

## 航空制造企业工具管理关键技术\*

## Key Technology of Tool Management in Aviation Manufacturing Enterprise

西北工业大学系统集成与工程管理研究所  
现代设计与集成制造教育部重点实验室

黄媛 孙树栋 李兢尧 王刚

**[摘要]** 针对航空制造企业工具管理涉及部门多、关系复杂,工具种类繁多、数量庞大,难以管理的现状,分析、研究了工具从设计制造到日常使用再到报废出库的工具全生命周期管理流程和工具消耗定额统计,研究成果应用在工具管理系统中,取得了良好的实施效果。

**关键词:** 全生命周期管理 工具管理 消耗定额

**[ABSTRACT]** In the aviation enterprises, tool management involves so many departments and different tools that they're hard to manage. To solve these problems, the management flow of tool lifecycle which includes tool design, tool manufacture, tool daily use and tool reject is summarized and analyzed. Meanwhile, another key technology of statistic of tool consumed ration is studied. These key technologies are used to develop the tool management system and get good effect in aviation enterprises.

**Keywords:** Lifecycle management Tool management Consumed ration

在航空制造企业中,工具包括刀具、工装及量具。其中刀具和工装的并行准备、准时配送是完成订单任务、提高生产效率的保证;而量具的及时检定、有效管理则是工序检验的基础以及产品质量的保证。从总体看,工具管理是企业生产管理中必不可少的组成部分,是关系到加工产品的技术先进性、质量可靠性、供货周期、制造成本的关键环节,是企业实现“均衡生产,高效产出,低成本运行”核心战略的重要保证。

对企业来说,工具管理环节可挖掘的潜力很大,许多企业逐渐意识到工具管理信息化的必要性,应当使用工具信息管理系统辅助日常管理,但这些系统多针对各企业需求量身定做,无法在其他企业做到“即

插即用”;另一方面,如果仅针对库存来考虑业务管理,集成性较差,仍存在“信息孤岛”现象。为设计开发面向航空制造企业、覆盖所有相关工具管理部门、充分实现信息交互共享的工具管理平台,本课题通过对多家航空制造企业工具管理业务的深入调研,总结了工具全生命周期管理流程,同时对工具管理系统中几个关键技术进行了研究。

## 1 工具全生命周期管理流程

图1描述了工具的全生命周期管理流程,该流程可分为车间内流程和车间外流程2部分,涉及生产准备处、工具厂、供应处、工艺处、计量测试所、生产车间等6个部门。由于业务流程不同,工具按类型分为通、专用2类分别进行管理。

车间内流程是指工具在生产车间内的使用流程,包括工具的日常借用出入库、配发出入库、刃磨出入库、封存启封,以及报废丢失等,相关数据都在工具管理系统中进行管理,并在数据仓库中收集、积累以进行数据挖掘,为领导决策提供最好的数据支撑;车间外流程是指工具在全厂其他各相关部门之间的流动过程,包括专用工具在工具厂的设计、制造、返修,通用工具在供应处的申请、采购,车间向工具总库领用工具,计量测试所进行量具的检定和超差呈报等,这些数据需要各相关部门的管理系统分别进行管理,同时与工具管理系统进行无缝集成实现信息共享<sup>[1]</sup>。

通过在工具管理系统与各相关部门独立系统间搭建集成接口,以形成一个统一的工具管理平台,对工具车间内与车间外流程所产生的各种数据、信息进行统一管理,共同使用,从而改变“信息孤岛”现象,实现对工具从派工到设计、从设计到制造、从制造到使用、从使用到报废的全生命周期监控管理。

## 2 工具消耗定额统计

工具消耗定额指加工单位零件所需消耗工具的数量<sup>[2]</sup>。在实际生产中,工具质量、加工材料、加工零件数量、使用者的操作水平等诸多因素都对工具消耗有

