

南京航空航天大学
论文集

(一九九九年)

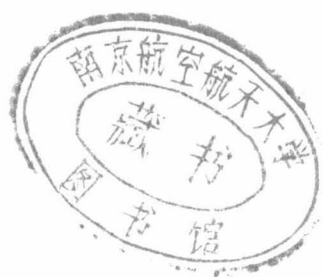
第 12 册

(机电学院)

南京航空航天大学科技部编

二〇〇〇年三月

机电学院



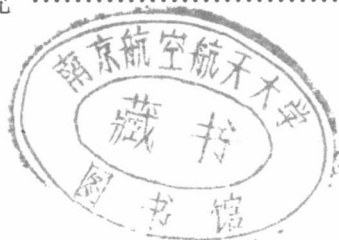
目 录

五〇六教研室(4 篇)

尺寸链理论在处理超差问题中的应用	郑叔芳等
飞机电气系统 CAT/CAD/CAM/CAX 集成信息系统(EIIS)	许德等
基于功率谱密度的车削质量控制	吴贤莉 J
基于轮廓自相关函数的砂轮磨损监测	吴贤莉

五〇七教研室(19 篇)

一种环的集合运算算法及实现	安鲁陵等
一种 trimmed NURBS 曲面的均匀三角化	沈庆云等 H
参数曲面的拟自适应三角化	沈庆云等 H
CNC 系统中几种升降速控制曲线的研究与比较	胡建华等 H
基于 DSP 的数控系统的设计研究	胡建华等 J
多轴联动数控铣削加工整体叶轮的编程算法研究	王清辉等
面向 RPM 的多曲面三角化边界缝合技术研究	王清辉等
基于约束的产品设计过程管理系统模型研究	毛峥等 J
一种多张裁减曲面的三角化边界处理算法	唐杰等 H
快速原型制造中一种选取切片方向的算法	唐杰等
一种多裁剪曲面的三角化算法	唐杰等 H
复杂多曲面 3 轴粗加工刀轨优化的计算方法	姜晓峰等 H
裁剪 NURBS 组合曲面精加工方法	谢口力等 H
注塑模成型零件工作尺寸的概率计算法	黄翔等 H
型材挤压过程的上限法分析	黄翔等 H
逆向工程中曲面重构算法研究与实现	张丽艳等 H
逆向工程的关键技术及其应用研究	张丽艳等 H



任意平面多边形顶点凸凹性的快速新算法	董洪伟等 J
一种有限环域裁剪多义线的算法及应用	董洪伟等 H

五〇八教研室(10 篇)

薄板冲压成型过程的计算机仿真	徐峰等 H
Surface roughness evolution and formability of IF sheet steel to grain size and sheet thickness	高霖等 H
低碳钢法兰铸锻复合工艺研究	高霖等 H
深冲钢 W08Al 热轧模拟试验研究	高霖等 H
TC ₄ (Ti-6Al-4V)钛板超塑性成形后的力学性能研究	陈明和等 H
钛板零件的无(半)模热校形研究	陈明和等 H
反应烧结碳化硅陶瓷航天器燃烧室的研制	陈明和等 J
TC ₄ 钛板飞行器蒙皮零件热校形研究	陈明和等 J
多媒体技术在单向拉伸试验中的应用	陈明和等 J
毕业设计教学中注重学生创造能力的培养	陈明和等

五〇九教研室(18 篇)

一种面向对象的 Petri 网	李秀等 H
柔性生产线动画监视界面的实现	李秀等
VB 与 Oracle 数据库接口的应用	李秀等 J
切实加强党委对工会工作的领导	姜澄宇
迎接知识经济挑战	姜澄宇
党委做到工会工作“三到位”	姜澄宇
高校后勤社会化过渡阶段的政策探讨	姜澄宇等 H
从深层次探讨高教体制改革问题	姜澄宇 H
A Holonic Framework of Reconfigurable Shop Floor Control Systems in Automated Manufacturing Systems ...	周燕飞等 H
基于 PDM 的产品研制系统	陈蔚芳等 J

面向对象的 NC 程序仿真系统开发	陈蔚芳等 J
基于 Internet 的 FMS 远程故障诊断技术	楼佩煌等 J
高新技术工业训练的地位、作用与成功示范	楼佩煌
柔性制造系统中的信息采集系统研究	楼佩煌等 H
基于网络的柔性 DNC 系统的设计与实现	庄熙星等 J
基于网络的维修向导系统的研究	戴勇等 J
适应企业的需要 培养高素质人才	戴勇等
Integration of Generic shop Floor Control	叶文华等 H

