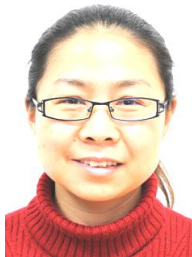


薄壁抛物面天线数控镜面加工技术研究

沈 艳¹ 彭思平¹ 陆雪鹏¹ 刘 莉²

(1. 上海无线电设备研究所, 上海 200090;

2. 总装备部南京军事代表局驻上海地区军事代表室, 上海 200090)



摘要: 摸索了大直径薄壁抛物面零件数控加工工艺和镜面效果获得方法, 通过设计工艺加强筋, 设置半精加工和精加工切削参数, 研究了不同切削状态对零件表面质量的影响。仿真和加工验证表明, 按曲面曲率分层加工结合抛光的加工工艺能获得较高的表面质量和加工精度, 满足抛物面天线的加工要求。

关键词: 抛物面天线; 球头铣刀; 切深参数; 加工粗糙度

Research on Mirror Machining of Thin Walled Paraboloid Antenna

Shen Yan¹ Peng Siping¹ Lu Xuepeng¹ Liu Li²

(1. Shanghai Institute of Radio Equipment, Shanghai 200090;

2. Shanghai Military Representative Office of the General Armaments Department, Shanghai 200090)

Abstract: In this paper, the CNC machining process and implementation methods of mirror surface of large diameter and thin walled paraboloid antenna were groped. By the way of designing stiffeners, setting cutting parameters, the effect on surface quality of different cutting conditions was studied. Simulation and machining proved that the methods of stratified cutting and manual lapping and polishing can obtain high machining accuracy and roughness, which satisfied the machining requirements of paraboloid antenna.

Key words: paraboloid antenna; ball end milling cutter; cutting parameters; machining roughness

1 引言

抛物面天线为铝基体天线器件, 制造要求是获得反射率极高的镜面镀层。铝合金表面获得镜面镀层常见办法是抛光磨光法, 即基体镀前抛光, 中间镀后抛光, 最终镀纯金后抛光^[1], 该方法可能会造成 40 μm 以上的不规则抛光损耗。大直径抛物面天线 ($\Phi 320\text{mm}$) 由于曲面形状精度要求非常高, 采用上述方法达不到设计要求, 必须在抛光基体上一次性镀覆完成, 这对天线的加工精度和表面质量提出了苛刻要求。

本文针对抛物面天线结构特点, 设计加工工艺, 通过辅助工艺加强筋, 合理运用刀具, 编制数控程序及合理设置切削参数, 检测结果及表面效果表明, 采取的工艺措施满足抛物面反射天线的制造要求。

2 抛物面天线的工艺性分析

2.1 抛物面天线结构特点分析

抛物面天线结构图如图 1 所示, 主要尺寸要求如图 2 所示。从图 1、图 2 可以看出, 零件属中空大直径曲面结构, 壁厚与半径比为 1:32, 为典型薄壁零

作者简介: 沈艳 (1974-), 高级工程师, 机械制造工艺与装备专业; 研究方向: 机械加工工艺与数控编程。

收稿日期: 2012-05-28

件,零件的曲面边缘处有三处凸台,上有三个半球体凹腔,降低了零件在抛物面边缘的刚性。

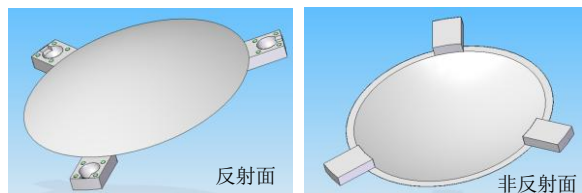


图1 抛物面天线结构图

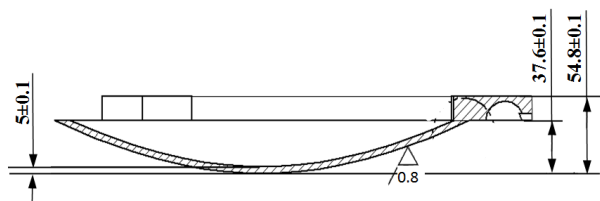


图2 抛物面天线主要尺寸要求

2.2 加工难点分析

抛物面天线直径大、壁厚薄、边缘刚性差等结构特点反映到加工上,带来的难点主要有:

a. 零件加工时材料去除率超过80%,加工产生的内应力容易使零件产生变形。

b. 零件整个曲面只有边缘处有薄壁支撑,连接强度弱,加工过程容易出现抖刀从而导致反射面形状精度不达标。

c. 零件加工深度较深(最深处达50mm),刀具悬置量大,加工过程中刀具容易出现抖刀现象,影响零件的表面质量。

d. 抛物反射面的最高点到最低点所在母线段曲率不一致,为获得一致表面粗糙度,必须合理设置曲线不同范围的加工参数。

e. 反射面与三个凸台连接处刚性差,加工时连接处表面质量不容易保证,要克服连接处断裂等可能发生的加工问题。

3 工艺设计与过程验证

3.1 加工工艺方案设计

根据零件结构特点和技术要求,分析加工难点,设计抛物面加工工艺方案,主要工艺过程为:设计工艺加强筋→粗加工正反面→去应力热处理→精加工非反射面→精加工反射面→零件割断。其中,设计工艺加强筋和精加工环节是影响零件加工质量的关键工序。

3.2 主要工艺过程

根据工艺方案,主要工序为工艺加强筋设计,正反两大平面粗、精加工,零件割断和后期处理。

3.2.1 工艺加强筋设计

对设计造型、图纸和技术要求进行分析,要保证反射面形状精度,必须在零件非反射面设计工艺加强筋,以加强零件的连接强度,削弱加工过程中由于中空结构给刀具切削带来的振动。借助零件的三个等分凸台,在凹腔中沿曲面内壁增加3根厚度为10mm的加强筋,增加零件刚度,使零件更适合切削加工,为方便割断零件,加强筋仅设计到抛物面边缘处,低于凸台高度,如图3所示。

