

低速高精度数据采

集与控制系统总结

北京航空学院 本总结

# 低速高精度数据 采集、处理 与控制系统总结

上 册

( 总体部份 )

测试技术研究室

1970.12. 北京

# 前

# 言

XJ-200 型低速高精度数据采集、处理与控制系统是1973年底由北航、三机部606所、泰州电子仪表厂三个单位共同研制的。1977年底第一套系统在现场开始进行运转。1978年11月中旬泰州电子仪表厂试生产二台并通过了样机考核。

低速高精度数据采集、处理与控制系统技术说明与总结共分上下册，上册着重对总体技术指标，工作原理，现场调试与试验做了总结与说明；下册就系统各主要部件及主要接口做了总结与说明。

本总结是在过去几次小结资料基础上，除了进行归纳与整理外。结合这一段总结与实践，在总体设计上着重对精度，抗干扰措施以及提高可靠性上做了分析，并给出了现场调试与现场试验的总结与资料，这对有关同志具有参考价值，本文还补充了有关接口设计内容，在这方面都做了较多的工作与改进。

由于时间关系，加之水平有限，有很多地方考虑不周，错误难免，希同志们不吝指正。

本技术总结做为向三机部第一次科学技术代表会的献礼。参加这项技术总结的有北航测试技术研究室与第一研究室风洞测试组。

参加本文总结的有王述杭、郭自修、周宁华、龚延昭、徐德炳、宋志圣、顾祖雄、陈达生、白秀体、吉熙章。

本文由王述杭、郭自修同志归纳整理。

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 系统符号规定                           | 1  |
| 第一章：系统概述                         | 5  |
| 第二章：XJ-200的技术指标、结构及工作原理          | 12 |
| § 1, XJ-200的主要技术指标               | 12 |
| § 2, XJ-200的结构说明                 | 16 |
| (一) 总体结构及石板说明                    | 16 |
| (二) XJ-200的浮离屏蔽关系                | 18 |
| § 3, XJ-200子系统的工作原理              | 22 |
| (一) 放大—编码过程                      | 25 |
| (二) 工频50C/3过零编码说明                | 27 |
| (三) XJ-200的控制特点                  | 27 |
| (四) XJ-200联机工作原理                 | 30 |
| (五) XJ-200的自理工作方式                | 36 |
| I. 自理状态的工作原理                     | 36 |
| II. 自理时电平域、级的设定                  | 47 |
| III. 自理状态时的逻辑功能                  | 53 |
| IV. 自理状态时操作说明                    | 54 |
| V. 显示口                           | 56 |
| 第三章：XJ-200的设计考虑                  | 58 |
| § 1, 系统的抗干扰措施                    | 58 |
| (一) 浮离屏蔽的共态抑制                    | 60 |
| I. $Y_{II}$ 、 $Y_{III}$ 电平域的共态抑制 | 62 |
| II. $Y_I$ 电平域的共态抑制               | 65 |
| (二) 通放和有混迭波口的共串态抑制原理             | 70 |
| (三) 不全共模点的共态干扰及抑制                | 72 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| (四) 工频50%过零编码同步逻辑的共串态抑制 | 74  |
| (五) 自动增益放大口的串通毛刺干扰的抑制   | 77  |
| § 2. 工频过零编码同步逻辑的工作原理    | 78  |
| (一) 对同步逻辑的要求            | 78  |
| (二) 同步逻辑原理说明            | 80  |
| § 3. 自动增益放大口的采用         | 91  |
| (一) 高低输入电平同时兼容问题        | 91  |
| (二) 自动增益放大口提高小信号的测试精度问题 | 94  |
| § 4. 系统的增益规范化           | 95  |
| (一) 系统的增益设置故障           | 95  |
| (二) 系统之域、级增益规范化表        | 100 |
| § 5. 系统的误差分配及对各部件的要求    | 103 |
| (一) 系统的误差分配             | 103 |
| (二) 对各模拟部件的要求           | 114 |
| 第四章: 数据采集、处理与控制系统现场调试   | 117 |
| (一) 交流供电说明              | 117 |
| (二) 数据采集、处理与控制系统内电源配置   | 121 |
| (三) 数据采集、处理与控制系统的信号源    | 127 |
| (四) XJ-200系统的信号源        | 139 |
| 第五章: 现场调试与现场试验          | 150 |
| (一) XJ-200系统现场条件规定      | 150 |
| (二) XJ-200系统的现场测试       | 151 |
| (三) 维护和修理               | 174 |