五〇六教研室

尺寸链理论在处理超差问题中的应用

南京航空航天大学 郑叔芳(210016)

一. 应用实例

某厂一台三坐标测量机(简称 CMM)出现故障,现象为:测量误差有时正常,有时不正常,误差可达0.2~0.3。经过一个多月的检查、试验,仍未找到原因。

应用尺寸链理论找到了原因。为此,设计了一系列试验。其中之一为进行两项对比测量,测量简图及其尺寸链如下:

测量 1:

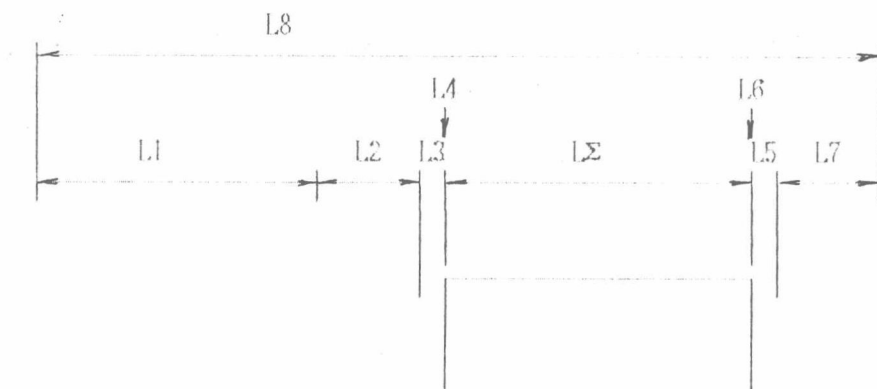


图 1

测量 2:

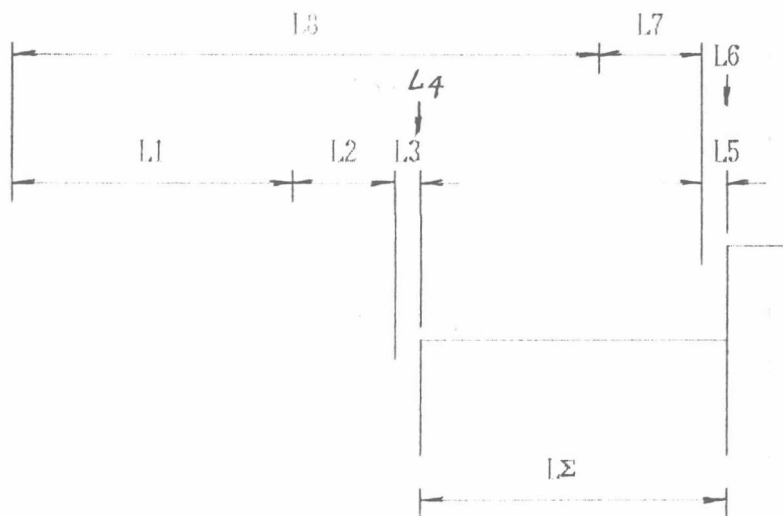


图 2

图 1 中: L_{Σ} —— 被测块规尺寸, 为尺寸链的闭环。以下个尺寸均为尺寸链的组成环;

- L1——测头座标原点至 CMM座标原点的距离；
- L2——右测针至测头座标原点的距离；
- L3——右测针半径；
- L4——右测针测量误差；
- L5——左测针半径；
- L6——左测针测量误差；
- L7——左测针至测头座标原点的距离；
- L8——测头座标原点至 CMM座标原点的距离。

图 2中：LΣ——被测块规尺寸，为尺寸链的闭环。以下个尺寸均为尺寸链的组成环；

- L1——测头座标原点至 CMM座标原点的距离；
- L2——右测针至测头座标原点的距离；
- L3——右测针半径；
- L4——右测针测量误差；
- L5——右测针半径；
- L6——右测针测量误差；
- L7——右测针至测头座标原点的距离；
- L8——测头座标原点至 CMM座标原点的距离。

两项测量各进行三次，误差(测量值-块规尺寸)如下表：

表 1

	第 1次	第 2次	第 3次
测量 1	-0.212	-0.216	-0.214
测量 2	0.008	-0.002	-0.001

可见两项测量误差有明显差别，测量 1的误差明显大于测量 2。

下表中比较了两项测量的组成环：

表 2

	测量 1	测量 2	比较
L1	取决于 CMM光栅	取决于 CMM光栅	误差分布相同，但不能抵消。
L2	取决于测头校研	取决于测头校研	误差分布相同，但不能抵消。
L3	右测针半径	右测针半径	误差分布相同，但不能抵消。
L4	右测针测量误差	右测针测量误差	误差分布相同，但不能抵消。