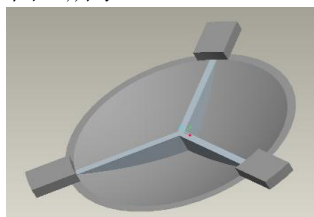


图3 工艺加强筋的设计示意图

3.2.2 粗加工

毛坯粗加工阶段,零件加工表面质量与先加工哪面没有关系,粗加工余量设置为单边预留3mm。正反两面的加工基准面统一,Z向零位以工件上表面下移0.5mm作为零位。粗加工时可以直接将其压于机床台面上进行。采用 $\Phi 20\text{mm}$ 波纹刀, $S=900\text{r/min}$, $F=500\text{mm/min}$,每步切削深度为 $a_p=8\text{mm}$ 。零件粗加工实物见图4。



图4 零件粗加工实物

3.2.3 非反射面精加工

零件粗加工后要进行热处理,待应力释放后再进行精加工,精加工时先加工非反射面,对于三个凸台,直接加工到设计图尺寸,零件外部仍有工艺块支撑,可保证零件加工时的强度和装夹定位基准。在加工内腔曲面时,采用半精加工、精加工两道工步,刀具及加工参数见表1,图5是软件仿真的刀路轨迹。

表 1 非反射面精加工参数表

阶段	铣刀类型	铣刀直径/mm	转速 $S/r\cdot min^{-1}$	进给量 $F/mm\cdot min^{-1}$	切深 a_p/mm	铣刀类型
半精加工	平底铣刀	$\Phi 16$	2800	1200	0.5	平底铣刀
精加工	球头铣刀	$\Phi 10$	4000	2000	0.1	球头铣刀

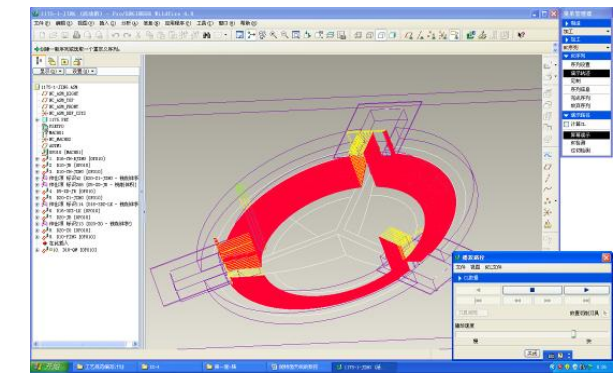


图 5 非反射面精加工刀路轨迹

3.2.4 反射面精加工

此道工序是整个数控加工过程中最为关键的一道加工，其加工质量的好坏直接决定零件的曲面形状精度和加工粗糙度。零件以之前几道工序的加工基准为定位基准，进行抛物面曲面的精加工，在加工曲面时，同样采用半精加工、精加工两道工步。但在加工曲面段时，根据曲面段 Z 方向深度设置不同的参数，具体参数设置见表 2。

表 2 反射面精加工参数表

阶段	铣刀类型	铣刀直径/mm	转速 $S/r\cdot min^{-1}$	进给量 $F/mm\cdot min^{-1}$	切深 a_p/mm
半精加工	平底铣刀	$\Phi 16$	2800	1200	0.5
精加工段 1 (Z0—Z-5)	球头铣刀	$\Phi 10$	5000	2500	0.01
精加工段 2 (Z-5—Z-10)			4500	2200	0.05
精加工段 3 (Z-10—Z-37.3)			4000	2200	0.01

按表 2 进行参数设置，设计刀路轨迹和加工参数，经后置处理后生成数控程序，再进行刀路轨迹仿真和加工验证，加工仿真与加工实物如图 6 所示。

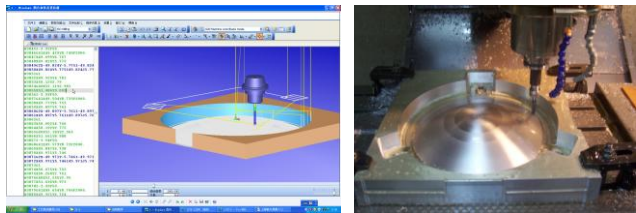


图 6 反射面精加工仿真与实物

7 所示。



图 7 反射面抛光与镀金后实物

4 结束语

通过对薄壁、大直径抛物面天线的结构特点和加工工艺难点分析，提出了辅助加强筋改善零件结构强度和表面质量，以及针对曲面不同要求采用粗、精以获得一致表面质量的加工工艺方案。加工及检测结果表明：针对曲面不同曲率要求而设置的加工参数及对加工表面质量的控制和处理方法，满足高精度抛物面天线的加工要求，特别适用于铝合金薄壁曲面零件的加工。

参考文献

1 袁哲俊，等. 精密和超精密加工技术. 北京：机械工业出版社，1999：

3.2.5 零件割断

非反射面精加工时，三个凸台的厚度尺寸已经到位，反射面加工至边缘处时，三个凸台已处于割断状态，整个零件依靠三段圆弧面与外围的工艺块相连，和圆弧边 0.10mm 的余量连接，既保持了较高的连接强度，又可实现将零件从工艺块上均匀剥离。

3.2.6 后期处理与验证

经检验，抛物面天线在数控加工后的表面粗糙度完全达到 $R_a0.8\mu m$ ，曲面形状精度经三坐标检测符合设计要求。为获得镜面效果，后期处理经过车床的轻微抛光，再实施镀金工序，获得最终镜面效果，如图