

数控设备选用指导手册

机械工业出版社
China Machine Press

全国数控设备用户委员会编

畅销世界的 **HRB** 轴承



● 品种多、规格全

● 精度高、转速高

● 使用寿命长

哈尔滨轴承集团公司

地址：黑龙江省哈尔滨市香坊区红旗大街14号 邮编：150036

电话：0451-5315011(总机) 传真：0451-5663704 网址http://www.hrbbrg.com.cn

数控设备选用指导手册

全国数控设备用户委员会编

么炳唐 主编
宋业钧



机械工业出版社

本书较系统地阐述了我国数控设备的发展概况,介绍了如何选用各类数控机床及与之配套的数控和伺服驱动系统,给出了数控机床的维护和维修方法及数控机床的检验、验收方法和检验程序,同时还较详细地介绍了1420余种受用户欢迎的国内外数控机床、数控系统、伺服驱动系统、软件及与之配套的机械、电气、液压、气动产品。

本书适合于使用、生产、销售数控机床的工程技术人员,可作为工具书,也适于大专院校师生阅读。

广告许可证号:京工商广临字 20020107 号

图书在版编目(CIP)数据

数控设备选用指导手册 / 么炳唐, 宋业钧主编.

—北京: 机械工业出版社, 2002.3

ISBN 7-111-09843-9

I. 数... II. ①么... ②宋... III. 数控机床 - 数控系统 - 技术手册 IV.TG659.023.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 013205 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘中田 刘 宸 封面设计: 田野

责任印制: 崔滋恩

北京忠信诚胶印厂·新华书店总店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版 第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/16 · 16.18 印张 · 350 千字

定价: 48.00 元

编 委 会

名誉主任委员	何光远		
名誉副主任委员	恩宝贵	金振华	
主任委员	么炳唐		
委 员	(按姓氏笔划排序)		
	么炳唐	于胜军	王金平
	厉承兆	朱兆峰	孙旭昶
	刘振堂	李佳特	金振华
	宋业钧	吴华伦	张世纲
	张凤荣	陈 烨	赵钦志
	赵义春	徐孝宣	恩宝贵
	盛伯浩	董荣歌	

前 言

《数控设备选用指导手册》和广大读者见面了,希望广大读者通过阅读此书,能够对选好数控设备有所启迪和帮助。

编辑出版本书的目的,就是为了指导广大数控设备用户选好、选准数控设备,用好数控设备;努力提高数控设备的开动率,提高生产效率,保证加工质量等。为此,我会组织从事数控设备开发、生产、维修、检验、验收方面的专家,较系统地阐述了当前我国数控设备的发展概况和建议;数控设备的选用原则;主要类别数控设备的选用要点;数控设备验收内容、方法、工具及依据的标准;数控设备的使用与维修技术等指导性文章。同时还推荐介绍了用户反映好的国内外著名企业生产的各个型号(或系列)的数控设备主机和数控设备配套产品(包括数控金属切削机床、数控钣金加工机床、数控电加工机床和数控系统等配套产品),供广大数控设备用户选用。本书是有关读者应常备的一种工具书。

本书适合于企事业单位参与数控设备选型的工艺人员、选购人员、使用人员、检验验收人员和设备管理人员;适用于招标公司、设计院、销售公司、中介公司等有关向数控设备用户推荐设备的人员;也适用于中等专业学校和高等院校教学参考。

本书在编辑出版过程中得到了全国政协常委及提案委员会主任、中国机械工程学会理事长、原机械工业部部长何光远,原机械工业部机床工具司副总工程师恩宝贵,原大连组合机床研究所党委书记兼所长金振华等领导的大力支持;得到了入编本书的国内外企业和各分篇章作者的大力支持,在此一并感谢。

本书难免有疏漏之处,请读者不吝指正。

全国数控设备用户委员会
常务理事兼秘书长
么炳唐

2001年10月

目 录

前言

第一篇 数控设备概况	1
数控机床仍是机床行业“十五”期间新的增长点	1
第二篇 数控设备的选用	6
数控设备选用原则	6
数控车床购前的技术经济分析和选择	11
如何选用数控立式车床	15
选用数控铣镗加工设备的几点原则	19
如何选用数控落地铣镗床	21
龙门型数控机床选购概述	26
如何选择电火花线切割机床	28
电火花成型机床的选购	29
数控转塔冲床的选用	30
正确选择数控系统	36
第三篇 数控设备的使用、维护与验收	42
影响数控机床有效使用的问题与对策	42
数控设备的使用和维修	48
数控机床验收	54
数控机床的现场检验程序	61
第四篇 数控设备及其配套产品介绍	73
数控金属切削机床	73
数控锻压设备	178
物流仓储系统	184
数控系统、驱动系统及软件产品	185
机床电器产品	202
液压、气动件产品	227
机床机械配套产品	237
数显表、测量仪	252
附录	254
全国数控设备用户委员会简介	254
入编单位通讯录及刊登位置	256

第一篇 数控设备概况

数控机床仍是机床行业“十五”期间新的增长点

恩宝贵

自 20 世纪 80 年代以来,我国数控机床经过引进技术、消化吸收和开始实现产业化,发展迅速。特别是“九五”期间,数控机床已成为机床行业主要的经济增长点。

一、20 世纪 90 年代以来中国数控机床发展概况(不包括港台)

1. 数控机床产量成倍增长

1) 20 世纪 90 年代以来,我国数控机床产量以平均 18% 的速度增长。表 1 是 1990~2000 年全国数控机床产量和产量数控化率的发展情况。

表 1

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
数控机床产量/台	2634	4051	7450	9478	6223	7291	8142	9051	7087	9007	14053
机床产量数控化率(%)	2	2.4	3.2	4.1	2.3	3.6	4.6	4.9	6	7.5	8