# 系统符号规定

| 符 号                                         | 表 示 意 义         |
|---------------------------------------------|-----------------|
| FLY/t, FLY/z                                | 浮离电源插头、插座       |
| U/z, V/t                                    | 有源滤波四插座、插头      |
| C/z <sub>12</sub> , C/t <sub>12</sub>       | 采样四插座、插头        |
| F/z, F/t                                    | 程放插座、插头         |
| B/z, B/t                                    | 编码四插座、插头        |
| X/z, X/t                                    | 显示四插座、插头        |
| L-X/z, L-X/t                                | 联机显示四插座、插头      |
| Z-X/z, Z-X/t                                | 自理显示四插座、插头      |
| L/z                                         | 联机插座            |
| L/t                                         | 联机插头            |
| ZK-J/z                                      | 自理作孔机插座         |
| ZKZ/t                                       | 作孔机主机插头         |
| Z-J/z <sub>1,2</sub> , Z-J/t <sub>1,2</sub> | 自理插座、插头         |
| D <sub>0</sub>                              | 极性码             |
| D <sub>1</sub> ~ D <sub>13</sub>            | 二进制数据码          |
| $\bar{D}_1$ ~ $\bar{D}_{13}$                | 二进制数据反码         |
| M <sub>1</sub> ~ M <sub>5</sub>             | 总增益代码           |
| YD <sub>1</sub> ~ YD <sub>5</sub>           | 域、级代码           |
| d <sub>1</sub> ~ d <sub>10</sub>            | 联机 2/10 进制采样地址码 |
| C <sub>0</sub> ~ C <sub>9</sub>             | 个位十进制采样地址码      |
| C <sub>00</sub> ~ C <sub>90</sub>           | 十位十进制采样地址码      |
| C <sub>000</sub> ~ C <sub>300</sub>         | 百位十进制采样地址       |
| d' <sub>1</sub> ~ d' <sub>10</sub>          | 个位 2/10 进制采样地址  |
| d' <sub>3</sub> ~ d' <sub>6</sub>           | 十位 2/10 进制采样地址  |

| 符 号                                          | 表 示 意 义         |
|----------------------------------------------|-----------------|
| $d'_1 \sim d'_2$                             | 百位 2/10 进制采样地址  |
| $Y_I \sim Y_{III}$                           | 模拟信号电平域         |
| $J_1 \sim J_6$                               | 模拟信号电平级         |
| $D_a, D_b, D_c, D_d$                         | 工程符号代码          |
| $M$                                          | 采样计数口控制电平       |
| $N$                                          | 采样联机地址选通口控制电平   |
| $W_{15}$                                     | 准备              |
| $W_{16}$                                     | 编码完             |
| $CP_{1,23}$                                  | 显示口打入信号         |
| $CP_I$                                       | 显示口 I 控制信号      |
| $CP_{II}$                                    | 显示口 II 控制信号     |
| $CP_{III}$                                   | 显示口 III 控制信号    |
| $MQB_R$                                      | 母线驱动板输入         |
| $MQB_C$                                      | 母线驱动板输出         |
| $MXR_0 \sim 15$                              | 输入母线            |
| $MXC_0 \sim 15$                              | 输出母线            |
| $ZZ "0" RC$                                  | 总清              |
| $Z "0" RC$                                   | 外 P 设备清         |
| $DJ_I$                                       | 显示口接口插座         |
| $DJ_{II}$                                    | XJ-200 接口插座     |
| $XQB$                                        | 显示口驱动板          |
| $X_I/3, X_{II}/3, X_{III}/3, X_{I+II+III}/3$ | 第一、二、三层显示口插座、插头 |
| $JA, JB$                                     | 电源接线板 A 组或 B 组  |
| $DZ$                                         | 电源插头            |
| $X-LP$                                       | 显示层 12V 电源滤波口   |