L5	左测针半径	右测针半径	测量 2 误差 $\Delta L5$ 与 $\Delta L3$ 基本相同, 可抵消, 而测量 1 不能。
L6	左测针测量误差	右测针测量误差	误差分布相同, 但不能抵消。
L7	取决于测头校研	取决于测头校研	测量 2 误差 $\Delta L7$ 与 $\Delta L2$ 相同, 可抵消, 而测量 1 不能。
L8	取决于 CMM 光栅	取决于 CMM 光栅	误差分布相同, 但不能抵消。

由上比较可见, 测量 1 与测量 2 的区别在于, 测量 2 用同一测针测两个面, 而测量 1 则用不同测针测两个面。因此, 在测量 2 中, $\Delta L7$ 可与 $\Delta L2$ 抵消, $\Delta L5$ 可与 $\Delta L3$ 基本抵消, 而测量 1 则不能。

由于 $\Delta L3$ 和 $\Delta L5$ 较小, 不会引起表 1 中测量 1 如此大的误差。因此闭环误差主要是由测头校验误差 $\Delta L2$ 和 $\Delta L7$ 引起的。

在测头校验中, $\Delta L2$ 和 $\Delta L7$ 作为闭环, 也可列出尺寸链, 进行分析, 最后找到了原因, 排除了故障。

二. 尺寸链理论

尺寸链理论抽象了尺寸形成过程的客观规律。闭环是被形成的尺寸, 组成环是形成尺寸的各个环节。尺寸链反映了闭环和组成环的关系。

尺寸链理论主要要解决三个问题:

1. 如何列出尺寸链

要正确列出尺寸链, 除了运用尺寸链理论之外, 还要运用有关的专业理论。如上例中, 要列出被测量尺寸 L_2 的尺寸链, 除了要运用尺寸链理论外, 还要掌握 CMM 测量原理, 了解 CMM 中各个坐标系的相互关系, 了解测头校验原理。

2. 解尺寸链

解尺寸链的方法有:

1) 参数法, 直接由组成环的参数求闭环的参数。

(1) 极大极小法, 不考虑误差的随机分布, 计算结果较保守。

(2) 概率法, 闭环的相对分布系数难以确定, 可近似取为 1, 计算结果有一定风险。

(3) 经验公式法, 风险程度在以上两法之间, 但缺乏理论或实验根据。

2) 分布法, 由组成环的分布求闭环的分布, 再求闭环的参数。计算较复杂, 需应用计算机。

有关尺寸链方法的详细内容, 请参阅参考文献 1、2。

3. 用尺寸链分析、解决生产实际问题。有三种类型:

1) 已知组成环求闭环, 进行误差综合。如用于预测闭环的误差分布参数、估计加工或测量的精度等。

2) 已知闭环求组成环, 进行容差分配。如确定测量或加工各环节的精度要求等。

3) 分析解决超差问题。如 CMM 测量超差、零件加工超差、装配不协调等。我们曾于 1965 年在某飞机厂成功地运用尺寸链理论攻克了久久不能解决的技术关键——飞机装配不协调问题, 得到了工厂各方面的好评。

三. 小结

1. 要正确地运用尺寸链理论解决有关专业问题，必须：

1) 掌握并能正确地运用尺寸链理论；

2) 掌握有关专业理论。

2. 理论对实践有指导意义，但必须是正确地反映客观规律，并经过实践检验证明是正确的理论。

飞机电气系统 CAT/CAD/CAM/CAX 集成信息系统(EIIS)

CAT/CAD/CAM/CAX Integrated Information System of Aircraft Electric System(EIIS)

成都飞机工业公司(610092) 许 德 王西林 丁友根 方锦星 罗孝兵 黄华武 黄 燕
南京航空航天大学(210016) 郑叔芳 吴晓琳 杨 明 吕晓明 徐行健 刘 文 吴贤莉

【摘要】飞机电气系统生产的质量与效益在很大程度上取决于飞机电气系统信息处理和传递的质量与效率。用计算机辅助信息的处理与传递是提高质量与效益的有效手段。在飞机电气系统的设计、工艺性审查、工艺审定、制造和测试等主要环节采用计算机辅助技术并将其信息集成,组成飞机电气系统信息集成系统,本文介绍其背景与思想、技术总方案、计算机辅助设计、计算机辅助工艺审查审定、计算机辅助制造与测试。

关键词:计算机辅助技术,信息集成,电气系统

Abstract: The quality and economic benefit of aircraft electric system manufacture depend to a great extent on the quality and efficiency of the information processing and transiting of this system. Computer aided information processing and transiting is the method to improve the quality and efficiency. In designing, manufacturability examining, technology approving, manufacturing and testing of aircraft electric system, using the computer aiding technique and integrating the information, the integrated information system of aircraft electric system is composed. The background and idea, the general program and technology approving, computer aided manufacturing and computer aided test are introduced.