2) 20 世纪 90 年代数控机床市场消费量以年均 25% 的速度增长,见表 2。

表 2

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
数控机床市场消费量/台	2397	4113	10490	10807	12102	14156	17001	14329	11528	15532	23482

3) 重点骨干金切机床厂数控机床产值以年均 19% 的速度增长。表 3 是重点骨干金切机床厂数控机床产值和产值数控化率的发展情况。

表 3

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
数控机床产值/万元	23095	46525	85161	100223	71590	77224	65594	75742	74683	88185	136432
产值数控化率(%)	10	12	18	17	13	16	17	20	26	30	33

4) 1995 年以来部分重点骨干金切机床厂数控机床产量成倍增长,见表 4。

表 4

(台)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
沈阳第一机床厂	93	215	282	485	501	835
济南第一机床集团有限公司	279	371	257	261	336	554
宝鸡机床厂	101	167	203	157	283	364
中捷友谊厂	21	-	-	39	43	108
无锡开源机床集团公司	513	546	359	146	322	709

(续)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
桂林机床股份公司	20	18	29	35	41	47
常州机床总厂	234	142	201	152	204	272
上海仪表机床厂	8	6	41	53	190	244
北京第一机床厂	31	49	169	129	66	119

5) 重点骨干锻压机床企业数控锻压机床产量缓慢增长,表 5 是 1995 年以来数控锻压机床产量情况。

表 5

年份	1995	1998	1999	2000
产量/台	238	282	310	371

2. 数控机床品种迅速发展

1995 年数控机床品种有 500 多种,到 2000 年品种已发展到 1300 余种。发展特点主要有:

1) 向高精度、高速度、多轴联动发展

“九·五”期间北京机床研究所开发的数控机床在高精度、高速度方向尤其突出。他们先是在 KT1300V 和 KT1400V 立、卧式加工中心的基础上,开发出 KT1400VA 立式加工中心。主轴转速由 5000r/min 提高到 8000r/min,快速进给由 15m/min 提高到 30m/min。之后该所又开发出 KT1300VB 立式加工中心,主轴转速由 8000r/min 提高到 12000r/min,快速进给速度由 30m/min 提高到 40m/min。最近该所又开发出 KT1400B 加工中心,主轴转速提高到 15000r/min。“九·五”期间北京机床研究所研制成功 CCH460 高精度车削中心,主轴回转精度 0.3 μ m,主轴最高转速 3000r/min,定位精度 X、Z 轴为 ± 0.002 mm,重复定位精度 ± 0.001 mm,加工表面粗糙度为 Ra 0.05 μ m(有色金属),圆度为 0.5 μ m。

北京第一机床厂与日立精机合作开发出 HRA500 卧式加工中心,主轴转速为 12000r/min,快速移动速度 45m/min,定位精度 ± 0.003 mm,重复定位精度 ± 0.001 mm。机床采用自润滑方式,无污染,成为绿色产品。

中捷友谊厂与德国 BW 公司合作研制成功 HS-60 高速卧式加工中心,主轴最高转速 18000r/min, X、Y、Z 轴快速移动速度 60m/min,定位精度 0.004mm。

常州机床总厂研制成功的 TH42160B/5 $\times$ 5 龙门式 5 轴 5 联动加工中心,定位精度为 ± 0.025 mm/全长,重复定位精度为 0.015mm。该机床配西门子 840D 数控系统。秦川机床厂研制成功的 YK7250 数控蜗杆砂轮磨齿机,可实现 8 轴 5 联动。重庆机床厂和南京第二机床厂也分别开发出 YKS3120 和 YS3120CNC 6 轴数控滚齿机。

2) 向自动线和柔性自动线成套方向发展

大连机床集团公司与德国洪斯贝格公司合作,为一汽大众轿车变速箱体和离合器壳体提供组合机床柔性自动线。自动线节拍达到 40.5s,年生产能力达到 36 万件,工序能力指数 $C_p \geq 1.33$,可连续四星期无故障运行,CNC 三坐标模块首次纳入自动线。大连组合机床研究所研制成功 ZHS-UX86 轿车发动机缸盖凸轮轴轴承盖加工数控自动线。该线可同时加工 5 种 11 件轴承盖,定位孔位置精度 0.002mm,生产节拍 38.4s。长城机床厂研制成功 CH-ZX60 轮体加工自动线,1 单元由 1 台自动焊机组成,2 单元由 2 台数控车床组成,3 单元由 2 台立式加工中心组成,4 单元由 2 台数控车床组成。全线配有数字控制的 3 套自动上下料机械手和料道。济南第一机床厂研制成功了由 2 台数控车床和 1 台立式加工中心组成的轮毂加工成套设备。

3) 向高级型、普及型、经济型相结合的方向发展

沈阳第一机床厂研制成功 S₁-378 车削中心,加工精度达 IT6~IT7,粗糙度为 Ra1.6 μ m。沈阳数控车床厂开发出 CK6125 高速车削中心,主轴转速 5000r/min,加工精度为 IT6,配西门子 840D 数控系统。上海第二机床厂研制成功 HM-077 内藏式电主轴数控车床,主轴转速 8000r/min。其配有恒温冷却系统,刀架 8 工位,圆度

$< 0.005\text{mm}$ 。该厂还开发出 HM-001 数控车床,系普及型、多配置,可供排刀或 6 工位、8 工位转塔刀架。“九·五”期间云南机床厂、沈阳第一机床厂、济南第一机床厂、大连机床集团公司和宝鸡机床厂相继开发出电子手轮车床。

