

小型计算机在冷库制冷工艺 过程中的应用*

沈兰荪 曹有江 张俊贤

(中国科学院新疆物理研究所)

摘 要

本文介绍小型工业控制机在一座万吨级冷库制冷工艺过程控制中的应用。简要论述了方案选择、系统设计、可靠性措施及投产运转情况。鉴于制冷系统具有大惯性的特点,采用价格低廉、功能较简单的 JS-10B 机作实时过程控制,比较充分地发挥了简易小型机的功能。通过软硬件结合的措施,提高了本系统的可靠性与抗干扰性。

一、前 言

为了促进冷藏技术向现代化发展,中国科学院新疆物理研究所、乌鲁木齐市肉联厂、

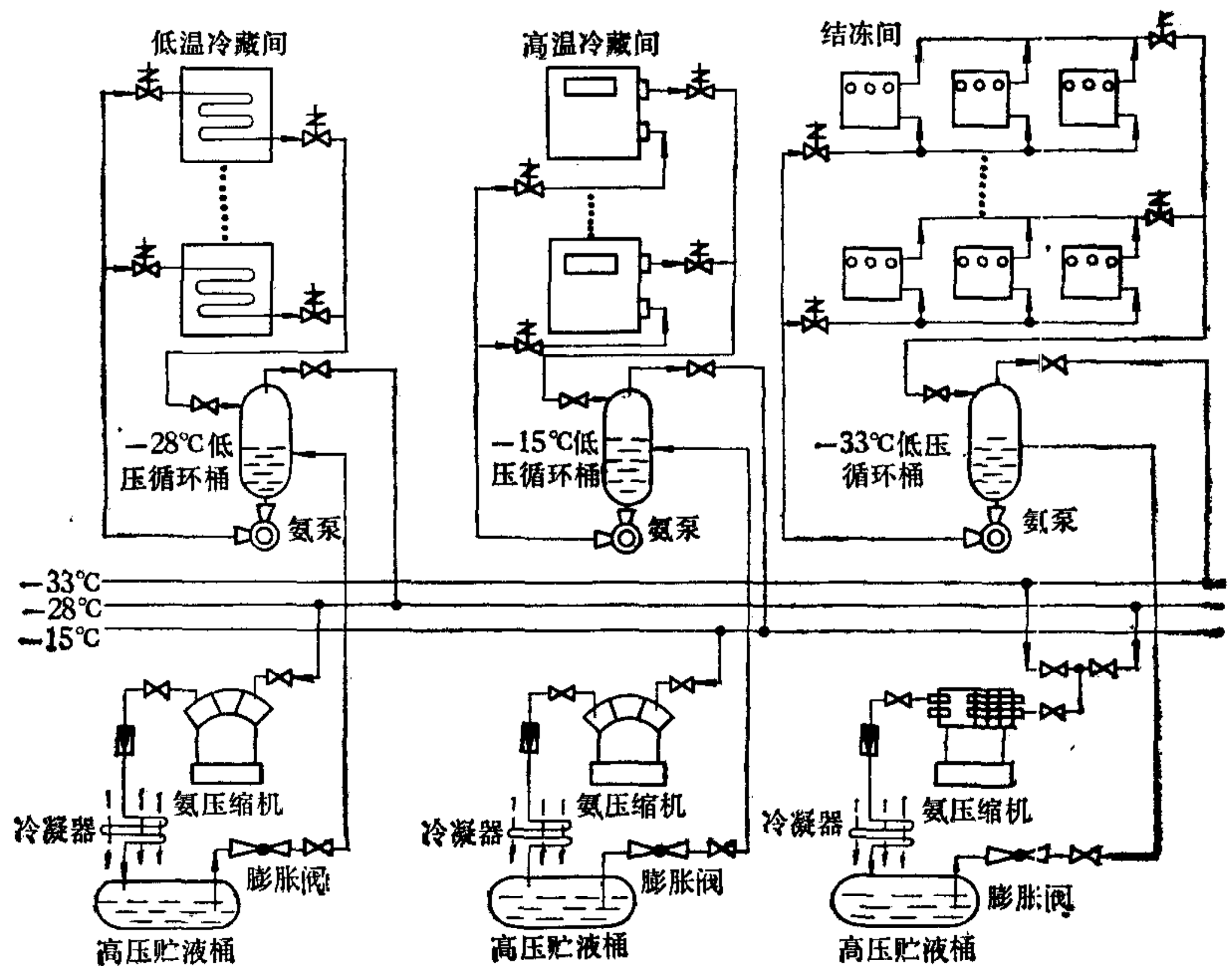


图1 制冷工艺流程示意图

* 本文曾在1979年全国计算机应用交流会及计算机学会1979年年会上宣读。本文修改稿于2月20日收到。

新疆大学,在乌市肉联厂一座万吨级冷库中,应用小型计算机实现了制冷工艺过程的自动控制。

该厂现有 4500 吨和 3500 吨冷库各一座,其中, -18°C 低温冷藏库容 6500 吨, $+1^{\circ}\text{C}$ 高温冷藏库容 1500 吨, 结冻能力 120 吨/日。共分三个制冷系统, 即 -33°C 结冻系统; -28°C 低温冷藏系统; -15°C 高温冷藏系统。其工艺流程如图 1 所示。

二、系统设计的几个问题

1. 采用计算机控制的必要性

从控制规模考虑,本系统为大型制冷工艺过程控制系统,其建库投资为 830 万元。按 0.5—6.0% 的准则考虑,计算机系统的投资不应超过 50 万元。计算机系统实际投资 18 万元,加上控制元件,常规自动化仪表投资共 48 万元。从过程控制规模大小来看,这样的过程适于采用计算机控制。

从过程扰动考虑,冷冻机的产冷量与冷负荷之间的匹配如果不合适,则氨液蒸发温度波动较大,既影响库温的稳定,也影响冷冻机在最佳工况下运行。

从过程的复杂性考虑,系老库改建,原有工艺过程一直是手动控制。氨压缩机种类多,且均为有级能调,对能量的最佳匹配带来困难。有三个制冷系统,每个系统的控制要求不同,但追求的都是最佳经济效果。

综上所述,用常规控制仪表显然有一定困难,而用计算机控制系统,从功能和经济效益方面考虑,是合适的。由于是大惯性系统,对计算机控制系统的实时性、可靠性方面的要求并不苛刻。

