

别技术中最简单的一种方法——模板匹配。

模板匹配法大体如下：使字集里的每一汉字分配到一个模板或符号，而模板或符号是黑白点组成的一个稀疏矩阵。对给定的汉样品分类时，将其数字化到一个与模板矩阵同样大小的矩阵上，再将它与所有模板进行比较；比较过程是计算样品与模板上互相匹配的黑点和白点的数目。如果某一模板与一汉样品足够好地匹配上了，即实现了分类。这种方法的主要设计工作是确定模板，其目的是使每个汉字的正确分类的概率最大，使不正确分类和分不出类的概率最小。

用模板匹配法来处理具有大量文字的中文是很费时间的。为避免这种情况，作者提出了两级匹配法。将“单字模板”（一个字对应一个）分成组，把与模板类似的文字归入一组中。每组再分配给一个“组模板”。这种改进的过程，是将一给定汉样品与组模板加以比较，再用失配分数确定一个预定的搜索这个组的顺序。然后，将这汉样品按所确定的顺序与单字模板比较，直到完好匹配为止。两级匹配法将一个样品的平均比较次数约降低5—10倍。

作者选择的汉字分组法是一传统的偏旁分组法。偏旁是一种许多汉字（图1）所共有的图样。获取一个组模板，是将在该组（各汉字的偏旁相同）内每个文字的若干样品矩阵相加，在和矩阵中取用黑点最密集的50个位置。

隆陷限院阿隐阴陈隔阵

图1 具有同样偏旁的汉字（偏旁在汉字的左侧）

设计单字模板应尽量可靠地有别于同一组内的各个汉字。首先，把每个汉字分配给一个具有30个确定点的模板；这30点是从对某给定汉字是“稳定”的诸点间随机选出的。如果一个黑点或白点经常出现在若干样品中，则此黑点或白点对某一汉字是稳定的。然后，用增添辅加模板点以改善分辨能力的办法，重复地对单字模板进行改进。

据作者报告，用这种方法，误识率是1.2%，拒识率是7%。改变所定的失配阈值，这些数值还可改变，但误识率的微小改变会大大增加拒识率，反之亦然。两者同时改则需要更高的分辨率，因此需要较长的处理时间。

作者相信，他们的方法可满意地与较复杂的方法媲美。这是由于这种方法简单，采用两级处理方法所需的比较次数少。作者估计，采用适当硬件（包括一个高质量的扫描器）便可得到满意的识别率，处理速率可达3400汉字/分。

2.2 形状/位置匹配

Ankeny提出了另一种识别系统，其原理是在汉字内部的预定位置寻找预定的几何形状。形状识别使用二维不连续的付氏变换匹配。

识别程序分为三级。第一级：试图从汉字的左上象限内的36个预定几何形状中找出一个来，第二级与第一级无关，它是在汉字的右下象限内寻找32个几何形状中的一种。

第一和第二级是从所研究的一整套汉字集中，规定出一个汉字子集。可以看到：若36个左上和32个右下形状规定得恰当，则对含有上百个汉字的字集，没有一个子集是多于25个的。这样，第三级就是在这个不超过25个汉字的子集内识别出适当汉字了。

作者提出：对前两级，形状的匹配在二维不连续付氏变换域进行。例如，在第一级

中，将一个输入汉字的左上象限的付氏变换与36个左上形状的变换相比较。当达到充分相关时，则识别出一个形状。第二级也使用同样算法。作者没有解释第三级。

由于Ankeng只对五种形状试验了他的系统，故未得到有意义的结果。但该系统在降低处理时间方面的确优于所有多级系统。

2.3 结构分析

本作者研制了一种以汉字结构的二级表示为基础的识别系统（3—5）。

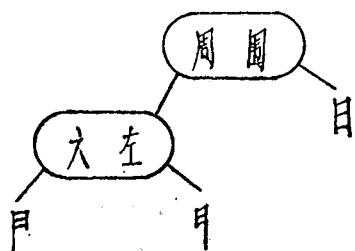


图2 汉字“聞”的树表示

在上一级，把每个汉字看作是由亚笔划的二维排列（叫作单元）所组成的。每个单元是相互连接最大的亚笔划，与所有其他单元是断开的。用水平，垂直和四周关系就能够描述单元的排列；其结果是把一个汉字作为一种单元树来表示（图2）。

