

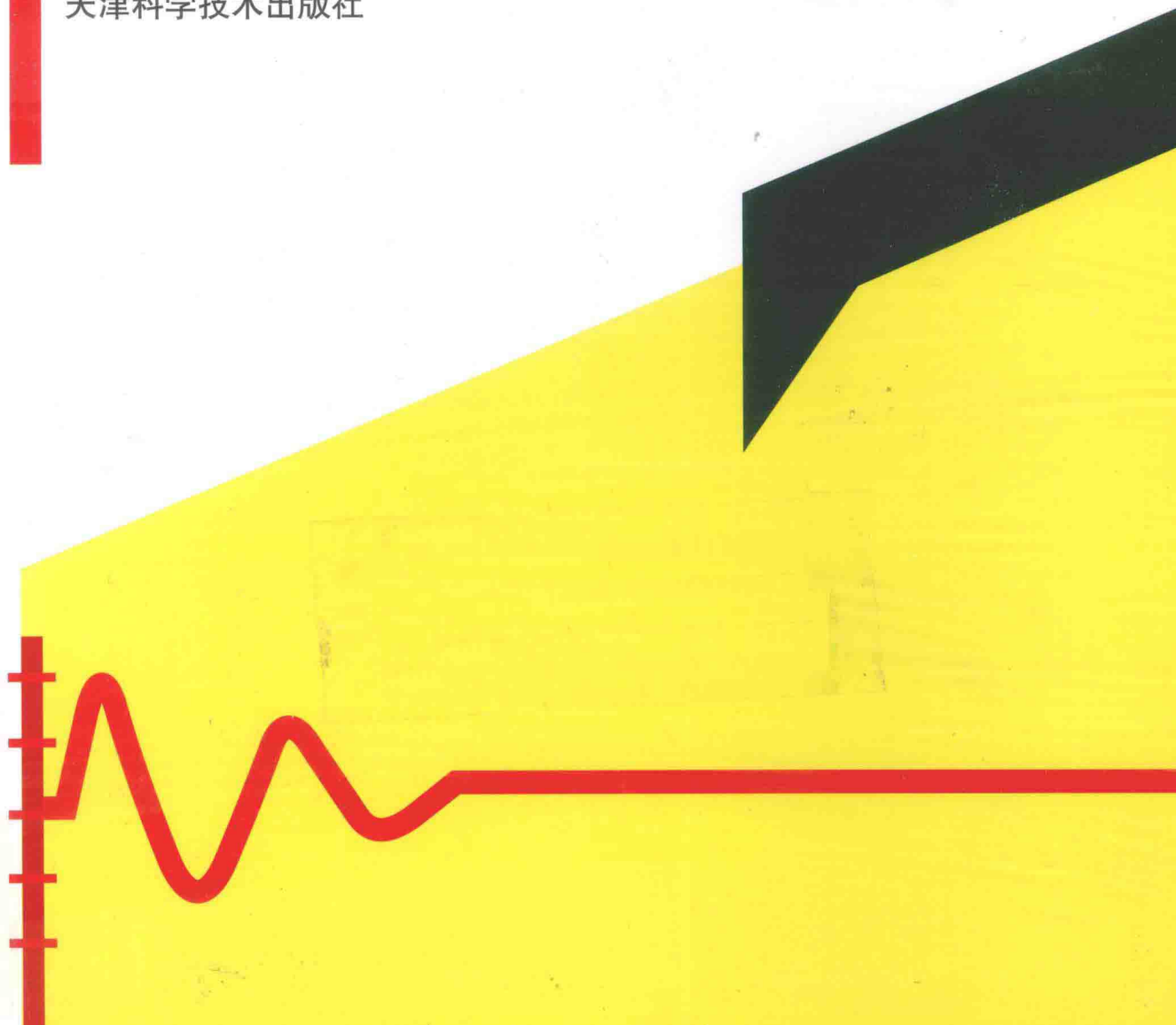
智能回路控制器 (TCS) 原理及应用

ZHI NENG HUI LU KONG ZHI QI
(TCS)

YUAN LI JI YENG YONG

李遵基

天津科学技术出版社



智能回路控制器 (TCS) 原理及应用

李遵基

天津科学技术出版社

津新登字(90)003 号

责任编辑: 刘 彤

特邀编辑: 苑兰芝

智能回路控制器 (TCS) 原理及应用

李遵基

*

天津科学技术出版社出版、发行
天津市张自忠路 189 号 邮编 300020
保定科技印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 12 字数 284 000

