30米0.45风压支架式单管塔（2支架6付抱杆），经抗倾覆计算，配置的常用预制基础，基础平面尺寸布置如图所示：

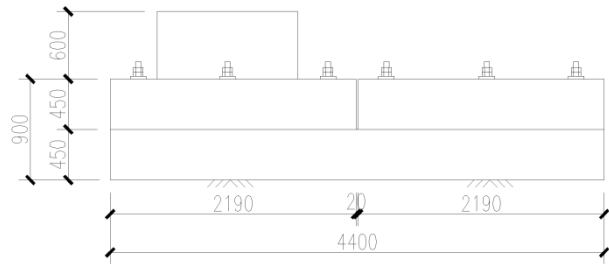


图7 常规单管塔基础配重块布置图

将两种基础形式在混凝土总方量，最大单块重量等方面进行对比，对比结果见表一：

表一：两种基础的比较

基础形式	混凝土总方量（m ³ ）	最大单块重量（T）
底框架设单管塔基础	12.72	5.31
常规单管塔基础	38.54	10.84

从表中可知：与相同高度常规塔型对比，采用底框架设单管塔预制基础，不仅受力模式更加合理，而且基础混凝土方量和单块吊装重量均有显著减少。证明底框架设单管塔预制基础安全可靠，经济可行。

5 结论

本文所述的一种底框架设单管塔预制基础，不仅巧妙的将单管塔预制基础整体抗倾覆受力模式变为整体抗拔受力模式，解决预制基础的整体刚度和平截面假定的问题。而且集装箱机房位于底部钢框架的腹内，且直接搁置于预制独立基础上，不仅能够有效节省占地面积，而且作为预制独立基础配重的一部分抵抗拔力，可以尽量减小预制独立基础的配重。

最后也保留了预制基础快速建站、预制质量可靠及搬迁可重复利用的优点。同时取消构件之间的连接，降低现场组装的施工难度，实用性极强，同时安全经济，有较大的推广价值。

参考文献

[1] 移动通信工程钢塔桅结构设计规范YD/T 5131-2019
[2] 一种钢底框架设单管塔的快速组装基站ZL2015 20403677.X
[3] 汤伟方、陈太平 通信单管塔预应力拼装基础设计 江苏建筑 2024（08）:236.