\* 国家863高技术研究发展计划(2007AA04Z187)和国家自然科学基金(507050767)资助项目。

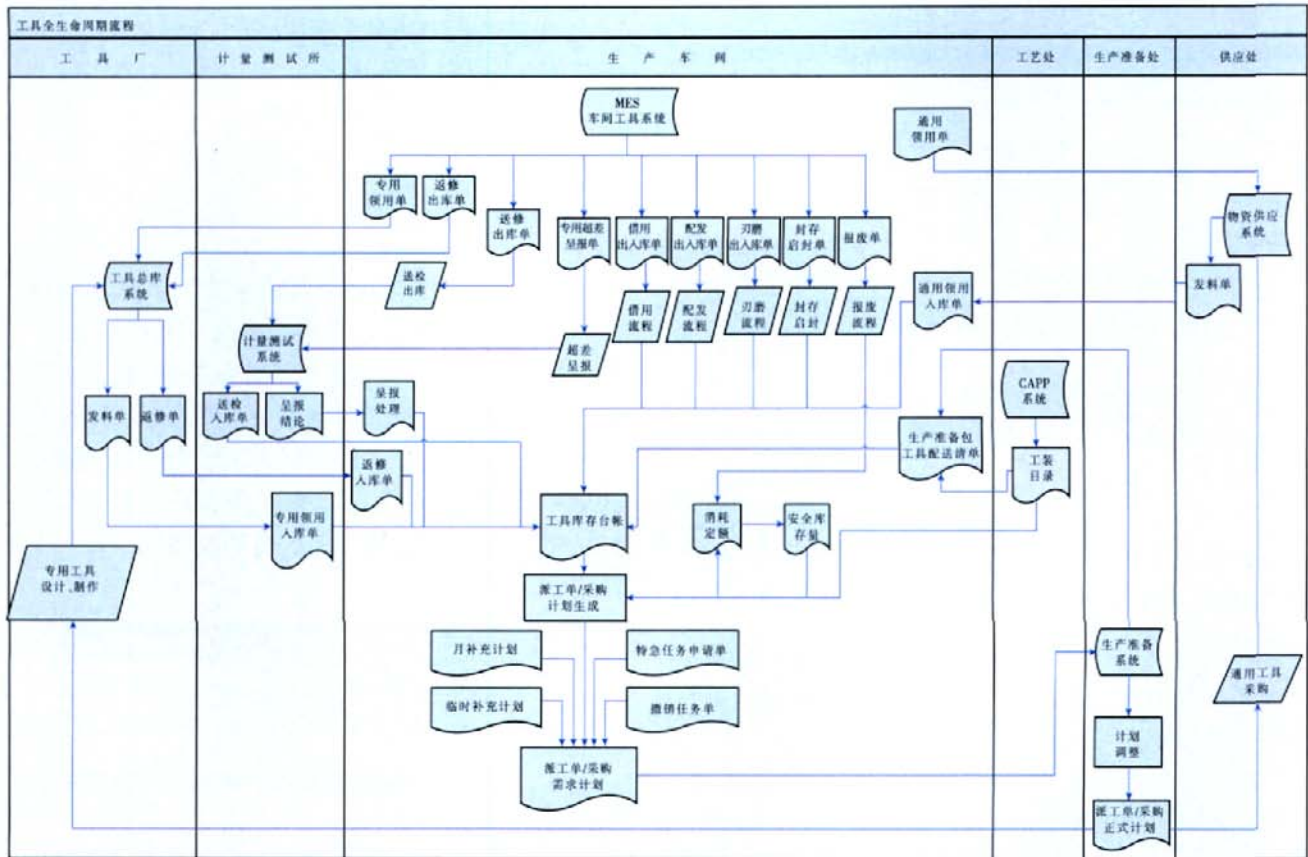


图1 工具全生命周期流程  
Fig.1 Tool lifecycle flow

一定影响,均可作为消耗定额回归模型的变量。

本课题建立了消耗定额、零件加工批量间的二维变量回归模型,根据现场数据统计已知因素条件下的工具消耗定额<sup>[3-5]</sup>。

### 2.1 相对于零件的工具消耗定额

设二维随机变量 $(X, Y)$ 的观测值中,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ( $n \geq 1$ ) 是某零件  $T_1$  的加工批量  $X$  总体的样本值;  $y_1, y_2, \dots, y_m$  ( $m \geq 1$ ) 是某工具  $A$  在加工批量为  $x_i$  的零件  $T_1$  时工具消耗数量  $Y$  的样本值。则  $p_{ij}$  表示随机变量  $(X, Y)$  的概率分布, 记  $p_{i \cdot} = P\{X=x_i\}$ ,  $p_{\cdot j} = P\{Y=y_j\}$  为边缘

分布, 便有  $p_{i \cdot} = \sum_j p_{ij}$ ,  $p_{\cdot j} = \sum_i p_{ij}$ 。

从生产现场采集实际生产数据进行抽样统计, 如表 1 所示。

根据样本分布情况, 获得数学期望及方差:

$$\begin{cases} E(X) = \sum_{i=1}^4 (x_i \times p_{i \cdot}) = 2.1 \\ E(Y) = \sum_{j=1}^5 (y_j \times p_{\cdot j}) = 2.2 \end{cases}$$

表 1 二维随机变量 $(X, Y)$ 的抽样分布

生产数据 抽样分布		X				$P_{\cdot j}$
		1	2	3	5	
Y	1	5/20	2/20	0	0	7/20
	2	1/20	6/20	0	0	7/20
	3	0	2/20	1/20	0	3/20
	4	0	0	1/20	1/20	2/20
	6	0	0	0	1/20	1/20
$P_{i \cdot}$		6/20	10/20	2/20	2/20	

$$\begin{cases} D(X) = EX^2 - (EX)^2 = 5.7 - 4.4 = 1.3 \\ D(Y) = EY^2 - (EY)^2 = 6.5 - 4.8 = 1.7 \end{cases}$$

