

# 钢管塔附属物体型系数分析

## ——微波锅、偶极板天线

□ 揭宗海 沈之容

(同济大学建筑工程系 上海 200092)

**摘要:**带附属物钢管塔的体型系数的计算取值,我国的国家标准《高耸结构设计规范》是单独计算塔架以及附属物的体型系数,然后将两者的风荷载简单相加。运用兴起的CFD数值模拟方法对带微波锅和四偶极板天线的钢管塔进行数值风洞模拟,并将结果与我国现有《高耸结构设计规范》和《日本荷载规范》进行比较,得出结果:微波锅与四偶极板在塔架影响下的体型系数数值模拟结果均高于我国规范值而小于日本规范值,这应该引起工程设计的注意。

**关键词:**钢管塔 微波天线 偶极板天线 体型系数 计算流体力学

**中图分类号:**TU312

**文献标识码:**A

**文章编号:**1007-3973(2012)005-125-03

### 1 引言

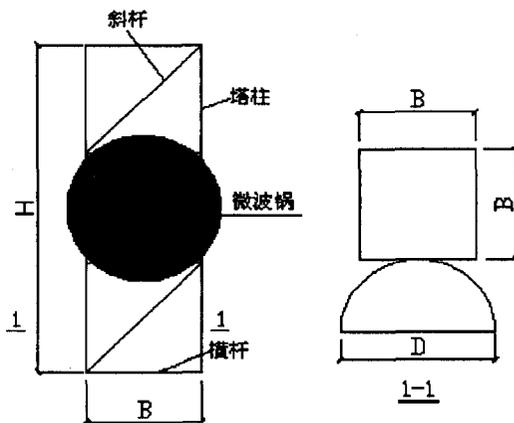
风荷载作为塔架结构的主要侧向荷载,对于塔架的影响起着至关重要的作用,而体型系数作为结构物风荷载计算中的主要参数之一,如何较为准确的确定体型系数越来越引起工程人员的注意。塔架的作用主要是提供附属物有效的工作高度,以保证附属物的正常运转。随着通信事业的迅猛发展,对微波锅和四偶极板等附属物的应用也越来越广泛,它们的挡风面积大使得对塔架风荷载的受力影响显著。我国现行的《建筑结构荷载规范》和《高耸结构设计规范》对于体型系数的取值主要是来自于70年代的风洞试验研究,然后参考国外的规范进行补充,对与高层结构的体型系数也是通过后期的风洞试验添加的。对于风工程的研究方法主要有:风洞试验、现场实测、理论数值分析三种方法。风洞试验是最常用的方法,但是其成本低,对于模型的相似性要求难以保证。现场实测优点在于最实际和最直接,但是其主要是用于后期检验,对于前期的结构设计无法提供参考。而基于计算流体力学(CFD技术)的理论数值模拟能够最大程度的真实模拟结构的实际风载情况。其成本低、效率高、可重复性并且可以通过后处理提供风洞试验无法看出的风场流动信息和特点。因此本文利用Fluent流体力学计算软件对于带有微波锅和偶极板天线的钢管塔进行风荷载数值模拟并与我国《高耸结构设计规范》(以下简称“高耸规范”)以及《日本荷载规范》(以下简称“日本规范”)比对得出风载体型系数的差异,以此来进一步为工程设计提供参考。

### 2 模型参数和理论

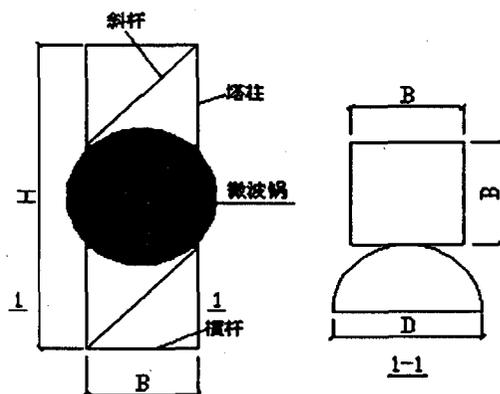
#### 2.1 计算模型

由于高耸规范和日本规范对微波锅的体型系数按风向角的不同来划分,因此本文采用统一的微波锅模型而取不同的风向角来进行模拟。微波锅模型图如图1所示。

为了使数值模拟结果有较强的可比性,塔架选择的结构模型相同,偶极板天线(俗称面包板)采用无量纲的不同挡风面积与相应的体型系数进行对应,本文采用6种不同挡风面积的偶极板天线进行分析,所有模型数值模拟采用同一垂直偶极板面的风向角,模型如图2所示。