1995 年 9 月第 1 版

2014 年 11 月第 2 次印刷

印数: 1-1000

ISBN 7-5308-1887-2

TP·74 定价: 76.00 元

内 容 提 要

目前,在电力、化工、冶金等各生产过程中,单回路控制器的应用越来越广泛。本书以TCS为例系统地介绍了单回路调节器的硬件、软件组成,组态方法,模块类型、含义及用法,并举例说明了TCS在电厂热工自动控制中的应用。

本书共分十二章,以智能回路控制器TCS的原理为线索来安排各章内容,系统性很强,概念完整清晰,便于读者掌握和应用。

本书可作为大专院校的辅助教材,还可供科研技术人员和从事过程控制的设计院、研究所、工厂有关工程技术人员参考。

前 言

单回路控制器是近年来开发起来的以 CPU 为核心元件的数字控制仪表,由于它具有功能齐全,组态灵活,可靠性高等特点,所以在电力、化工、冶金、石油等领域得到了广泛的应用。本书以英国欧陆公司开发的智能回路控制器为例,阐述了回路控制器的原理和应用,可供从事过程自动控制工作的设计院、试验研究所、工厂等有关部门的人员在系统设计、安装、调试和维护时参考,也可供有关高等院校作为自动控制和仪表方面的辅助教材。

本书共分十二章,以智能回路控制器 TCS 的原理为线索进行各章内容的安排,不仅分析了 TCS 的原理,还介绍了回路控制器的模块功能及软件组态方法。并结合实际举例说明了系统设计和调试方法,编写过程中力求做到理论联系实际和结合编者近年来的科研实践,充分反映过程控制中的新技术和新内容。

本书由华北电力大学李遵基同志任主编,第一、二、三章由新海发电厂纪毓辉同志编写,第四、五章由电力部电力科学研究院博士生蔡军同志编写,第六、七、八、九章由新海发电厂耿立军同志编写,其余章节由李遵基同志编写并统稿全书,上海交通大学博士后陈建勤同志担任了本书的审稿工作。

在本书的编写过程中,欧陆公司提供了有关的资料,欧陆自动化设备远东有限公司唐志成先生给予了大力支持。军粮城电厂祝兆丰、段志刚同志,黄岛发电厂刘德训、刘柯、楚晓伟、毛巍同志,漳泽发电厂文胜元、李波、李绍坚同志,新海电厂李玉良、王东向、董伟同志阅读了书稿,并为本书的编写提出了许多宝贵的意见。华北电力大学梁伟平、韦根源、谢京涛、张晓宏、王东风、陈彦桥、翟永杰、王丽君等同志在本书的编写中也作了大量的工作。华北电力大学苑兰芝担任本书的特邀编辑,精心设计,辛勤劳动,在此表示衷心的感谢。

电力部北京中能长城控制公司总经理李东先生对本书的出版给予了大力支持和帮助,在此表示深切的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

1995年6月

目 录

绪 论	(1)
第一章 概述	(3)
§1.1 引言	(3)
§1.2 硬件组成	(4)
§1.3 机械结构	(4)
§1.4 各电路板和电路的功能说明	(5)
第二章 6370 / 80 系列前面板	(8)
§2.1 接通电源指示	(8)
§2.2 正、负偏差棒图	(9)
§2.3 保持、跟踪模式指示	(9)
§2.4 数字输出	(9)
§2.5 输出棒图	(10)
§2.6 回路 1 和 2 显示指示器	(10)
§2.7 过程变量 (PV) 棒图	(10)
§2.8 设定值棒图	(10)
§2.9 按键	(10)
§2.10 手携式终端插孔	(11)
第三章 8263 手携式终端 (HHT)	(12)
§3.1 8263 的特性	(12)
§3.2 命令模式——?? CMD	(15)
§3.3 模块命令模式——?? BCMD	(17)
§3.4 模块连接模式——?? BCL	(19)
§3.5 8263 控制键 Q、W、Z	(22)
§3.6 参数格式	(23)
§3.7 手携式终端 8263 出错情况	(23)
第四章 固定功能模块	(24)
§4.1 模拟量输入模块 (ANIN)	(26)
§4.2 模拟量输出模块 (ANOP)	(30)
§4.3 数字输入模块 (DGIN)	(33)
§4.4 数字输出模块 (DGOP)	(36)
§4.5 手动模块 (MANS)	(39)
§4.6 控制模块 (XPID)	(42)
§4.7 控制模块 (XCON)	(53)
§4.8 比率控制模块 (RPID)	(57)

