

# CDC CYBER 172 计算机系统 的运行情况

崔 公 利

从国外引进的 CDC CYBER 172 计算机系统，自 1977 年中旬在我国现场安装验收之后，截至 1978 年底已连续加电开机 13 个月。处理了几万公里的石油地震勘探资料。现将设备的运行情况做一概要介绍，供有关方面参考。

## 一、交机率统计

交机率计算公式：

$$P = \frac{T - \tau}{T} (\%)$$

$T$ ——总开机时间

$$\tau = t_d + t_{PM} + t_{EM}$$

为由下列原因引起的计算机系统运行中断的时间。

$t_d$ ——操作系统被破坏而中断计算机工作的时间。按平均统计计算，取  $t_d = n \times 0.5$  小时。

$n$ ——系统破坏的次数

$t_{PM}$ ——预防性维护机器时间

$t_{EM}$ ——紧急故障维修时间

计算 CYBER 172 计算机的交机率需要的几个“术语”：

系统正常工作时间：

计算机硬设备在操作系统的控制管理下，正确地处理用户作业的时间。其中包括某一台外部设备（或

可逻辑断开的设备），如磁盘、磁带机、读卡机、行打印机等，有故障暂不能使用，但并不中断整个计算机系统的工作。

操作系统破坏次数：

因某种原因（或硬件故障，或操作、或某一作业）引起操作系统破坏而不能恢复，必须重新安装操作系统的次数。我们取每装一次操作系统为 30 分钟。

停电次数：

因电网、场地供电系统故障，或必要的线路与设备维修造成停止计算机供电的次数。

维护机器次数：

指每月例行预防性固定维护机器次数。因在合同保证期间需测试备品备件和解决一些验收遗留问题，故有时每月维护四次，有时每月三次，以后定为每周一次。

维护机器和故障排除时间：

维护机器所占用的时间，加上紧急性故障排除时间。（为使表格简化，二者未另行计算）。

表 1 给出了 CYBER 172 系统（两套 CYBER 172）交机效率。可看出，全年平均交机率为 95%，5 月份最低为 92.9%。

要说明的是，交机率只是设备可提供使用的时间，并不是主机的利用率。

表 1 交 机 效 率 统 计

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全 年
交机率(%)	95.00	95.8	94.0	93.0	92.9	93.8	95.5	94.0	94.8	95.4	97.3	97.8	95.0
停电占用的时间(小时、分钟)	0	24.20	22.46	12.10	40.00	31.18	0	2.00	10.58	4.49	0.50	44.00	153.11
停电次数	0	3*	2	2	6*	5	0	1	2	1	1	3*	26
维机次数	4	2	3	3	4	3	4	4	3	2	2	3	37
维机和故障排除所用时间	60	27	54.50	69.40	69.05	51.10	61.38	79.31	50.57	42.10	30.25	21.30	617.56
系统破坏次数	26	12	17	18	18	18	16	12	15	23	15	10	200

说明：\*号表示有特殊情况引起的停电时间的表示：小数点后的两位数是分钟

表 2 设备故障次数统计

设备 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	平均
CYBER 主机	2	3	8	7	3	4	4	1	3	4	5	4	48	4
ECS 扩 存	13	9	6	15	6	4	15	12	7	22	1	1	111	9.3
MAP 矩阵处理	0	0	1	2	1	0	1	1	1*	0	3*	1*	11	0.9
DISC 磁 盘	2	0	0	0	3	2	5	5	7	6	8	1	40	3.3
MT 磁 带	7	8	6	12	6	3	3	6	6	5	9	12	83	6.9
通 外 场 地 <sup>(1)</sup>	2	5	1	6	0	0	0	1	0	0	7	0	23	1.9
	频率低 1次	空调坏 1次 掉电 2次	掉电 1 次	掉电 3 次						掉电 1 次				

注：(1) 场地故障次数指突然性掉电或空调事故。

(2) \*表示偶然性跳动。

## 二、设备故障

表 2 给出了各类设备的故障次数统计，其中包括硬件设备的“固定性”故障和“偶然性”故障两种。分别说明如下：

### 1. CYBER 主机故障

主机包括中央存储器、中央存储控制器、中央处理机、外围处理机等四大部分。

全年故障 48 次，平均每月 4 次，其中固定性故障仅 14 次。其余 34 次属偶然性故障，占总故障的 70%。

#### · 中央存储器(MOS 存储器)故障

出现数据存取的奇偶错。因 CYBER 系统的中央存储器对 60 位字设计了“单错校正双错指示”(SECEDED 码)线路，使得故障较少。在 60 位字中只有 1 位出错时，就自动校正，而只有出现双错时，才发出错误指示，使得 scope 操作系统不能继续正常工作。