加工中心有高精度、高速度、多轴联动的,也有高性能价格比的。如常州机床总厂研制成功的 ZH7640 立式加工中心,工作台尺寸 $800\text{mm} \times 400\text{mm}$,主轴最高转速 3000r/min ,定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$,重复定位精度 $\pm 0.005\text{mm}$,刀库容量 12 把,凸轮换刀机构,配西班牙 FAGOR 系统,每台售价仅 30 万元。

北京阿奇公司研制成功 SF100、SF200、SF400 数控电火花成形机床,定位精度 0.01mm 和 0.015mm ,最佳表面粗糙度 $R_a < 0.2\mu\text{m}$,最小电极损耗小于 0.1% 。同时可控制 3 轴,可预装 C 轴,实现四联动。可装 AEC 电极库,实现自动交换电极。北京市电加工研究所开发出 B35 精密数控电火花加工机床,工作台面积 $600\text{mm} \times 400\text{mm}$,具有 CNC 全自动化功能,可进行无人操作加工。湘潭市恒兴机床有限公司开发出 SRWC-250 自旋式线切割机床,获国家发明专利。高速自旋定丝,巧妙地实现了电极丝在作直线运动的同时,绕自身轴心作高速旋转运动,实现合理的恒张力,消除了电极丝滞后,提高了拐角加工水平,可实现多次切割。

4) 向专用专门化方向发展

随着需求个性化的日益突出,即使是通用机床也要做某些特殊的变动。另一方面市场上也需要大量专用和专门化机床,如长城机床厂一年内设计制造了 30 种专用、专门化机床,有适应盘套类工件加工的数控车床和数控轮毂车床等。重庆第二机床厂、沈阳第一机床厂、德州机床厂等开发出了数控活塞成套加工机床。大连机床集团公司开发出了活塞车铣床。北京第二机床厂开发出 3SE 数控端面外圆磨床、5RE-1W 多砂轮曲轴主轴颈磨床。长江机床厂开发出数控扇形齿轮插齿机。无锡开源机床股份有限公司 1997 年开发新品种 30 种,有 3MZ146/CNC 自动数控轴承外圆沟磨床及同步器齿轮外锥体和内孔、端面内圆磨床。上海重型机床厂为加工高压绝缘材料,开发了 SH21042 专用数控车床。武汉重型机床厂为水轮机加工,开发出 16m 数控立式车铣床。长征机床股份公司研制出教学用数控钻铣床。

5) 向模块化、系列化方向发展

北京第一机床厂开发出 XHA764、XHAD765、XHAD766 系列化卧式加工中心。上海机床厂开发出 H229/1、H229/2、H229/3、H229/4 系列数控曲轴连杆颈磨床。沈阳第一机床厂、济南第一机床集团公司开发出系列化数控车床,规格有大、中、小三类,档次有高、中、低之分。

6) 数控锻压机床品种发展情况

“九·五”期间,济南铸造锻压机械研究所开发出 SKYy-41225 液压数控冲模回转头冲床,除单机使用外,可配自动上下料机械手组成 FMC。该所还研制成功 D53K-3500 数控辗环机,是国内最大的辗环机。它可自动跟踪、自动检测、自动控制,径向轧制力为 2000kN ,轴向轧制力为 1600kN ,辗环直径为 $500 \sim 4200\text{mm}$ 。该所还开发出 ZX-Q11K- 2×1600 数控开卷、校平、剪切、堆垛自动线;开发的 Q13K- 700×900 数控直角剪,可实现先冲孔、后剪切,较普通剪板机提高效率 $4 \sim 8$ 倍。

三环黄石锻压机床有限公司研制成功 ZS-Q11K- $6.3 \times 3100\text{mm}$ 自动剪切线,是具有自动化、板料剪切后处理的自动剪切系统,具有开放式接口,能配备自动上料、堆垛而组成柔性单元。上海冲剪机床厂研制成功的 Q11K- 6×3200 数控液压剪板机,上刀架作直线运动,系统采用瑞士 CYBELEC 生产的 DNC10G。天水锻压机床厂研制成功 WZ67K-800/10000 8000kN 数控板料折弯机。该机采用旋阀同步系统,滑块重复定位精度为 0.04mm , A_1 与 X_2 重复定位精度为 $\pm 0.01\text{mm}$, R_1 与 R_2 重复定位精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。长治锻压机床厂为三峡工程研制成功的 CDWX CNC- 140×4000 数控水平下调式三辊卷板机,公称卷板规格为 $140\text{mm} \times 4000\text{mm}$ 。它采用工作辊水平下调式结构,上辊升降位移由计算机控制,同步精度为 $\pm 0.2\text{mm}$,水平移动的两个下辊可单独运动,数控位移精度为 $\pm 0.2\text{mm}$ 。CNC 控制系统主机可与 CAD 工作站和计算机网络通讯。

3. 数控机床质量稳步提高

汽车工业“十·五”规划课题组《汽车工业发展对技术装备的要求》中提出:“近几年,我国数控机床取得很大进展。国产数控车床基本上为轿车生产企业所接受,在各种专用磨床的开发制造上也有较大进步,中低档数控铣床基本上可以立足于国内。”在神龙汽车公司轿车发动机、变速器、车桥加工设备中,国产设备分别

