

数字控制 自动气割机

文冲船厂、中山大学编写小组编

1

人民交通出版社

内 容 提 要

本书从数控基本知识和基本电路着手,由浅入深,叙述了Z-W数字控制自动气割机的原理,并结合该机特点,特别对于半开环自整角机随动系统的原理和调试方法作了比较详细的介绍。全书共分十章:概述、二进制、基本逻辑电路与基本逻辑部件、数控气割机的插补方式、Z-W机的运算器、控制器、输入、随动系统和执行机构、机器的工作过程、整机电源。本书结合实际,内容比较通俗,可供从事数控气割机的制造、使用和维修人员阅读。

数字控制自动气割机

文冲船厂、中山大学编写小组编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张: 9.125 插页: 1 字数: 199 千

1978年 月 第1版

1978年8月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—27,600册 定价(科三): 0.75 元

前 言

建国以来，在毛主席的革命路线指引下，我国造船工业有了很大发展，技术革新、技术革命运动不断取得新的成绩，新技术、新工艺迅速得到推广。

数控技术的研究和使用，在我国大约只有十几年的历史，但它在工业机械加工的自动控制中已发挥出重大的作用，在切割方面更是得到了广泛的应用。

在伟大领袖毛主席关于“我们必须打破常规，尽量采用先进技术”和“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的光辉指示指引下，一九七二年，交通部文冲船厂在中山大学数学力学系的大力协助下，制成一台Z-W数控自动气割机。该机采用了不同于一般全开环随动系统的半开环的自整角机随动系统。几年来的生产实践证明，这种系统比较稳定、可靠。

遵照毛主席关于“要认真总结经验”的教导，我们编写了这本书，希望能为数控技术的普及作出点滴贡献。在编写过程中，我们采取了领导干部、工人和专业技术人员三结合的形式，力求理论联系实际、通俗易懂，以便于从事数控气割机的制造、管理、使用和维修人员阅读。本书从数字控制的基本知识和基本电路着手，由浅入深，阐明了机器的工作原理和调试方法，并结合Z-W气割机的特点，对半开环自整角机随动系统作了比较详细的叙述。同时，我们还参阅了一些兄弟单位的有关资料，对其他型式的机器也作了简单介绍。

由于我们学习马列著作和毛主席著作不够，理论知识和实践经验有限，书中必定有许多缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

编写小组
一九七六年十二月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 数控技术在修造船方面的应用.....	1
第二节 数控气割机的工作原理.....	2
一、Z-W 数控气割机的控制机	4
二、Z-W 数控气割机的执行机构	7
三、Z-W 数控气割机的指令形式和程序编制.....	8
第二章 二进制	12
第一节 二进制数.....	12
一、十进制数的表示	12
二、二进制数的表示	13
三、十-二进制数	15
第二节 二进制与十进制数间的转换.....	15
第三节 二进制数的加法和减法运算.....	18
一、加法	18
二、减法	18
第三章 基本逻辑电路与基本逻辑部件	24
第一节 基本逻辑电路.....	24
一、与门	24
二、或门	27
三、非门——反相器	29
四、电位脉冲门.....	32
五、双稳态触发器.....	37

六、“清 0”和“置全 1”线路	43
七、氖灯显示电路	45
八、单稳态触发器	45
九、自激多谐振荡器	48
十、射极耦合振荡器（时标电路）	52
十一、射极耦合触发器（施密特触发器）	55
第二节 简单的逻辑代数和运算法则	58
一、逻辑代数的基本运算式	59
二、逻辑代数的基本恒等式	60
第三节 逻辑部件	64
一、半加器	64
二、全加器	66
三、寄存器	67
四、二进制计数器	71
五、十进制计数器	77
六、译码器	82
七、节拍分配器和脉冲分配器	92
第四章 数控气割机的插补方式	95
第一节 逐点比较法的插补公式	95
一、偏差公式	95
二、补码表示的插补运算公式	104
第二节 Z-W 数控气割机的程序编制	107
一、程序的二进制数表示	107
二、割缝余量补偿	114
第三节 数字-脉冲乘法器法	117
一、工作原理	118
二、数字-脉冲乘法器的逻辑电路	119
三、加工速度	120