例，78 年 9 月 28 日三班 CYBER 系统的 scope 操作系统受到破坏，不能恢复；主机的状态寄存器指示出“SECEDED 错”，查出是中央存储器的一块 MOS 插件失效。

另一种经常出现的情况是，中央存储器(CM)0 单元内容变成非零了，使操作系统被破坏。在 scope 控制下，(CM)0 单元应当是零，每经过一段时间就检查一次 0 单元，如果系统稳定可靠，则(CM)0 单元的内容应不失为零，一旦检查到非零，就不能继续处理作业了。造成(CM)0 单元非零的原因，可能是(CM)本身问题，也可能是其它原因将(CM)0 单元写上了内容。出现了这种情况，可观察 SCR 指示灯。

这种故障多属跳动性，若涉及的面不大，操作员可在控制台上打入相应的命令，将(CM)0 单元清零，

就可以使操作系统恢复正常。

PPS 的存储器偶错或通道信息传输奇偶错时，会使相应的 PP 挂起，而破坏系统，若只关系到某一个 PP 的问题，则可在操作台上打入相应命令恢复系统；若错误严重，特别是 PP0 出了问题，则只有中断正常工作而重新静起。

虽然 PPS 中的存储器(4096 个单元)也是由 MOS 组件组成，但没有校正线路，只有 1 位奇偶检查位，所以跳动性故障要比 CM 多一些，PPS 的故障占主机故障的 70%以上。

一种情况是，PP 1 被破坏，使操作台的显示灯突然变黑；或通道问题引起的。

经常出现的消息是“PPn × × × -BAD MTR REQUEST”。意思是 PPn(n 是 PP 号码)中的 × × × 程序破坏，对鉴控程序 MTR 产生了一个坏的请求，这时观察 SCR 指示，可看到 PPn 的偶错情况。

#### · 通道问题

十个 PP 均通过通道与外部设备进行信息交换。信息传输过程中也进行奇偶检查，若有错误发生，就发出报告信息。常因通道发送插件性能变化或失效，或因电缆上的干扰，造成通道传输错误。

78 年 5 月 27 日 CYBERA 系统的操作系统多次受到破坏，记录 SCR 的状态如下：

bit 3=1 (SECEDED 错)

bit 17=1 (PP 3 偶错)

bit 29=1 (通道 5 偶错)

PP 0 7775

PP 1 3630

... ..

MF=1 (处于鉴控态)

查出，是 CH 5 (通道 5) 上一块驱动电缆的插件(AP 型插件)性能不良引起的故障。

## 2. ECS 故障

ECS 数据存储的奇偶错是整个 CYBER 系统中最多的错误, 全年共 111 次, 平均每月 9 次之多。作为一种大容量磁心存储器, 未加校正线路的情况下出现奇偶错是计算机系统中常见的。但是对于 ECS 磁心体的读/写功能而言, 实际上没有这么多的错误, 大部分是由 ECS 控制器和耦合器中原逻辑设计不合理造成的错误。

在操作控制台显示屏上出现 ECS 错误的信息有如下各种:

“ECS PE” (ECS 偶错)

“ECS Loading error IRN” (ECS 加载 IRN 程序时错)

“SOS LIB ECS PE” SOS 系统库 ECS 偶错

“overflow table full” ECS 奇偶错太多, 以致使 ECS 缺陷表都填满了。

78 年 2 月 19 日, CYBER 172 A 系统上, 出现如下信息:

“ECS LOADING ERROR”

硬件人员用诊断程序检查 ECS, 发现 ECS 读出数据时, 44 位丢“1”, 插件 3 M 30(RGO 型)性能失效, 更换插件后工作正常。

全年给 ECS 更换的插件共 22 块, 其中读放大器插件 14 块, 占 63%; 另外一类是驱动插件方面的故障, 当字驱动电流变化 (变小), 会引起读/写不可靠。还有位线引导二极管损坏(正向电阻变大), 但这一类故障比较少。

## 3. MAP 故障

全年故障 11 次, 其中冷凝系统故障 1 次, 插件失效故障 5 次, 其它都是跳动性故障。更换的插件共 11 块, 其中备件 6 块(测试备件, 发现该备件性能不良, 需更换), 而真正用于机器而失效的 5 块。

78 年 4 月 5 日, 在突然断电后再加电运行时, 发现 SOP 1 寄存器 18、19 位丢“1”, 由一块 VA 插件失效引起。

78 年 4 月 12 日, 在维机时运行诊断程序时, 发现第 16 段通不过, 信息如下:

S 1603 304 USC 10 MA 3.....