2. 系统主机的选择问题

本系统选用 JS-10B 小型工业控制机是基于以下几点考虑:

(1) 价格便宜,可靠性较高。

(2) 运算速度为 5 万条指令/秒,字长 16 位,对大惯性的冷藏库系统可以满足要求,必要时,还可采用双倍字长浮点运算。

(3) 中断不够灵活,只能程序查询,一般会影响系统实时性的。但针对控制对象大惯性的特点,在程序设计上采取相应措施,则对本系统的实时性不会带来明显影响。

(4) 内存容量 8K 字,不可扩,又不配备辅助存储器。

由于本系统的外部设备少,又是程序查询中断方式,标准子程序不用管理程序管理;系统惯性大,实时性不强,则人机联系用程序可以简化;时钟规格少,再加上没有使用汇编语言,因而管理程序可以简化到 2K 左右。目的程序也可加以压缩(如简化定时制表的表格形式等),把现有程序长度压缩到 6K—7K,而可空出 1K 左右内存空间留作机动用。

(5) 厂方目前只提供裸机,不提供程序系统,这是一大弱点,但用户却可根据自己的需要来编制程序,针对性强,效率高。

3. 系统可靠性设计

生产过程的计算机控制系统,必须具有高度的可靠性。如何根据本系统大惯性的特点,妥善解决系统可靠性是本系统设计面临的任务之一。为提高系统有效使用率,即

$$\text{有效使用率 } A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \%$$

考虑采取如下措施：

(1) 针对本系统大惯性特点，采用双机冷备份。

(2) 电路部分采取隔离、屏蔽、稳压、滤波、浮空、加选通脉冲、长线传输阻抗匹配等抗干扰措施。特别要注意提高电源的供电质量。

(3) 对于系统运转的关键单元、薄弱环节，除考虑部件冗余外，还设置了通道分调、单板测试工装，使系统便于维修，缩短故障排除时间。

(4) 由于 JS-10B 机无硬件查错及校验中断功能，为了帮助操作人员及时发现程序出错并能及时修正，设置了主机运行音响监听、程序级号显示及定时器 (WDT)，以监控其运行。启动主机运行要在全部程序(管理程序和现场程序)的“求代码检查和程序”通过之后进行。

