

宽频带圆锥对数螺旋天线的精密加工

刘 涛,陈贞奇,申 伟

(西安北方光电科技防务有限公司,陕西 西安 710043)

摘要:介绍了宽频带圆锥对数螺旋天线的加工过程,针对其加工过程中产生变形的情况,经过反复试验,采用多次热处理消除加工应力和刀补加工程序控制刀具加工运动轨迹的方法;同时,选用合适的刀具材料和轴向夹紧力,消除零件的加工变形,从而达到了控制零件加工精度的目的。

关键词:对数螺旋天线;热处理;加工程序

中图分类号:TH 16 **文献标志码:**A

Precision Machining of Broadband Conical to Logarithmic Spiral Antenna

LIU Tao, CHEN Zhenqi, SHEN Wei

(Xi'an North Opto-electrical Technology Defense Co., Ltd, Xi'an 710043, China)

Abstract: This paper introduced the process of broadband conical logarithmic spiral antenna, for broadband conical logarithmic spiral antenna has deformation, after repeated testing, machining stress elimination through many times of heat treatment, cutter compensation machining procedure control movement of cutting tools, and the appropriate cutting tool material selection, axial clamping force eliminated the machining deformation, which ensured the machining accuracy of parts.

Key words: logarithmic spiral antenna, heat treatment, machining program

在无线电电子学领域许多尖端科学问题中,天线占据着重要的位置。近年来,航空航天、微波探察和测位(雷达)、导航(包括航空和航海方面)、多路通

信、射电气象以及射电天文等学科都有了很大的发展^[1],在这些学科所用设备中,天线都起着极其重要的作用,它就像是飞机或卫星的“耳朵”,及时接收地



图 9 数控旋铆机安装过程实物图

Y 轴运动,完成零点复位,控制器转至自动执行状态,开始执行程序;在程序指引下,X 轴和 Y 轴运动,铆接头到达第 1 个工作位置时,气液增压缸开始工作,Z 轴方向运动开始铆压;第 1 个位置铆压结束时,计数器加 1,同时移动到下一个工作位置铆压。如此循环往复,直到所有预设位置全部铆压完成(即计数器达到预设数字),铆压头回到起始位置,程序结束,断开电源。

5 结语

通过对某型精密气动旋铆机的改造,使该类设备无论从效率还是加工精度上都超过了企业预期的研发目标,通过对该企业 10 多台精密气动旋铆机的改造,使其产品产能大幅提高,成本明显降低,取得了显著的经济效益。

参考文献

- [1] 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [2] 王积伟. 液压传动[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 成虹. 冲压机械化与自动化[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1990.
- [4] 周军. 电气控制及 PLC 控制[M]. 北京:机械工程出版社,2007.
- [5] 王兆义. 可编程控制器教程[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