ESPECTED=000777.....777600(期望值)

RECEIVED=000777.....377600(接收的值)

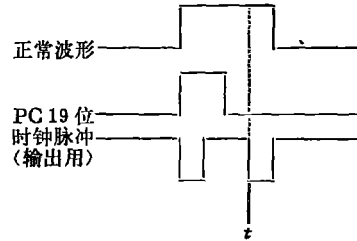
表现在第 18 位上丢“1”。

查出是 60 位移位网络中一块与非门插件 (IH) 失效。

78 年 4 月 19 日 硬件诊断程序通不过, 从缓冲

寄存器左移 8 位后存到存储器时, 发现存储器的 0.1 两位冒“1”, 查出是一个与非门输出幅度变低造成的。

78 年 8 月 9 日, 因 MAP 设备中的冷凝系统故障, 造成 MAP 运算器故障, 查出是“部分进位寄存器”——PC 第 19 位工作不正常, 观察波形如下:



PC 19 位在时间  $t$  时提前翻转, 更换这块触发器插件后, 恢复正常。

在 MAP 故障中, 绝大部分是运算器中的故障, 而存储器系统和控制器部分的故障很少。

在作业处理过程中经常出现如下信息:

“GARBAGE IN MAP” (垃圾在 MAP 中)

意思是: MAP 存储器中存放的内容错误。这可能是因存储器内容被破坏, 也可能是因其它原因使有关 MAP 的表格破坏。这种情况往往只引起一个用户作业失败, 而不影响整个系统, 用硬件诊断程序去检查 MAP, 又发现不了什么问题, 因此只能认为是偶然性的或潜在性的故障。

## 4. 磁盘故障

全年 40 次故障, 在屏幕上出现的信息有:

“DISC EQ 03 Uncorrectable error”

磁盘设备 03 出现了不可恢复的错误

“ERR 43, EST 01, CH 01”

错误类型 43, 设备号 01, 通道 01

“Uncorrectable RMS error”

不可恢复的旋转大容量存储器错误

“EQ 01 Uncorrectable RMS error”

Detailed status

0000 0000 0100 1000 0002 3000

0100 2677 0700 4001 7560

设备 01 的磁盘产生不可恢复的错误。随之给出详细状态, 给出筒号, 头号, 段号, 错误性质。

每套 CYBER 系统中配有 4 台 844 型浮动头磁盘机, 由一个控制器控制。一台磁盘用作系统库, 一台作为永久文件库, 其余二台作为用户公共盘, 因为磁盘是高速随机存取的外部设备, 使用频繁, 为保证存取信息的可靠性, 控制器中设有多项式校正线路, 对磁盘一道上的连续 11 位之内的错误可以校正。如果

错误个数超过可校正范围,就发出“不可恢复的错误”。这种错误与磁盘质量有关,出厂的技术指标中规定了一个磁盘组缺陷位所在段不超过45段。并给出哪个筒,哪个头,哪个段是缺陷区。也给出了一些段是可用可不用的。但经过长期使用,这些性能临界区域,可能因读/写线路性能稍一变差,就会出现错误。这时,或更换插件,或是将这些临界段不用(置成缺陷段),去解决这种问题。

一年中,磁盘机系统共换了5块插件。其中关于读/写动能的插件4块,剩下一块是控制器中存储器电路板性能变坏。另一类故障是磁盘工作中寻找区号时发生的错误,这可以通过调整有关线路解决。

在磁盘偶然性故障中,有一部分是因为交流供电的频率变化范围超过技术规定(约 $50 \pm 0.5$  Hz)的指标而引起的,在我们现场供电情况下,有时电网频率降到48.5 Hz左右,这时磁盘工作就不正常了。

更严重的是,在CYBE 172 A系统的03台磁盘机上,出现过两次盘面掉粉问题。78年5月,发现伺服盘面的0筒附近,出现了一个直径在1 mm之内的掉粉区,用诊断程序检查,有5至10筒不能用了。而检查磁盘机本身没发现什么问题。现场又安装了一个新盘组。工作了5个月之后,到了10月份,又是在同一台磁盘机,同一个伺服面,还是0筒附近出现了一个掉粉区,用放大镜仔细观察,不是自然脱粉,掉粉的凹陷区呈圆弧片状,似磁头碰触造成的。再观察磁头架部分,发现伺服头架前端的一条簧片弯曲度比别的大一些,这是一个可疑点,可能是在启动和寻找的机械运动中碰撞盘面造成的。用诊断程序检查,这个丢粉区是在0筒之外,还不影响使用,所以又用在机器上了。但这确是一个值得注意研究解决的问题。若不彻底解决,在某一特定场合下,又可能发生类似情况。

## 5. 磁带机故障

地震资料处理的特点之一是大量的输入/输出信息。这都需要在磁带上进行。而且磁带机的使用是伴随着作业处理的全过程。又因磁带信息存取是一种序列存取,处理过程中要装卸大量磁带,所以表现在磁带机上的故障是外部设备中最多的故障。

669-2磁带控制器中设有校正线路,并由驱动磁带的子程序——“控制件”对磁带机进行控制与管理。所以日常工作中大量的“恢复性奇偶错”(Recover error)并不影响系统工作,也没统计在表2中。表2中所列之故障是比较重大的故障。因“不可恢复错误”(Unrecover error)造成作业处理失败,或出现系统