Key words: computer aiding technique, information integrating, electric system

1 背景与思想

飞机电气系统是飞机的血管和神经,它的质量关系全机的质量和飞行安全。飞机电气系统的生产要经过设计、工艺性审查、工艺准备、生产准备、布线、焊压接和检测等环节。过去基本上都由人工完成,工作量很大,差错难免。小则引起生产事故,造成经济损失;大则造成飞机事故,威胁飞机安全。

飞机电气系统生产过程中,要绘制大量图纸,编制30余种技术表格文件,数据量超过一千万。而且飞机

以多品种小批量方式生产,每次改型,这些文件都要重新编制。占用了宝贵的生产周期,并使技术人员的大量时间用于简单的重复劳动。

因此,飞机电气系统的传统生产方式迫切需要革新。计算机辅助技术是完成这一改革的有效手段。但运用先进技术要有针对性,要针对主要矛盾;要讲实效,先进技术要有先进的技术经济指标。

信息、物料和能量是生产的三个要素。用计算机控制生产过程的信息流、物料流和能量流,实现综合自动化,构成CIMS,自动化程度很高,但投资巨大。三要素中,信息是最主要的。信息的正确快速处理与传递,对生产的质量和周期有决定性的影响。物料流的自动化,可节省人力,但投资大,不适合我国国情。因此,研制和开发飞机电气系统的信息集成系统(EIIS),实现信息流综合自动化,是飞机电气系统生产方式革新的主要途径之一。

2 技术总方案

系统框图如图1所示,由集成数据库、ECAD子系统、ECAM/ECAT子系统和ECAX子系统等组成。



图1 EIIS框图

EIIS的全部信息存储在集成数据库中,包括电气系统原理图、接线图、电缆图的目录、通用标准数据、导线数据、元件数据、图形数据以及由其生成的各种数据。这些数据主要在ECAD子系统中生成,有些数据主要是工艺数据在ECAM/ECAT子系统中生成。采取多种措施保证数据的正确性、安全性与保密性。

设计(D)、工艺审查与审定(X)、生产准备与生产(M)以及检测(T)是飞机电气系统生产的几个主要环节,其主要工作内容是处理和传递数量巨大的各种信

息。在本系统中,计算机在信息处理和传递的主要功能:

① 完成各环节内部的信息处理与传递。除了完成原来由人工完成的大部分工作外,显著提高质量和效率,还完成原来人工无法完成的工作,如节点编号的实时自动审核、导线下料方案的优化等。

② 完成各环节之间的信息传递。信息传递方式的改变使信息处理方式发生革命性的变化。如端接工艺规程的编制,原来要先由技术人员阅读消化图纸资料,提取其中信息,确定工艺方案,再将设计信息转换为工艺信息,并抄写在纸上,如图2(a)所示。而在本系统中,由设计数据库直接生成工艺规程,如图2(b)所示,信息直接自动传递,快速准确。

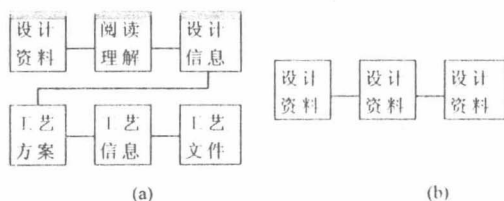


图2 工艺文件编制中的信息传递

整个系统由 FOXPRO, BORLAND, C++, UCDSOS 和 WPS 等软件支持,采用模块化结构,具有良好的可扩充性和可维护性;操作中采用汉字菜单对话方式,简单易学。

③ 实现信息的储存与检索

数据结构的统一是实现信息集成的前提,为此必须建立数据结构的工厂标准,对一些外来的数据,通过转换程序将其中与厂标不一致的数据转换为与厂标一致的结构数据。

3 计算机辅助电缆设计子系统(ECAD)

本系统的主要功能是设计飞机电气系统原理图、线路图和电缆图,并生成电缆设计所需的各种文件,供输出。

建立该系统的目的是:

- ① 减少差错,提高质量,确保飞行安全。
- ② 提高效率,缩短生产准备和生产周期。

本系统由以下模块组成,如图3所示。

模块1为通用数据库管理系统;模块2为设计绘图系统;模块3为表格打印系统。

系统功能如下:

通用数据库管理系统:该模块对所列各种通用数据库具有建立、删除和修改功能,所列通用数据库可供其他模块使用。

设计绘图系统:该模块具有建立、删除、修改、输出

原理图、线路图、电缆图数据库及其图形功能。同时具有自动布线能力。

表格打印系统:该模块可自动生成和打印记录单、接线表、馈电原理图细目表、细目表、技术改表、航材目录表和汇总表(可按零件、标准件、材料等分类汇总)。

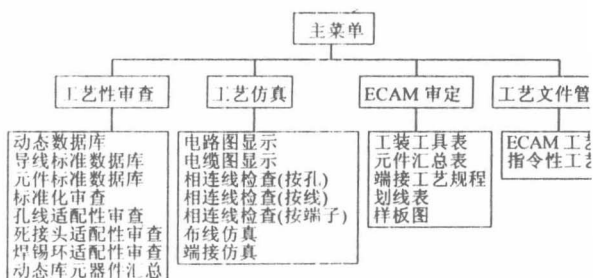


图3 ECAD 系统组成

4 计算机辅助电缆制造及检测子系统(ECAM/ECAT)

该系统的功能是根据 ECAD 数据自动生成 E 和 ECAT 文件,实现计算机辅助电缆划线和端接装以提高质量,提高效率,缩短生产准备和生产周期。

本系统由 6 个模块组成(如图4所示),即:

- ① 模块1,电缆制造集成数据库(EDB);
- ② 模块2,计算机辅助电缆工艺文件自动生成(CAPP);
- ③ 模块3,计算机辅助电缆布线(ECAW);
- ④ 模块4,计算机辅助电缆端接装配(ECACM);
- ⑤ 模块5,电缆导通文件自动生成系统(ECATCAT);
- ⑥ 模块6,电缆质量档案管理系统(EQRM)。

系统功能如下:

EDB 模块负责对电缆制造的所有信息建立数据库并进行管理,其信息来源可按三种方式提供,即由 ECAD 软件自动生成;由自行研制的超 7 ECAD 软件自动生成;或由设计人员根据各种图纸资料提供的手工输入。所建立的数据库可供其他模块使用。

ECAPP 模块可自动生成和打印出生产过程中所需的 8 种工艺文件:产品合格证、工艺规程、划线表、通表、标签表、配套卡、汇总表(可按零件、标准件、材料等分类汇总)和工装工具表。

ECAW 模块可自动确定电缆的最佳划线方案生成 ECAW 文件,并可由计算机辅助绘制划线样板还可提供计算机提示布线功能。

ECACM 模块采用图形交互方式建立接插件图库,根据电缆数据库生成 ECAM 文件,由接插件图库

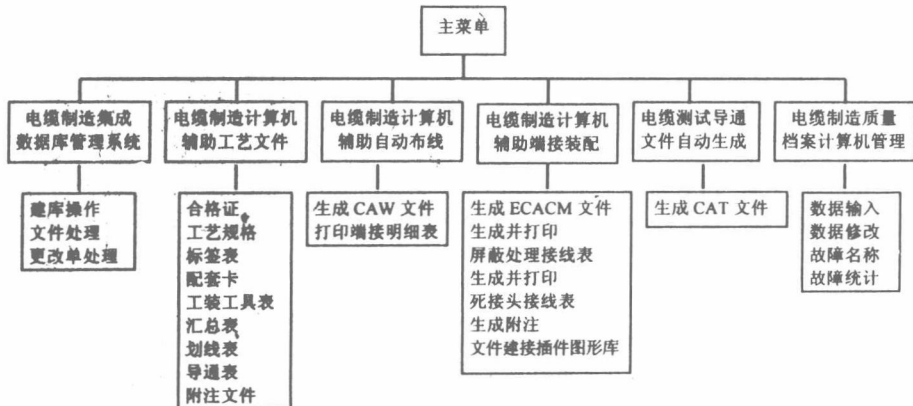


图4 ECAM/ECAT

和 ECAM 文件可提示端接装配步骤内容,进行计算机辅助端接装配。

ECAD/ECAT 模块可由 EDB 数据库自动生成 OR 文件和 UT 文件,供电缆导通测试仪 DIT-MCO-9501 系统使用,并自动生成专用转接器与 DIT-MCO-9501 通用转接器的接线表,供测试时使用。