四、脉冲的均匀度	122
第四节 积分器法	124
一、近似积分与积分器	124
二、积分器的工作原理	128
第五章 运算器	135
第一节 坐标计算和求补的实现	135
第二节 偏差计算的实现	138
一、 $F + N$	138
二、乘常量 $2N$ 、 $8N$	140
三、 $F + 2N + 1$ 的运算	142
第三节 十翻二的实现	142
第四节 Z-W 数控气割机串行运算器的构成	145
一、 X 、 Y 、 F 移位寄存器	145
二、全加器所完成的运算	145
三、半加器所完成的运算	146
四、乘法器所完成的运算	146
第五节 实现各种运算的控制	146
一、各控制门的逻辑关系式和逻辑图	146
二、各控制门的作用	151
第六章 控制器	153
第一节 工作节拍的产生	153
一、时标	153
二、主脉冲门	153
三、变频与变频门	154
四、时标计数	155
五、时序脉冲	155
第二节 运算和加工的启、停	157
一、运算开关 T_{KA}	157

二、加工开关 T_{KW}	158
三、 J 全 0 门	159
第三节 指令寄存器和指令译码	160
一、指令寄存器和编码	160
二、指令译码	162
第四节 计数控制和进给控制	166
一、进给控制	166
二、计数控制	168
三、终点判别信号	168
第五节 走圆换象限时自动修改指令	169
一、查 0 的方法	169
二、指令的修改	172
三、修改指令后的变补	173
第六节 返回控制	174
一、返回控制原理	175
二、返回控制工作过程	179
第七章 输入	184
第一节 输入机	184
一、光电输入机	184
二、电容输入机	187
第二节 数的读入	190
一、光电放大与光电整形	190
二、同步孔的作用	192
第三节 输入开关的启停	194
一、人工启停	195
二、输入自动启停	195
三、出错停	196
第四节 奇偶校验与纸带译码	196

一、奇偶校验	196
二、纸带译码	198
第五节 输控触发器输控译码	200
一、置 x 或置 y 、置 J 信号的产生	200
二、十翻二的控制信号	200
三、乘十与加 S 信号	201
第六节 置 J	201
第七节 置计数方向 G 与加工指令 Z	204
一、计数方向 G 的读入	204
二、加工指令 Z 的读入	204
第八章 随动系统和执行机构	207
第一节 随动系统的分类	207
一、开环系统	207
二、闭环系统	208
三、半开环系统	208
第二节 步进电机和环形分配器	209
一、步进电机	209
二、步进电机的控制线路——环形分配器	213
第三节 自动控制中常用的微电机	220
一、伺服电动机	220
二、自整角机	223
第四节 随动系统的工作原理	230
一、系统的方框图和工作原理	230
二、系统的放大环节——相敏放大与可控硅驱动线路	233
三、系统的电原理图	237
第五节 随动系统开环、闭环调试方法	247
一、开环调试	247
二、闭环调试	252

第九章 机器的工作过程	257
第一节 输入过程	257
一、启动输入	257
二、输入第一个 B	257
三、输入 X	258
四、输入第二个 B	261
五、输入 Y	261
六、输入第三个 B	261
七、输入 J	262
八、输入 G_x	264
九、输入加工指令 L_1	264
第二节 加工过程	266
一、斜线的加工过程	266
二、圆弧的加工过程	268
三、返回控制	271
第十章 整机电源	274
第一节 整流滤波不稳压直流电源	274
一、数字管显示电源和氖灯显示电源	274
二、步进电机电源	274
第二节 晶体管直流稳压电源	275
一、晶体管稳压电源的基本原理	275
二、Z-W 数控气割机所用稳压电源线路介绍	277