性故障,必须进行“恢复性静启动”安装操作系统。在地震资料处理中,在输入带上出现“unrecover error”时,只影响一个记录块的处理,可以跳过去继续处理以后的数据。而在输出带上记录结果出现“write uncorrectable error”时,就会使这一作业失败。

磁带机故障中,只换过2块读/写放大器插件。伺服传动系统的故障较多,更换过伺服电路插件板、马达驱动线路中的功率管、电源系统中的可控硅等。其它一些机械方面的故障,或真空积带箱中的压力调节等问题均可由调整、更换个别零件加以解决。

据我们的初步统计,出现在磁带机上的故障,有60%以上是磁带本身的问题。例如:1978年5月,磁带机故障特别多,用硬件检查带对各磁带机进行检查,似乎每台磁带机都有问题,就将这些(20多盘带)检查带的头部剪去一段(几十英尺),并进行清洁,再用到磁带机上就正常工作了。这是因为半年来,这些磁带反复使用,磁带的前部,经磨损和折损,磁化面已受破坏,不能可靠工作。又如,1978年7月份,做过一个实验,将100多盘磁带上机处理之前全部到磁带清洁器上进行处理,对输出带进行消磁。经过检查,上机处理后,没出现一次<写不可恢复错误>,而<读不可恢复错误>仅三次(因为磁带记录的信息不好)。

自1978年8月分批对磁带进行“砂眼检查”,发现有几百盘带有不同程度的“砂眼”(所谓砂眼是指掉磁粉后而透亮)。

## 6. 通外设备故障

这些设备都包含机电设备,电子器件占的比例较小,损坏的不多,共损坏组件(SN 74××型)7个,更换插件6块,其余有读卡机光敏二极管、读刷、指示灯泡及一些机械小零件。大部分的故障是卡片不好引起的输卡错,行打字键盘被脏物或磨损的铁屑卡住等机械性故障。

因为通外设备可以逻辑断开,随时脱机维修,故只要勤加维修保养,就可以满足计算机工作要求。

## 7. 场地设备故障

CYBER计算机系统是由配套的场地供电系统(50 Hz和400 Hz发电机组)供电。而场地设备系统又由国家电网供电,因此除了要求本系统的场地供电设备工作可靠稳定之外,电网供电对系统影响也很大。

由于CYBER系统没有配置自动切换供电的保护系统,即不能在电网供电突然停止后,转换到蓄电设备上,维持一段时间,安全地处理计算机房的供电。

尽管场地的 50 Hz 发电机组带有惯性轮，可维持 500 ms 的供电，但是并不能在此时间内，将 CYBER 关键设备（主机，ECS、MAP）的直流电源顺序断开，而是同时切断，这势必造成对大量半导体器件的电磁场冲击，使器件失效率增加。

在我们现场供电条件下，全年停电 25 次之多，其中因设备故障、责任事故造成的突然停电 8 次，其余 17 次是维修需要的预先组织停电。

从表 1 中看到，78 年 5—6 月间，交机率在 92.9%~93.8%，ECS 和 MAP 的器件失效率也最多。原因是 5 月共停电 6 次，突然断电 3 次，6 月份断电 5 次，其中因电站事故在恢复加电后不到一小时，竟突然断电 2 次，这对器件影响更大。

由上述原因造成的器件损坏，并不一定立刻暴露出来，可能造成潜伏性故障，使得系统不稳定，故障也很难一时查到，直到这种器件彻底损坏，暴露出来为止。

一年来，场地供电系统没发生大的故障，仅在控制柜中更换了一块电路板。共切换电机 5 次（从“在用”切换到“备用”），每套机组运行 4000 小时换一次油。

空调系统共维修 35 次，室内空调机故障 14 次，风机马达轴承坏了三次，马达绕组故障（接线端绝缘降低与地短路）一次，加湿器烧坏 2 个，新风冷凝器中的控制部件及继电器烧坏了一个。

在中央冷凝系统中，烧坏了 4 个继电器，氟里昂管线漏气 2 次，风扇变压器烧坏了一个。

上述故障由于有备用设备切换，没有影响计算机系统的工作效率。

### 三、故障分析

众所周知，一个通用电子计算机系统，除了场地、外部输入/输出设备中有一部分机电部件之外，绝大部分是电子器件。

多数机电部件的故障是由于零部件质量不好，或长期运行磨损而引起的。例如，马达轴承运行一段时间之后需要更换。磁头用一万小时后读/写就不可靠等。

大量的半导体器件，在一定工作环境条件之下有一定寿命，即有一失效率。因此，保证计算机工作条件之下（这是基础）就要从逻辑、电路的设计上、工艺制造上和元、器件的选用上加以考虑，分配可靠性比例，使之整机满足一定的可靠性要求。