作者简介:庄曙东(1970-),男,博士,主要从事数控机床与数控加工技术等方面的研究。

收稿日期:2013 年 05 月 30 日

责任编辑 李思文

面的信号,并精准完成指令动作。

1 天线加工的难点

1) 天线零件形状复杂,壁薄且多为曲面畸形形状,加工时易变形,尤其是螺旋天线参数方程类的零件加工难度更大。

2) 天线零件精度要求高,程序编制困难,尤其对数螺旋天线参数方程是依据 2 条螺旋带旋转、缠绕而形成的轨迹及其参数拟定的,并设有 30°锥角,程序编制非常复杂。

3) 天线零件的材料较软,切削加工时切削区温度高,铁屑易粘在刀尖上形成积屑瘤,从而使刀具加速磨损,甚至产生崩刃。

2 天线加工的技术

1) 天线零件的加工采用数控机床,根据零件的不同形状,编制刀具加工运动轨迹,采用刀补运动轨迹提高零件的加工精度,补偿加工误差。

2) 通过粗加工后的热处理改善切削加工性能,提高组织强度;通过半精加工后的热处理进一步消除加工应力,以获得较好的工艺性;采用精加工后的热处理稳定零件的加工尺寸。

3) 采用轴向夹紧方式消除径向力夹紧变形,提高加工精度。

4) 采用 YG8、YG6 硬质合金材料刀片提高刀具的耐用度,保证零件表面加工的质量。

3 应用实例

宽频带圆锥对数螺旋天线如图 1 所示,该零件

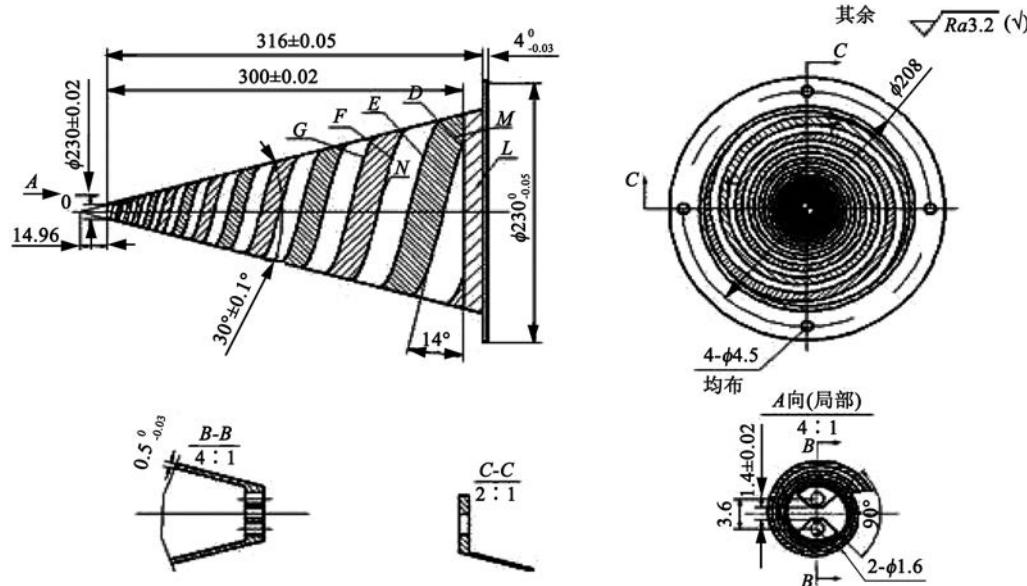


图 1 宽频带圆锥对数螺旋天线

材料为铍青铜 QBe2。螺旋线由 L、M、N 3 个面及法兰组成,一体加工成形,由 D、E 2 条螺旋线组成 M 面,由 F、G 2 条螺旋线组成 N 面,4 条螺旋线方程相同,为 $R = 15.54e^{0.064\theta}$, 相邻螺旋线之间相位相差为 90°, 旋向均为左旋, 螺旋线半张角为 15°, 螺旋升角为 14°。从图 1 中可以看出,零件属于精密薄壁畸形结构件,且对其拟定有对数螺旋天线参数方程,刚度差,易变形,装夹困难,加工难度相当大。该零件的最大外形尺寸为 $\phi 230 \text{ mm} \times 316 \text{ mm}$, 壁厚仅为 0.5 mm, 在零件顶端有 2 个扇形 90°缺口。

3.1 天线零件的特点

1) 精度要求高。该零件扇形开口宽为 1.4 mm, 公差带为 0.04 mm, 锥度公差为 $\pm 0.1^\circ$, 且技术要求规定未注公差按 GB/T 1804—M 标准加工。

2) 薄壁锥件的刚度差,易变形,加工中易发生振动,结构强度低,车、铣工序加工都较为复杂,属薄壁畸形零件。

3) 结构复杂,需要具有一定的数学功底和参数编程能力。由于该零件技术要求中给出的是球坐标系,而在加工中心上采用的是笛卡尔直角坐标系,加工时需要进行坐标系的转换,并需要具备一定的宏程序编程功底。

4) 定位装夹困难,加工余量大。由于该类零件属于薄壁畸形零件,在装夹和定位方面较困难,需要设计专用夹具。数控车削工序也需要设计专用刀杆和刀具。

3.2 零件加工编程与加工要点

3.2.1 装夹方法

采用立式四轴加工中心 VMC-1000P⁴ 加工, 通过夹具装夹在 A 轴上, 夹具外锥面车成零件内锥尺寸, 端面加工 4-M4 螺纹底孔, 与零件端面 4-Φ4.5 mm 孔配合压紧零件。校平 2-Φ1.6 mm 孔即校正零件方向后, 采用左边顶紧和右边压紧的方式装夹零件, JLS-5 聚硫密封胶可用于装夹稳固零件, 使加工后零件螺旋带不产生位移。