ξ4.9	比率控制模块 (RCON)	(63)
ξ4.10	一般用途模块 (GENP)	(67)
ξ4.11	超前 / 滞后滤波模块 (LLAG)	(71)
ξ4.12	时滞模块 (DTIM)	(74)
ξ4.13	累积模块 (TOTL)	(76)
ξ4.14	显示模块 (DISP)	(79)
ξ4.15	报警模块 (AIRM)	(83)
ξ4.16	函数模块 (CHAR)	(85)
第五章	分配功能模块	(88)
ξ5.1	数学模块: 算术	(90)
ξ5.2	数学模块: 三角函数	(91)
ξ5.3	数学模块: 算子	(92)
ξ5.4	数学模块: 两输入算子	(93)
ξ5.5	数学模块: 取整算子	(93)
ξ5.6	数学模块: 范围算子	(94)
ξ5.7	常数模块: 常数	(96)
ξ5.8	常数模块: 读 / 写常数	(97)
ξ5.9	逻辑模块: 逻辑门	(98)
ξ5.10	逻辑模块: 比较器 (GT、LT)	(99)
ξ5.11	逻辑模块: 比较器 (EU)	(101)
ξ5.12	选择模块: 高低选	(102)
ξ5.13	选择模块: 中值选择	(103)
ξ5.14	选择模块: 选择	(104)
ξ5.15	时钟模块: 比率限制	(105)
ξ5.16	时钟模块: 斜坡函数	(107)
ξ5.17	时钟模块: 定时器	(109)
ξ5.18	时钟模块: 脉冲产生器	(110)
ξ5.19	计数模块: 脉冲计数器	(113)
ξ5.20	最大 / 最小模块: 峰值检查	(114)
ξ5.21	伪 I / O 模块	(115)
ξ5.22	单通道伪模拟输入模块 (AICB)	(116)
ξ5.23	单通道伪模拟输出模块 (AOCB)	(118)
ξ5.24	8 通道伪数字输入模块 (DICB)	(120)
ξ5.25	8 通道伪数字输出模块 (DOCB)	(122)
第六章	命令模式参数	(124)
第七章	控制回路操作模式	(128)
ξ7.1	模式进入和操作特征	(129)
ξ7.2	控制回路举例	(130)
ξ7.3	缺省模式	(131)

ξ7.4 积分平衡与抗积分饱和	(132)
第八章 智能回路处理器的计算机监视	(136)
第九章 任务排队	(145)
第十章 错误信息和诊断	(148)
第十一章 规格	(150)
第十二章 TCS 在电厂热工过程自动控制中的应用	(159)
ξ12.1 引言	(159)
ξ12.2 用 TCS 实现直接能量平衡的主汽压力调节系统	(159)
ξ12.3 用 TCS 回路控制器实现 12.5MW 机组给水全程控制系统	(171)
ξ12.4 TCS6832 双回路智能控制器在苏制 210MW 机组锅炉给水全程控制中 的应用	(176)

绪 论

由于计算机具有快速运算能力，并且可以存贮大量数据信息，产生丰富的功能画面，能实现控制、管理、信息处理等诸多功能，所以它在工业过程中已成为不可缺少的智能工具。借助于计算机系统，人们在工业过程中可以做到事半功倍。

随着计算机系统在工业过程中的不断应用，计算机控制系统也经历了不同的发展过程。目前，在冶金、石油、化工、电力、纺织、造纸等行业，计算机及其系统已得到了不同程度的应用，如单回路调节器、大型集散系统等。根据工业现场的实际应用情况不同，可以进行不同的选择，但无论是大型集散系统，还是单回路调节器，它们都是计算机系统或微机系统在工业过程中应用的结果。

集散系统（DCS）是 70 年代发展起来的新型计算机控制系统，是计算机技术、控制技术、通讯技术以及 CRT 显示技术结合的产物，其基本组成包括过程控制单元、高速数据通道、CRT 操作站和上位管理机。过程控制单元按其功能不同可以完成连续过程控制、开关控制、顺序控制、批量控制以及数据采集等。它基本上是由微处理器、存贮器、模拟量输入、模拟量输出、开关量输入、开关量输出、通讯接口等构成的微型数据采集和控制单元。高速数据通道通常完成各控制单元、操作站等之间的高速数据、信息交换，它一般是由通讯电缆、数据传输接口及相应的管理软件组成。通讯网络的结构可以采用星形、环形或总线型，通讯协议可以采用存贮转发式或广播式。一个 DCS 系统中，根据数据传输的性质不同，可以采用不同的通讯结构及通讯协议，例如，实时控制级与厂级管理级就可以采用不同的通讯方式。CRT 操作站用来实现人-机联系，通常它由微处理器、高分辨率 CRT、键盘、鼠标、打印机、软盘驱动器、硬盘驱动器以及通讯接口组成，可以用 CRT 实现总貌显示、分组显示、回路显示、单点显示；实时趋势显示、历史趋势显示；过程动态流程图显示；报警显示、报警综合显示；可以生成各种形式的分组报表，并完成打印功能；可以完成数据存贮、数据管理；通过键盘操作人员可以查看数据，修改参数。上位机一般是管理的计算机系统，由处理器、存贮器、打印机、磁盘机等构成，通过通讯网络获取系统中各单元的数据、信息，由相应的管理软件完成全厂范围内的集中存贮、优化管理以及命令发布。