第一章 概 述

第一节 数控技术在修造船方面的应用

随着电子计算技术的发展,近十余年来,国内外许多大、中型船厂陆续在船舶设计、生产和管理等方面采用了电子计算机和数控装置。现代化电子计算技术和数控技术的应用正在逐步改变着造船工业的面貌,促使造船生产过程不断向机械化、自动化和合理化方向发展。

电子计算机在造船方面的应用,开始于五十年代中期。最初,它首先被应用于船舶设计的静力学计算。到五十年代后期,特别是进入六十年代以后,它在船舶设计和科研中的应用就更为广泛。

在造船生产上的应用,大致开始于五十年代后期。最初用于船体放样,到六十年代中后期,尤其是进入七十年代以后,许多大、中型船厂都采用了数学放样。

数控切割和数控绘图的发展也比较早,1958年国外研制成功数控气割机;1962年开始应用数控绘图机。到六十年代后期,许多大型船厂都采用了这两种设备。

在其他加工方面,数控肋骨冷弯机、数控弯板机、数控弯管机、数控车床和数控铣床等,在六十年代后期和七十年代初也逐步发展起来。在船体装配、起重运输和舾装等方面,则尚处于发展的初始阶段。

我国造船工业在解放以前几乎是一个空白点。建国

二十八年来,在毛主席的无产阶级革命路线指引下,我国造船工业已经取得了较大幅度的发展。我国广大修造船职工坚持独立自主、自力更生的方针,造出了一艘艘万吨巨轮航行于世界各地。随着我国造船工业的迅速发展,各种数控设备在各大、中型船厂中得到了广泛应用。数学放样已初步获得成功,数控气割机几乎各大、中型船厂都在使用,而且大部分都是自行设计自己制造的。数控绘图机、数控弯管机、数控车床、数控螺旋桨加工、数控肋骨冷弯机等也在各个船厂陆续研制出来并投入使用。生产实践证明,数控设备能够提高生产效率,改善工人的劳动条件,提高质量,降低成本,节约材料。

毛主席教导我们:“我们必须打破常规,尽量采用先进技术,在一个不太长的历史时期内,把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”我国的数控技术一定会迅速发展起来,赶上和超过世界先进水平。

第二节 数控气割机的工作原理

在造船工艺中,大部分钢质船体构件都要根据各种船型和不同尺寸切割成型。切割的精度和割口质量对以后的分段焊接和总装工作影响很大,所以钢板的切割是造船中比较重要的一环。采用手工切割时,切割前要按图纸把图形打印在钢板上,因而要浪费大量工时。切割时,气割工要在高温环境下长时间地蹲着工作,劳动强度极大。同时,除较熟练的工人外,手工切割的质量有时也较难保证,这就给以后的工序(如加工、安装等)带来许多麻烦。如果采用数控气割,就可以大大改变这种状况。气割工只要正确使用数控气割机,