| 符 号                | 表 示 意 义            |
|--------------------|--------------------|
| T <sub>4</sub>     | 变压回                |
| LB                 | 报警功能板              |
| K-C/t              | 采样回扩尺插头            |
| M <sub>0</sub>     | 超载代码               |
| LP                 | 电源滤波               |
| Z LP               | 自理 5 V 电源滤波        |
| C LP               | 采样回 12 V, 5 V 电源滤波 |
| F LP               | 放大回 5 V 电源滤波       |
| RCQD               | 外扩设备启动             |
| DRA                | 打入 A 寄存器回          |
| DRB                | 打入 B 寄存器回          |
| DRC                | 打入 C 寄存器回          |
| QAS                | 取 A 寄存器回的数         |
| QBS                | 取 B 寄存器回的数         |
| FRC                | 访入入出               |
| ZDXW               | 中断询问               |
| DRPB               | 打入屏蔽               |
| PCM                | P 脉冲 (或 C 脉冲)      |
| ZDPR               | 中断排队入              |
| ZDPC               | 中断排队出              |
| ZDQQ               | 中断请求               |
| MXGZ               | 工作母线               |
| MXJS               | 结束母线               |
| DMS <sub>0~2</sub> | 设备号的十位             |
| DMS <sub>3~5</sub> | 设备号的个位             |

| 符 号 | 表 示 意 义   |
|-----|-----------|
| T   | 通边放大器     |
| U   | 有源滤波器     |
| C   | 采样        |
| F   | 程控自动增益放大器 |
| B   | A/D 变换    |
| Z   | 自埋控制      |
| X   | 数字显示      |
| D   | 总机电流      |
| LB  | 过载报警板     |
| WL  | 稳压稳流源     |

# 第一章 系统概述

图1示出了系统的简化框图。该系统是以小型电子计算机为核心的数据采集、处理与控制系统。

为了尽量满足各种实验的数据采集与控制要求，该系统共安排了下述几种输入子系统：

## 1. 模拟输入子系统：

除了为本系统重点配备的XJ-200模拟子系统外，还为上海自动化四厂生产的XJ-100压力巡检系统设置了专用接口，从而实现了计算机对它的统一管理。

## 2. 频率测量子系统：

频率测量子系统实际上是一个受计算机管理的频率计。设有十路频率通道，以时分制进行测量。为了保证测试精度，在该子系统中同时安排了测频和测周期两种方法。使用中可根据被测频率的高低和测试精度要求，随意选用其中的一种方法，或者自动的选用一种适合精度要求的方法。这只要通过灵活的编制软件即可达到目的。

该子系统内的频率计数器为16位二进制，故最大可计算为 $2^{16}-1=65535$ 。测频时，时钟可提供四种标准时间为1秒、 $1/10$ 秒、 $1/100$ 秒、 $1/1000$ 秒。测周期时提供刻度脉冲为 $1\text{MC/s}$ 。

测频范围依所用的标准时间不同而异。若选用1秒的标准时间，最高可测频率为 $65535\text{C/s}$ 。如果保证最低测试精度为 $0.1\%\pm 1$ 时，那么当 $f \geq 1000\text{C/s}$ 时宜用测频法，当 $16\text{C/s} \leq f < 1000\text{C/s}$ 时，宜用测周期法。最低测试精度发生在 $1000\text{C/s}$ ，随着频率的提高或降低测试精度愈来愈高。

如果 $f > 65535\text{C/s}$ 时，可选用其它标准时间来进行测量。如选用 $1/1000$ 秒标准时间时，则可测最高频率为 $f_{\max} = 65535 \times 1000 =$