下一级表示必须反映一个单元的内部结构。一种自然表示将是根据笔划。该法的困难是笔划重叠，不易分开，笔划间的几何关系十分复杂。故一个单元的内部结构不是按笔划而是笔划的线段来表示的。参考图3能很好地理解这一点。

图3表示一个单元，及其组成笔划和表示成笔划线段图的表示方法。被表示成识图边的线段是笔划的一些部分，这些部分是以笔划交点和笔划端点为界限的。

识别算法所用的输入数据是一个已经被数字化成黑白点矩阵的汉字样品。该算法共分两级：分析和编码。

在分析级时为了得到这种单元图，对该矩阵进行探索；直到一个笔划的一个线段被孤立开来，线段的端点（节点）被确定为止。沿着由这些端点引出的线段“爬”，就能找到更多的端点。然后对由每个新端点引出的线段进行类似研究，直到把整个图样盖满为止。在进行这种重复的步骤中，随着每个新节点的相迁，单元图就发展起来了。重复此过程，直到每个单元已经孤立，单元图产生出来为止。然后，确定单元间的二维关系；最终结果是把汉字表示成一种图树。

在分析级产生的图树是汉字结构的一种简而概的描述。但为识别计，尚需从这种图产生单一的数字码。然后将这个新产生的码与已知汉字的码加以比较，而达到识别目的。为此，在图的各分支的每端加上标号。每个分支的一个节点处的这种标号表示被量化成八个方向之一分支的方向和斜率。然后指定某种算法，从该图的一个单独节点开始，沿该图的所有分支移动。所迁到的分支号顺序就是所产生的代码（图3）。对

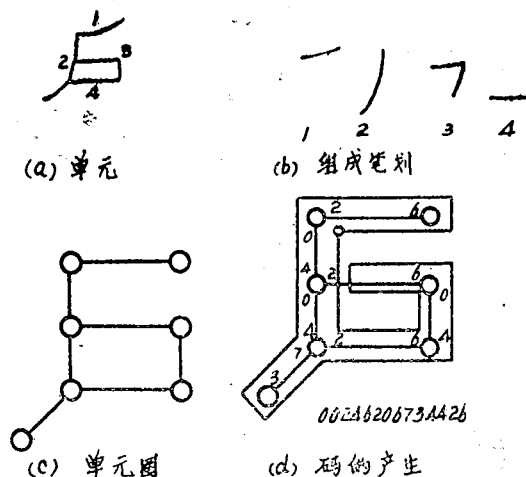


图3 一个汉字的单元

每个图产生一个码，利用类似程序为树产生出一个代码。这些码的连索是这个汉字的最终识别符。

在分析级迁到了某些困难。这些问题全都是由某种未被分析的单独单元而造成的。对于所有汉字，诸单元间的关系都是确定无疑的。在单元分析算法部分存在的所有问题都与节点分析有关；即与寻找节点和指出由该节点引出的所有笔划线段的位置有关。例行程序有时会弄错，例如，如果两节点很近地挨在一起或一个节点被遮住了一大部分的话。这种汉字是很复杂的。而且，在某些情况下，一个汉字的两种处理会产生不同的码。同一汉字当一种情况下的两个很近的笔划在另一种情况下接触了的时候，就会出现这种差别。

为试验该法，使用从一个台湾出版者得到的汉字表编制一个汉字字典，然后处理由同样来源得到的附加汉字，其识别率是95%。将由另外两个来源（铅字体稍微不同）得到的汉字按同一字典作试验，其识别率是89%和95%。

该法的主要困难是没有使用近似 (nearness) 判据。如果一个汉字样品产生了一个与所有已知码都不一样的码，则被拒识。局部解决这个问题的一种办法是对那些较复杂的汉字都分配它几个码；这些码反映了由于印刷质量的不均匀性在汉字样品间所引起的共同差异。分辨率的改善也是所期望的。