占设备总数的 40%、41% 和 45%。

机床行业自 1995 年以来,以自律性质量承诺为突破口打好质量翻身仗。1995 年由 54 家机床工具企业发表《产品质量保证声明》,到 1997 年参加签署声明的有 150 多家。这些厂不仅生产过程严把质量关,产品合格后坚持 72h 或 96h 切削试验,把前期故障尽量消灭在厂内;另一方面清理旧帐,声明发表前出厂的产品,凡带有质量问题的,能修则修,不能修则换。这样做了以后,用户的满意度逐步提高。1997 年《中国机电日报》作用户跟踪调查,综合评价产品质量及服务满意率为 67.6%。1999 年对 1329 套数控系统作的用户调查中,产品质量满意度在 72.6%~90.8% 之间。

在开展质量保证体系认证工作方面,“九·五”以来金切机床行业已有 75 家企业通过 ISO9000 认证,还有部分企业正在做认证的前期工作。

高精度、高速、高效关键技术有重大突破。加工中心最高转速由“八·五”的 5000r/min 提高到现在的 15000r/min,最高可达 18000r/min。进给速度由“八·五”的 15m/min 提高到现在的 60m/min。加工中心换刀速度由 7s 提高到 1.5~3s。“八·五”期间我国加工中心平均无故障时间(MTBF)只有 200 多 h,如今提高到 400 多 h 以上。数控车床从 200 多 h 提高到现在的 487h,接近日本、美国等发达国家企业平均 500h 的水平。数控系统的 MTBF 从 5000h 提高到 10000h 以上,最高可达 20000h。

二、“十·五”数控机床发展目标

受原国家机械局委托,由机床工具工业协会拟订产量目标的“十·五”规划。数控机床的产量目标是,到 2005 年生产 25000~30000 台。从 1990 年到 2000 年数控机床年均增长率为 18%,但产量数控化率只有 8%,与工业发达国家企业的数控机床产量数控化率高达 30% 以上相比,还有较大的发展空间。预计今后 5 年数控机床年产量增长率会高于 18%,数控机床仍是“十·五”期间机床行业重要增长点。在“三高技术”、“可靠性”等取得突破性进展后,加上入世的有利条件,更难得的是我国国民经济在今后一段时期将持续稳定发展,制造业需要大量以数控机床为代表的先进技术装备,因此只要我们方法得当,措施得力,2005 年数控机床产量达到 30000 台是可能的。预计到 2005 年产量数控化率可接近 20%。

品种目标,规划由现在的 1000 多种发展到 2000 种。根据“九·五”的经验,完成品种总量目标完全是可能的。难点在于提高技术水平、调整品种结构,将先进适用的中高档数控机床品种由现在的 20% 提高到 40%。

质量目标,规划要求采用国际标准和国外先进企业标准,主机和系统的 MTBF 要达到国外同类产品水平。目标明确,难点较大。在加入 WTO 后竞争加剧,正是适者生,逆者亡的关键时刻。只有下定决心继续提高可靠性,在用中国装备装备中国的道路上继续前进。

三、对加快数控机床发展的探讨

以市场为依托,以主机为龙头,主机、控制系统和配套件协调发展。在品种上,继续抓好六类主机,实现高级型、普及型和经济型相结合,以先进适用的普及型为重点;在生产上形成一批具有一定规模的主机和配套产业基地;在质量上,全面提高产品质量,突出抓好可靠性和服务质量,打造精品工程;从数控机床产业化出发占更多的市场份额,走内外结合继续扩大对外合作的道路;通过产业结构和企业结构的调整,精化产业,精干企业,先强后大,形成一批“大而强”、“小而强”的企业群体。

1. 以市场需要为目标,突出抓好六类主机

在制造业走向现代化的过程中,各行各业要求供求以数控机床为代表的先进制造技术。因此,今后一段时期要大力发展数控机床。要全面发展,突出重点,突出发展数控车床、加工中心、数控电加工机床、数控磨床、数控重型机床和数控锻压机床。特别是中小规格的加工中心和数控车床,应成为重中之重。2000 年进口加工中心 2144 台,同期重点骨干机床厂仅生产 371 台,按量计市场占有率为 15%,按价值计仅为 10%。1999 年进口数控车床 4052 台,出口 616 台。同期 20 家重点骨干机床厂仅生产 2520 台,同样数控车床的大部分市场也被进口机床占领了。

这一切表明市场有需求,我国发展数控机床生产的空间还很大。只要我们努力缩小在高精、高效、高速、交货期及可靠性上的差距,提高竞争力,会出现市场需求增加、国产数控机床市场份额也增加的局面。

在六类产品中,要形成具有一定经济规模的生产企业:年产加工中心 500 台以上,年产数控车床 2000 台以上,年产数控电加工机床 1000 台以上。争取北京、上海、沈阳、济南 4 地区数控机床产量集中度在 40% 以上。

随着时代的发展,用户个性化需求增加,因此在品种发展中一定要注意满足不同行业不同用户的特殊要求。

5 坐标以上联动的数控系统已有商品供应,且 MTBF 已超过 10000h 以上,最高可达 20000h;滚珠丝杠 2000 年仅南京工艺装备厂就生产 21656 套;动力刀架已有烟台、沈阳引进技术;近年来高速主轴、刀库等等关键部件也有生产点专门供应。要根据主机高精度、高速度、高效、高可靠性的要求,提供相应配套件,提高关键配套件的社会化供应水平。

2. 提高可靠性和服务质量,打造精品工程

“九·五”期间,以数控车床和加工中心为代表的主机可靠性有了很大提高。但一方面这还不是普遍水平,而且也不是国际先进企业的水平;另一方面,用户对可靠性要求也会越来越高,因此要继续可靠性增长工作。目前已有 86% 的重点骨干金切机床厂通过 ISO9000 认证。已经通过认证的要巩固提高,通过复评。尚未通过认证的应尽快通过认证。要提高从产品设计开始到制造、装配及服务的质量,打造精品工程。“九·五”以来机床行业的服务质量有明显提高,但仍有用户反映,机床厂存在着重售前和售中服务,轻售后服务的情况,应引起重视,加以改进。由于用户经济效益观念的增强,对交货期要求很短,不是一年,而是几个月,最短的要求 3 个月交货,这对机床行业是个考验。因此,要求设计、制造、管理现代化,以缩短供货周期。