CYBER 172 系统上出现的故障也属于这几方面

的问题。

#### 1. 系统逻辑设计和电路设计的可靠性问题

典型的例子是 ECS 系统。前已提到，ECS 系统的故障最多，一个重要原因是 ECS 控制器在数据奇偶判断与处理的线路中，原设计不合理、不完善，使得电位-脉冲时间关系配合上紧张，处于临界工作条件。

例，当从主机以每字 200 ns 的速率向 ECS 存储器存取信息时，由主机中的 ECS 耦合器通过 75 英尺长的同轴电缆将 60 位数据传送到 ECS 控制器，在 ECS 控制器的半加线路中形成奇偶位 P'。同时主机再单独送来一个事前配好的奇偶位 P，P 与 P' 再半加，以校正传输中是否产生错误。

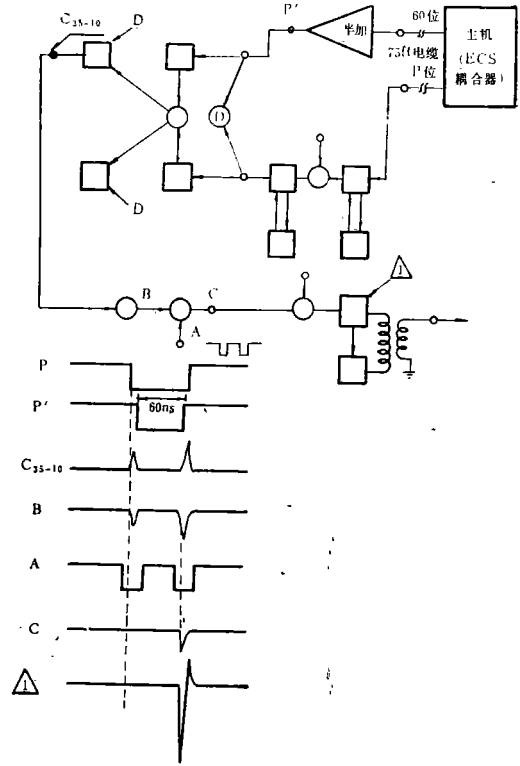


图 1

60 位数据到达 ECS 控制器先后不一，最大相差 9 ns，在数据寄存器中保存的时间 60 ns，即数据寄存器输出是 60 ns 的方波。

在某种随机数下（如两个数为 72474 14537 16266 33527 和 55710 75315 27756 51706）进行半加就形成波形的缺口，造成发送插件 PL 的错误输出（见图 1）。这实际是一个假的偶错报告信息。

消除的措施是：① 将数据寄存器输出方波加宽

到 80 ns; ② 将时钟脉冲后延 5 ns; ③ 将主机送来的 P 位延迟 30 ns。

这样, 在 +6V 变化 ±10% 情况下, 能通过 ECS 的各种诊断程序。

当 CMC 不用 SECCDED 方式工作, 而用奇偶方式工作时, ECS 送给 CM 的奇偶位总是“1”, 这样, 当从一个 ECS 字 (488 位) 中选择读出一个 CM 字 (60 位) 时, 在读其余 7 个 CM 字过程中产生错误的奇偶位, 也会送出假错报告, 为此, 在 ECS 耦合器中进行线路修改, 将奇偶位加一个“体开始”信号控制, 以消除错误。

在向 ECS 写入信息时, 如果 CM 出现单错 (可校正的), 则因逻辑设计不周, 会产生一个奇偶错误报告, 因此也进行了线路修改, 使非校正位的数据错误位求反后送到 ECS 控制器。

上述工作于 78 年 10 月底完成之后, ECS 错误显著减少。这说明, 逻辑设计上一些问题往往通过一段实践考验才能暴露出来。在我们现场发现这些问题时, CDC 公司的其它现场也已发现, 并已进行了修改。

## 2. 线路的工作可靠性问题

CYBER 主机、ECS、MAP 等重要设备, 都给出了电路直流电源允许变化范围和主频时钟频率的变化范围。其分配的数值不等, 大致都在 ±10% 之内。MAP 在 ±7.5% 之内。在各机架上都装有百分比指示电表和边缘条件开关 (如读/写放大器门槛开关), 以供检查设备可靠范围之用。元器件工作一段时间后, 可靠范围可能要降低, 如读/写放大器放大倍数降低, 逻辑组件驱动能力降低, 这都可通过直流电压变化加以筛选, 这对于 ECS 体尤为明显。例如, ECS 体内字驱动电流变小, 使 ECS 耦错增多, 当增大驱动电流 2—5 mA 之后, 工作就正常了。CYBER 系统在 scope 控制下工作时, 由 ECS 控制器中的晶振 10 MC 主脉冲同步全机, 允许主脉冲周期变化范围为 96 ns—104 ns。

