

# 往复自动喷涂机计算机控制系统软件研究

王 铸

(北京机械工业自动化研究所机器人中心)

## 0 概述

PM-111 为我国首次开发研制的通用、大型、可编程的自动喷涂机，可用于汽车、电梯、电器柜、仪表柜、家具等具有平面或浅弧面表面的自动喷涂。PM-111 喷涂机随安装形式的不同可作俯喷，仰喷或侧喷之用。

PM-111 计算机控制系统除控制机头的往复运动，喷枪偏摆运动，机头送进运动等 3 个自由度外，还控制与被喷物体运行同步的伺服跟踪自由度。

PM-111 控制软件是用 Z80 汇编语言写的，源程序长度为 36K，目标程序（机器码）长度为 3K。开发完毕后固化在一片 4K（2762）EPROM 中。

在本软件设计中，我们遵循了如下原则。

(1) 便于修改和扩展。整个软件分成三大块，开放式的命令跳转，个别命令处理和功能子程序。（如果硬件条件有所更改，只需修改或重写有关功能子程序。如果命令有增删，只需增删跳转表长度和增删相应命令程序即可。）

(2) 整个系统具有多达 13 个中断源。其中仅命令数字键中就有 11 个，这种硬件设计的优点是实时性好。但如果软件处理不慎将引起多级中断嵌套，而使程序陷于混乱，我们的做法是：① 尽快结束中断服务程序，根据不同条件中断返回不同处理程序入口，像键盘中断，出错中断等都是这样处理的。② 根据系统运行在不同阶段，开放相应中断，而无关中断源予以禁止。

(3) 本软件设计了多种自诊断，防错、查错程序。由于 PM-111 是高线数据输入示教的，键盘输入（例如参数输入，程序号排队编程等）很易出错，漏送，误删等误操作。对这类出错均以相应显示予以告警。有些信息是喷涂机运行过程中必须由外部（如位置传感器，联机运行时的程序号输入等等）及时送到，否则操作机将不能正常工