3. 精化产业精干企业

企业组织结构是产业结构的基础,重点发展以打造精品名牌的大而强或小而强的企业。企业的一些零部件和工艺专业化要逐步形成社会化的协作体系,主辅剥离。非生产部门形成社会化服务体系,多种经营,突出主业。在主业上,按照市场竞争法则,搞活一片,做强一批,实现兼并、破产、重组、淘汰,实现主体精化、企业精干、配套完整的体系。

4. 继续扩大对外开放

“十·五”要进一步推动全方位、宽领域的对外开放,加强与国外技术先进企业的技术合作。通过引进技术、合作生产、技贸结合、合作经营等多种方式,迅速提高产品创新能力。引进技术、合资的重点放在国内缺门的数控机床主机和关键配套件上。要提倡引进外智或进行技术咨询等灵活方式开发新产品,提高技术与管理水平。要开拓国内、国外两个市场,扩大产品出口。

5. 加强企业技术改造

技术改造的重点是提高先进适用的产品对市场做出快速反应的能力。一是产品开发手段现代化,提高产品水平和一次成功率;二是在企业内部以用户需求为龙头,实现市场、开发、采购、协作、制造、装配、销售、服务一条龙体制,能对市场作出快速反应;三是通过技术改造使中小规格的加工中心、数控车床、普及型电火花加工机床和线切割机床、数控冲模回转头压力机、数控折弯和剪切机床以及关键配套件要形成一定规模生产,实现产业化,以降低成本,提高竞争力;四是技术改造投资方式要考虑投入产出比,要考虑市场、自身和竞争对手等相关条件,将风险降到最低点。一步登天固然好,如果能减少风险,一次规划,滚动发展逐步登天也可行。

第二篇 数控设备的选用

数控设备选用原则

么炳唐

自 1952 年在美国麻省理工学院诞生了世界上第一台数控设备以来,迄今已有 50 年的历史。从第一台数控设备的诞生,就显示了无比的生命力并得到了发展。特别是近 10 多年来发展速度更加快速和迅猛,数控加工技术几乎渗透到了所有的制造业。同时,适用于机械制造业的数控设备的品种型号也已经非常繁多,包括数控金属切削设备、数控板材加工设备、数控特种加工设备、工业机械人和数控测量设备等等。在生产自动化程度上,已从单机发展到柔性制造单元、柔性制造系统、柔性生产线和集成制造系统。从档次上,数控设备分为高档数控设备、普通标准型数控设备(也有的称为全功能数控设备)和经济型数控设备。目前高档数控设备的数控系统多数采用 64 位微处理器,可实现五轴或多轴联动,进给分辨率达到 $0.1\mu\text{m}$,快速进给可达到 $100\text{m}/\text{min}$ 以上,并且具有通信联网、监控和管理等功能;普通标准型数控设备的数控系统多采用 32 位微处理器,控制和联动轴数为四轴和四轴以下,进给分辨率为 $1\mu\text{m}$,快速进给速度在 $20\text{m}/\text{min}$ 以上。这类数控设备功能实用,价格适中;经济型数控设备,采用的数控系统比较简单,控制轴数在三轴或三轴以下,进给分辨率为 $10\mu\text{m}$,快速进给 $10\text{m}/\text{min}$ 左右,这类数控设备结构简单,精度适中,价格也便宜。

这些数控设备都综合应用了现代科学技术,包括机械技术、电子技术、计算机技术、电气技术、液压技术、气动技术、光学技术等。在微电子技术、计算机技术、网络技术发展的基础上,进入 21 世纪,IT(信息技术)与数控设备相结合,将成为数控设备发展的重要趋势,这将加速数控设备的智能化、集成化、网络化和无人化。利用 IT 实现自动检测、自动诊断、自动调节、自动补偿的功能,将使数控设备的功能更加完善,从而进一步提高了数控设备的精度、效率和自动化水平。纳米技术的应用也将使数控设备的发展有新的突破。

正因为数控设备的先进性、复杂性、发展的迅速性以及品种型号和档次的多样性,而且价格又相对比较昂贵,因此就决定了选用数控设备的复杂性、难度和慎重性。所以,在选用数控设备时应由领导和专业技术人员共同进行深入细致地调研或委托有经验的数控专家组成的咨询中介机构进行咨询或代理,以正确地选用数控设备。

那么究竟如何选用数控设备呢?这要根据加工对象的工艺要求、企业经济环境和使用环境等诸多因素进行具体分析,很难描述得十分具体。这里只能就选用数控设备的工艺适应性原则、市场占有率原则、可靠性原则、优化配置原则、维修备件供应原则、质量保证原则、维修服务网络原则、避免风险原则、环保安全原则、科学验收原则、性能价格比原则(共十一大原则)谈几点意见。

一、工艺适应性原则

工艺适应性原则,主要指所选用的数控设备功能必须适应被加工工件的形状、尺寸、尺寸精度和生产节拍等要求。

1. 形状尺寸适应性 所选用的数控设备必须能适应被加工工件合理群组的形状尺寸要求。这一点应在被加工工件工艺分析的基础上进行。如加工空间曲面形状的叶片,往往要选择五轴或五轴以上联动的数控铣床或加工中心;如果是用于大型或特大型叶片加工,往往要选择数控龙门铣等等,以适应空间型面和尺寸大小的加工要求。这里要注意的是尽量避免因选用冗余功能而付出昂贵的代价和造成浪费。