## 3. 长线传输与驱动线路

CYBER 172 系统规定, 在机架之内, 用特性阻抗 150 Ω 的双扭线传输信号, 在机柜之间 (各设备之间) 用特性阻抗为 75 Ω 的同轴电缆传输信息。由于 CYBER 系统装配密度不高, 外部设备较多, 信号电缆用的很多。仅 CYBER 主机与其它设备之间的电缆就有 32 根 (每根电缆最多 61 线)。ECS 控制器与 ECS 之间有 40 根电缆。其它, 如磁盘控制器和磁盘之间, 带控与磁带机之间, 各外部设备之间都有电缆

连接。整机有 200 多根电缆, 因此所用的电缆驱动器很多。PPS 是通过 12 个电缆通道与外部设备控制器连接。在主机故障中, PP 的通道驱动器 (AP 型) 坏了 4 次。因此这种插件工作电流较大 (18 mA), 功耗也较大, 容易损坏。

插件电路形式如下:

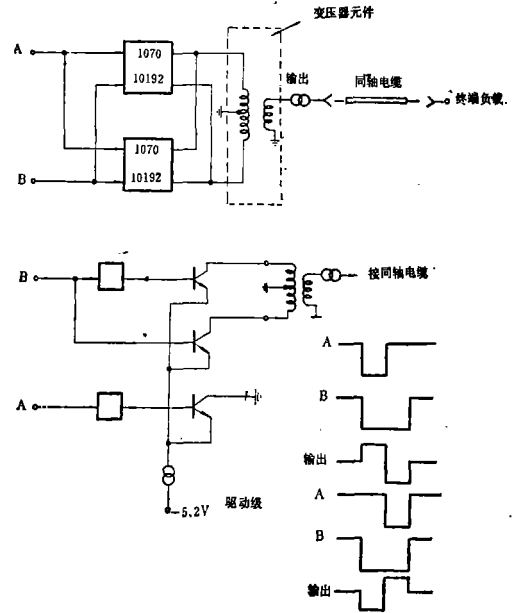


图 2

MC 10192 插件的驱动级是用恒流源输出, 接到一个变压器 (变比 2:1) 的器件上, 变压器付边接电缆线。

通过变压器耦合可以做到阻抗匹配, 效率高, 反射小, 双向输出, 消除了电缆线上的残留电平。但是, 引进了电感元件, 使之波形易于振荡和接收干扰。在 ECS 安装过程中和十月份一次故障中, 就是因为一根电缆接触不好, 动了动, 或重插, 工作就正常了。排除这种故障往往要花较长时间。另外, 由于 ECS, MAP 和 3000 系列的外部设备分别用了分立元件和 TTL 电路, 因此, 主机与这些设备连接时, 要进行电平转换, 使器件用量增加, 出现的故障概率也要相应增加, ECS 的电缆驱动器和双扭线驱动器线路如图 2 所示, 供分析参考。

## 4. 半导体器件的失效率

半导体器件和某些电气设备的使用需考虑可靠性  $R(t)$  和失效率  $F(t)$ , 这在有关技术文献中都有介绍。用户只是考虑如何保证工作条件和合理维修, 使其达到器件出厂的  $F(t)$  的指标。CYBER 172 系统器

件失效率如下：

正常失效

自78年1月系统正式生产至12月，各类插件失效情况见表3。这当中包括一些性能失效的备件，因为这些备件都是保存在机房的空调环境之下，一般不应有失效问题，为了计算简单一些，也把它们计算在

正常失效之内了。

在计算器件失效率时，假设平均一块插件上只有一个器件失效，按每块ECL插件板上平均安装20块组件，一块ECS或MAP插件上安装40只晶体管计算。

表3 插件及器件损坏统计

插 件 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
MOS (主机)	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	4
ECL (主机)	0	0	0	2	2	2	5*①	1	0	0	0	0	12
ECS 插件	5	4	1	0	2	4	3	1	0	1	1	0	22
MAP 插件	0	0	2	3*③	2	2*③	0	2	0	0	0	0	11
DISC 插件、元件	1	0	0	0	1②	0	0	0	0	2	1②	0	5
MT 插件、元件	0	1	0	1	2	1	0	0	1	3	1	0	10
通外 插件、元件	2	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	7

注：\* ① 包括备件，在测试过程中损坏的2块  
 ② 磁盘组掉粉  
 ③ 包括MAP测试备件发现的坏插件

表4 失效率统计

器 件	ECL	MOS	ECS (分立元件)	MAP (分立元件)
损 坏 数	12	4	22	11
总 数	74300	10320	88640	51080
失 效 率	$2 \times 10^{-8}$ 1/小时	$4 \times 10^{-8}$ 1/小时	$2.8 \times 10^{-8}$ 1/小时	$3 \times 10^{-8}$ 1/小时