集散控制系统实现了集中管理和分散控制两个方面，解决了过程控制的实时性要求和高级管理的人-机界面性之间的矛盾。由于集散系统控制功能分散使得整个控制系统的危险分散，可靠性提高。集散系统是由各单元组合而成，整个系统可以根据用户不同的需要进行不同的配置，其组合很灵活。由于各单元都是数字处理装置，其内部模块可以通过组态实现模块之间的软连接，使得内部模块连接容易、灵活，可以实现复杂的功能，与模拟仪表相比，省掉了很多硬连接线，使系统设计、调试趋于简单化。集散系统采用了优越的人-机联系方式，为操作人员和工程师的操作提供了方便。

几乎所有的集散系统都有自己相应的单回路调节器，与集散系统相比，单回路调节器更像集散系统中的完成连续控制的过程控制单元。其硬件通常由微处理器、ROM、RAM、

面板接口、A/D、D/A 通道、开关量输入/输出接口、通讯接口等构成，是一个微型的微机系统。其软件系统由系统程序和用户程序构成，可以完成系统组态、面板功能监控、各种模块的功能运算（如 PID、纯迟延、脉冲函数等）、定时中断采样与计算、定时输入、定时输出控制等，可以实现手/自动切换、跟踪、保持等功能。通过通讯接口与总线，多台单回路调节器可与集中监视操作站或上位机进行信息交换，组成计算机多级控制系统，实现各种高级控制以及集中管理。一般情况下，不论调节器的现场输入测量值有多少，由于调节器内部的 PID 模块只有一套（串级系统时，用两个 PID 模块），所以它只能完成一个回路的控制。

单回路调节器内部有很多模块，如算术运算模块、逻辑运算模块、报警模块、函数发生器等，可以通过软件组态把各种模块连接在一起，以完成所需的控制任务。一般情况下，单回路调节器有内部电池为 RAM 供电，可以保证组态数据不会因系统断电而丢失，有些调节器还可以把组态数据存入 EEPROM 中，防止其丢失。当调节器组态完成并开始运行后，调节器通过定时中断服务程序按一定的采样时间从 A/D 通道输入数据，经过线性化，开方，滤波、报警判断等预处理，再进行 PID 运算，最后经 D/A 通道输出到磁放或执行机构，完成实际过程控制。

单回路调节器有很多特点：它通过软组态减少了硬连接，使控制系统趋于简单、可靠，同时调节器软件上有一定的自诊断功能，硬件上有看门狗，保证了调节器本身的可靠运行；调节器具有丰富的功能模块，可以完成各种复杂的控制策略；操作面板可以显示设定值、测量值以及控制输出，可以进行各种操作，显示报警状态、手/自动状态，为操作人员了解现场、干预现场提供了方便的人-机接口；其通讯接口可以使调节器利用局部网络或高速数据通道与其它计算机系统相连接。

单回路调节器的诸多特点使其在工业过程中得到了越来越广泛的应用。世界范围内，许多仪表公司都产生自己的单回路调节器，如日本横河北辰公司的 YS-80，美国 FOXBORO 公司的 761，美国 Honeywell 公司的 KMM，日本富士公司的 PMK，德国西门子公司的 DR 系列，美国 Bailey 公司的 CLC，英国欧陆公司的 TCS 等，本书以 TCS 为例介绍单回路调节器的硬件、软件组成，组态方法，模块类型、含义及用法，最后举例说明 TCS 在电厂热工自动控制中的应用。