2. 加工精度适应性 所选择的数控设备必须满足被加工工件群组的精度要求。为了保证加工精度不超

差,必须考察生产厂家给出的数控设备精度指标应保证有 1/3 的储备量。但是要注意,不要一味地追求不必要的高精度,只要能确保工件群组的加工精度就可以了。因为高精度就意味着出高价,并因此造成不必要的浪费。

在考察数控设备给出的精度指标时,要注意采用的是什麼标准。国际上常用的精度标准有 ISO、JIS、ASME、VDI(分属于国际、日本、美国和德国),此外还有中国的 GB 和英国的 BS。除了 JIS 标准外,均采用多次多点测定的数理统计的方法给出精度数值,差别不大。而 JIS 是测定一次,给出的精度值最高。美国 BOSTON DIGITAL 列出了采用 JIS 及 ISO 标准的加工中心精度值对比表,如表 1 所示。

表 1 加工中心精度值对比表

精度值	JIS	ISO
开环机床定位精度	$\pm 3\mu\text{m}$	$10\mu\text{m}/300\text{mm}$
开环机床重复定位精度	$\pm 1\mu\text{m}$	$5\mu\text{m}$
半闭环机床定位精度	$\pm 2\mu\text{m}$	$7\mu\text{m}$
半闭环机床重复定位精度	$\pm 1\mu\text{m}$	$4\mu\text{m}$
全闭环机床定位精度	$\pm 1.5\mu\text{m}$	$5\mu\text{m}$
全闭环机床重复定位精度	$\pm 1\mu\text{m}$	$4\mu\text{m}$

此外,要注意实测值应比供货厂家按标准给出的精度值低,应有 1/3 ~ 1/2 的精度储备,以防止实际应用时超差。

3. 生产节拍适应性 根据加工对象的批量和节拍要求,决定是用一台数控设备来完成加工,还是选择几台数控设备来完成加工;或者是选择柔性单元、柔性制造系统来完成加工;或者是选择柔性生产线(如可换主轴箱式加工中心组成的生产线)、专用机床和专用生产线来完成加工。

数控设备的最大特点是具有柔性化和灵活性,最适合轮番生产和产品更新换代快的要求。当然所付出的代价也是昂贵的。如果产品生命周期较长且批量大,选用专机专线来保证生产率和生产节拍要求也许更为合理。笔者曾经在一个生产汽车制动器的厂家看到一台数控钻床被冷落到一旁的例子。厂家说这台数控钻床节拍太慢,不好用,其实是选型不当造成的。一台数控钻床单机绝对适应不了大批量生产的节拍要求。

选用数控设备还要注意上下工序间的节拍协调一致,要注意外部设备的配置、编程、操作、维修等支撑环境。如果它们都不能协调运行,再好的数控设备也不能很好地发挥作用。

二、市场占有率原则

1. 市场占有率高的数控设备,说明是旺销产品,已受到多数用户的青睐和肯定,一般不会有太多质量低劣的情况。如果再对其重点用户进行实地考察,就比较容易做出判断。

2. 市场占有率高的旺销数控设备,必然是批量产品。其设计结构和工艺基本上是经过多次修改和考验的,应该都是比较成熟的产品,产品质量应该能得到保证。

三、可靠性原则

数控设备的可靠性是广大数控设备用户特别关心的焦点问题,因此在选用数控设备时必须认真加以对待。

1. 数控设备是否经过可靠性考核?有没有达到国家规定的平均无故障时间标准(规定的为 500h)?

2. 多数用户对某种数控设备可靠性评价结论如何?在中国质量管理协会全国用户委员会的布置下,全国数控机床用户委员会对一些数控设备组织过数控设备用户满意度评价。用户评价的平均分数达到 80 分以上者,才认为被用户所认可(这是中国质量管理协会全国用户委员会及全国数控机床用户委员会代表大会批准的水平)。选购设备时不妨向全国数控机床用户委员会咨询。

以上两条在用户选用数控设备时,是很有价值的参考信息,要充分利用。

四、优化配置原则

数控设备的配置,既要满足被加工工件的功能要求,又要保证质量稳定可靠,还要做到经济合理。

1. 机械结构是否经过优化设计,结构是否合理,是否有足够的刚性和稳定性;是否选用了优质材料和有效的工艺处理,以保证其稳定性,对这些应进行考察。

2. 应要求数控设备生产厂家提供各种关键配套产品的配置清单及生产厂家(附在合同后),防止数控设备生产厂家以次充好影响整机质量。必要时,用户要对关键配套产品提出明确要求和选择。

3. 配套产品应从国内外著名厂家批量生产的优良产品中选用。特别是数控系统、进给伺服系统、主轴驱动系统、主轴和滚珠丝杠用轴承、滚珠丝杠系统、PC 及电气件、液压件等必须选择好的批量生产的产品配套。这样不但能保证产品质量,也能获得合理的价格(因为批量生产的产品价格会低些)。一定要防止由于配置低劣造成的质量低劣而陷入低价陷阱。

五、维修备件供应原则

对于进口数控设备来讲,用户经常遇到维修备件供应难的问题。要么是供应渠道不畅,供应时间周期长,要么是原来的备件已淘汰,厂家专门做此种备件价格十分昂贵,要么就是无法弄到。解决的办法应考虑以下情况:第一,在订货时对于关键易损件要同时订购维修备件;第二,供应商能通过中国备件保税库供应备件,可随时选购;第三,供货商应保证备件淘汰后,能以合理的价格提供功能代替备件或原设计采用的备件。否则造成的后果,损失也是可观的。