~6~

=65535000 C/s。如果被测  $f < 16$  C/s, 可用测频法, 但测量误差大。

### 3、开入/开出子系统:

为了适应控制上的各种要求, 共设了52路开入和32路开出。其中52路开入规化为三种情况:

(i) 一级故障中断开入: 四路, 采用非标准接口。可用作紧急事故处理。设备号为36。四个开关分别对应累加口的第12, 13, 14, 15位。

(ii) 带申请中断的开入: 16路, 具有标准接口, 屏蔽位为5, 设备号37。

启动时用 NIOS 37 指令。

主机响应中断后用 DIA AC, 37 指令取中断源的信息。

16个开关分别与 AC 累加口的16位一一对应, 所以分析是何开关请求中断是很容易的。

(iii) 不带请求中断的开入: 共32路, 设备号为37, 分A、B两组, 每组16路。可用下述两条指令取开关状态信息。

DIA AC, 37 取A组开关状态信息。

DIB AC, 37 取B组开关状态信息。

每组的16个开关分别与 AC 累加口的16位一一对立以资区别。

开关量输出:

32路, 设备号37, 亦分A、B两组, 每组16路, 分别对应于 AC 累加口的16位。可用指令

DOA AC, 37 将 AC 的内容输出至A组。

DOB AC, 37 将 AC 的内容输出至B组。

### 4、数字量输入子系统:

共设四组数字量输入, 用34, 35二个设备号, 采用非标准接口, 无请求中断等任何标志。每组为11位, 对应 AC 累加口的5, 6, 7, ..., 15位, 第五位为最高位。可用指令

DIA AC, 34 将34号的A组数字取入AC。

DIB AC, 34 将34号的B组数字取入AC。

DIA AC, 35 将35号的A组数字取入AC。

DIB AC, 35 将35号的B组数字取入AC。

数字量输入电平为TTL逻辑电平。高低为“1”。

系统中选用了国产DJS-130小型计算机，并针对它的输入、输出要求设计了各种专用接口。除了计算机目前配备的光电输入机、穿孔机和55型电传打字机三个通用外围设备外，又自行设计接口配备了宽行打印机(JY-80)和X-Y绘图仪(LZ-7)作为系统的主要输出设备。

针对航空发动机和风洞实验的需要专门编制了风洞实验和发动机实验两套语言系统，两套语言系统都具有一定的普遍性和灵活性，使用简单，适应性较强，从而大大地提高了系统的通用性。

计算机与各子系统，实验设备之间的信息流体制是软件程序控制，用优先/中断方式进行联系。各主要子系统都具有相对的自理性，不是采取完全依赖计算机的设计体制。这样便保证了系统的灵活性，最大限度的节省了“机时”。为一机多用提供了前提。

由于计算机通过开入/开出子系统参与了实验装置自动控制(参与程度由实验设备状况决定)，从而提高了实验过程的自动化，缩短了实验周期，同时也提高了实验过程的准确性。为时实处理和控制在初步基础。

设计和研制该系统时，始终把可靠性、稳定性放在首位，力争提高系统的精度和抗干扰能力，同时较好地解决数据集录和数据处理的配套任务。从一年多在实验室和现场的运行情况来看，证明系统具有一定的稳定性和可靠性。该系统的突出特

点是：

(1) 抗干扰能力比较强；

(2) 具有宽广的输入信息范围；

(3) 对高低输入信息电平 ( $\pm 1\text{mV} \sim \pm 3000\text{mV}$ ) 具有比较统一的精度。低电平信息的测试精度比较高；