(5) 采用容错技术中关于诊断的思想，以软件冗余为手段去模拟实现计算机硬件设计中行之有效的若干技术措施。在硬件配合下，对故障率较高的外围通道进行软件诊断，可以进一步提高系统可靠性。例如由于本系统无通道出错中断，开关量输出通道输出命令的执行，是通过软件收入执行后的状态来检查，检验正确则继续正常运行；否则，进行重错处理，重错处理失效，打印记录，关闭发命令的现场程序，系统继续运行。又如模拟量输入通道在丢失中断时，会造成通道堵塞，可用固定延时的办法来诊断中断的丢失，并由软件自动补发中断，使系统继续运行，同时打印出错信息。这样，即使模拟量通道中断部件发生故障，也能由软件维持正常工作。再如模拟量输入通道采样值在合理性检验发现有错时，可通过软件实现指令复执要求，复执仍不合格时，打印出错信息，供操作人员维修用，并取上次数据作为该点本次采样值，保证系统连续运行。

三、系统总体方案

本系统以一台 JS-10B 电子数字计算机为中心，通过模拟量输入 (A_{sr}) 通道，开关量输入 (K_{sr}) 通道及主机中断扩展接口采集有关工艺参数，由计算机按预定程序进行分析判断，再通过有关接口及开关量输出 (K_{sc}) 通道进行调节控制。同时，通过模拟显示屏显示各系统工艺流程情况。当计算机维修时，可进行人工集中巡检遥控。其系统框图如图 2 所示。

1. 系统主要技术指标

JS-10B 机：字长 16 位。内存容量 8K 字。运算速度，3 万条指令/秒。运算方法，定点、串行、单地址。指令系统，37 条。中断系统，4 个中断入口，程序查询方式，通过中断扩展接口，每个入口可扩至 16 个中断。

模拟量输入：96 点。其中，测温 77 点，测温范围 -40°C — $+40^{\circ}\text{C}$ ，分辨率 0.1°C ；测压力 5 点，测压范围 0 — $15\text{kg}/\text{cm}^2$ ，分辨率 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