六、质量保证原则

选用数控设备时,不但要考核数控设备本身的质量,还要考核数控设备生产企业质量保证体系的完善性和可信性。

1. 考核数控设备整机生产企业是否通过 ISO9000 族有关标准的认证,因为有没有通过 ISO9000 族有关标准的认证,对于企业生产产品的质量保证金的差别是很大的。通过这样的认证,在质量管理上,质量保证和物质条件上都会全面得到保证,否则就不一定得到保证。

2. 考核数控设备整机生产企业质量体系的运行情况。

选择重大昂贵数控设备时,应该由数控设备用户的技术专家,会同自己的质量管理人员共同到数控设备生产厂进行实地考察。重点考察质量保证体系运行的有效性,重点考察产品质量和服务质量的可追溯性及处理结果。如果数控设备生产企业虽然通过了 ISO9000 族有关标准的认证,但运行不佳,正像立法有据,执行无效一样,同样不能保证产品质量和服务质量。当然没有通过 ISO9000 族有关标准认证的企业,质量保证体系的完善性和有效性肯定会更差一些。

3. 考核数控设备整机生产企业的分承包方,即数控设备配套产品生产企业是否通过 ISO9000 族有关标准的认证。所需配套产品应该从通过 ISO9000 族标准认证的企业中选配。

4. 考核数控设备生产企业工艺装备水平。工艺装备是保证产品质量的重要物资手段。采用先进的工艺装备,采用数控设备作为生产制造的主要手段,对于保证产品质量肯定是有效的;采用陈旧的普通设备来制造数控设备,很难保证产品的制造质量。

5. 派驻质量监察员。对于重大昂贵的成套数控设备,在选定生产企业后,必要时可派有经验的质量管理专家以质量监察员的身份进驻该企业,对重点关键质量环节进行监察,以保证制造质量,避免造成损失。但对制造质量负全责的仍然是数控设备生产企业。

七、维修服务网络原则

在选择数控设备时,一定要考核数控设备生产企业及其配套产品生产企业的售前售后服务网络是否健全,服务队伍的素质是否能胜任工作,服务是否能及时,是否能履行承诺。这一点非常重要,不容忽视,应该在合同条款中加以明确,并规定索赔事项。对于在中国没有维修服务网点,或者有维修网点而形同虚设不起作用的企业,原则上是不能订货的。

全国数控机床用户委员会经常会收到用户有关数控设备质量和服务的投诉。如有一单位从国外订购两台数控设备,订购时国外厂商为了骗取成交,声称很快就要在中国建立维修服务网点,实际上时至今日也没有建立。设备到厂安装后故障不断,供应商不能解决维修问题,造成停机 98 天。

八、避免风险原则

1. 避免技术性风险

对于重大的技术复杂而昂贵的数控设备,选用时应采取交钥匙工程的方法签署技术合同和商务合同。要求订货前做工艺设计、动态模拟仿真或实切实验。订货时要求供应商提供全套工艺装备及刀具,到货后要求负责安装调试。要求负责对操作人员的编程、操作和维护的培训;要求进行典型加工零件的试切,直到全部满足用户工件加工要求和生产节拍要求,稳定用于生产为止。

供应商敢不敢承担这样的交钥匙合同,也是对他们实力的严峻考验。我国有的企业在引进高档数控设备及制造系统后,由于编程、操作和管理等技术支撑不适应而陷入困境,迟迟不能投产的现象,也是不乏其例的,损失也是不小的,应引以为戒。在这种情况下还是采用交钥匙工程方法签合同为好。一纸合同,全过程服务,可以把风险降到最低。

2. 避免资信风险

在商品经济的大潮中,骗局和陷阱还是存在的,一不小心就会陷进去,结果无法向领导和职工交代。为了避免这种风险,要对供应商进行实地考察。除了对产品技术质量和服务质量考察外,还要通过银行或可信的渠道考察其资信情况。供应商的负债率最好不超过 70%,负债率过高随时都有破产的危险。1955 年某厂购入西班牙某公司的落地镗铣床,机床尚未安装,供应商已倒闭。沈阳第三机床厂的破产,也给用户和配套件供应商带来了不少损失。对于有破产危险的企业,原则上是不能向其订货的,防止由于他们的破产给用户带来风险损失。对于那些大门紧闭、工人放假的企业,恐怕也是不能订货的。

除了考察供应商的负债率和生产形势外,还要考察供应商的流动资金状况。流动资金十分困难的企业,你向他们订了货,交了预付款,但他们把预付款挪作他用,因此造成无法交货或交货严重拖期,损失的还是用户。当然,用户也有信誉差的,提了货不付款,甚至赖账的情况也屡见不鲜,法院都无计可施,那亏是吃定了。最好的办法是一手交钱一手交货,双方都不担风险。价值低的设备是可以办到的,价值昂贵的设备是根据订货合同安排生产的,就很难做到一手交钱一手交货了。

九、环保安全原则

1. 数控设备也仍然有漏油、漏水、漏气的现象。这会污染环境和造成浪费,也应该坚持标准严格的要求。对工艺过程材料,如果含有对人体有害物质,也不应该超标。目前,我国已开始对企业进行 14000 环保标准认证。通过此项认证的企业,也应该成为我们订货时优先选择的企业。

2. 与数控设备配套的电气产品,往往都有安全要求。这些产品要达到安全标准,最好能通过安全认证。

十、科学验收原则

常常发现一些企业,可以以昂贵的代价购买数控设备,而不肯花钱请权威机构进行品质验收。有的外商就抓住了这个弱点,或者以次充好,或者发出他们的不合格品给中国的用户。而中国用户又不经权威机构