(4) 系统具有较高的分辨力，最高分辨力不低于  $\pm 2.5\mu\text{V}$ ；

(5) 通用性、灵活性较强。

其中 XJ-200 模拟子系统是该系统的研制重点，上述的前四个主要特点在很大程度上是取决于 XJ-200 子系统。

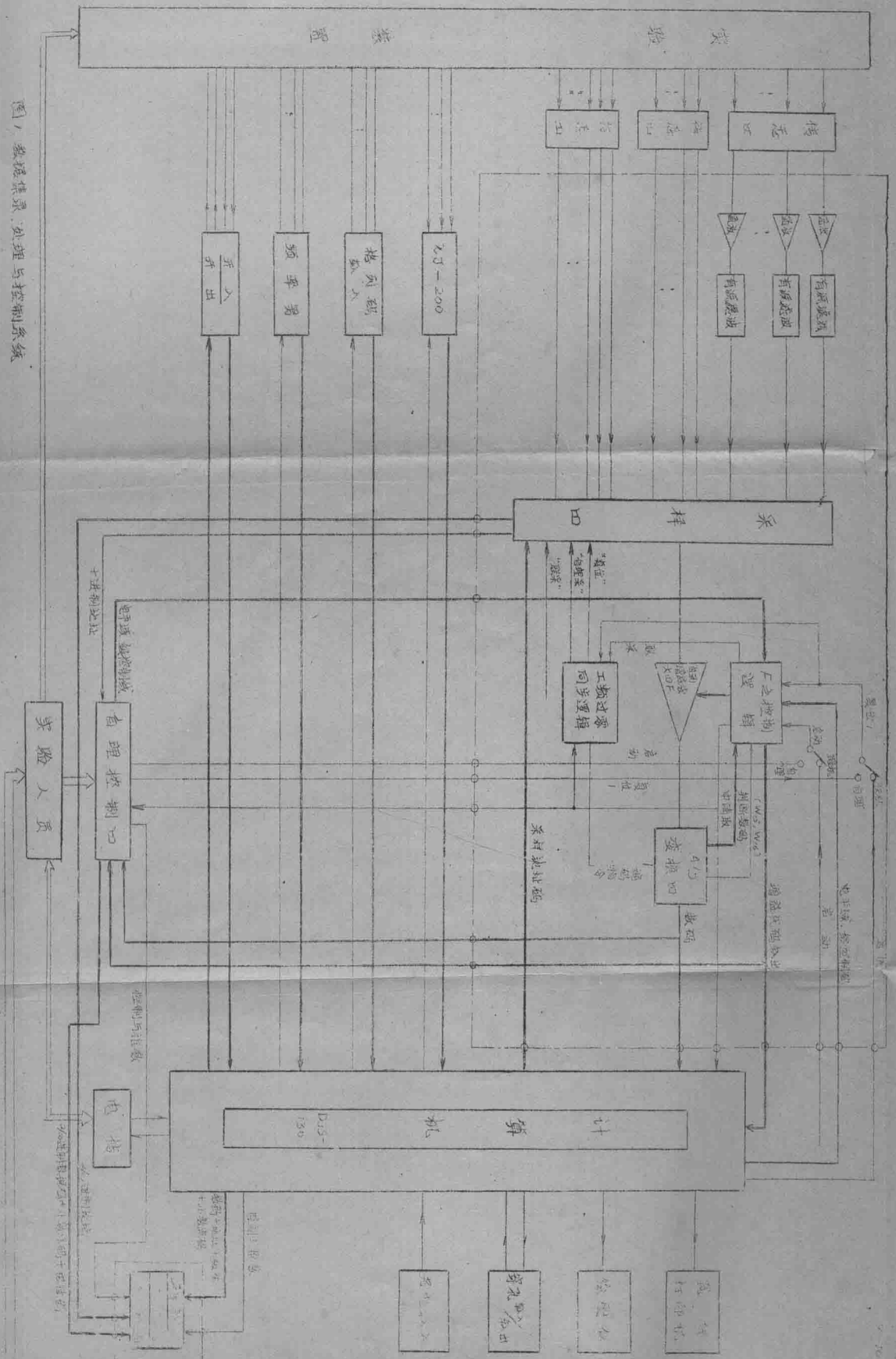
在该子系统中，由于采取了某些强有力的抑制干扰措施，注意了各有关部件的方案选择，以及总体布局上的有机配合，从而保证了总体系统的高精度、高分辨力、宽的输入动态范围和较强的抗干扰能力等行点。