开关量输入：320 点。

开关量输出：256 点。

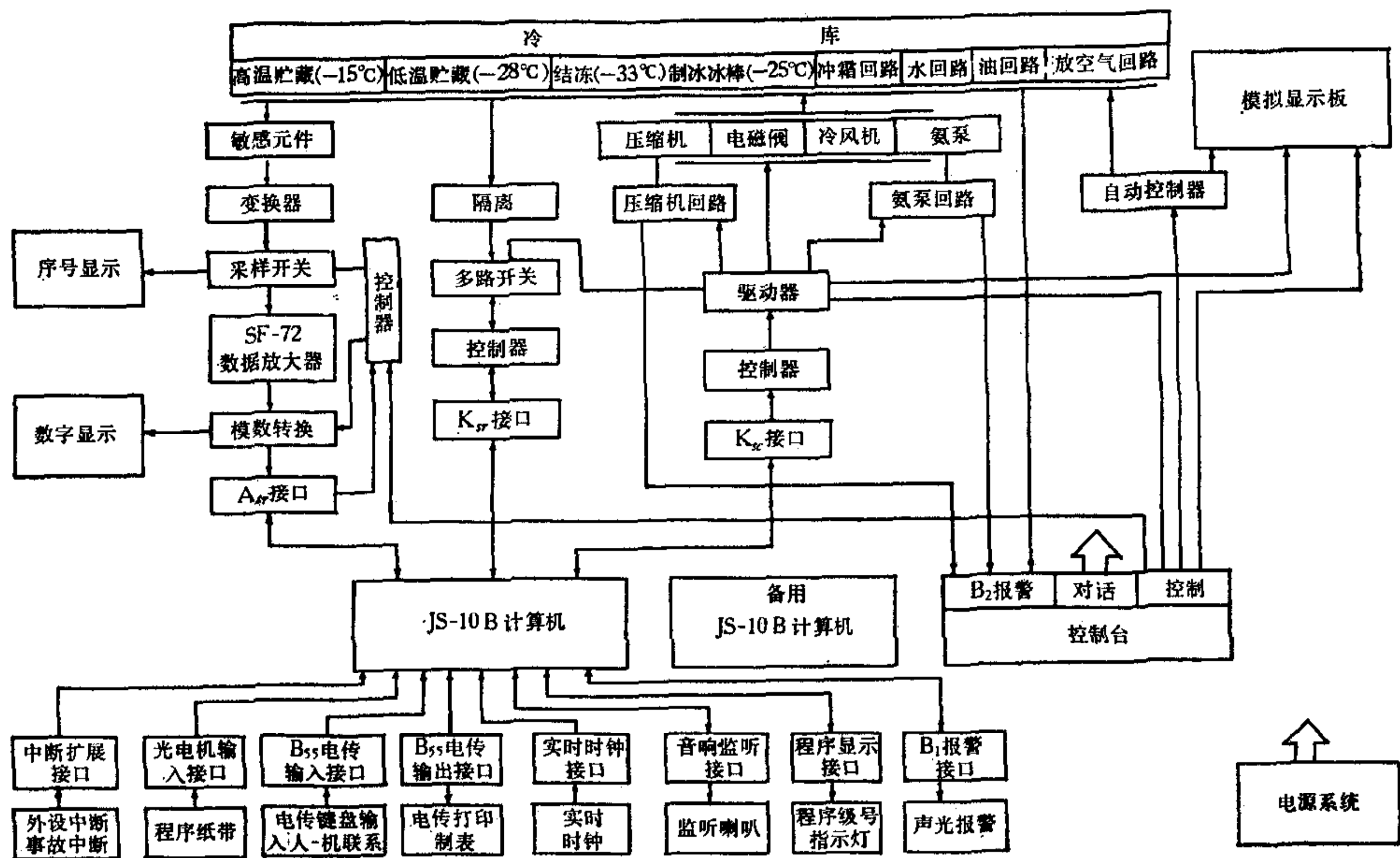


图2 冷库制冷工艺过程控制电子计算机系统框图

限值报警：84点。声光报警，事故排除自动解除，亦可人工消音。

软件：管理程序1700条，目的程序57个，并有双倍字长浮点程序。

2. 硬件介绍

1) 人-机系统

为了便于人-机联系，设置了人工中断请求按钮及键盘输入命令码，以便操作人员对计算机在运行过程中进行控制和干预，达到人机交互的目的。还设置有监视计算机运行的音响、程序级号显示接口；监视生产流程的模拟显示屏；监视系统及设备故障的声光报警装置，以便操作人员及时了解和系统运转状况。

2) 计算机在线控制过程

计算机被启动投入运行之后，首先给出所有程序代码和检查正确与否的回答信号，由电传打出，通知操作人员。程序无误则系统投入运行。

进行现场参数巡检，主要是对模拟量和开关量输入通道的巡检，收集生产过程中有关工艺、电气参数，作为调节依据，为了得到准确的数据，必须在系统的各通道及软件上采取相应措施。

(1) 模拟量输入通道 生产中的关键性工艺参数温度和压力，是长线传输的连续变化的微弱信号，故采用屏蔽电缆、三线制传输、采样开关前后采用了RC滤波电路，并选用抗共模干扰能力很强的SF-72数据放大器。A/D转换采用双积分方案，其积分周期取市电周期的整数倍，整个模拟量通道同时采用了严格的浮空措施。为了克服敏感元件铂电阻在多点温度测量中，由于其不一致性而引入的误差，采取多桥路切换方案，即一个敏感元件对应一个变换桥路。

由于采样速率不高，采用干簧继电器切换。对于压力信号，采用现有的远传压力表，自配桥路，将压力表中电阻的变化信号转变为电压信号。

(2) 开关量输入通道 由于开关量输入多是现场来的触点信号,为了消除干扰采用继电器隔离。计算机通过本通道巡检现场设备的启停状态,在此基础上,进行调节控制。

(3) 开关量输出通道 计算机通过开关量输出通道,控制现场生产设备的启停或保持现有状态。

计算机对现场设备的控制,是通过中间继电器 JTX-3C 而实现的。JTX-3C 继电器有三组触点同时动作,分别用作现场设备的启停控制;发出相应开关量输入信号;点燃模拟显示屏相应指示灯。

3) 系统事故处理

计算机对事故的监视有两个方面。一方面,通过现场工艺参数的巡检,越限报警,计算机进行有关处理。另一方面,对现场重要设备,均设有事故自保护线路,发生事故后,相应保护元件起作用,切断强电回路,使设备停止运转,同时,经计算机中断接口,及时通知计算机,使有关事故处理程序投入,实时地进行事故处理,启动备用设备投入运行。

对于系统异常情况的监视,还专门设置了一个报警回路,直接与现场设备联接,一旦事故发生,报警回路立即发出相应设备的声光报警,事故排除,报警消失,亦可人工消音。这就保障了在计算机系统维修期间对现场事故的监视。