H—塔体高度 B—塔体宽度 D—微波锅直径  
图1 微波锅尺寸说明(单位:mm)



H—塔体高度 B—塔体宽度 b—偶极板宽度  
h—偶极板高度  
图2 偶极板尺寸说明(单位:mm)

#### 2.2 模型参数

为了比对附属物在塔架的影响,本文取统一规格的钢管塔塔柱 $\phi 150 \times 10$ 、横杆和斜杆为 $\phi 70 \times 6$ 。微波锅采用统一的尺寸D取1.6m,以不同的风向角进行分析。偶极板采用不同的规格尺寸,详见表1。

表 1 偶极板模型参数表

模型编号	塔宽度B (m)	塔高度H (m)	偶极板宽度b (m)	挡风系数
1	1.2	3.8	0.15	0.15
2	1.2	3.8	0.3	0.3
3	1.2	3.8	0.48	0.48
4	1.2	3.8	0.6	0.6
5	1.2	3.8	0.7	0.7
6	1.2	3.8	0.9	0.9

2.3 计算区域和网格划分

计算流域在理论上应足够大，这样能够尽可能的使计算结构趋于准确，但是这样必然导致计算量的过度增大，因此本文采用 50 倍的塔架肢宽为计算流域边界至塔架表面的距离。这样既能够保证精度也可以保证效率。

由于结构的复杂性，因此采用结构化网格无法满足计算的需要，需要对于结构物采用非结构化网格进行划分，这样才能保证划分的精度和计算要求。因此对于流域采用六面体单元划分，对于结构物采用最小尺寸为 10mm 的单元进行三角形网格划分。对于部分角部区域应采用细化网格光滑处理。

2.4 体型系数理论

风在建筑物表面所引起的实际风压力或吸力与来流风压力的比值为：

$$\mu_s = \frac{w(\text{实际})}{w(\text{计算})} = \frac{w(\text{实际})}{1/2 \times \rho v^2} \quad (1)$$

由于结构物上各点的风压系数比值不同，因此目前实际情况常采用取个点的值乘以相应的面积然后加权平均得到，计算公式如下：

$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{s_i} A_i}{A} \quad (2)$$

我国规范对于体型系数的定义为实际压力与来流压力的比值。在一些国家规范中，也常将这一比值称为压力系数，对整个结构而得到的比值称为力系数或风力系数。根据文献[1]可以总结出体型系数表征了风载结构物表面上的分布情况和大小，这是与结构物形状相关而并非是空气的动力作用，因此体型系数对于不同的风场应该是相同的。

2.5 边界条件处理

边界入口采用速度入口 (velocity-inlet)，采用现行《建筑结构荷载规范》中的 B 类地面粗糙度剪切流，风速梯度：

$$V_z = V_0 \left(\frac{z}{10}\right)^\alpha \quad (3)$$

式中：V<sub>0</sub>取为我国标准高度 10m 对应的平均风速 V<sub>0</sub> = √1600w<sub>0</sub> (本文取 w<sub>0</sub>=0.5kN/m<sup>2</sup>)，得到 V<sub>0</sub> ≈ 30m/s。

湍流度控制采用湍流定义方法——湍流强度和粘度比法。通过公式(4)求出湍流 k 和湍流耗散率ε：

$$k = \frac{3}{2} (u_{avg} I)^2, \epsilon = \rho C_\mu \frac{k^2}{\mu} \left(\frac{\mu}{\rho}\right)^{-1} \quad (4)$$