第一章 概 述

§1.1 引 言

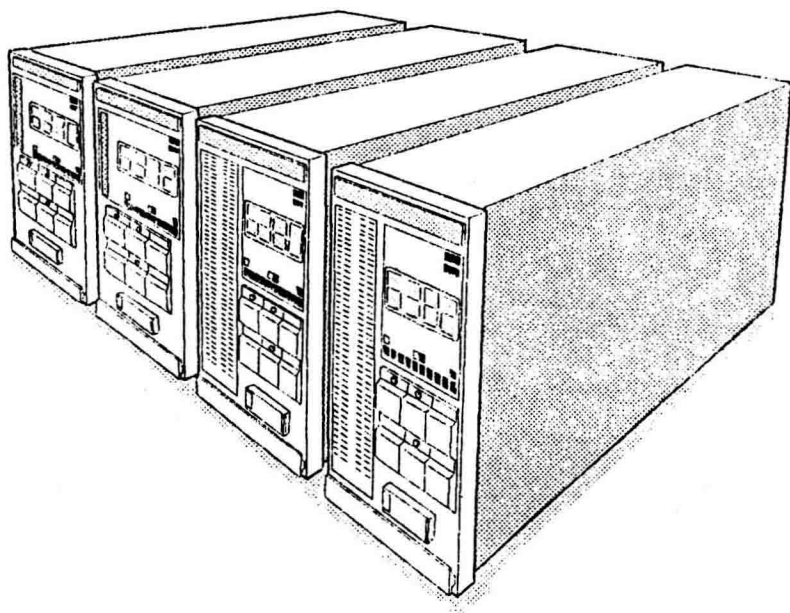


图 1.1 6370 / 80 系列智能回路处理器

TCS6370 / 80 系列智能回路控制器由 4 种不同的控制器组成, 可以完成各种单回路和双回路过程控制。用户可选择基本单回路 (6370 / 80) 和更有优势的双回路 (6372 / 82) 处理器, 可以选择偏差棒图 (6370 / 2) 和双棒图 (6380 / 2) 前面板 (参见第二章)。

通过 8263 手持式终端 (参见第三章) 或者通过 TCS IBM PC 机可以进行各种功能组态, 实现 PID、比率、串级、反馈、超前-滞后控制。组态也可以通过管理系统装入。

1. 功能块

用户可以在处理器中最多存贮两种标准控制策略, 并在需要时进行调用。还可以设计复杂的控制策略, 并用组态完成存贮。功能块连接起来后, 可生成优化的回路处理过程 (见表 1.1)。

2. 兼容性

把适当的值输入处理器的 identity parameter (II) 中, 用户可以使这种处理器完成一个 TCS 6350 或 6360 的功能。细节请参照第八章。

表 1.1 功能块

块或功能	6370 / 80	6372 / 82
模拟输入	4	8
模拟输出	4	4
数字输入(8 通道)	1	1
数字输出(8 通道)	1	1
控制	1	2
手操站	1	2
纯时滞	无	2
超前 / 滞后	无	2
(累积)	无	2
报警	1	2
函数	无	2
显示	无	1
一般用途(General Purpose)	1	1
分配模块	12	80
库函数	12	48
存贮程序	2	2
定时用户任务(回路)	1	2
用户背景任务	-	1

3. 通讯

通过通讯接口(用控制和“伪”I/O 模块实现而不是通过 6370 / 80 实现), 计算机可以方便地监督 6370 / 80 系列。通讯接口还允许智能装置监视和(或)修改网络中任何 6000 系列仪器的参数。以上可以通过 RS422 串行口实现。而前面板上的 RS232 串行口则用于便携式终端。

4. 诊断和可靠性

6370 / 80 系列内部采用高集成技术。从而保证了高可靠性。同时, 自诊断功能可以很方便地发现错误(参见第十章)。

5. 安装

6370 / 80 系列智能回路处理器, 从电气和机械方面与 TCS 系统 6000 智能仪表及网络 6000 控制 / 监督设备一样, 可以直接插入 7950 通用机箱, 也可以装入 72mm7930 槽中, 如果侧面安装的话, 可固定于 7800 系统上。

ξ1.2 硬件组成

(图 1.2 中)前面板上有指示、显示按键, 以使操作人员监视和干预过程控制回路。回路可以切换到手动或自动方式, 自动方式时可以就近设置给定值, 也可以远方设定。

8263 便携式终端可以插入前面槽, 用以初始设置控制回路, 监视或改变控制参数。也可以通过后面板的连接器用管理计算机监视或修改回路参数。

当 6370 / 80 不是在模仿 6350 / 60 状态时, 数字输出完全可以组态, 从而通过 8 个逻辑信号, 提供报警和状态信息。数字输入也可以进行组态, 以完成所需的操作控制。