作。对这类信息采用启动定时，超时出错，根据出错情况分别显示和声音报警。在运行中除了限时措施外，还采用应答核对，重发等措施，这样就大大提高了系统运行可告性。

(4) 为了满足不同运行条件，采用了大量标帜控制程序流向。加上充分优化功能子程序，使程序长度有效压缩，能装在一片 2732（4K）EPROM 中。

## 1 控制软件

正如前述，整个软件分为初始化程序、命令跳转程序，个别命令处理程序和功能子程序。

下面分成几个主要功能块予以进一步说明。

### 1.1 再现程序

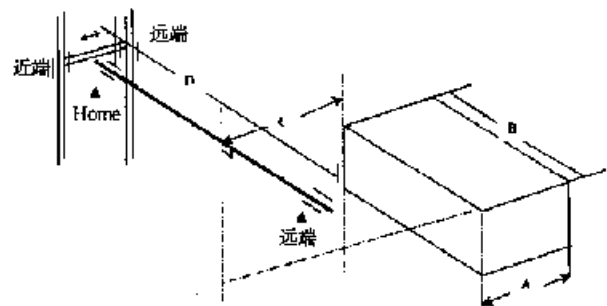


图 1 喷涂机及被喷物体简图

#### (1) 已知参数

① 外同步标准链速信号  $f_l = 1200\text{Hz}$ ，对应标准链速  $U_l = 38\text{mm/s}$ 。

② 喷枪有效行程（HOME 点到远端点） $D = 2650\text{mm}$

#### (2) 示教参数

A (mm) 车身沿链传动方向长度

B (mm) 车顶宽度

C (mm) 碰到起动开关时车身上沿到大臂距离

(3) 以 20 个周期链速信号（1200Hz）为计算时基（T）

$$T = 20 \times \frac{1}{f_l} = 20 \times \frac{1}{1200} = 16.6\text{ms}$$

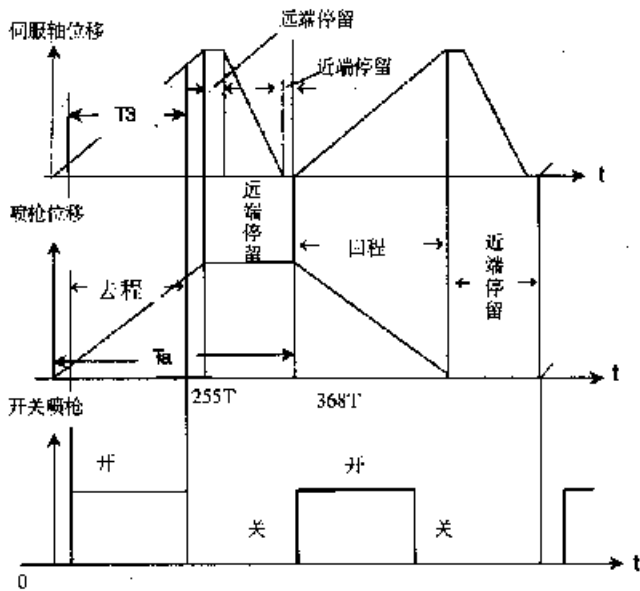


图 2

#### (4) 运动图

实测表明, D/A 以每 T 增 1 速度使伺服自由度移向远端, 在远端停留 21 个 T 后, 以每 T 减 3 速度返回近端, 然后在近端停留 7 个 T, 这样就比较平稳地完成一次往返。所需时间为

$$T_a = 255 + 21 \cdot 85 + 7 = 368T$$

#### (5) 待求参数 (以 T 为单位)

T1 从接收到起动信号到车身前沿到达大臂下方的延时

T2 从喷枪开始运动到开喷枪的延时

T3 喷枪打开的持续时间 (即喷漆时间)

NREP 喷枪往返的次数

#### (6) 算法

$$T1 \text{ 计算 } T1 = \frac{c}{U_s \cdot T} = \frac{c^{mm} \times 10^3}{38^{mm/s} \cdot 16.6} = 1.585 \cdot c \quad (1)$$

$$T2 \text{ 计算 } T2 = \frac{D-B}{2} \cdot \frac{1}{U_s} = \frac{D-B}{2} \cdot \frac{1}{\frac{D}{255}} = 255 \frac{D-B}{2D} \quad (2)$$

其中  $U_g$  为喷枪移动的速度

$$T3 \text{ 计算 } T3 = \frac{B}{U_s} = \frac{B}{\frac{D}{255}} = 255 \frac{B}{D} \quad (3)$$

$$N_{rep} \text{ 计算 } T3 = \frac{B}{U_s} = \frac{B}{\frac{D}{255}} = 255 \frac{B}{D} \quad (4)$$

其中以 T 为单位的链速  $U1 = (38 \text{ mm/s} / (10-3)) \cdot (5) \text{ mm/ms} (T=38(10-3)(16.6=0.631 \text{ mm/t})$

