

教育部高职高专规划教材

技能型 **紧缺** 人才培养培训系列教材

数控车削编程与考级 (FANUC 0i-TB系统)

► 尹玉珍 主编
周明虎 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控车削编程与考级

(FANUC 0i-TB 系统)

	尹玉珍	主 编
徐建高	姚 健	副主编
	周明虎	主 审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车削编程与考级 (FANUC 0i-TB 系统)/尹玉珍
主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

教育部高职高专规划教材

技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 7-5025-8004-2

I. 数… II. 尹… III. 数控机床: 车床-车削-程
序设计-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 148743 号

教育部高职高专规划教材
技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控车削编程与考级
(FANUC 0i-TB 系统)

尹玉珍 主 编

徐建高 姚 健 副主编

周明虎 主 审

责任编辑: 高 钰 韩庆利

责任校对: 于志岩

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 11 字数 269 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8004-2

定 价: 19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

数控技术专业系列教材编委会

主 任

覃 岭

副主任

冯建雨 唐义锋 苑章义

编 委

(按姓氏汉语拼音排序)

常红梅	陈粟宋	程时甘	洪 凯
黄劲枝	孔 杰	龙光涛	麻 艳
毛卫秀	孙贵杰	吴新腾	徐建高
杨永平	尹玉珍	赵俊生	钟江鸿

内 容 提 要

本书是根据国家教育部数控技术应用专业技能紧缺人才培养方案和劳动与社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范编写的，主要由三部分组成：第一部分为数控机床加工的相关知识、编程知识和数控机床的操作步骤，其中将编程指令的讲解融入简单的程序中，使读者易于理解与应用；第二部分为数控车床中级工、高级工实习课题，此部分精选例题，讲解仔细，各具特色；第三部分为数控车床操作工模拟试题及参考答案，方便读者自测。

本书可作为高等职业技术学院数控技术应用专业及机械类教材，也可作为技工、中等职业技术学校机械类教材，机械工人培训教材和自学用书。

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据国家教育部数控技术应用专业技能紧缺人才培养方案和劳动与社会保障部制定的有关国家职业标准及相关的职业技能鉴定规范,结合编者多年的教学 and 实践经验编写而成的。

随着中国工业的发展,许多世界级先进企业面向全球化和信息化的新一轮战略调整,纷纷加快他们向中国转移的速度和力度,中国将成为“世界工厂”、“制造中心”,这些外资企业的设备大多是融机械制造技术、微电子技术和信息技术于一体的数控设备,同时中国工业为提升竞争力,也纷纷购置性能优越的数控设备。因此,各行各业迫切需要大批懂数控技术的高级技术应用型人才。

本书着重讲解 FANUC Oi-TB 数控指令及其应用,其中将编程指令的讲解融入程序中,便于理解和应用;零件举例从简单到复杂,循序渐进,便于实践操作。

本书由尹玉珍任主编,徐建高、姚健任副主编,参加本书编写工作的还有杜晓东、沈为清、万立康,全书由尹玉珍统稿和定稿,由周明虎任主审。马蕾、边巍、陈青云等先后参加过收集资料、绘图等工作。此外,兄弟院校的同仁对本书的编写工作也给予了大力支持,在此谨表感谢。

本书不足之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2005 年 8 月

目 录

第一章 数控车床概述	1
第一节 数控机床的基本知识.....	1
一、数控与数控机床的概念.....	1
二、数控车床型号及技术参数.....	1
第二节 数控车床工作原理.....	2
一、数控车床组成及其作用.....	2
二、数控系统的主要功能.....	4
三、数控车床工作原理.....	5
第三节 数控车削加工工艺范围及特点.....	5
一、数控车削加工工艺范围.....	5
二、数控车削特点.....	6
第四节 数控机床分类.....	8
一、根据机床加工特性和主要加工工序分.....	9
二、根据数控系统的技术水平分.....	9
第二章 数控车床编程基本知识	13
第一节 数控编程概述	13
一、数控编程的内容	13
二、数控编程方法	14
三、程序格式	14
第二节 数控机床坐标系	15
一、坐标和运动方向命名的原则	15
二、坐标运动的规定	16
三、机床坐标系、机床原点和机床参考点	17
四、数控车床坐标系	17
第三节 数控车床编程特点	18
一、尺寸字选用灵活	18
二、重复循环切削功能	18
三、直接按工件轮廓编程	18
四、采用直径编程	18
第三章 数控车床程序编制的基本方法	19
第一节 数控车床程序的结构组成	19
一、程序的文件名	19
二、程序段的格式	19
三、指令字的格式	19
四、数控车床程序的基本指令	20
第二节 数控车床程序编制的基本方法	22

