

某毫米波雷达偏双偏置格里高利天线反射面的结构设计

李德义

(合肥达朴汇联科技有限公司 安徽 合肥 230000)

摘要: 反射面天线结构是毫米波雷达天线电性能实现的重要保障。本文详细阐述了某毫米波雷达天线反射面的结构设计要点,重点论述了反射面的具体结构设计。建立了天线的有限元模型,进行了抗风仿真分析。仿真分析和振动试验结果表明:该天线有足够的刚强度,并满足设计要求。本文的研究结果可以为毫米波雷达天线结构设计提供工程参考。

关键词: 毫米波雷达; 格里高利天线; 结构设计; 有限元分析

毫米波测云雷达作为空军机场气象保障的新型装备,在飞机起降及飞行安全的气象保障中发挥了重要作用。测云雷达通常都工作在毫米波频段,为了能测出云中微粒目标的细微特征需要变极化或双极化工作状态。多数毫米波测云雷达采用卡塞格伦天线,受副反射面遮挡的影响,天线副瓣电平指标在-23分贝左右。

为了减小天线结构对电磁波的遮挡影响,将天线主反射面、副反射面及馈源采用全偏置的结构形式,可最大程度地保证电磁波辐射过程中不受到结构部件遮挡。因此,本文毫米波雷达雷达天线拟采用双偏置格里高利天线,以提升副瓣电平指标。针对毫米波雷达双偏置格里高利天线的结构,以往的研究成果较少。基于此,本文以某毫米波雷达为例,详细介绍该天线的结构设计过程、仿真建模分析和实验验证等,期望为其他类似的毫米波雷达天线结构设计提供借鉴,并在确保天线电性能指标的基础上,优化天线结构,从而最大限度降低成本。

1 双偏置格里高利天线的组成和要求

1.1 双偏置格里高利天线的结构组成

天线结构包括主反射面、副反射面、辐射器和支臂。为便于天线整体拆装,和天线各装配单元之间的位置度的实现,在主反射面背面设计一个安装座;整个天线通过安装座下部安装接口与转台过渡支架连接;该安装座也是支臂的安装基准,支臂通过安装座上部安装接口与天线连接。副反射面和辐射器均通过定位支架安装在支臂上,参见图1。

1.2 双偏置格里高利天线的结构设计要求

1.2.1 抗风能力

平稳风速:不大于25米/秒能工作。平稳风速:不大

于35米/秒(无冰)不受破坏。

1.2.2 反射面面精度

主反射面面精度为0.08,副反射面面精度为0.01。

1.2.3 变形量要求

考虑风载荷及自重的情况下主反射面轴线的最大变形量为0.26mm。

副反射面的偏焦量不大于0.44mm。

馈源的偏焦量不大于0.4mm。

2 有限元分析

为了保证天线在设计要求下的各种载荷条件下的正常工作或不破坏,本文应用ANSYS Workbench软件对结构建立有限元模型,进行力学分析计算,以验证天线结构满足刚强度要求。

2.1 工况选取及载荷计算

天线所受的载荷大致有风力、自重、冰雪载荷、天线运动的惯性载荷、温度载荷等几种类型。冰雪载荷、天线运动的惯性载荷与风力、自重相比影响较小。为了使问题简化,并考虑到实际工作环境,本文分析将重点放在天线自重与风载荷两种主要载荷的作用上。

重力载荷是通过施加重力加速度,通过ANSYS来完成加载实现的。

天线阵面所受的最大风阻力计算公式为:

$$F_{tx} = \frac{\rho \times (v)^2}{2} \times C_x \times S_{tx} \quad (1)$$

ρ 为空气密度, $\rho = 1.25 \text{ N} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$;

C_x 为正面风阻系数,抛物面通常取1.3;

S_{tx} 为迎风面积。

计算得到不同风速下天线收到的总风载荷:25m/s风速载荷为1152.6N,35m/s风速载荷为2259.2N。

2.2 计算结果

2.2.1 自重+25m/s风载荷

在25m/s风载荷情况下,考虑自重主反射面最大变形0.25mm,最大应力11MPa,而考虑风载荷及自重的情况下主反射面最大变形量要求为0.26mm,而铸铝ZL101A的抗拉强度为202MPa,因此主反射面的变形满足设计指标要求。具体2所示。