XJ-200 模拟子系统在总体设计上亦是采取非完全依赖计算机的控制体制，而是具有较活的相对自理性。“脱机”时，插入自理控制口，它便可以自理工作，将测试数据保存在穿孔机的纸带上，这不仅为 XJ-200 的单独调试和检修提供了方便，而且保证了 XJ-200 在无计算机的情况下，仍能较好的完成数据集录任务。自理时数据集录的各种性能指标与联机时相同，其控制功能也不低于一般常规巡检系统。

自理时的数据记录问题目前配备的是穿孔机和 XJ-200 上的三层数字显示口。穿孔纸带为五单位的  $2/10$  进制码，可以直接送计算机进行数据处理。

三层数字显示主要作为某些特殊点（随意）的监视、测试前的检查以及 XJ-200 的调试检修用，其中第一层还可作为超载显示和逐点采样数据显示用。系统“联机”时，三层显示口又作为计算机的一个外口设备用。通过软件控制对某些被测点

图1 数据收集、处理与控制系统



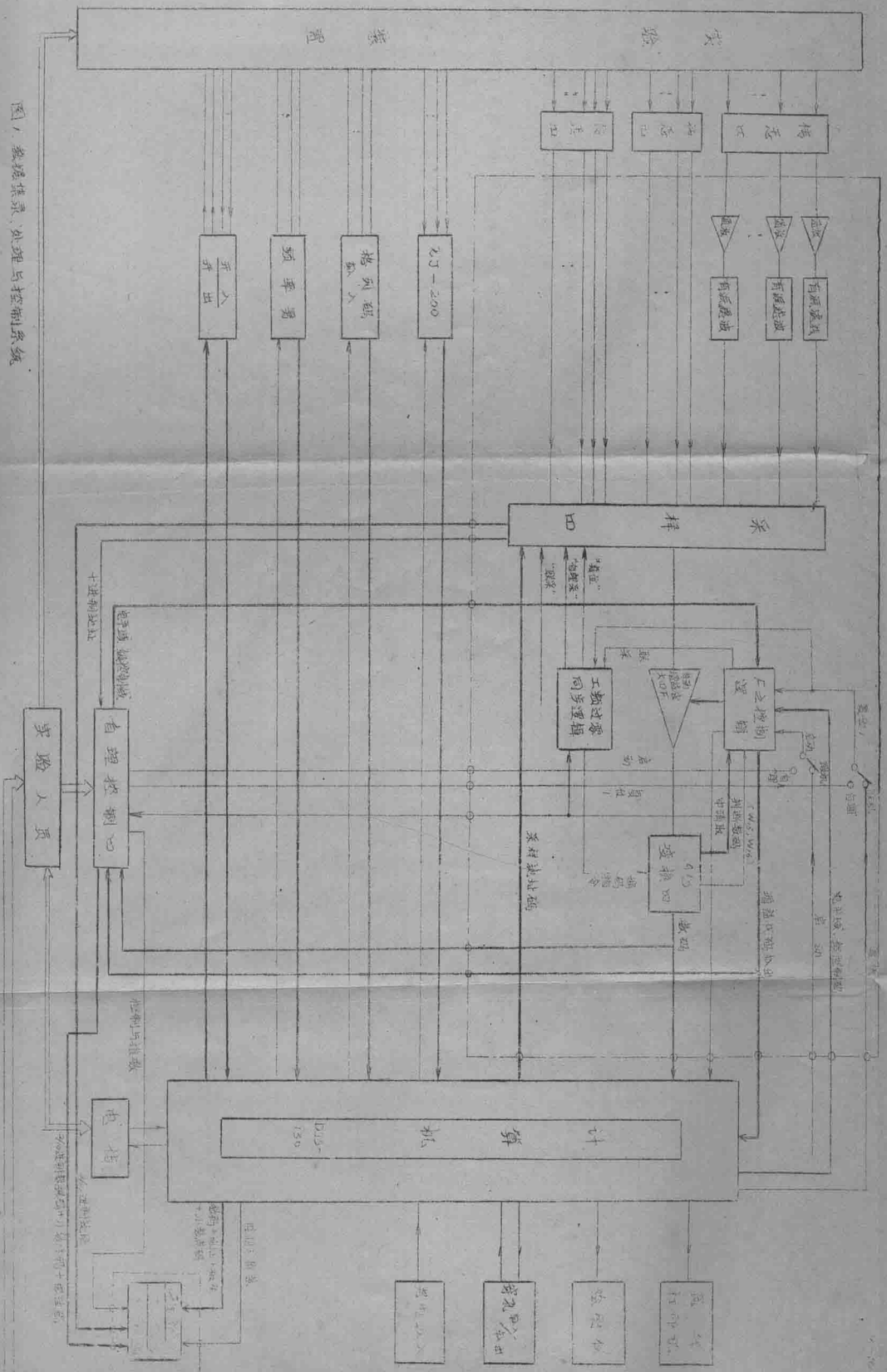


图1 数据收集、处理与控制系统

的数据进行监视。

由于水平有限，缺乏经验，致所研制的系统存在不少缺陷，而且有不少尚待改进的地方。目前机口存在的主要问题是：

(1) 对湿度要求较严：相对湿度超过85%时，ZJ-200的共态抑制有所下降，输入阻抗降低，从而导致系统的测试精度和分辨力的降低。所以为了保证系统具有较高的测试精度，必须保证机房的相对湿度低于85%。

(2) 由于结构上的某些不合理分、插接件及元口件质量以及个别线路上元口件应用不当等原因，尚存在一些不可借因素。

这些问题都有待于生产厂和使用单位的同志们加以改进，以便使该系统更加完善。

## 第二章 XJ-200 模拟子系统的技术指标

### 结构及工作原理

#### § 1. XJ-200 的主要技术指标

1. 容量：以十路为一组装单元，基本容量为 100 路，可扩展到 400 路。其中第零路为机口专用。