就可以准确无误地把所需要的各种形状的工件切割下来。下面以文冲船厂的 Z-W 数控自动气割机为例来说明它的工作原理。

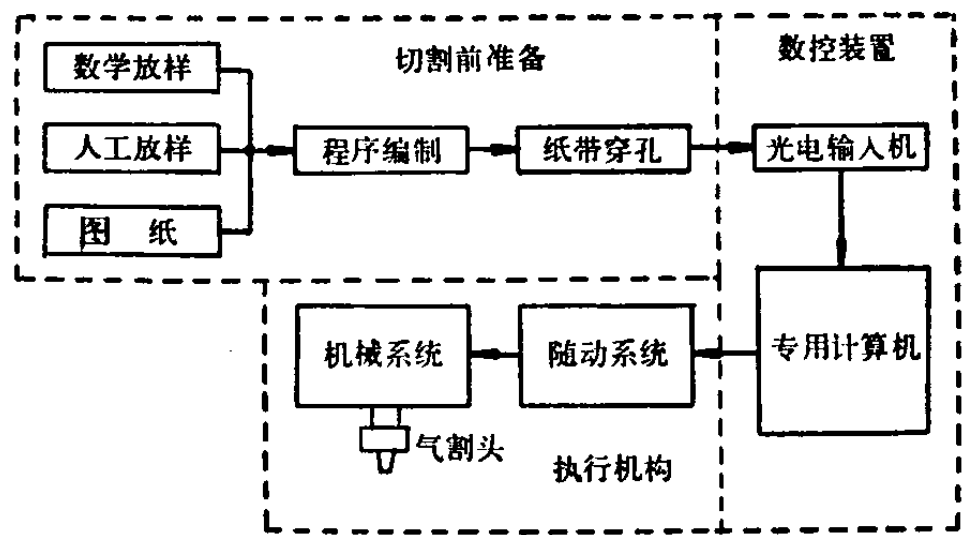


图 1-1

图1-1是 Z-W 自动气割机的组成和工作过程的方框图。

由图中可以看出，Z-W 数控自动气割机主要由两大部分组成，即数控装置和执行机构。数控气割机在切割前需要完成一定的准备工作。第一步是把数学放样、人工放样或者图纸上工件的几何形状和数据编制成一条条计算机所能接受的加工指令，这叫做编程序。然后把编好的程序按照规定的编码打在穿孔纸带上，这条穿孔纸带就是计算机所能认识的“图纸”。穿孔纸带上的编码完全表示了所要切割的工件的几何形状和尺寸。以上的准备工作可以由通用计算机完成。切割时，把已穿孔的纸带放在光电输入机上，加工指令就通过光电输入机被读入专用计算机中。在这里，光电输入机好比数控气割机的眼睛，专用计算机则好比大脑，它根据输入的指令计算出气割头的走向和应走的距离，并通过执行机构（好比数控气割机的手脚）带动气割头（割嘴）按图纸形状

把钢板切割下来。下面简单地说明原理方框图。

一、Z-W 数控气割机的控制机

Z-W 数控气割机的控制机实际上是以“逐点比较法”作圆弧和直线插补运算的小型专用计算机。“逐点比较法”是数控气割中用得较多的插补方式之一。顾名思义，所谓逐点比较法，就是气割头每进给一步，专用计算机就把它的实际位置和应切割的那条曲线加以比较，计算出偏差，然后根据运算结果按照减少偏差的原则决定下一步的进给。这样就可以一步一步地逼近所要加工的准确曲线。这种采用步步逼近的切割方法，叫做逐点比较法。

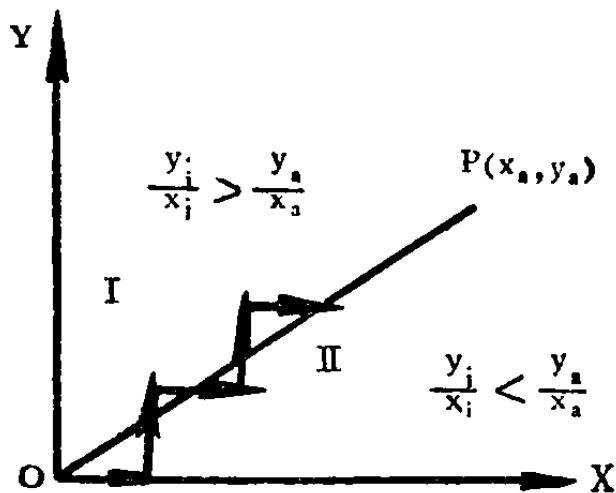


图 1-2

现以直线插补为例来说明逐点比较法的工作原理。假设要加工的直线段是通过坐标原点 O 和点 $P(x_a, y_a)$ 的线段 $\overline{OP}$ ，见图1-2。开始时，割嘴从原点先向 x 轴方向移动一步，这时割嘴的位置为 (x_i, y_i) 。由图中可见，直线 $\overline{OP}$ 把第一象限分为两个区域 I 和 II，对于区域 I 中的点 (x_i, y_i)