一、数控车床程序编制的基本方法课题 I	22
二、数控车床程序编制的基本方法课题 II	24
三、数控车床程序编制的基本方法课题 III	25
四、数控车床程序编制的基本方法课题 IV	27
五、数控车床程序编制的基本方法课题 V	29
六、数控车床程序编制的基本方法课题 VI	33
七、数控车床程序编制的基本方法课题 VII	35
八、数控车床程序编制的基本方法课题 VIII	36
九、数控车床程序编制的基本方法课题 IX	38
十、数控车床程序编制的基本方法课题 X	40
第四章 数控车床操作	42
第一节 数控车床操作面板	42
一、CRT/MDI 操作面板	42
二、机床控制面板	43
第二节 数控车床操作	44
一、开机	44
二、回参考点	44
三、“JOG” 运行方式	45
四、MDI 运行方式（手动输入）	45
五、自动运行方式	46
六、选择零件程序	46
七、删除一个程序	46
八、删除全部数控程序	46
九、搜索一个指定的代码	47
十、编辑 NC 程序（删除、插入、替换操作）	47
十一、输入新程序	48
十二、对刀	48
十三、输入和修改零点偏置值	49
第五章 数控车床操作工（中级）考核练习题	50
第一节 数控车工（中级）课题 I	50
一、教学目的	50
二、注意事项	50
三、编程、操作时间	50
四、零件图	50
五、加工工艺	51
六、零件加工参考程序	52
第二节 数控车工（中级）课题 II	53
一、教学目的	53
二、注意事项	53
三、编程、操作时间	53
四、零件图	54
五、加工工艺	55

六、零件加工参考程序	56
第三节 数控车工（中级）课题Ⅲ	57
一、教学目的	57
二、注意事项	57
三、编程、操作时间	57
四、零件图	57
五、加工工艺	59
六、零件加工参考程序	60
第四节 数控车工（中级）课题Ⅳ	61
一、教学目的	61
二、注意事项	61
三、编程、操作时间	61
四、零件图	61
五、加工工艺	62
六、零件加工参考程序	63
第五节 数控车工（中级）课题Ⅴ	64
一、教学目的	64
二、注意事项	64
三、编程、操作时间	64
四、零件图	65
五、加工工艺	66
六、零件加工参考程序	67
第六节 数控车工（中级）课题Ⅵ	68
一、教学目的	68
二、注意事项	68
三、编程、操作时间	68
四、零件图	69
五、加工工艺	70
六、零件加工参考程序	71
第七节 数控车工（中级）课题Ⅶ	72
一、教学目的	72
二、注意事项	72
三、编程、操作时间	72
四、零件图	72
五、加工工艺	73
六、零件加工参考程序	74
第八节 数控车工（中级）课题Ⅷ	75
一、教学目的	75
二、注意事项	75
三、编程、操作时间	75
四、零件图	75
五、加工工艺	77

六、零件加工参考程序	78
第九节 数控车工 (中级) 课题 IX	80
一、教学目的	80
二、注意事项	80
三、编程、操作时间	80
四、零件图	80
五、加工工艺	81
六、零件加工参考程序	82
第十节 数控车工 (中级) 课题 X	83
一、教学目的	83
二、注意事项	83
三、编程、操作时间	83
四、零件图	83
五、加工工艺	84
六、零件加工参考程序	85
第十一节 数控车工 (中级) 课题 XI	87
一、教学目的	87
二、注意事项	87
三、编程、操作时间	87
四、零件图	87
五、加工工艺	91
六、零件加工参考程序	93
第六章 数控车床操作工 (高级) 考核练习题	94
第一节 数控车工 (高级) 课题 I	94
一、教学目的	94
二、注意事项	94
三、编程、操作时间	94
四、零件图	94
五、加工工艺	95
六、零件加工参考程序	96
第二节 数控车工 (高级) 课题 II	98
一、教学目的	98
二、注意事项	98
三、编程、操作时间	98
四、零件图	98
五、加工工艺	99
六、零件加工参考程序	100
第三节 数控车工 (高级) 课题 III	102
一、教学目的	102
二、注意事项	102
三、编程、操作时间	103
四、零件图	103