EQRM 模块根据手工输入的质量信息自动生成质量档案数据库,具有多种统计管理功能,可按时间、机型、故障等级等统计各类故障的百分比、总数等。

5 计算机辅助工艺分析及审定子系统 (ECAX)

在设计部门采用 ECAD 系统和生产车间采用 ECAM 系统之后,传统的工艺性审查和工艺文件审定已不能与之适应。ECAX 系统的建立可提高型号工程电气系统设计工艺性和工艺文件质量,从而提高电气系统的生产质量,确保飞行安全,同时该系统还可从 ECAD 和 ECAM 提取编制指令性工艺文件所需的信息,实现计算机辅助工艺文件编制,提高主管工艺的工作效率,减少人为差错。

本系统由 4 个模块构成:模块 1,工艺性审查;模块 2,工艺仿真;模块 3,ECAM 工艺文件审查;模块 4,工艺文件管理。系统组成如图 5 所示。

系统的支撑软件及对话方式同 ECAD/ECAT 系统。

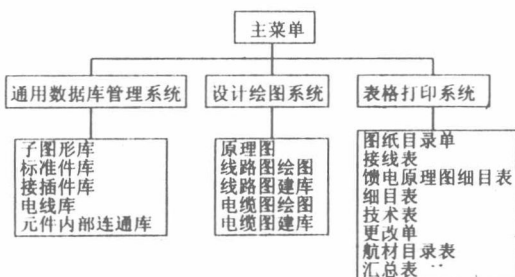


图5 ECAX 系统组成

系统功能为:

模块 1 负责对 ECAD、SECAD 的更改文件跟踪管理,按技术单或临时更改单生成动态数据库,按企业规定要求建立导线、元器件的企业标准数据库,进行标准化审查、孔线适配、死接头适配和焊锡环适配审查;并可按全机或电缆进行元器件汇总。

模块 2 可对原理图、电缆图进行仿真显示,对布线过程和端接装配过程进行模拟演示,在仿真显示时,可分别按孔、按线或按端子进行相连线检查,以判定设计的正确性,并辅助指令性工艺文件的编制。

模块 3 可对 ECAM 系统生成的 5 个工艺文件,即工装工具表,元器件汇总表,端接工艺规程,划线表和样板图进行工艺性审定,将不合格文件登记在案。

模块 4 建立 ECAM 工艺文件和指令性工艺文件目录库,对各类工艺文件进行档案管理,可按文件类型、名称、编号、编制日期、编制人(审定人)或有效期等进行统计和汇总,并打印并在打印纸上。

6 结论

电气系统制造的主要技术工作是接收、理解、处理、存储、传输数量巨大的各种设计、工艺和测试信息,占用了大量时间和周期。本系统用计算机自动完成信息工作,具有明显的效果。

(收稿日期:1998-05)□

欢迎订阅 2000 年《测控技术》月刊

● 订阅代号:82-533

● 定价:6.00 元/期

● 个人订阅半价优惠

● 信息量大,实用性强

● 每月 18 日出刊

基于功率谱密度的车削质量控制 Turning quality control based on the power spectral density

南京航空航天大学 506 教研室 吴贤莉

[摘要] 本文重点探讨一种基于功率谱密度的车削质量控制方法,与目前较为成功的基于粗糙度的车削质量控制方法相比,它能充分利用实际轮廓的全部实测数据并将车削过程各要素对功率谱密度的影响明显地区分开。初步的研究表明,该方法是一个很有前途的车削质量控制方法。

关键词: 车削、质量控制、功率谱密度

[ABSTRACT] This paper focuses on a turning quality control method based on the power spectral density. In comparison with the presently successful turning quality control method based on the roughness, it can fully utilize all measured data of a real profile, and find the effect of each factor on the power spectral density. Primary study shows that the turning quality control method based on the power spectral density has a good future.