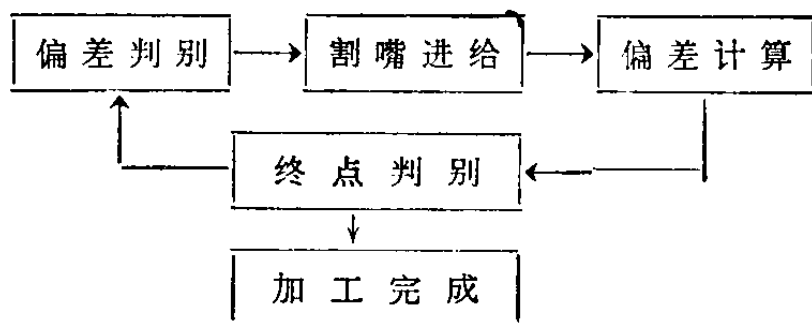
$$\frac{y_i}{x_i} > \frac{y_a}{x_a} \quad (1-1)$$

对于区域Ⅱ中的点 (x_i, y_i)

$$\frac{y_i}{x_i} < \frac{y_a}{x_a} \quad (1-2)$$

所以，割嘴每移动一步，专用计算机即根据所得点的坐标来比较 $\frac{y_i}{x_i}$ 和 $\frac{y_a}{x_a}$ 的大小，从而判别出割嘴所在的区域，并决定割嘴下一步的走向。如果满足式 (1-1)，则点在区域Ⅰ，割嘴下一步应沿 x 方向右移一步；如果满足式 (1-2)，则点在区域Ⅱ，割嘴下一步应沿 y 方向上移一步。根据上述的逻辑判断和办法，割嘴便可一步一步地走到终点 P 。由图 1-2 可见，割嘴实际走过的轨迹并不是直线而是一条折线，这样自然产生了误差。但是，如上所述，由于每移动一步都要进行比较，由比较决定下一步走向，所以割嘴运动轨迹上的点偏离所给定线段的距离不会超过一步以上，只要每步步距取得足够小，这个误差是可以忽略的。在 Z-W 数控气割机中，每步步距为 0.05 毫米，而割缝一般有 1 毫米，因此误差完全可以忽略，折线几乎看不出来。

为了实现逐点比较法，割嘴每进给一步，都要经过下述四个工作节拍：



1. 偏差判别：判别割嘴实际位置与所应切割曲线的相对位置(割嘴所在的区域)，根据判别结果决定下一步的进给。

2. 割嘴进给：根据偏差判别结果发出一个相应进给脉冲，使步进电机相应进给一步，从而使割嘴按规定法则移动一步。

3.偏差计算：割嘴进给一步以后，计算机按割嘴的新位置重新计算偏差。

4.终点判别：根据长度计算的结果判断是否到达加工终点，如已到达，则加工完成；如未到达，则继续进行偏差判别以决定下一步进给。

如此不断重复上述过程，就可以完成所要加工的图形。

对于任一圆弧，都把平面划分为圆内和圆外两个区域，由此不难得出偏差判别法则，并导出实现圆弧插补的逐点比较法。在 Z-W 数控气割机的数控装置中，可实现直线和圆弧两种线型的逐点比较法的插补。实现这种插补的数控装置的方框图见图1-3。