五、加工工艺	104
六、零件加工参考程序	105
第四节 数控车工(高级)课题Ⅳ	107
一、教学目的	107
二、注意事项	107
三、编程、操作时间	107
四、零件图	107
五、加工工艺	108
六、零件加工参考程序	109
第五节 数控车工(高级)课题Ⅴ	111
一、教学目的	111
二、注意事项	111
三、编程、操作时间	112
四、零件图	112
五、加工工艺	113
六、零件加工参考程序	114
第六节 数控车工(高级)课题Ⅵ	117
一、教学目的	117
二、注意事项	117
三、编程、操作时间	117
四、零件图	117
五、加工工艺	118
六、零件加工参考程序	119
第七节 数控车工(高级)课题Ⅶ	122
一、教学目的	122
二、注意事项	123
三、编程、操作时间	123
四、零件图	123
五、加工工艺	124
六、零件加工参考程序	125
第八节 数控车工(高级)课题Ⅷ	128
一、教学目的	128
二、注意事项	128
三、编程、操作时间	129
四、零件图	129
五、加工工艺	130
六、零件加工参考程序	131
附录一 数控车床考试模拟试题及参考答案	135
数控车床(中级)考试模拟试题(一)	135
数控车床(中级)考试模拟试题(二)	136
数控车床(中级)考试模拟试题(三)	138
数控车床(中级)考试模拟试题(一)答案	140

数控车床（中级）考试模拟试题（二）答案.....	141
数控车床（中级）考试模拟试题（三）答案.....	142
数控车床（高级）考试模拟试题（一）.....	143
数控车床（高级）考试模拟试题（二）.....	147
数控车床（高级）考试模拟试题（三）.....	151
数控车床（高级）考试模拟试题（一）答案.....	155
数控车床（高级）考试模拟试题（二）答案.....	156
数控车床（高级）考试模拟试题（三）答案.....	156
附录二 数控机床安全操作规程	158
附录三 数控机床的日常保养	159
参考文献	160

第一章 数控车床概述

第一节 数控机床的基本知识

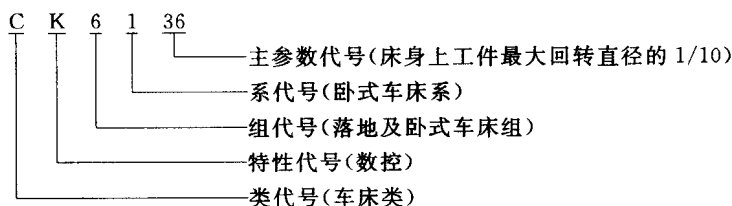
一、数控与数控机床的概念

数字控制 (Numerical Control, 简称数控或 NC) 技术, 国家标准 (GB 8129—87) 定义为: “用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法”。装备了数控系统的机床称为数控机床。随着科学技术的发展, 数控系统也采用专用或通用计算机及控制软件与相关的电气元部件一起来实现数控功能, 称为计算机数控 (CNC) 系统。

二、数控车床型号及技术参数

1. 数控车床型号

根据《金属切削机床型号编制的方法》(GB/T 15375—94) 中规定, 机床均用汉语拼音字母和数字, 按一定规律组合进行编号, 以表示机床的类型和主要规格。数控车床编号 CK6136 中, 字母与数字含义如下:



2. 数控车床技术参数

技术参数是用户购买机床时的主要依据, 表 1-1 为 CK6136A 和 CA6140 的技术参数, 旨在了解数控车床与普通车床在技术参数种类和数值上的不同。数控机床性能指标的含义和对机床的影响见表 1-2。

表 1-1 数控车床和普通车床技术参数

规格及参数名称		单位	CK6136A	CA6140
与工件尺寸和工夹具有关的参数	床身上工件最大回转直径	mm	360	400
	两顶尖间最大支撑长度	mm	750	750
	主轴通孔直径	mm	58	48
	主轴内孔锥度		莫氏 6 号	莫氏 6 号
	主轴端部代号		D6	
	尾架套筒内孔锥度		莫氏 4 号	莫氏 4 号
与机床动力特性和技术经济指标有关的参数	主轴转速范围	r/min	200~2000	10~1400(正转)14~1580(反转)
	主轴转速级数		无级	正转 24, 反转 12
	Z 轴最快进给速度	m/min	6	4
	X 轴最快给速度	m/min	3	2