模拟量输入: 0-10V 或 1-5V。

模拟量输出: 0-10V 非隔离信号。仅第四通道, 4-20mA (2-10V) 或 0-20mA (0-10V) 隔离信号。

ξ1.3 机械结构

前面板与母板通过 15 芯线相连。

母板通过 48 芯线与 7950 通用机箱相连。

§1.4 各电路板和电路的功能说明

1.前面板 (6370/2, 6380/2)

这块板包括所有的指示和显示部件以及操作控制按键。细节请参见第二章。

中央处理单元电路：CPU 电路板包含 16 位微处理器，中断处理逻辑，I/O 译码逻辑。通用异步接收传送器 (UART) 电路可用来与 8263 或管理系统进行通讯。CPU 板还包含看门狗电路。

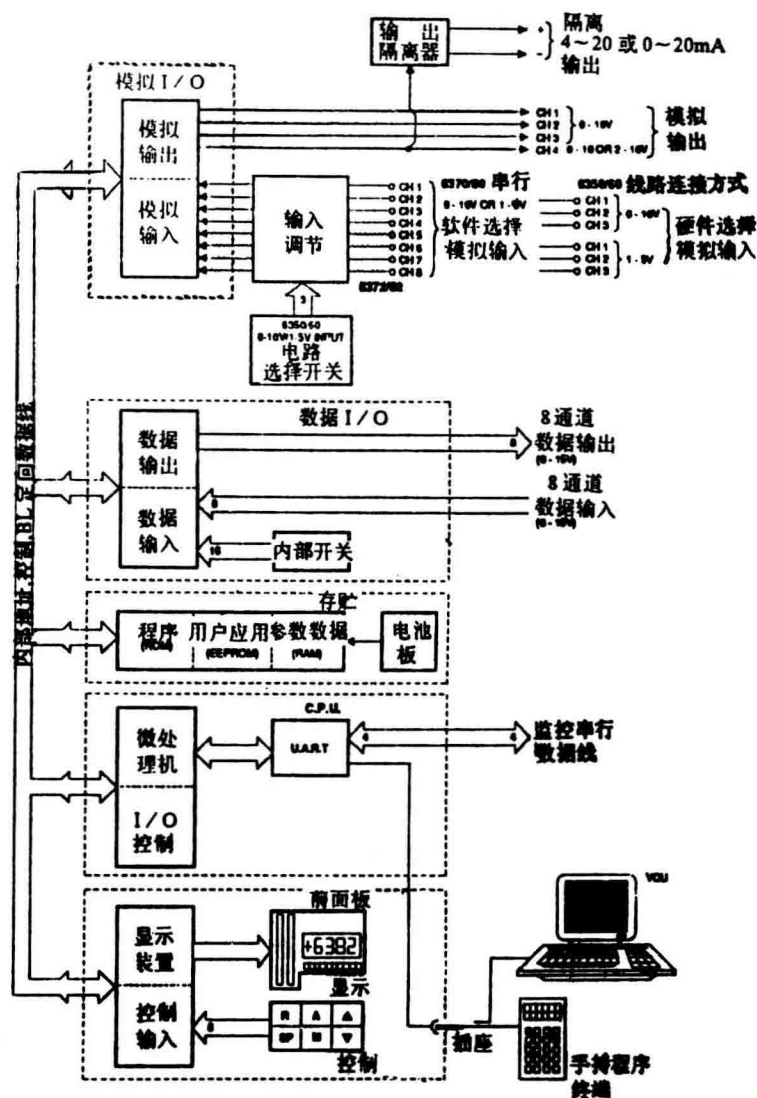


图 1.2 智能回路处理器框图

2. 存储器电路板

存储电路分为 ROM 区、RAM 区、EEPROM 区。

(1) Lithiam 电池：电池并不直接固定在母板上，而是安装在一个分离的电池板 (AH076044) 上，并通过两芯线与母板相连。

(2) 暂时拿掉电池：更换电池时，电池板不与母板相连，这时通过固定在母板上的高值 ‘Supercap’ 向 CMOS RAM 提供暂时电流，其维持时间为 20 分。