4) 人工集中遥控台

当计算机检修时,可及时无扰动切向人工集中遥控。在切换之前,先将控制台上有关控制板键按模拟显示屏的设备状态指示灯作相应置位,切换后,通过对模拟量的巡检而人工集中遥控现场的相应设备板键。检修完毕,整个系统可无扰动切向计算机自动控制。

3. 软件介绍

程序系统由管理程序和目的程序(现场程序或应用程序)两部分组成。

1) 管理程序

管理程序是小型的,程序长度为 1700 条,采用模块结构,它的主要功能是:

(1) 通过程序查讯方式,统一管理各种中断请求。JS-10B 机只允许程序查讯中断,为此,在程序设计上尽量保证优先响应中断,使中断处理程序的持续时间一般不会超过数十毫秒就能查讯和处理中断,对于这个大惯性系统来说,“实时性”是足够的。

(2) 具有对目的程序加以合理调度的能力,使各目的程序(最多 4 级 64 个目的程序),能够按其优先级权数以多道程序穿插运行的方式进行工作,对模拟量输入通道和开关量输出通道的使用,按申请使用的目的程序的优先数调度。

(3) 具有指挥和协调各外部设备并行工作的能力,以满足生产过程需要,进行实时控制。

(4) 具有实现人机联系的手段,使生产过程的操作人员能够了解和干预系统的运行情况并有一定的诊断功能。

在程序系统中,设置了五类广义指令:程序调度类、时钟管理类、外部设备管理类、开关量输出通道管理类、模拟量输入通道管理类。大大扩充了机器硬件指令的功能,成为管理程序和目的程序之间强有力的纽带。

2) 目的程序

目的程序中,包括了巡回检测;过程控制计算;自动开、停车;事故分析处理和定时制表等部分,共计 57 个目的程序,加上双倍字长浮点计算解释程序,程序长度为 5800 条。

巡回检测是对生产过程中各有关工艺参数的模拟量(温度、压力)和开关量(电磁阀、电机等的启停状态)进行测量和检查,当发现参数超越上下限就自动进行声光报警,供工艺操作人员及时采取措施,此外,还为过程控制计算及定时制表提供最新数据。

目前国内对冷藏库一般采用两位式控制方法。由于本系统的氨压缩机都是有级能调,且最多有三级能调,为使制冷能力与冷负荷匹配,若仍采取调节压缩机气缸负荷运转数或调节压缩机台数,必然造成调节质量差(即氨液蒸发温度波动大),而且使机器设备开停频繁,既不经济,又会缩短机器设备的使用寿命。

为此,我们采用调节投入降温库房个数的方法,来实现能量自动调节。几十个房间的冷负荷可组合出许多个能量等级,这就基本上满足能调的需要,又消除了压缩机开停频繁的现象。在现有条件下达到库温恒温控制质量好和单位冷藏食品耗电少的经济效果。

目前国内对结冻过程的控制,一般采用控制库温及时间的方式,即当库温达到 -23°C 设定值,结冻过程时间已到设定时间,结冻过程结束。这种控制方式主要是根据经验确定的。

衡量结冻过程控制质量的指标主要是:

- (1) 肉体中心温度达到 -15°C 时的结冻过程时间最短。
- (2) 结冻每吨肉消耗的电能最少。

我们现在采用的方式是控制氨压缩机的累积产冷量及其机械冷负荷之间的平衡。每次结冻开始,将结冻间肉体总重和初温值送入计算机,由计算机自动完成此过程控制计算。

还应指出,由于是一个大惯性系统,制冷设备(氨压缩机)型号不一,作为系统冷负荷的胴体牛羊肉吸收的热,也因牛羊肉大小、肥瘦而有很大差异,因此要使肉体中心温度冷冻到预定值所需要的冷负荷也是一个复杂的函数。如何使各制冷系统达到最佳控制,尚有待进一步摸索建立合理的数学模型。

四、系统投产运转情况

本系统从 1977 年开始研制,于 1979 年由中商部、新疆维吾尔自治区科学技术委员会组织全国鉴定,系统正式投产,实现了制冷工艺三个系统的闭环控制,其具体功能如下:

- 1) 对现场 77 个温度点,5 个压力点参数巡回检测,定时打印制表
- 2) 对现场 84 个限值事故监视点进行声光报警监视
- 3) 闭环调节

(1) -15°C 高温冷藏系统果、蔬、鲜蛋库的 5 间库房库容 1500 吨进行恒温调节,调温范围设定值可变,现为 $1^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