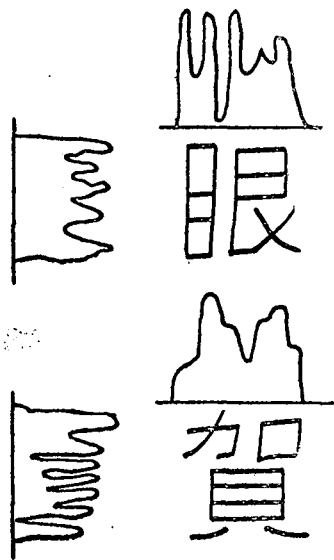


图4 投影轮廓法举例

2.4 投影轮廓

日本日立有限公司的一组研究人员研制了以汉字在 x 、 y 坐标上投影为原理的识别方法 (图4)。作者注意到汉字主要以特定位置处的垂直和水平笔划的存在为特征，其形状几乎总是很好地保留在其投影轮廓中。

以投影轮廓为基础的一种简单识别系统的工作情况如下：对每个汉字都规定一个标准的 x 、 y 投影轮廓。建立给定汉字样品的投影轮廓，并将该轮廓与所有标准轮廓加以比较。识别准则是获得相关性最好的那一对投影轮廓。这种方法有许多优点：

我们要与之打交道的是每个汉字的两个一维图样，而不是经过大量信息压缩的一个二维图样；

投影轮廓容易从原始图样中抽取；

因为这种投影轮廓是由积分处理得到的，故较之原始图样对噪声的敏感度小。

但作者发现，投影轮廓受输入和标准图样间位置误差的影响。

为克服这点，按轮廓幅值谱而不是按轮廓本身进行识别。幅值谱（投影轮廓付氏变换的绝对值）对位置是不变化的。

下面对这种修改了的方法作简单说明。对一汉字的二维图样

$$P(i, j) = \begin{cases} 0 & (0 \leq i, j \leq N-1) \\ 1 & \text{文字上} \end{cases}$$

z 和 y 轮廓是

$$X(i) = \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j)$$

$$Y(i) = \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j)$$

轮廓的幅值谱是

$$A(K) = \left| \sum_{i=0}^{M-1} X(i) \exp\left(-\frac{2\pi i K}{M} \sqrt{-1}\right) \right|$$

$$B(L) = \left| \sum_{j=0}^{M-1} Y(j) \exp\left(-\frac{2\pi j L}{M} \sqrt{-1}\right) \right|$$

现在识别是根据幅值谱间的相关。相关函数是

$$r_{s,x} = \sum_{i=a}^b F_s(i) F_x(i)$$

上式表示某轮廓的一个幅值谱，s、x 则分别表示标准和输入。将相似性定义为

$$\rho_{s,x} = \frac{r_{s,x}}{\sqrt{r_{s,s} r_{x,x}}}$$

把产生最大相似性的那个类别指派给未知输入。

投影轮廓幅值谱的应用改善了所有轮廓投影系统的特性。但一直在寻找对笔划宽度变化敏感的方法。为克服此点，要进一步改善程序，以使笔划宽度正常化。

结果很好，在种种试验中，识别率的范围在 985%—996% 之间。处理时间约为 0.3 秒/汉字。但作者发现，此法不适于多字体的汉字识别。

2.5 分级图样匹配

上节提到的日立研究组研究了另一种方法，他们称之为分级图样匹配 (10)。这种方法使人想起 Casey 和 Nagy 的方法。

对汉字集里的每个字，提出四种标准图样。首先，将汉字数字化为：“1”和“0”的 48×48 矩阵。然后使用二维空间滤波技术引出一个非负整数的 32×32 矩阵。再连续引出一个 16×16 ，一个 8×8 和一个 4×4 矩阵 (图 5)。这 4 个矩阵是该汉字的标准图样。

为识别一个给定的输入汉字，对该样品引出上述四种大小的矩阵。将该样品的 4×4 矩阵与所有汉字的 4×4 标准矩阵比较，然后将那些与样品的差小于某个确定阈值的汉字留给第二级。差函数是矩阵的简单位置比较。在第二级，将样品的 8×8 矩阵与

第一级留下的汉字的 8×8 标准矩阵比较。对第三级 (16×16) 和第四级 (32×32) 重复该过程。在第四级后只有一个汉字留下来分配给输入的汉字。作者的结论是：这种方法的主要优点是压缩了总处理时间，总处理时间等于大致相等的各级处理时间之和；第二个特点是较高的可靠性，这种可靠性是在靠前的各级中克服噪声，位置误差和线宽变化积累起来的。