3.2.2 零件坐标系的转换

已知方程:

$$R = 15.54e^{0.064\phi}$$

式中, R 是球坐标半径; ϕ 是角度变量, 单位为弧度; 其余均为常数。

圆锥对数螺旋天线的基本参数为: 圆锥半张角 θ_0 、螺旋线包角 α 、天线臂角宽度 δ 、螺旋臂顶端端点与圆锥尖的距离 ρ_0 。

在球坐标系下, 圆锥对数螺旋天线螺旋臂的 2 条边线 ρ_1 、 ρ_2 的曲线方程为:

$$\rho_1 = \rho_0 e^{(\sin\theta_0 \cot x)(\phi - \delta)}, \rho_2 = \rho_0 e^{(\sin\theta_0 \cot x)\phi}$$

将球坐标系转换成笛卡尔直角坐标系, 由图 2 可知, 如编程零点在右侧端面, 左旋, 螺旋线半张角为 15°, 螺旋升角为 14°, 方程式可转化为:

$$L = L_0(1 - e^{b\phi})$$

式中, $L_0 = 327.0706$; $b = \sin 15^\circ / \tan 76^\circ = 0.06453$, 如果是右旋只需将 b 改为负值, 参数做些调整即可^[2]。

加工时选用 Φ4 mm 的整体合金立铣刀, 编制程序时需考虑刀具半径。

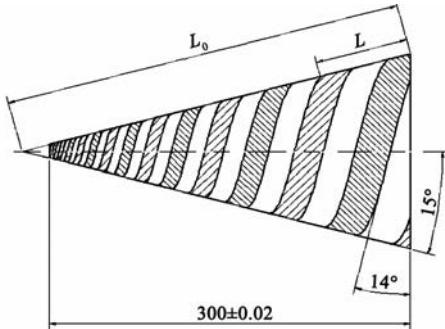


图 2 对数螺旋曲线参数简图

3.3.3 加工程序

加工程序如下:

O00100;

#101=0; (A 轴自变量, 赋初始值为 0)

#110=-0.6; (Z 轴自变量, 赋初始值为 -0.6)

#130=-2.0 (X 轴自变量, 赋初始值为 -2.0)

#106=2.0 (自变量 #101 每次递增量, 赋初始值为 2.0)

G0 G90 G54 X-2.0 Y-2.0 A0 S6000 M3;
G43 Z20.0 H20 M8;
Z3.0;
G1 Z-0.5 F100;
N30 X#130 Z#110 A#101 F1000; (进刀)
#101=#101+#106; (自变量 #101 每次递增 #106)
#111=#101/57.3; (换算弧度值)
#102=-#111*0.06453; (带入公式)
#103=#EXP[#102];
#104=1-#103;
#105=327.0706*[#104];
#107=#105*COS[15]; (换算 X 轴直角坐标)
#130=-2-[#107];
#109=#105*SIN[15]; (换算 Z 轴直角坐标)
#110=-0.5-#109;
#120=#111*57.3; (转换角度值计算)
IF[#130GE-300.0]GOTO30; (如果 X 值未加工到 -300.0, 继续循环 N30)

G1G91Y4.0A-90.0; (A 轴转过 90°, Y 轴退回刀具半径)

开始加工另一边的对数螺旋带时, 只需将以上程序的部分参数改变即可。
G1Y2.0A-90.0; (A 轴转回 90°, Y 轴退回刀具半径)
G0 Z100.0 M5;
M30;

4 结语

通过实践, 提出了宽频带圆锥对数螺旋天线的精密加工技术。天线加工采用 Mitsubishi 520 系统立式四轴加工中心, 控制零件的加工形状, 轴向夹紧消除径向夹紧力变形, 并通过多次热处理消除零件加工应力, 稳定加工尺寸, 保证零件尺寸加工精度要求。该技术还可推广到圆锥半张角、螺旋线包角、天线臂角宽度、对数螺旋线程、旋向等参数改变类型的天线。

参考文献

- [1] 刁冠勋, 田冀煥, 袁健生, 等. 宽频带圆锥对数螺旋天线仿真计算与性能分析[J]. 电子技术应用, 2005(4): 16-18.
[2] 孙茂德. 数控机床铣削加工直接编程技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

作者简介: 刘涛(1977-), 男, 高级技师, 主要从事数控加工技术等方面的研究。

收稿日期: 2013 年 04 月 08 日

责任编辑 吕菁

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)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)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、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),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>