

某天线车抗风稳定性计算分析

王冬

西安长峰机电研究所

[摘要] 风载荷是大型车载天线结构所承受的主要载荷，其抗风稳定性设计直接关系到整机结构的安全性，是车载天线结构设计中的关键因素。本文介绍了某型号天线车在给定环境下风载荷和倾覆力矩的计算方法，并对其风载下的稳定性进行了分析和计算。结果表明，天线车满足抗倾覆和稳定性要求。

[关键词] 天线车；风载荷；倾覆力矩；稳定性

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.11.557

引言

在无线电技术设备中，用来辐射和接受无线电波的装置称为天线。天线根据其性能可分为两大类：一类是导线或金属棒构成的线状天线；另一类是金属面或介质面构成的面状天线，对于面状天线，由于结构面积较大，我们不得不考虑其在室外高空的抗风能力。伴随着无线电技术的飞快发展，天线的功能也在不断地有所突破，人们对于天线的移动方便性能也提出了新的要求。移动天线车由此而生，而移动天线车的野外工作环境使我们更加需要考虑其抗风能力。

风载荷是天线车所承受的主要载荷。天线车不仅天线阵面尺寸较大，而且支撑天线的升降塔高度很高，考虑到天线车的安全性、可靠性和环境适应性，设计天线车的抗风稳定性尤为重要。本文以某天线车在20.8m/s风速下是否会发生倾覆为例，简要介绍了天线车风载荷的计算方法和其稳定性的计算分析。

一、某天线车的简化结构

该天线车总重36t，天线设备集成于一辆载车上。载车上安装有升降塔，升降塔通过翻转调平装置可实现翻转、升降等功能，升降塔共有7节，展开高度有40m，升降塔的顶端是天线，如图1所示。该天线车工作风速为20.8m/s，工作环境为田野、乡村、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇。

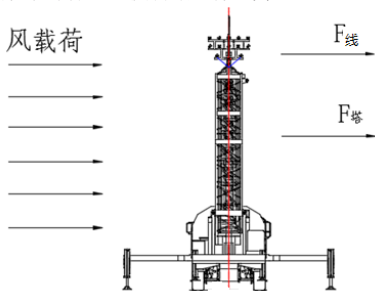


图1 某天线车结构

二、倾覆力矩的计算

(一) 升降塔倾覆力矩的计算

升降塔所受的风载荷参考《高耸结构设计标准》按下式计算：

$$\omega_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0 \quad (1)$$

式中： ω_k 为作用在升降塔z高度处单位投影面积上的风载荷标准值，kN/m²；

β_z 为高度z处的风振系数； μ_s 为风载荷体型系数； μ_z 为高度z处的风压高度变化系数； ω_0 为基本风压， $\omega_0 = v_0^2 / 1600 = 0.27 \text{ kN/m}^2$ 。

1. 风振系数可按下式计算：

$$\beta_z = 1 + \xi \varepsilon_1 \varepsilon_2 \quad (2)$$

式中： ξ 为脉动增大系数； ε_1 为风压脉动和风压高度变化等的影响系数； ε_2 为振型、结构外形的影响系数。

2. 塔架的整体体型系数 μ_s 按照下列规定取值：

a) 当 $\mu_s \omega_0 d^2 \leq 0.002$ 时， μ_s 值应按角钢塔架的整体体型系数 μ_s 值乘以0.8采用；

b) 当 $\mu_s \omega_0 d^2 \geq 0.015$ 时， μ_s 值应按角钢塔架的整体体型系数 μ_s 值乘以0.6采用；

c) 当 $0.002 < \mu_s \omega_0 d^2 \leq 0.015$ 时， μ_s 值应按插入法计算。

该升降塔7个塔节均属于情况a)，所以该升降塔的整体体型系数 $\mu_s = 2.2 \times 0.8 = 1.76$ 。

3. 风压高度变化系数 μ_z 由地面粗糙度类别和离地面或海平面高度来确定。

根据(1)(2)式计算得到升降塔的倾覆力矩如表1所示。

(二) 塔顶天线倾覆力矩的计算

塔顶的天线装置通过长度可调节的连杆连接在升降塔上面，由天线骨架、11个小天线和云台组成，其结构如图2所示。

表1 天线车升降塔正侧面受风时升降塔倾覆力矩的计算

塔节	风振系数 β_z	风载荷体型系数 μ_s	高度变化系数 μ_z	标准风压 ω_k (kN/m ²)	口径m	挡风面积 (m ²)	塔节风载 (kN)	中心高程 m	对地弯矩 N·m
7	2.00	1.76	1.52	1.44	0.306	0.654	0.942	37.4	35230.8
6	2.02	1.76	1.52	1.46	0.402	0.641	0.936	32	29952
5	2.03	1.76	1.39	1.34	0.506	0.643	0.862	26.6	22929.2
4	2.05	1.76	1.39	1.35	0.616	0.656	0.886	21	18606
3	2.06	1.76	1.39	1.36	0.788	1.253	1.704	15.8	26923.2
2	2.03	1.76	1.13	1.09	0.960	1.086	1.184	10.4	12313.6
1	2.11	1.76	1.00	1.00	1.10	1.366	1.366	5.5	7531
合计									153467.8