其中：根据经验，湍流强度取 I ≈ 7%，粘度比取 u<sub>t</sub>/u = 150%。边界出口采用完全发展出流边界条件，使得出口面各个

物理量不随高度和方向变化；流域的顶面和侧面采用对称边界条件；结构体和地面采用无滑移的壁面条件。

2.6 求解方法

本文采用统一的 RNGk-ε 模型进行模拟，通过有限体积法离散控制方程，对流项采用二阶迎风格式，速度—压力耦合采用 SIMPLE 算法，流体介质为不可压缩空气，控制方程的相对迭代控制参数均小于 1e-10，保证结构表面的风压力数值趋于稳定得到最终计算结构。

3 Fluent 模拟结果分析

对于微波锅天线，本文采用 3 个不同的风向，然后通过 Fluent 软件计算出微波锅的风压值除以响应的有效挡风面积，从而得到对应的体型系数并与高耸规范和日本规范进行比较如表 2。

表 2 微波锅体型系数比较

水平角		0°	90°	180°
垂直于天线面分量	数值模拟结果	1.65	0.43	0.91
	高耸规范	1.3	0.15	0.8
	日本规范	2.3	0.6	1.2
平行于天线面分量	数值模拟结果	0.012	0.33	0.03
	高耸规范	0.01	0.19	0.06
	日本规范	0	0.5	0

对于偶极板天线本文只考虑垂直偶极板方向的风向作用，在模型计算结果中采用与风洞试验类似的方法取每个模型计算偶极板天线上 10 个参考点的平均值作为该偶极板天线的体型系数，迎风面、背风面和整体风荷载体型系数的数值模拟计算值与中日荷载规范比较见图 3、图 4 和图 5。

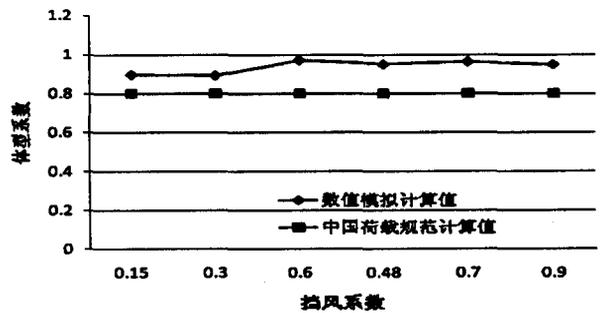


图 3 迎风面体型系数

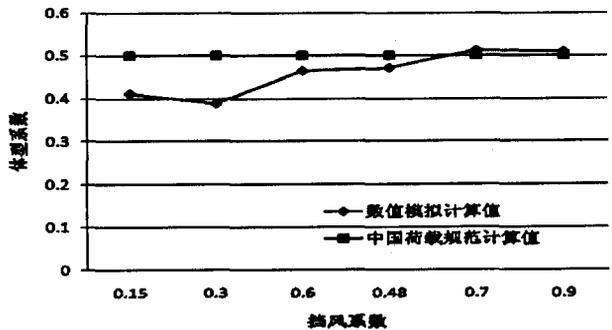


图 4 背风面体型系数

# 交通沿线 GPS 滑坡监测基准设计与复测周期研究

□ 章璐瑜 王辰宇 熊英男

(西南交通大学 四川·成都 611756)

**摘要:**分析了山区交通沿线滑坡监测时 GPS 变形监测网设计的基准问题,对基准点设置和稳定性检验做了相关研究,同时讨论了进行位移监测时合理的监测周期确定等问题。

**关键词:**GPS 滑坡监测 基准设计 稳定性 复测周期

中图分类号:P642

文献标识码:A

文章编号:1007-3973(2012)005-127-02

## 1 引言

我国滑坡地质灾害频发。山体滑坡形成前后,若有关部门不能及时采取有效预防措施,将造成财产损失和人员伤亡。采用 GPS 对滑坡进行监测并预警,因其精度高等优点,近年来已基本取代常规大地测量的方法。