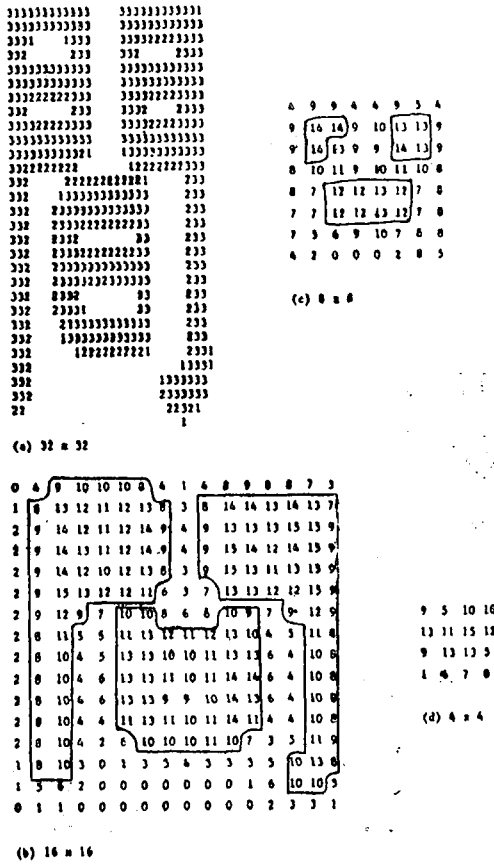


图5 各级图样示例

王氏根据汉字的拓扑特性并用变换算法提出了一个三级识别过程(11—14)。但迄今为止，只建立了部份系统。对于三级系统，根据拓扑特性或特性集将汉字分聚成许多组。接着再应用某种准则将各组分成小组。最后，寻找某种方法区别一个小组中的诸成员。为识别一个汉字样品，首先需确定它属于那个主要组。然后在主要组内寻找合适的子组，将样品指派给小组的一个成员。现将该法与Casey和Nagy的二级过程，日立研究组的四级过程作一比较。

在第一级，根据全水平或全垂直分离的简单拓扑特性，将汉字区分成四组。基本上，有三种可能结果：全垂直分离，全水平分离和不分离。为使这些组的大小近似相等，将垂直分离组分成两组：在汉字左半存在着全垂直分离和在汉字中间的全垂直分离。四组的例子示于图6。当分析一个新汉字样品时，首先对其进行自左至右的垂直扫

而且作者报告了很好的结果：对一种字体的汉字，误识率是 10^{-1} 量级，拒识率是 10^{-3} 量级。主要缺点似乎是处理时间；若使用并行处理硬件实现该算法可解决此问题。

在研究该算法时，作者考虑了许多可以用来将这个汉字集分聚组成许多子组的特征：

- 汉字黑白面积的总量；
- 一个汉字的总周长；
- 井岛模型函数的膨胀系数；
- 特殊子图样如“左偏旁”和“右偏旁”（汉字的主体）的存在；
- 一个汉字的左侧投影或右侧投影。但这些特点竟没有一个对类聚有益。

2.6 变换算法

描, 然后进行自上至下的水平扫描。如果满足了一种分离状态, 再将该样品指派给适当的分离组, 否则, 指派给不分离组。

在第二级, 必须将四组中的每组都分成小组。王氏建议用不连续的二维付氏变换, Hadamard变换和快速变换进行这种划分。仅对四组中的一组(中心处全垂直分离的)作了详细计算, 对其他各组的作法相同。王氏发现, 对所研究的组, 只有63个可能的小图样(偏旁)能够出现在左部份。因此将该组分63个子组。结果, 当一个汉字样品已经指派给这一组时, 只根据其左半就可以将该样品指派给63个小组中的1个。

王氏在作结论时指出, 应用63个偏旁直接识别是很困难和很费时间的。因此, 利用上述不连续二维变换中的一种将 $63i \times j$ 图样转换成 $m \times n$ 矩阵。将这个新矩阵的每个元素看作该图样的一个特性:

图样矩阵 $\xrightarrow{\text{变换}}$ 特性矩阵

然后使用各种累接方法选择用于识别的特性小集。所选的子集应该尽可能小, 而又足能将63个图样很好地区别开来。然后看该汉字样品的特性与63个子组中的哪个组的特性距离最小, 就将该汉字样品指派给该子组。使用快速付氏变换所得结果最好。

a 全垂直分离 (左侧)	a 睛	c 肯	c 全水平分离
b 全垂直分离 (中间)	b 门	d 尼	d 不分离

图6 四种汉字

在第三级, 必须研制一种区别每个子组内各汉字的方法。王氏建议既可用第一级的拓扑法, 亦可用第二级的变换法。

3. 手写体汉字识别

手写体汉字识别比印刷体汉字识别要困难些。这不仅由于某人的书法变化比印刷汉字的一付铅字大得多, 而且每个人的书法差别也很大, 比一付铅字对另一付的差别更难预测。

3.1 衍射图

Grumman (16) 航空公司的一个研究小组报告了一个通过衍射图识别手写体汉字的试验。用来自激光器的清晰而又平行的光照射透明照片, 同时将其“远视场”衍射图显示在透镜的后焦面上。由该试验可知, 对汉字所得的这种衍射图于识别毫无用处。

3.2 综合分析

Yoshida和Eden (17) 报告了一个基于综合分析技术识别手写体汉字的方法。作者的观点是: 可以把汉字看成几个基本笔划的一个序列, 而手写体汉字中的每一个笔划又可按书写笔点运动的一个相当简单的模型来描述。

实施系统分三级(图7): 予处理, 笔划线段的抽取和汉字识别。

在第一级, 将手写体汉字数字化, 然后再规整化。规整化包括调整汉字的比例大小

和细化笔划宽度，这些变换都以维护连接性为准则。在这种经规整化了的图上，将黑色图素连在一起，用最小方差近似抽取直线笔划线段。这些划线段是该图样的原始特性。

在第二级，将所抽取的笔划线段用综合分析法联在一起以形成基本笔划。实质上，本级试图模仿笔划书写过程。试验表明，在手写体汉字的一个笔划内，笔点运动可用一个恒角加速度和一个随时间作抛物线变化的向量位移速度来表明。以这些结果为引导，作者将笔划定义为

〈笔划〉：=〈点〉|〈划〉|〈点〉、〈拐〉|〈拐〉、〈划〉、〈拐〉

式中的点是一个孤立的黑点，划是直线笔点运动，拐是曲线笔点运动。划和拐是由参数化的时间位移函数所精确定义了的。

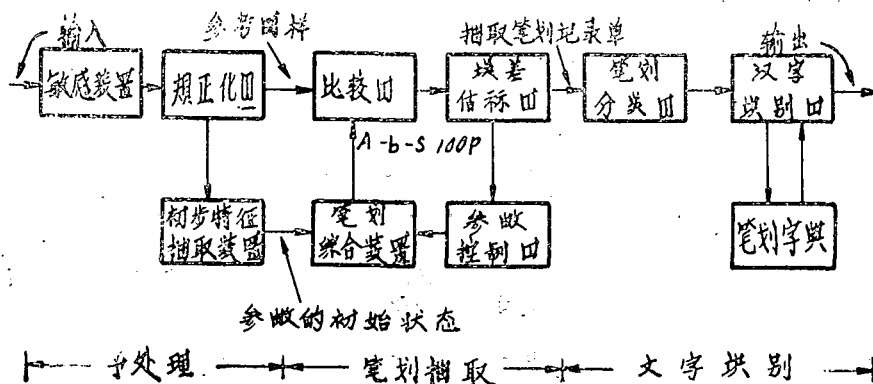


图7 综合分析方法

第二级按下述方式进行：笔划综合器选择所抽取的一个特征（笔划线段）并由此产生一个笔划。这是一个重复反馈处理过程。应用上述的笔划定义和产生划和拐的方程产生出一个笔划。变化划和拐的组合及方程的诸参数，直到所产生的笔划与规整化了的输入图样上的黑点所连成的集之间的差小于某个阈值为止。重复该算法直到所有笔划线段全都“装配”成笔划为止。

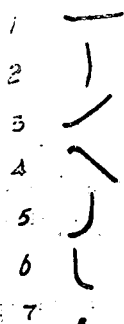


图8 汉字的笔划类型
(7-yoshida和Eden)

在第三级，将抽取的每个笔划按形式、大小和位置分类，共分七种（图8）。将信息与笔划字典中的标准字限相匹配。必须对每个笔划的类型、长度作正确匹配，其位置误差不得大于某个值，才能达到识别之目的。

该方法的试验结果表明，笔划识别的成功率高（误识率1.2%，拒识率1.4%），但将汉字作为一个整体来识别的效果较差（识别率7.4%拒识率10.2%）。用近似判据代替精匹配的情况也许能提高识别率。