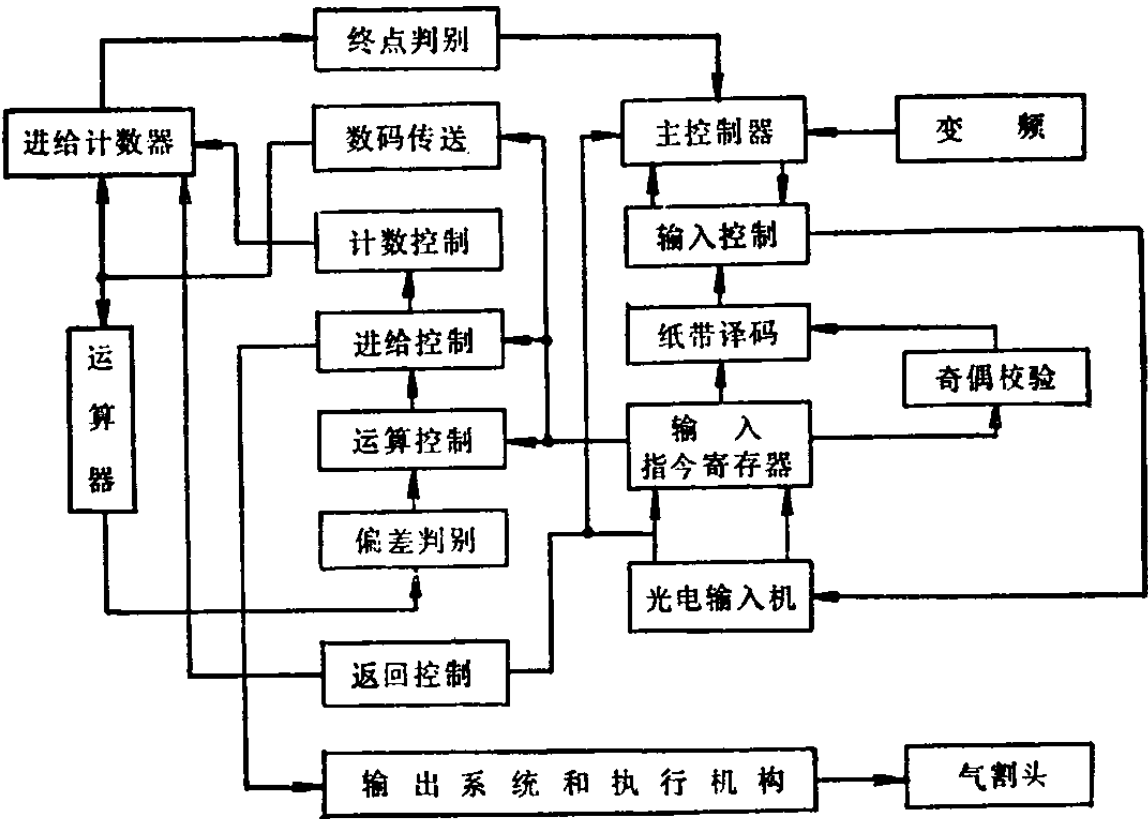


图 1-3

输入时，光电输入机将已穿孔纸带上的编码变成电信号送入输入寄存器。纸带译码用来识别送来的纸带码信号的意思

义，供输入控制部件产生相应的输入控制信号。为了减少输入中出现的不必要的差错，我们通过奇偶校验，使纸带译码在奇偶校验验证输入正确后，才能进行工作。打在穿孔纸带上的有关加工尺寸，则由数码传送通道送入运算器和进给计数器。运算器进行插补运算，以完成控制走圆或走斜线的有关的坐标计算和偏差计算。进给计数器则对步进电机进给进行计数以控制加工长度。在读入加工指令后，输入寄存器保留加工指令，作为指令寄存器。输入结束，即开始加工。加工时，由主控制器发出工作脉冲，以推动计算机各部分按偏差判别、进给、偏差计算和终点判别有秩序地进行工作。输出系统是将割嘴的进给脉冲变成足够功率的控制信号以驱动步进电机。

在一段圆弧或斜线加工完毕后，计算机自动启动光电输入机输入下一段程序。计算机再按新输入的程序继续加工，直至全部加工完毕。当由于某种原因没有割断钢板而又未及时发现时，返回控制即修改指令，控制割嘴返回未割处的起点重新切割钢板。

二、Z-W 数控气割机的执行机构

Z-W 数控气割机的输出系统和执行机构详见第八章。数控装置给出的进给脉冲控制步进电机，步进电机按进给脉冲的频率转动。步进电机与自整角机中的发送机同轴连接。自整角机的发送机与接收机接成变压器形式，作为误差显示装置。移相电桥主要是补偿激磁电流经过变压器、自整角机等电感性元件后所产生的相位移，以保证相敏放大的正确工作。相敏放大是对调制在载波信号上的误差讯号进行解调，并通过可控硅进行功率放大，驱动直流伺服电机转动，带动执行机构按进给脉冲的速率进行工作，同时带动自整角机的