GPS 滑坡监测一般采用经典相对静态定位技术,根据监测精度的要求确定观测时段长度和时段个数。因此研究 GPS 滑坡监测基准设计与复测周期,对提高 GPS 定位技术的精度有着重要的意义。

## 2 GPS 监测滑坡的基准研究

### 2.1 GPS 监测滑坡的基准选择

GPS 监测滑坡选择相对稳定区域的监测基准点作为形变分析的基准。监测基准点应选在远离滑坡区域的地质条件稳定的地方,最好是在基岩上,有效反映地壳形变。此外,应确

定监测网使用的坐标系及相应的起算数据。

监测网坐标系可以采用 WGS-84 地心坐标系。当坐标系起算点误差为 5m 时,相对基线向量的影响有  $10^{\circ}$ 。而由于卫星星历误差、电磁波的传播误差等原因,GPS 单点定位误差往往大于 5m。为此,可选择测区附近至少一个高精度的国家 GPS 点进行联测,利用至少 3 个以上公共点的两套坐标列出坐标转换方程,采用最小二乘原理解算出参数得到转换方程,使精度达到分米级。

### 2.2 GPS 基准点的稳定性检验

要判断基准是否统一,必须对 GPS 监测网中的基准点进行稳定性检验,可用拟稳基准进行平差。假定选择的基准点基本上稳定。

设第 K 期 GPS 监测网中,其中两点  $i, j$  之间基线向量的误差为:

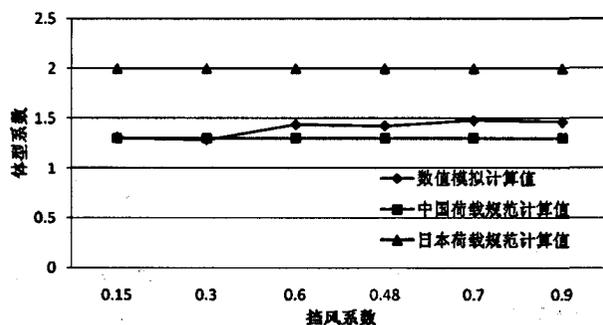


图 5 偶极板整体体型系数

## 4 结论

(1)由表 2 可以看出不同风向下的微波锅体型系数数值模拟结果均大于高耸规范而小于日本规范,说明我国规范对于微波锅体型系数取值偏于下限。

(2)通过对偶极板天线不同挡风系数的体型系数的规律可以看出,迎风面体型系数数值模拟结果普遍大于高耸规范值而背风面体型系数数值小于高耸规范。

(3)偶极板天线总体体型系数趋势图可以看出在挡风面积小于 0.5 时基本与高耸规范相同,但是大于 0.5 时均大于高耸规范。

(4)通过对微波锅天线和偶极板天线的模拟可以得出日本

规范对于体型系数的取值趋于上限这与文献[6-8]相一致,而我国高耸规范取值为下限,说明我国现行的规范对于设计过程中风荷载的取值是较为不利的。

## 参考文献:

- [1] GB 50009-2001(2006 版) 建筑结构荷载规范[S].
- [2] GB 50135-2006 高耸结构设计规范[S].
- [3] Architectural Institute of Japan. Recommendations for Loads on Buildings(2004)[S].
- [4] 杨伟. 基于 RANS 的结构风荷载和响应的数值模拟研究[D]. 同济大学防灾减灾工程及防护工程,2004.
- [5] 张相庭. 结构风工程:理论·规范·实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [6] 谢华平,何敏娟. 格构塔数值风洞基础研究[J]. 结构工程师, 2009,25(3):104-108.
- [7] Gomes M G, Moret Rodrigues A, Mendes P. Experimental and numerical study of wind pressures on irregular-plan shapes[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,2005,93(10).
- [8] 邹良浩,梁枢果,邹焱,等. 格构式塔架风载体型系数的风洞试验研究[J]. 特种结构,2008,25(5):41-43,68.

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>