表2 偏心载荷的倾覆力矩计算表

塔体编号	重量Kg	中心高程m	质心横向偏移量m	对地弯矩N.m
1	1200	5.5	0.091	1092
2	1100	10.4	0.172	1892
3	1000	15.8	0.262	2620
4	900	21.0	0.348	3132
5	800	26.6	0.441	3528
6	700	32	0.531	3717
7	600	37.4	0.62	3721
塔顶天线	250	40.8	0.677	1691
合计				21393

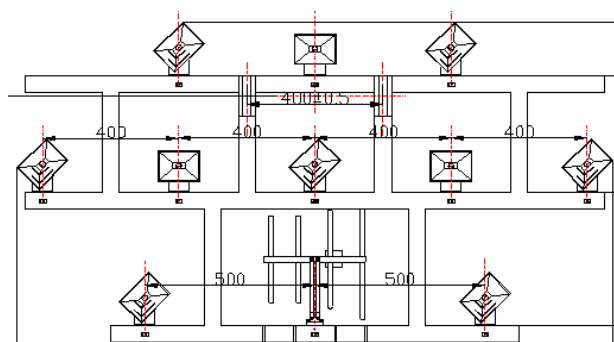


图2 天线装置结构示意图

塔顶天线风载荷按下式计算：

$$W = C \cdot K \cdot q \cdot A \quad (3)$$

式中C为风力系数，K为风压高度变化系数，q为风压，A为结构迎风面积。

1. 风力系数：由结构的体形尺寸决定。对圆管及管结构，根据以往的经验等综合因素考虑，取值1.3，无量纲。

2. 风压高度变化系数： $K = (h/10)^{0.4} = 1.75$ ，其中 $h = 40 + 0.8 = 40.8m$ 。

3. 基本风压：

$$q = \rho V^2 / 2 \quad (4)$$

式中： ρ 为空气密度；V为风速。

ρ 取 15 °C 时干空气密度 1.226kg/m³，当风速 $V = 20.8m/s$ 时， $q = \rho V^2 / 2 = 265.2N/m^2$ 。

4. A结构总迎风面积为塔顶天线骨架面积、小天线总面积和云台迎风面积之和为0.5456 m²。

根据式(3)求得： $W = C \cdot K \cdot q \cdot A = 330N$ ； $M = W \cdot h = 13464 N \cdot m$ 。

(三) 偏心载荷引起的倾覆力矩计算

升降塔起升后的倾斜会产生一定的偏心力矩，对升降塔下部框架和支腿受力产生影响，进而对整车的倾覆力矩产生影响。已知升降塔的最大倾角0.95°，计算得到的倾覆力矩如表2所示。

(四) 天线车总倾覆力矩

天线车在风载荷的作用下所受的总倾覆力矩为升降塔、塔顶天线、塔架偏心载荷的倾覆力矩之和，即 $M_{总} = M_{塔} + M_{天} + M_{偏} = 188324.8N \cdot m$

三、天线车抗风稳定性分析

某天线车总质量m为36t，重心位置即载车底盘的纵向中心线距调平支腿支撑点的距离L为3.9m。计算得到天线车在正侧向产生的稳定力矩 $M_{稳} = mg \cdot L = 1404000N \cdot m$ ，在防风支腿上产生的最大压力 $Q = 188324.8 / 3.9 = 48288.4N$ 。

根据天线车的稳定力矩和倾覆力矩求得风载安全系数为7.5，天线车风载下不会造成倾覆，并且具有一定的安全系数。可见工作风速为20.8m/s时，天线车在正侧向来风时是安全稳定的。

四、抗风试验

根据天线车的实际工作情况，采用模拟实际风载的方法检验天线车的强度和抗倾覆能力。将天线车上的升降塔展开，在其侧面施加20.8m/s的风载荷，试验中并未出现倾覆现象。对整车进行应力测试，测得最大应力为129MPa，塔架采用Q345材料，其屈服应力为345MPa，远高于最大应力值，因此天线车满足强度要求。试验表明，该天线车在20.8m/s的风载荷下不会造成倾覆，且结构是安全稳定的。

五、结束语

风载荷是大型车载天线结构所承受的主要载荷，是考虑天线车安全性的重要因素。通过对40m高的天线车在20.8m/s风载荷下稳定性的计算分析，得到天线车的侧面来风时的总倾覆力矩为188324.8N·m，稳定力矩为1404000 N·m，安全系数为7.5。结果表明：该天线车满足抗倾覆和稳定性要求，并且计算结果与试验结果一致，此种计算方法是可行的。

参考文献：

[1] 王肇民，马人乐等. 塔式结构. 北京：科学出版社，2004。
 [2] 陈亚峰. 50米升降塔的静力分析[J]. 电子机械工程，2008，24(3)：31-33。
 [3] 冯大成. 某型天线车抗倾覆能力的计算与检验[J]. 电子机械工程，2011，27(2)：28-30。

作者简介：王冬，1994年10月，男，汉，山西运城，西安长峰机电研究所，设计师，助理工程师，硕士，研究方向：载车方舱总体设计。