- ECL组件类型插件共3715块
- MOS组件类型插件共516块
- ECS分立元件类型插件共2216块
- MAP分立元件类型插件共1277块

失效率：

$$\eta = \frac{n}{N \cdot M} \text{1/小时}$$

N——运行时间

M——组件(或晶体管)总数

n——损坏个数

失效率见表4。一年运行时间计为 $365 \times 24 = 8760$ 小时。

根据国外技术资料介绍，半导体器件寿命为 $10^8 - 10^9$ 小时，看来CYBER 172系统的使用情况基本在这个数量级上。

5. 偶然性故障

我们将不能在短时间内重复的故障，称为偶然性

故障，或叫“跳动”。这种问题是硬件维修人员最感头疼的问题，因为它不能重复，或较长时间（几小时，或者几天）才出现一次，很难用一般的诊断手段查出，多数是根据现象进行分析，找出薄弱环节，加以措施进行实验。这种故障也是计算机上常见的，如MOS存储器的偶然性错误，造成PP突然不工作，使正在工作的屏幕显示突然变黑，当重新安装系统进行检查时，又是好的。这种偶然性因素当然是由于系统抗干扰性差或者有薄弱环节引起的。通常所考虑的是地线系统，传输线系统，电源系统，空间感应等方面招来干扰所致。在CYBER 172系统验收中存在一个较大的问题，也是一个一直未解决的问题是整个地线（交、直流地线共接大地）上，有感应电压，在机柜的直流电源上，纹波也比较大，如表5所示（以CYBER主机柜为例）：

表 5 CYBER 主机直流电源的纹波

电压种类 (V)	纹波允许值 (mV)	机 架 I 实测值 (mV)	机 架 II 实测值 mV	机 架 III 实测值 mV	机 架 IV 实 测 值
-5.2	260	220	200	205	120
-2.2	100	180	80	150	120
+20	200		*300	100	
+5	250		120	100	
+23.25	200		*450	70	
+7.6	150		*300	150	

从表 5 可以看出, 机架 II 的 +23.25 V 和 +7.6V 的纹波峰峰值超过允许值 100 % 还多。

场地供电设备的接大地地阻为  $< 0.6 \Omega$ , 这个纹波单用加滤波电容的办法是难以解决的。这是一个不可靠的因素, 有待进一步研究。

再一个造成偶然性故障的重要方面, 就是系统庞大之后, 信号电缆线很多, 又是变压器耦合, 易于接收干扰, 这与装配密度高, 传输线短的系统相比, 可靠性、稳定性就会大大降低, 对于 CYBER 这样的电缆传输形式, 必须把屏蔽接地搞好。

#### 四、设备维修与保养

##### 1. 维修方式

预防性维修-设备运行过程中, 可靠性随着时间下降, 在到达所允许的最低值之前, 必须维修, 否则设备进入不可靠范围。从统计规律找出这一时间, 定期进行设备维修, 使之恢复原来的可靠范围, 叫作预防性维修。

过去有人认为没必要进行定期维修, 而是什么时候出现故障, 就什么时候维修。看起来可以延长用机时间, 提高交机率。实际上因为设备已经产生故障, 一般情况下可能在错误条件循环工作, 排除故障费时较长。而采取预防性定期维修, 则因设备尚未进入“不利工作”的范围。利用边缘条件进行诊断, 寻找薄弱环节方便一些, 这样做反而主动。

故障紧急维修-设备出现中断系统的故障, 需紧急维修, 排除故障, 恢复系统, 叫作紧急维修。因为大部分问题应在“预防性维修”中解决, 这种维修应是不多的, 但某些元器件会偶然失效, 或场地突然停电、停止空调等引起故障, 这种维修方式是被动式的。

自动序列联机诊断——上述的“预防性维修”与“紧急维修”, 叫作“传统方式维修。随着计算机功能的复杂性、多样性, 以及操作系统自动化程度不断提高, 出现了“自动序列联机诊断”方式, 在操作系统管

理控制下, 将硬设备诊断程序安装到系统中, 作为一个用户作业, 每隔一定时间运行一次。在 CYBER 系统上运行一次诊断的时间是可选择的, 现在是每 4 小时运行一次。

看起来, 运行硬件诊断会占用处理作业的时间, 但是它增加了用户的可信性和及时发现问题, 避免机器带着某一种错误而处理作业, 使其问题复杂化, 从整体效果上看, 还是值得的。例如 1978 年 5 月, 在 CYBERB 系统上利用 MAP 处理地震作业, 处理结果(监视剖面)不正常, 但系统运行中并未发出任何错误信息, 对这同一个作业进行了反复多次处理, 每次结果都不一样。将这个作业拿到 CYBER A 系统上处理, 其结果截然不同, 这时才怀疑到 MAP 有问题, 就调用“TESTMA”硬件诊断程序检查 MAP, 打出信息是“MAP 中有垃圾”, 重新安装操作系统, 作业就正常了。