(2) -28°C 低温冷藏系统牛羊肉库 34 间库容 6500 吨进行恒温调节,调温范围设定值为 $-18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

(3) -33°C 结冻系统 8 个房间,结冻能力 120 吨/日,进行速冻、低耗的最佳控制试

验。

- (4) 对 10 台不同型号氨压缩机进行自动启停、配组和能量匹配控制。
- (5) 对中区间低温库房进行能量匹配的投入或停止降温的控制。
- (6) 对氨泵迴路进行自动启停控制。
- (7) 对冷却风机进行自动启停控制。
- (8) 系统蒸发温度的调节控制。
- (9) 设备事故处理及备用设备的投入运转。

4) 局部继电器控制及保护迴路

- (1) -25°C 制冰、制冰棒系统。
 - (2) 油系统;放空气系统;冲霜迴路。
 - (3) 压缩机自保护迴路;氨泵自保护迴路。
- 5) 人工集中遥控与计算机控制无扰动切换
 - 6) 模拟显示工艺生产流程的控制状况

本系统投产后,一直运行较为稳定可靠,与原来的手工操作相比,具有以下优点:

(1) 不需要操作人员定时进入库房抄表和调节,减轻劳动强度,改善劳动条件,减少管理人员数目。

(2) 能及时处理各种事故,能量匹配合理。既保证安全生产,又可延长机器设备的服务周期,减少机器的频繁启停现象;并可降低电耗 20—30%,全年节约电费约折合人民币约两万元。

(3) 库温控制稳定,有利于保持冷藏食品的质量,对高温冷藏的果、蔬、鲜蛋等食品能较好地保持色泽香味、营养价值并减少干耗,对低温冷藏的牛羊肉则可大大减少干耗量,按现有实际库存量计算,每年减少的干耗折合人民币约 8 万多元。

(4) 便于探索合理的控制规律,实现胴体牛羊肉的速冻。速冻的肉食纤维破坏少,营养成分保持好,色泽香味与鲜肉相差不大。据统计,速冻比慢冻节约冷加工时间 50%,节约劳动力约 40%,减少干耗约 0.5%。按该厂目前年结冻数量计算,就速冻而言可减少干耗合人民币达三万元。

鉴定表明:“本系统总体方案设计基本合理,操作简便,维护容易,切换灵活,投资少,见效快。整个系统运转比较稳定可靠,在保鲜质量,降低食品干耗,节约电能,减轻劳动强度,安全生产等方面效果良好。在制冷自控技术上达到了国内先进水平。对国内老库的改建,新库的设计提供了有益的经验。”

五、结 束 语

对于冷库这样一个大惯性系统,选用功能简单、价格低廉的小型工业控制机进行过程控制是可行的,相应的各外部、外围设备亦可从简要求,从而可大大节省计算机系统的投资。

由于在线运行时间较短,尚需对系统的控制质量、经济效果积累更多数据,探索更合理的控制规律,解决最佳经济运行问题。

参 考 文 献

- [1] T. J. Harrison, Handbook of Industrial Control Computers, Wiley-Interscience (1972).
- [2] J. R. Williams, Reliability in a Process Control System, Infortech State of the Art Report 20, Computer Systems Reliability, Infortech Information (1974).
- [3] A. Thompson, A Chemical Plant Contractor's Approach to Computer Control, Proceedings of the International Congress of IFAC, PP. XL-2, 1-12.
- [4] 北京有机化工厂, 工业控制机在化工中的应用, 科学出版社 (1972).

APPLICATION OF A MINICOMPUTER IN THE PROCESS OF REFRIGERATION TECHNOLOGY IN THE COLD STORAGE

SHEN LAN-XUN CAO YOU-JIANG ZHANG JUN-XIAN

(Xinjiang Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

This paper introduces the application of an industrial control minicomputer in the process of refrigeration technology in a cold storage with a capacity of ten thousand ton level. The selection of scheme, the design of system, the measure of reliability and its operating situation are briefly described. Owing to the great inertia of the refrigeration system, minicomputer Js-10B with simpler functions and cheaper price is used for the real-time process control so as to put the specifications of the simpler minicomputer into comparatively full play. Through the combination of the measures on the hardware and the software, the reliability and the ability of anti-interference have been enhanced.