从而获得随机变量与的协方差为

$$Cov(X, Y) = E\{[X - E(X)][Y - E(Y)]\} \approx 1.28。$$

由于  $Cov(X, Y) \neq 0$ 。表明  $X$  与  $Y$  相关, 且相关

系数  $\rho_{XY} = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{D(X)} \sqrt{D(Y)}} \approx 0.86$ , 说明消耗定额  $X$

和  $Y$  加工批量具有较强的相关性。

当加工批量  $X$  取定值  $X_0=2$  时, 随机变量  $y_1, y_2,$

表2 随机变量 Y 的抽样分布

2	2	1	4	1
3	2	2	3	2
1	1	2	4	2
2	3	1	2	3

...,  $y_m(m=20)$  对应样本总体 Y, 样本分布如表 2 所示。可以得到总体 Y 的样本均值和样本方差:

$$\begin{cases} \bar{Y} = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} Y_i = 2.15 \\ S = \sqrt{\frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} (Y_i - \bar{Y})^2} \approx 0.98 \end{cases}$$

从样本标准差 S 取值可以看出  $p_i$  在批量  $X_0=2$  情况下, 样本消耗定额差别不大, 抽样具备有效性。在这种情况下,  $\hat{q}=2$  (件) 作为 q 的一个点估计值具有较高可信度, 可作为加工批量为 2 的零件  $T_1$  时工具 A 的合理消耗定额。

在实际生产加工中影响工具消耗的因素很多 (零件加工批量只是其中之一), 它们共同构成一个集合  $F=(f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n)$ 。依上述方法可以分别统计出不同因素  $f_i$  所对应的工具的合理消耗定额  $q_{i0}$ 。经验证, 因素集 F 中各因素相对独立, 故利用加权平均法即可求得加工零件  $T_1$  时工具 A 的平均消耗定额为

$$Q_{AT_1} = \frac{\sum_{i=1}^n q_{i0} f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

### 2.2 相对于产品的工具消耗定额

由于工具具有一定通用性, 大部分工具都可以参与加工多种零部件及多种产品, 这一点决定了企业的关注重点并非相对于零件而是相对于产品的工具消耗。由此企业可根据客户任务订单提前对工具库存是否能满足任务需求做出预估并制定应对策略, 所以工具相对于产品的消耗定额统计算法才是系统实现重点。

设工具 A 能加工产品  $P_1$  中的 m 种零件, 零件  $T_j$  为其中之一, 工具 A 相对零件  $T_j$  的消耗定额为  $Q_{AT_j}$ , 同时装配一个产品  $P_1$  需要  $D_j$  个零件  $T_j$ , 则  $Q_{AP_1}$  表示工具 A 相对产品  $P_1$  的平均消耗定额为

$$Q_{AP_1} = \sum_j Q_{AT_j} D_j$$

假设工具 A 共能加工 n 种产品, 产品  $P_i$  为其中

之一, 工具 A 相对产品  $P_i$  的消耗定额为  $Q_{AP_i}$ , 则  $Q_A$  表示工具 A 的平均消耗定额为

$$Q_A = \sum_i Q_{AP_i} = \sum_i \sum_j (Q_{AT_j} D_j)$$

### 3 系统实现

通过对我国多家航空制造企业工具管理的深入调研, 结合本文提出的工具全生命周期管理流程, 设计并开发了航空制造企业工具管理系统。该系统采用 ASP.net 作为数据库前端开发工具, Microsoft 的 MTS 作为应用服务器, Microsoft 的 IIS 作为 Web 服务器, Oracle 10g 作为数据库服务器, 既保证了复杂功能的交互性, 又保证了一般功能的易用性和统一性。系统界面如图 2 所示。



该系统已在企业内多个车间内取得了良好实施效果, 并建立了与生产准备处系统、工具总库系统、供应处系统、计量测试所系统等多个系统之间的集成接口, 能完成各部门之间工具信息的共享与协调, 满足各部门对工具信息的需求, 实现工具信息的完整性、通透性和一致性, 达到工具信息集成管理的目的。

### 4 结束语

本课题研究了工具消耗定额统计技术, 并使开发成功的工具管理系统在企业中得到推广和应用。通过系统的实施和应用, 一方面使企业工艺、制造、采购等部门共享刀具信息, 实现了工具状态的实时监控, 减少工具生产准备时间, 直接提高了企业生产效率和设备利用率; 另一方面可积累大量的工具历史数据, 为企业决策提供了强有力的数据支撑。(下转第 95 页)