在25m/s风载荷情况下,考虑自重双偏置格里高利天

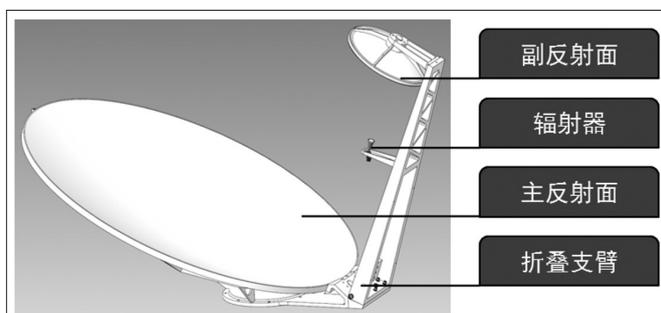


图1 双偏置格里高利天线天线结构效果图

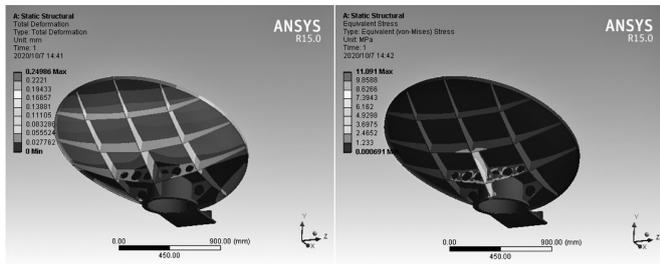


图2 主反射面在25m/s风载荷和自重的变形
线最大变形0.44mm，最大应力11MPa，而最大变形出现在副反射面，而副反射面的最大变形要求为0.44mm，副反射面的材料为铸铝ZL101A，其抗拉强度为202MPa，因此天线变形满足设计要求。具体如图3所示。

2.2.2 自重 +35m/s 风载荷

在35m/s风载荷情况下，考虑自重主反射面最大变形0.50mm，最大应力21.7MPa，铸铝ZL101A的抗拉强度为

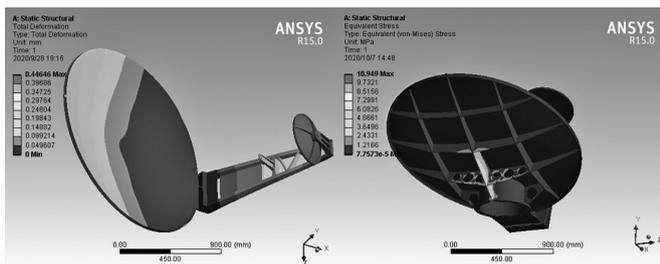


图3 双偏置格里高利天线在25m/s风载荷和自重的变形

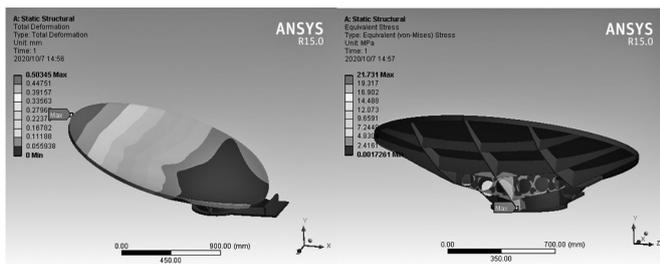


图4 主反射面在35m/s风载荷和自重的变形

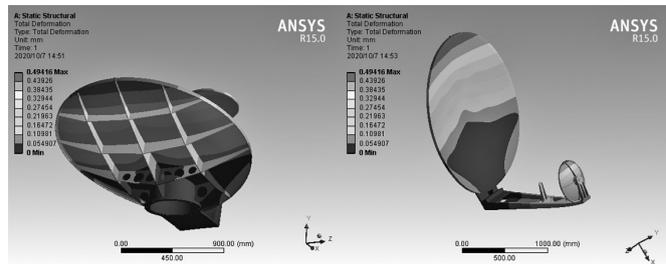


图5 天线体在35m/s风载荷和自重的变形
202MPa，因此主反射面在35m/s风速的情况下不破坏。具体4所示。

在35m/s风载荷情况下，考虑自重天线体最大变形为0.49mm，最大应力为21.6MPa，铸铝ZL101A的抗拉强度为202MPa，因此天线体在35m/s风速的情况下不破坏。具体图5所示。

3 结语

本文详细阐述了某毫米波雷达双偏置格里高利天线的结构设计要点，并根据方案进行反射面结构设计，通过有限元分析对其结构进行刚度、强度校核。结果表明，该反射面结构刚度、强度良好，设计合理，满足总体指标要求。其方案可为后续同类天线的设计提供一定的参考。

参考文献：

- [1] 张涛, 郑佳锋, 刘艳霞. 利用Ka波段云雷达研究青藏高原对流云和降水的垂直结构及微观物理特征[J]. 红外与毫米波学报, 2019,38(06):777-789.
- [2] 王永亮, 陆建兵, 严勇, 等. 8mm毫米波测云雷达系统设计[J]. 现代雷达, 2014,36(07):14-17+23.
- [3] 郭睿. 某车载雷达天线反射面结构设计与分析[J]. 机械工程师, 2020(07):54-56.
- [4] 李天虹, 刑毅, 王万玉. 12 m 天线结构轻量化模块化设计[J]. 电讯技术, 2019,59(07):851-855.

作者简介: 李德义 (1985-), 男, 汉族, 山东菏泽人, 硕士, 工程师, 研究方向: 毫米波雷达结构工艺。