(3) 电池隔离开关：按下开关 SW4 可以接通电池与 RAM，拉掉则断开电池与 RAM，这样可以在不用电池情况下，延长电池的寿命。

(4) 电池更换。

3. 数字输入输出电路

可以提供 8 个外部的用户可组态的数字输入。16 个内部开关可用来设置数字输入以确定控制模式参数。此外，还提供了 8 个用户可组态的数字输出。

4. 模拟输入 / 输出电路

提供 4 个非隔离 0-10V 输出通道。通道 4 还可以设置为隔离输出。提供 8 个非隔离 0-10V 输入通道，此外 CPU 还可以测量电池电压。

此电路可以检查信号开路，信号超出范围为 (1-5V 时，小于 0.6V；0-10V 时，小于 -0.75V)。

5. 输出隔离电路

第四通道提供 4-20mA 的隔离输出。

6. 电源电路

产生 $\pm 5V$ ， $\pm 12V$ 电压，电源功率为 25W，频率为 100kHz。

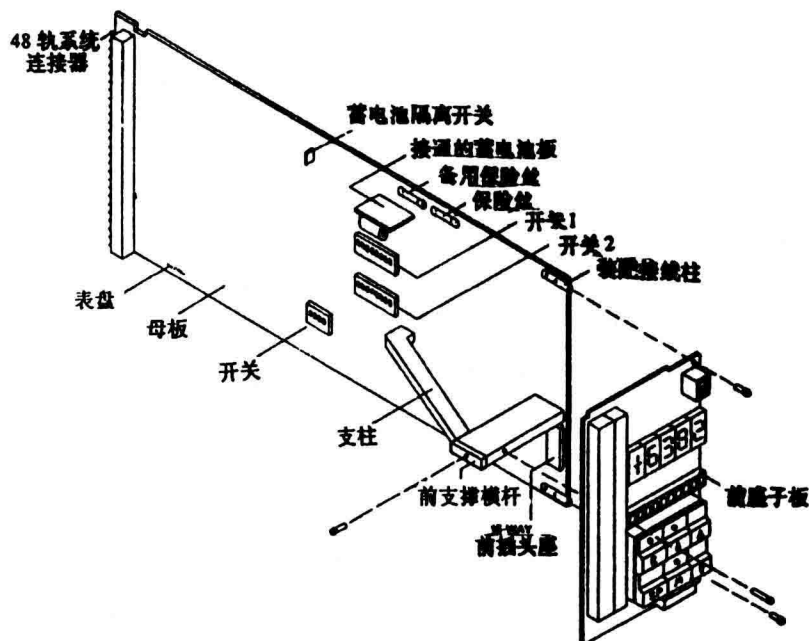


图 1.3 6370 / 80 系列内部结构

(1) $\pm 15\text{V}$ 为模拟电路供电。

(2) $+5\text{V}$ 为 CPU 存储器，前面板以及逻辑电路供电。

(3) 35V 用于通讯电源电压

(4) 27V 用于 $4\text{--}20\text{mA}$ 隔离输出电路

(5) 两个 $+15\text{V}$ 电源，一个为内部逻辑供电，另一个为 8 个数字输出供电。如果从第 7 针上有更高的外部电压供电，则 $+15\text{V}$ 可被替代。

第二章 6370 / 80 系列前面板

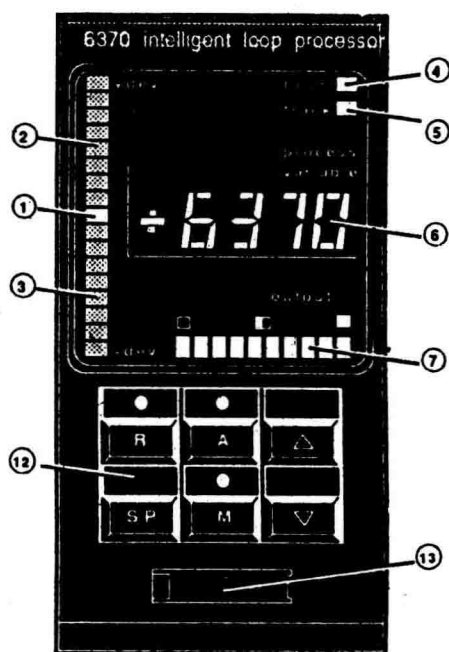


图 2.1 6370 前面板

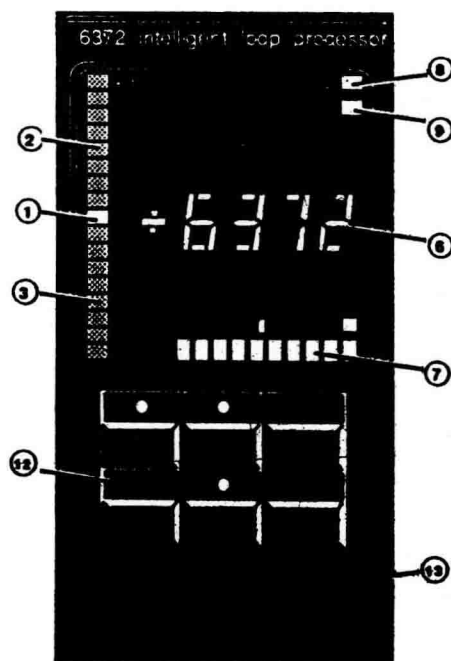


图 2.2 6372 前面板

6370 / 80 系列有 4 种控制器,如图 2.1~2.4 所示. 图中:

①为电源指示,②为正偏差,③为负偏差,④为保持显示,⑤为跟踪显示,⑥为数字显示器,⑦为输出棒图,⑧为回路 2 显示,⑨为回路 1 显示,⑩为过程变换,⑪设置小数点棒图,⑫为按键,⑬为手持终端座。

6370 具有偏差棒图, 6380 具有两个棒图。单回路模式中 (6370, 6380) 有跟踪和保持 LED 指示,而在双回路模式中(6372,6382)有两个 LED 分别指示回路 1 和回路 2。

§2.1 接通电源指示

(1) 6370 系列: 当电源接通时, 两个偏差棒图中间的绿色 LED 发光, 同时也表明零偏差。

(2) 6380 系列: 当电源接通时, PV 和 SP 棒图的底部发光。

如果看门狗失效, 电源指示 LED 仍然亮着, 而没有其它显示。这样可以区别是看门狗还是电源失效。

ξ2.2 正、负偏差棒图

两个 8 段红 LED 棒图代表过程变量 PV 和设定值 SP 之间的正负偏差。显示段分别表示偏差值 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5%, 4.5%, 5.5%, 6.5%, 7.5%。

当高或低或绝对偏差报警时, 正负偏差棒图将分别闪烁。

在显示模式 (6372 控制器), 通过 DISP 可以把偏差棒图显示的偏差值分配给任何变量。

ξ2.3 保持、跟踪模式指示

两个黄色灯显示保持或跟踪模式。保持模式高于其它模式, 可以保持输出在一固定值。跟踪模式低于保持模式但高于其它模式, 它使控制器输出跟踪模拟输入信号或人为设定值控制。

ξ2.4 数字输出

用 4 位橙色 LED 显示带符号十进位数。

(1) 如果没有键按下, 数字输出用工程单位显示过程变量值。

(2) SP 键按下时, 用工程单位显示设定值 (SL), 除非控制器是在 RATIO 模式, 这时要显示比率设定 (RS)。

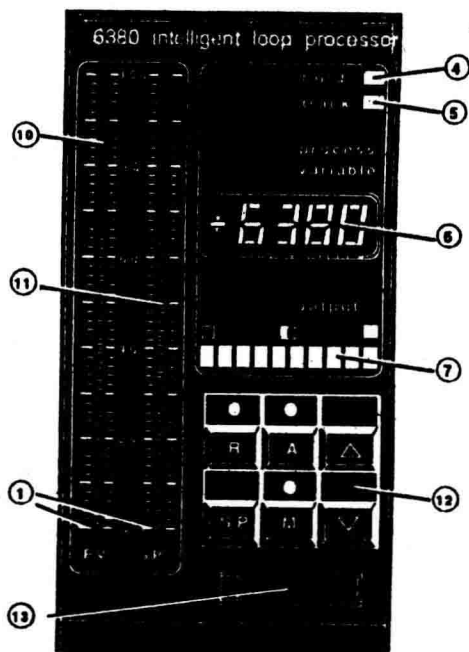


图 2.3 6380 前面板

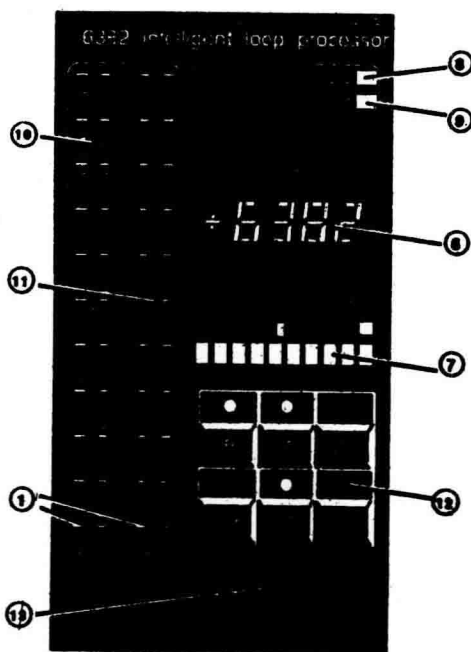


图 2.4 6382 前面板

(3) 当 M, A 或 R 键按下时, 显示的内容依赖于 MP 输入是否接入。请参见表 4.20。