进行科学而严格的验收,让他们蒙混过关。当用户发现时,已过了索赔期,哑吧吃黄连,有苦说不出。

除请权威机构进行科学地、严格地验收外,还要明确拟定试切的生产零件和批量,以便实地考察数控设备的质量和工艺适应性。

十一、性能价格比原则

数控设备的价格主要取决于技术水平的先进性,质量和精度的好坏,配置的高低以及质量保证费用等。对数控设备的价格必须进行综合考虑,不要一味追求低价格。但是也要防止价格上的欺骗,买的不是物有所值,而是出了高价没有买到好的产品或者是买的设备水平、质量都不错,但却不值那么多钱,结果心里不平衡。只要认真地货比三家,比产品水平、比质量、比配置、比功能、比运行费用,再比价格,是可以买到性能价格比合理的数控设备的。或者通过有信誉的专业技术机构进行咨询代理,也是可以选购到性能价格比合理的数控设备的。这是因为专业数控技术咨询代理机构掌握数控设备方面的信息量比较多,对数控设备相对来说比较熟悉。而对数控设备生产企业而言,由于省去了直销的销售费用,又考虑到代理机构手里掌握一批用户、有一定批量的销售额,因而给代销机构一个较大幅度的让利。所以,通过中间代理机构采购设备,往往比用户直接从生产厂家采购会得到更好的价格。

招标采购也是一种货比几家的选购办法,但是拟订的标的往往不能把决定产品水平的结构、工艺、质量、服务等许多指标加以量化。在标书中只能列出考核的一系列菜单式指标,结果按低价原则中标,未必能选购满意的产品。因此建议,即使是招标采购,也要按照性能价格比的原则进行评标,不要一味追求低价而落入低价陷阱。低价数控设备往往都是在低劣配置上作文章,结果是“便宜无好货”,这一点不可忽视。数控设备的运行成本,也要适当加以考虑。如果能源和工艺过程材料消耗过多,增加社会运行成本,这也是一种浪费。

十二、结束语

以上介绍了选用数控设备的 11 个方面的原则或者说是 11 个方面应注意的问题。这里讲的都是一些原则,因为数控设备品种型号繁多,千差万别,不可能都一一对号入座。因此,这 11 项原则只能供参考用,如果对广大数控机床用户在选购数控设备时有所启迪也就够了。具体到选用某种数控设备,应考虑哪些选用原则,必须具体问题具体分析,以便选好数控设备。

数控车床购前的技术经济分析和选择

徐孝宣

全功能数控车床(含车削中心)是一种价格昂贵的机械加工设备。用户如果在购买之前就能做好充分的技术和经济方面的分析,则能在很大程度上保证实现预期的投资效益。本文就用户关心的若干问题提出一些看法和建议。

自70年代初以来,我国机床行业广大职工,经过不断开发和创新,使国产通用型数控机床的技术水平达到或接近了国际先进水平。其中数控车床则因其结构相对简单,使用面广,市场竞争激烈,故其技术更臻成熟,在技术性能、品种规格、价格水平等方面已基本满足了国内市场需求。其替代进口的比例,大大高于加工中心等其它种类的数控机床。

目前国内市场上的数控车床,商品品种繁多,性能、价格大相径庭。用户如何能选购到自己满意的数控车床就成为一个值得认真研究的课题。本文就以下几个方面进行论述,论述对象仅限于所谓全功能的数控车床,其精度检验是符合GB/T16462或与此等同的其它国内外标准规定的产品。至于采用步进电动机进给的所谓经济型数控车床,则不属于本文讨论的范围。

一、国内市场概述

国内市场上的数控车床品牌、型号繁多,可归纳划分成低、中、高三个技术水平层次。

1. 低技术层次的数控车床是一些以普通车床为基型派生而成的两个数控轴的产品,配置简廉的CNC数控系统和功能部件。其主要机械构件取自大批生产的普通车床,所以总的成本很低。其市场价一般不超过20万元/台,对于投资有限的小型企业来说,购买这种机床不失为一种权宜的选择。

2. 中等技术层次的数控车床一般不超过三个数控轴,总体设计以斜床身结构为主,功能比较齐全,可以满足高生产率和精密加工的要求。其性能价格比最高,是国家大力推广的市场主导产品。其价格一般不超过100万元/台。

在上述低、中两个技术层次中,国产数控车床占有绝对的市场优势。

3. 高技术层次的数控车床是一些具有四个数控轴以上的高档产品,如带Y轴、甚至带B轴的车铣中心,带双主轴、双刀架的车削中心,高精度数控车床等等,其市场价格每台远在100万元以上,目前其市场份额由进口商品所独占。国内的有关企业正在奋起直追,已陆续开发成功一些高新技术产品,但尚处于起步阶段,亟待有关用户的大力扶持。

二、数控车床的类型

对于初次购买数控车床的经办人,有必要去了解各种数控车床的结构概况和技术水平,以便在纷繁的市场中选购到适合自己需要的机床。

为了适应市场多样化的需求,各主要数控车床生产厂都已实现了产品的模块化设计和功能部件菜单式配置,以力求满足用户追求的“投资效益最好、交货期最短”的期望。下面就这些方面作简略介绍。

1. 平床身数控车床

这种数控车床是基于使普通车床数控化的设计思想而形成的产物。它继承了普通车床的基本素质,如整体刚性不高,主轴动力小,转速低,排屑困难,主要导轨难以防护而导致精度保持性差等等。还有对刀具切削冷却液的安全防护困难,而难以满足高生产率和精密加工的要求。因此这种结构形式的数控车床比较适用于干式半精车和精车工序。