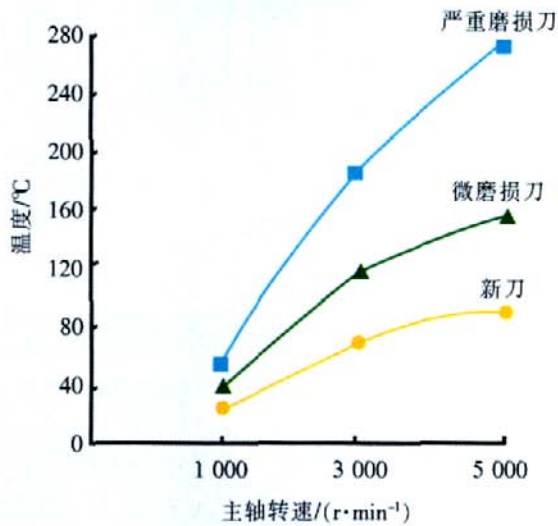


图4 不同磨损程度的三齿直立铣高速钢HSS刀尖温度随切削速度变化关系曲线

Fig.4 Relation curves of different wear degrees tridentate vertical HSS tip temperature with cutting speed

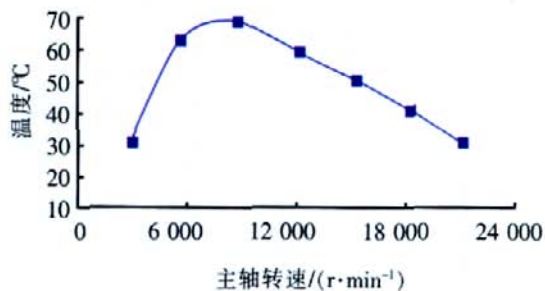


图5 金刚石涂层三齿直立铣刀刀尖温度随切削速度变化关系曲线

Fig.5 Relation curve of diamond coating tridentate vertical cutter tip temperature with cutting speed

应的温度值均为整个加工过程中刀尖温度的平均值。

从图4可以看出,主轴转速从1000r/min升高到5000r/min时,刀尖表面温度不断上升。同一主轴转速下,随着刀具的磨损程度加大,刀尖温度明显升高。其中微磨损刀刀尖温度相对于新刀刀尖温度增长80%左右,严重磨损刀的刀尖温度相对于新刀刀尖温度增长260%。从图5可以看出,主轴转速从3000r/min升高到20000r/min时,切削刀具刀尖温度先逐渐上升,上升到一定值后随着转速的继续提升温度反而下降,临界温度对应的转速在9000r/min左右。

### 3 结论

通过对高速干切削加工进行红外测温的试验,获得以下几条重要结论。

(1)采用红外辐射测温的方法,对测量铣削铝合金的相对动态切削温度富有成效。非接触测量实现了遥测技术,并且方便与计算机连接,容易实现数字化、智能化。保障了实际加工过程中的安全性,取得了显著的技术与经济效益。

(2)测温的结果对高速铣削铝合金零件的用量合理选择、减小零件变形、提高表面质量以及提高生产率等提供了重要的试验依据,并有利于高速铣削特征数据库的建立。

(3)用红外测温仪能够准确地测量高速干铣削加工过程中刀具刀尖的温度变化情况,加之在本次试验中用到的红外测温仪的温度响应时间仅为150ms,较好地解决了高速切削过程中切削温度检测的关键难题,为高速干切削的在线监测带来了可能。

### 参 考 文 献

- [1] 邹浩波,张宇.高速干切削加工技术,机械研究与应用,2005,18(5):4-5.
- [2] Li L. Temperature measurement in high speed milling Ti6Al4V, Key Eng. Mater, 2004: 804-808.
- [3] 赵新,朱承元,易克平,等.铝合金高速铣切屑温度实验研究.电子机械工程,2004,20(1):37-39.
- [4] Longbottom L M, Lanham J D. A review of research related to Salomon's hypothesis on cutting speeds and temperatures. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2006, 46: 1740-1747.

(责编 淡蓝)

(上接第92页)

### 参 考 文 献

- [1] 朱伏平.基于生产车间的工具管理系统.现代生产与管理技术.2005,112(2):29-31.
- [2] 徐在培.论物资消耗定额管理.一重技术,2006(6):119-120.
- [3] 罗志清,王润孝,蹇爱荣.模具产品制造成本与生产周期估计模型研究.计算机集成制造系统,2005,11(12):1659-1662.
- [4] 叶蓓华,邢刚.集成制造环境下车间层生产要素建模与算法.中国机械工程,2001,12(12):1380-1383.
- [5] 罗桥,张长海,刘大有.基于概率统计材料消耗定额自动学习算法.计算机应用,2006,26(B06):288-289.

(责编 蔚蓝)