续表

规格及参数名称		单位	CK6136A	CA6140
与机床动力特性和技术经济指标有关的参数	最小设定单位(脉冲当量)	mm	Z:0.01 X:0.005	Z:0.1 X:0.02
	定位精度	mm	0.04(Z)0.03(X)	
	重复定位精度	mm	0.016(Z)0.012(X)	
	主电机功率	kW	4 或 5.5	7.5
	进给电机功率	kW		
	外形尺寸(长×宽×高)	mm		
	机床净重	kg	1600	2000

表 1-2 数控机床性能指标的含义和对机床的影响

种类	项 目	含 义	影 响
精度指标	定位精度	数控机床工作台等移动部件在确定的终点所达到的实际位置的水平	直接影响加工零件的位置精度
	重复定位精度	同一数控机床上,应用相同加工程序加工一批零件所得连续质量的一致程度	影响一批零件的加工一致性、质量稳定性
	分度精度	分度工作台在分度时,理论要求回转角度值与实际回转角度值的差值	影响零件加工部位的空间位置及孔系加工的同轴度
	分辨率	数控机床对两个相邻的分散细节间可分辨的最小间隔	决定机床的加工精度和表面质量
	脉冲当量	执行运动部件的移动量	决定机床的加工精度和表面质量
坐标轴	可控轴数	机床数控装置能控制的轴数	影响机床功能、加工适应性和工艺范围
	联动轴数	机床数控装置控制的坐标轴同时到达空间某一点的坐标数目	影响机床功能、加工适应性和工艺范围
运动性能指标	主轴转速	机床主轴转动速度	可加工小孔和提高零件表面质量
	进给速度	机床进给线速度	影响零件加工质量、生产效率、刀具寿命
	行程	数控机床坐标轴空间运动范围	影响零件加工大小
	摆角范围	数控机床摆角坐标的转角大小	影响加工零件的空间大小和机床刚度
	刀库容量	刀库能存放加工所需的刀具数量	加工适应性及加工资源
	换刀时间	带自动换刀装置的机床在主轴用刀与刀库中下一工序用刀交换所需的时间	影响加工效率
加工能力指标	每分钟最大金属切除率	单位时间内去除金属余量的体积	影响加工效率

第二节 数控车床工作原理

一、数控车床组成及其作用

图 1-1 所示为数控车床 CK6136 外形。

传统观点认为数控车床由程序载体、输入输出设备、数控系统、伺服系统、机床本体等组成。但现代数控车床的数控系统都采用模块化结构，伺服系统中的伺服单元和驱动装置为数控系统中的一个子系统，输入输出装置也为数控系统中的一个功能模块，所以现在的观点



图 1-1 数控车床 CK6136 外形

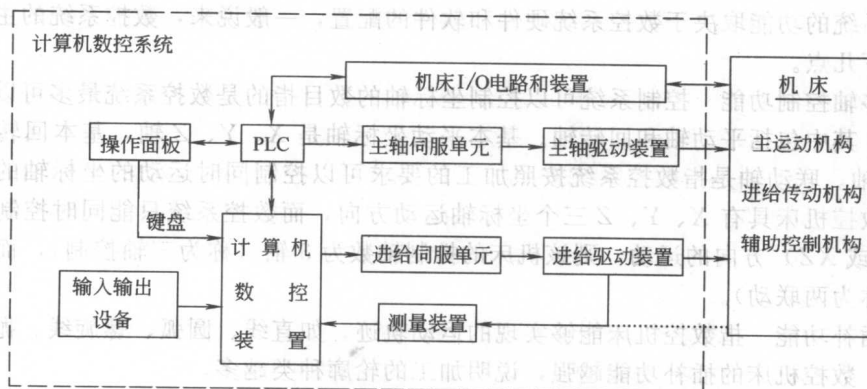


图 1-2 数控车床的组成

也有的认为数控车床主要由计算机数控系统和机床本体组成, 见图 1-2 所示。其中每一部分的功用如下。

1. 输入装置

数控车床是按照编程人员编制的工件加工程序运行的。在工件加工程序中,包括车床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(走刀量、主轴转速等)和辅助运动等。通常编程人员将工件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,如录音磁带、软磁盘或硬盘等,通过数控车床的输入装置,将程序信息输入到数控装置内。