那么, 何时开始出现这个问题呢? 从上一次安装系统起, 处理过的作业可信性多大? 是否重新处理? 这也给成果的检查工作带来许多工作量。如果在安装操作系统时, 就把自动序列联机诊断程序装上, 就不会出现这个问题了。这说明“联机诊断”的重要性。另一方面, 自动序列联机诊断可提供硬设备运行情况的文件, 供预防性维修时确定重点维修内容。附录: 在 CYBER 主机, ECS 中通过预防性维修, 更换下来的插件占 50 % 以上。

- 2月18日 CYBER A 机 CM 0 象限 4 体 67 位换插件 4 J 03。
- 6月19日 CYBER B 机 ECS 3 体字 4 45 位丢“1”更换插件。
- 9月18日 CYBER A 机主机运行 CS 6 诊断程序, 查出 CM 的 0 象限 5 体 14 位错, 换插件。
- 10月10日 CYBER B 机 ECS 故障, 运行 (ECX) 诊断程序, 查出字 6, 46 位丢“1”。位方向导流二极管正向电阻值变大, 更换二极管。



## 2. 维修目的及要求

不论哪一种维修方式,其目的是使机器各设备工作在或恢复到正常的可靠范围之内。

根据资料介绍,半导体器件失效的因素主要有如下几项:

管壳漏气

管腿松动或折断

芯片表面涂敷问题

内引线与管腿焊接不良

内引线与芯片压点接触不良或脱开

金属胎膜氧化、损伤、腐蚀或断开

芯片表面有吸附气体或外来颗粒

表面漏电

P-N 结被击穿或退化

电参数漂移

这几项因素决定于器件加工工艺水平。在利用这些器件构成成套设备-计算机系统的各设备之后,如何使上述各项因素得到控制,是用户所要考虑的。这就是通常所说的工作条件和合理操作规程所确定的内容。

对计算机系统的维护必须考虑下述要求:

**1. 必须保证计算机系统供电的连续性、稳定性、可靠性:**这是防止由于给器件突然无顺序断电造成电磁场冲击,而引起 P-N 结击穿或局部击穿,或性能变化的基本保证。

### 2. 保证机房空调系统的可靠性与效率

器件出厂前都经过了高温冲击、筛选、存储老化等。但由于个别器件封装质量较差,如果器件周围温度太高或湿度太大,会使器件内的结温上升,或使器件表面过潮,引起芯片表面会吸附气体,使绝缘度降低。国外资料给出,结温每升高  $10^{\circ}\text{C}$ ,其寿命降低 10 倍之多。

某一台磁带机,因通风不好,每连续工作 2 小时以上就不正常。改变通风方式和加设风扇冷却,连续 8 小时工作,也没问题了。

CYBER ECS 断电几小时,再加电后,虽然可以工作,但其可靠范围(允许直流电压(主要是驱动部分的 +12V)及读放门檻)达不到,要经过 2—4 小时,才能完全恢复到正常指标。这是因为空调系统要使整个 ECS 系统的热平衡和各器件工作稳定下来,需要一定的时间。

CYBER 系统采用机内氟里昂冷却,对于器件的冷却效率高,但体积庞大。当器件装配密度增大,计算机的小型化,这种方式也就不适宜了。CYBER 172 系统设有温度、湿度控制与保护电路,就是从保证器件工作条件所考虑的。

目前 172-4 机房四个室内空调机由于风机向地沟送风,造成噪声大,而且地板有振动,这都是缺点。

### 3. 机房清洁度

若器件周围有大量灰尘或有损坏器件的气体,对封装不好的器件,会使其性能变坏。

磁盘、磁带机各设有不同级别的高效过滤器,每 5000 多小时要更换一次,若机房灰尘大,则失效快,引起过滤网堵塞、风量减小,或砂粒进入磁头部分,引起磁带、磁头的磨损。

在机房中用仪器测定:在磁带机附近,当工作人员少于 2 人,身穿工作服每 100 CC 中直径  $D=1\ \mu\text{M}$  以下的灰尘有 80—100 颗。

若工作人员一活动(挥手或走动等),则灰尘增加到 200 颗以上。

在机房门口测定,灰尘每 100 CC,  $D=1\ \mu\text{M}$  的颗粒在 300 颗以上。

这说明机房外的群房走廊清洁度太差,会被人的进出带入机房。冬季,灰尘增加,这因为环境煤气污染,人身带进机房的灰尘多了。如,1978 年 11 月,因连续两星期才维机,灰尘大,使磁带机工作不正常。当计算机机房的环境条件较差时,应当在更衣室设立风浴设备,严格控制机房清洁度。另外,从生产管理上要合理安排机房工作人员的数量。