KEYWORDS: Turning, Quality control, Power spectral density

一、引言^[1,2]

车削零件表面微观几何形状对其功能有很大影响,如耐磨性、耐腐蚀性、接触刚度、疲劳强度以及配合性质等。除此之外,车削零件表面微观几何形状中还包含了大量有关刀具、机床、车削过程和零件材料性能的信息,如车削零件表面粗糙度对车削过程各要素的改变十分敏感。根据车削零件表面粗糙度的变化,及时调整车削过程的有关要素就可以有效地控制车削质量,这就是目前较为成功的基于粗糙度车削质量控制方法的基本原理。实际应用发现,由于表面粗糙度是一个质量评定参数,它丢掉了实际轮廓中的其它有用信息,很难将各种要素的影响区别出来,给问题的准确定位带来不便。本文重点探讨一种基于功率谱密度的车削质量控制方法,它能充分利用实际轮廓的全部实测数据并将车削过程各要素对功率谱密度的影响明显地区分开。初步的研究表明,该方法是一个很有前途的车削质量控制方法。

二、车削零件的功率谱密度^[3]

在车削零件的表面沿轴向取一实际轮廓,此实际轮廓的功率谱密度就定义为车削零件的功率谱密度。通常,实测得到的仅是实际轮廓中有限个采样数据序列,无法得到真实的功率谱密度,只能对其进行估计。常用的有如下几种谱估计方法:

1. 直接法

直接法又称周期图法,它是把实际轮廓 $X(n)$ 的 N 点采样数据 $X_N(n)$ 视为一能量有限的信号,直接取 $X_N(n)$ 的傅里叶变换得 $X_N(e^{j\omega})$,然后再取其幅值的平方并除以 N ,作为对 $X(n)$ 真实功率谱密度 $P(e^{j\omega})$ 的估计 $\hat{P}(e^{j\omega})$:

$$\hat{P}(e^{j\omega}) = \frac{1}{N} |X_N(e^{j\omega})|^2 \quad (1)$$

将(1)式中的 $e^{j\omega}$ 在单位圆上等间隔取值:

$$\hat{P}(e^{j\frac{2\pi}{N}K}) = \frac{1}{N} |X_N(e^{j\frac{2\pi}{N}K})|^2$$

简记为:

$$\hat{P}(k) = \frac{1}{N} |X_N(k)|^2$$

上述谱估计的方法包括了下述假设及步骤:

(1) 把广义平稳随机实际轮廓 $\{X(n)\}$ 视为各态遍历的, 用其一个样本 $X(n)$ 来代替 $\{X(n)\}$, 并且仅利用 $X(n)$ 的 N 个采样值 $X_N(n)$ 来估计 $X(n)$ 的功率谱密度 $P(e^{j\omega})$ 。

(2) $X_N(n)$ 和 $X_N(k)$ 在时域和频域都被视为周期的, 其时域周期为 N , 对应的频域周期为 2π 。

由于直接法中的 $X_N(k)$ 可以用 FFT 快速计算, 所以 $\hat{P}(k)$ 也可以方便地求出。

2. 间接法

间接法先由 $X_N(n)$ 估计出自相关函数 $\hat{R}(m)$, 然后求出 $\hat{R}(m)$ 的傅里叶变换, 便得到 $X_N(n)$ 的功率谱密度估计 $\hat{P}(e^{j\omega})$:

$$\hat{P}(e^{j\omega}) = \sum_{m=-M}^M \hat{R}(m) e^{-j\omega m} \quad |M| \ll N-1$$

由于这种方法是通过自相关函数间接得到功率谱密度的, 所以又称自相关法。需要指出的是, 当 M 较大, 特别是接近等于 $N-1$ 时, $\hat{R}(m)$ 对 $R(m)$ 的估计偏差变大, 因此估计出的功率谱密度质量随之下降。一般情况下, 使用间接法都取 $M \ll N-1$ 。

3. 直接法与间接法的联用

借助 FFT 工具, 直接法和间接法可以方便地联用, 其一般步骤是:

- (1) 对 $X_N(n)$ 补 N 个零, 用直接法求出 $\hat{P}_{2N}(K)$;
- (2) 由 $\hat{P}_{2N}(K)$ 作傅里叶逆变换得 $\hat{R}(m)$, 这时有 $|m| \ll M=N-1$;
- (3) 对 $\hat{R}(m)$ 加窗函数 $V(m)$, 这时 $|m| \leq M \ll N-1$, 得 $R_M(m)$;
- (4) 采用间接法求 $\hat{R}_M(m)$ 的傅里叶变换

$$\begin{aligned} \hat{P}(e^{j\omega}) &= \sum_{m=-M}^M \hat{R}(m) V(m) e^{-j\omega m} \\ &= \sum_{m=-M}^M \hat{R}_M(m) e^{-j\omega m} \end{aligned}$$