$T_a$  为喷枪往复一次所需 T 数

#### (7) 硬件

用两个 ctc 通道来完成上述运动图要求

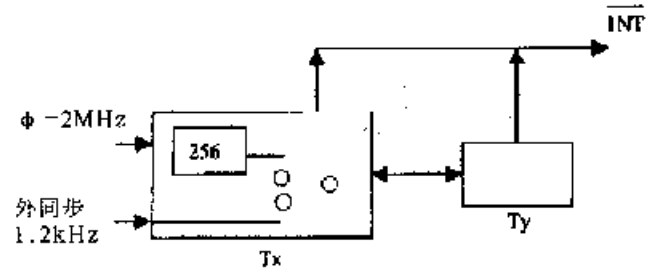


图 3

Tx 的任务是以  $T=16.6$  以产生时基

当选择外同步方式时, Tx 的输入是 1200Hz 的链信号

当选择内同步方式时, Tx 输入是系统时钟的  $1/256$

把整个运动图分成 4 段

#1 段是慢速移向远端, 中间部分开喷枪

#2 段是远端停留

#3 段是快速返回, 喷枪关闭

#4 段是远端停留

Ty 设置成计数方式, 根据当时所在段号, 置入该段所需 T 数, 每次 Tx 中断

的同时使 Ty 减 1, Ty 减到 0 时, 在 Ty 中断服务程序中把段号加 1。

在 #1 段内经 T2 后要开喷枪, 再经 T3 后要关喷枪, 这一任务由 CPU 查询 Ty 计数值解决。

(8) 关掉伺服, 喷枪在远端点和近端点均不停留。

这种情况下, 喷枪以 255T 时间走完全程后立

喷枪位移远端

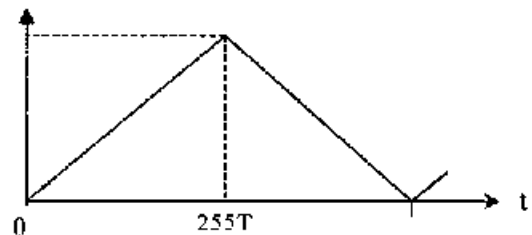


图 4

即返回, 因此 Nrep 成为

$$N_{rep} = \frac{A}{U_s} = \frac{A}{\frac{A}{255}} = \frac{A}{160}$$

## 1.2 与主控台通讯部分软件设计

(1) 硬件环境描述(图 5)

(2) 通讯握手方式

喷涂机以中断方式接收主控台命令, 进入中断服务程序后, 立即以原码回信给主控台。

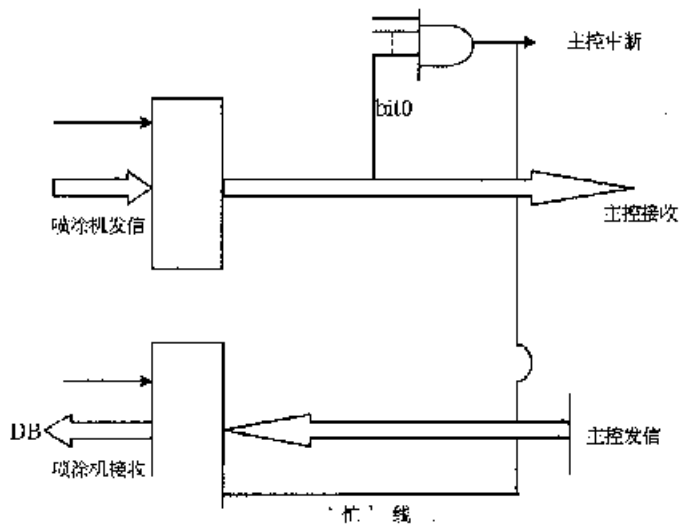


图 5

喷涂机发送信息时，将信息放在 bit1 — bit7，bit0 要用软件做出，去触发主控中断，发信后以等待方式等待主控台应答，若应答与原发信息一致，作为发信成功。

喷涂机与主控台双方若应达不对，要尝试两次删除原信息，若两次尝试均失败，转出错处理。

喷涂机发信分为两类：①正常循环：闲、已

启动、忙等。②状态报告：已准备好、非法程序号等。

主控台对喷涂机发信也分为两类①命令类：复位、下班等；②程序号。

### 1.3 出错处理软件设计

硬件故障及非法程序是属于致命错误应退出正常循环。如处于与总控台联机状态，应向主控台报告，并自动脱离联机状态。

与总控台通讯出错，已无法向总控台报告，自动离线。

在出错后，立出错标识，并使能重新启动键。在复位程序中，判到出错标识后即转到等待重新启动键，等到后，再启动清除错误标识，顺着正常程序进行下去。

出错信息一共有 9 种，Err1—Err3 是动态测试中诊断出的硬件故障，Err4 是示教命令中诊断出欲示教一个非法车型的操作错误；Err5、Err6 是手动排队中出现的错误操作；Err7 是再现命令中出错；Err8、Err9 是与主控台通讯过程中出现的错误。