输入装置的作用是将程序载体内有关加工的信息读入数控装置。根据程序载体的不同,输入装置可以是录音机或软盘驱动器等。

数控车床还可以不用任何程序载体，通过数控车床操作面板上的键盘，用手工将工件加工程序输入数控装置；或者将存储在计算机硬盘上的工件加工程序传送到数控装置。

2. 计算机数控装置

数控装置是数控车床的核心。它根据输入的数据,完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等。数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入输出接口板及可编程序控制器(PLC)等组成。可编程序控制器主要用于对数控车床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。

3. 伺服系统

伺服系统包括主轴伺服单元、进给伺服单元、机床控制线路、功率放大线路及驱动装置，它接受数控装置发来的各种动作命令，驱动数控车床传动系统的运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控车床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

4. 测量装置

测量装置的作用是通过位置传感器将伺服电动机的角位移或数控车床执行机构的直线位移转换成电信号，输送给数控装置，使之与指令信号进行比较，并由数控装置发出指令，纠正所产生的误差，使数控车床按工件加工程序要求的进给位置和速度完成加工。

5. 机床本体

机床本体包括：主传动系统、进给系统以及辅助装置等。对于数控加工中心，还有存放刀具的刀库、自动换刀装置（ATC）和自动托盘交换装置等。与传统的车床相比，数控车床的结构强度、刚度和抗振性，传动系统和刀具系统的部件结构，操作机构等方面都发生了很大的变化，其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控车床的效能。

二、数控系统的主要功能

数控系统的功能取决于数控系统硬件和软件的配置，一般说来，数控系统的主要功能可归纳为以下几点。

(1) 多轴控制功能 控制系统可以控制坐标轴的数目的指的是数控系统最多可以控制多少个坐标轴，其中包括平动轴和回转轴。基本平动坐标轴是 X、Y、Z 轴，基本回转坐标轴是 A、B、C 轴。联动轴是指数控系统按照加工的要求可以控制同时运动的坐标轴的数目。如某型号的数控机床具有 X、Y、Z 三个坐标轴运动方向，而数控系统只能同时控制两个坐标（XY、YZ 或 XZ）方向的运动，则该机床的控制轴数为 3 轴（称为三轴控制），而联动轴数为 2 轴（称为两联动）。

(2) 插补功能 指数控机床能够实现的运动轨迹。如直线、圆弧、螺旋线、抛物线、正弦曲线等。数控机床的插补功能越强，说明加工的轮廓种类越多。

(3) 进给功能 包括快速进给（空行程移动）、切削进给、手动连续进给、点动，进给量调整（倍率开关）、自动加速减速功能等性能。进给功能与伺服驱动系统的性能有很大的关系。

(4) 主轴功能 可实现恒转速、恒线速度、定向停车及转速调整（倍率开关）等功能。恒线速度指的是主轴可以自动变速，使得刀具对工件切削点的线速度保持不变。主轴定向停车功能主要用于数控机床在换刀、精镗等工序退刀前，对主轴进行准确定位，以便于退刀。

(5) 刀具功能 指在数控机床上可以实现刀具的自动选择和自动换刀。

(6) 刀具补偿功能 包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿功能。半径补偿中有车刀的刀尖半径、铣刀半径的补偿，长度补偿中有铣床、加工中心沿加工深度方向对刀具长度变化的补偿。

(7) 机械误差补偿功能 指系统可以自动补偿机械传动部件因间隙产生的误差的功能。

(8) 操作功能 数控机床通常有单程序段运行、跳段执行、连续运行、试运行、图形模拟仿真、机械锁住、暂停和急停等功能，有的还有软件操作功能。

(9) 程序管理功能 指对加工程序的检索、编制、插入、删除、更名、锁住、在线编辑（即后台编辑，在执行自动加工的同时进行编辑）以及程序的存储通信等。

(10) 图形显示功能 在显示器（CRT）上进行二维或三维、单色或彩色的图形显示。图形可以进行缩放、旋转，还可以进行刀具轨迹动态显示。

(11) 辅助编程功能 如固定循环、镜像、图形缩放、子程序、宏程序、坐标轴旋转、极坐标等功能，可减少手工编程的工作量和难度。

(12) 自诊断报警功能 指数控系统对其软件、硬件故障的自我诊断能力。这项功能可