三、质量控制原理

车削零件的表面质量受很多因素影响, 如机床轴承磨损引起的振动、导轨误差的影响, 刀具形状及磨损程度的影响, 进给量的影响, 以及零件材料性能的影响等。就影响程度而言, 进给量的作用最为明显, 其次是刀具几何形状、磨损程度和机床振动等作用, 材料性能的影响相对弱一些。一般情况下, 车削零件的实际轮廓是由上述各要素共同作用的结果, 在时域上很难将其分解成与各要素对应的分量。借助功率谱密度分析的方法, 可以将时域

重叠的各分量在频域分离出来。这样，根据功率谱密度的分析结果，不仅可以判断车削零件是否存在表面质量问题，而且可以进一步指出影响表面质量的具体要素变化。

基于功率谱密度车削质量控制系统如图 1 所示。当机床状况、刀具、车削过程各要素和零件材料性能发生改变时，车削好的零件表面质量将有显著变化。通过功率谱密度分析就可以发现这些变化并得到相应要素变化的信息，将此信息及时反馈给有关操作人员，让他们调整工作参数、检修机床，从而使车削过程重新回到良好的工作状态，保证车削零件的表面质量。

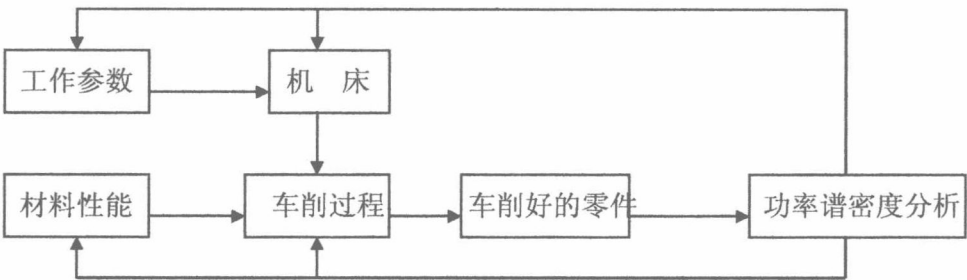


图 1 基于功率谱密度车削质量控制系统

上述方法的有效性，在很大程度上取决于对车削零件功率谱密度的正确分析。目前的系统中，还没有实现功率谱密度的在线分析，实际轮廓的数据需要人工从键盘输入。另外，由于该方法采用了一种全新的思路，没有现成的资料和经验可供参考，我们的分析方法和标准只是对实践经验的总结，尚需作进一步的理论探讨。尽管如此，现有的实验数据已充分证实了车削过程各要素与车削零件功率谱密度之间存在着明显的相关性。

四、车削零件谱图的分析

车削零件的典型功率谱密度如图 2 所示。

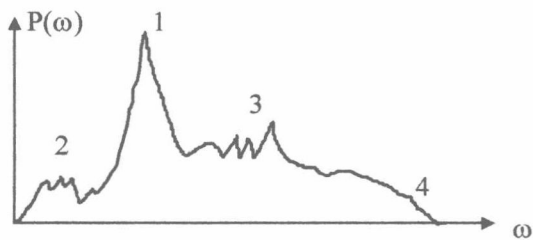


图 2 车削零件的典型功率谱密度

通过大量实测数据的分析，发现车削零件的功率谱密度具有如下规律：车削零件的典型功率谱密度一般可分为四个组成部分，其中较高幅值的峰 1 与进给量对应，频率较低的峰群 2 与机床的振动等状况对应，频率稍高的峰群 3 与刀具的几何形状和磨损程度对应，频率很高的峰群 4 则与零件的材料性能有关。除了以上的定性结论外，还可以用峰 1 与峰群 3 的幅值比对刀具磨损进行定量分析。

目前，车削零件功率谱密度的分析尚处于经验加参考谱图的阶段，最困难的问题是缺少统一的分析标准。实现车削零件功率谱密度分析的标准化和智能化是进一步努力的方向，建立内容完善的车削零件谱图库是该方法推广应用的重要基础。

五、结束语

本文介绍的基于功率谱密度车削质量控制的新方法,不仅能够发现车削零件的表面质量问题而且还能够进一步指出引起质量问题的原因。初步的研究表明,车削零件的功率谱密度可以分为四个组成部分,它们与车削过程各要素有着很好的相关性。基于功率谱密度车削质量控制是一个新的研究领域,有着诱人的前景。如何提高该方法的通用性和分析的标准化、智能化,尚有待于广大同行的共同努力。

1. 于启钧主编,《金属切削理论与实践》(上册),北京出版社,1985年2月第1版。
2. D·J·Whitehouse, Surface metrology, Meas.Sw·Technol. 8(1997)955—972.
3. 宋孔德,胡广书,《数字信号处理》,清华大学出版社,1988年6月第1版。