2. 采样速度：100 次/秒，50 次/秒，25 次/秒，10 次/秒四档任选。

#### 3. 输入信息电平：

第 I 电平域 ( $Y_I$ )：  $0 \sim \pm 32 \text{ mV}$

第 II 电平域 ( $Y_{II}$ )：  $0 \sim \pm 320 \text{ mV}$

第 III 电平域 ( $Y_{III}$ )：  $0 \sim \pm 3200 \text{ mV}$

#### 4. 系统精度 (不包括休眠时)：

$Y_I$ ：对  $|U| \geq 1 \text{ mV}$  以上的输入信号，相对精度不低于  $\pm(0.2\% \sim 0.3\%) \pm 1$  个字。

$Y_{II}$ ：对  $|U| \geq 10 \text{ mV}$  以上的输入信号，相对精度不低于  $\pm 0.2\% \pm 1$  个字。

$Y_{III}$ ：对  $|U| \geq 100 \text{ mV}$  以上的输入信号，相对精度不低于  $\pm(0.1\% \sim 0.2\%) \pm 1$  个字。

#### 5. 系统分辨率：

$Y_I$ ：  $\pm 2.5 \mu\text{V}$

$Y_{II}$ ：  $\pm 10 \mu\text{V}$

$Y_{III}$ ：  $\pm 100 \mu\text{V}$

#### 6. 共模抑制能力：

输入端接  $1 \text{ k}\Omega$  不平衡电阻时，各域的共模抑制能力如下：

$Y_I$ ：对直流型共模电压： $\text{CMR} > 170 \text{ dB}$

对  $50 \text{ c/s}$  交流共模干扰： $\text{CMR} > 150 \text{ dB}$