3.3 顺序决策程序

马氏 (18, 19) 研究了使用顺序决策程序的识别方法。对每个汉字来说，可能矩阵

笔划与在每个位置出现的相对频率有关，它是由许多样品平均得出的。顺序决策程序是以风险函数为基础的；风险函数是通过输入图样与原型图样的比较计算出来的，凭借该函数使用一个“停止准则”，从而使输入图样对分配给它的一个汉字类别是接受或拒绝的计算量最少。

为形成每个汉字的原型图样，使用了二十种手写体样品。将每个样品数字化成“1”和“0”的 20×20 矩阵。然后完成下述步骤：

将这些样品逐个图素地相加，以形成一个综合的 20×20 的矩阵。图9表示由这一过程所得矩阵的一行。它表示，例如对于20个样品来说，在第6个图素中共计有4个黑点，在第12个图素中共计有10个黑点等等。

对各行是分别处理的，计算从左至右的扫描中所找到的点的累计数，而得到图9(b)(一行)。

为各行间均匀计，对基数400计算每个输入得到本例这一行的图9(c)，它对每个输入以累计出现数来计量。例如，第6个图素的累计出现数是 $4/48 \times 400 = 33$ ，第7个图素是 $8/48 \times 400 = 67$ 等等。

完成最后矩阵的每行对基数400的计数。最后矩阵的每行与该行中点的期望分布相应。对一个要识别的输入样品完成行式变换(除相加外)的同一程序。该行式变换产生一个表示点对基数400实际分布的输入矩阵。

识别算法按下述方式进行：自左至右，从上到下地扫描输入矩阵。继续到扫描区域内各点的分布对一个原型分布充份近，对其他的充份远为止，同时将该输入指派给在该处的一个合适的汉字类。在作这一决策中使用了一组很复杂的功能。

对该法难以作出估价，因该法是马氏一人提出来的，而且没有试验结果。该法似乎对每个人的笔迹，笔划宽度，大小和配准敏感。予处理阶段似乎已表明该点。

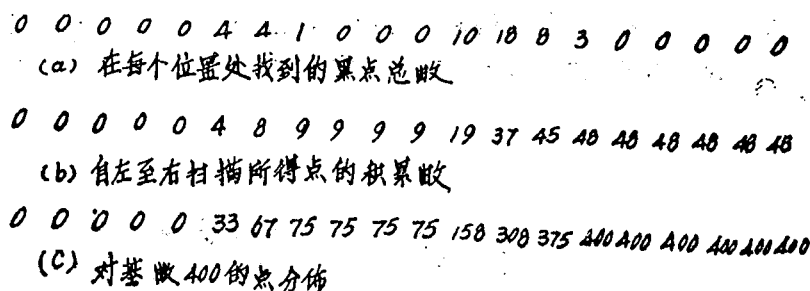


图9 一行原型图样的形成

4. 联机识别

几个研究者报告了联机汉字识别的工作。联机汉字识别的输入是动态的，使用如图板或光笔等合适的装置。该法有两个优点：

1. 由于一次只书写一个笔划，故易于识别。不存在将那些重叠笔划分离开来的问题。
2. 笔划的书写顺序是已知的。习惯上，汉字笔划是按固定顺序书写的。

4.1 笔划分布

在刘氏所研究的一个联机方法 (20) 中, 汉字识别是通过一个字符的两类信息达到的: 笔划分布统计。字符间相区别的主要手段是笔划的分布统计——在字符中各类笔划

A	B	C	D	E	F	G
-		/	\	7	llv	o

H	I	J	K	L	M	N
7	<<	/	ll	3	L	~

O	P	q	R	S
z	3	3	3	-

图10 汉字的笔划类型 (19) 在一个框

内的多个输入, 以相等笔划对待)。

该方法的成功当然有赖于笔划的成功识别。刘氏研究了一种与笔划的大小、位置无关的笔划识别法。这种方法还对个人笔迹的差别极为“宽容”。

刘氏将他的每个笔划定义成沿两个垂直轴的局部极值 (相对极大或相对极小) 的一个序列。极值的数学定义是那些在曲线上导数 (或是 dy/dx , 或是 dx/dy) 为零的点。每个极值尚可进一步分为光滑或折点两种。最后, 某些极值是“不必关心”的事件, 它们在该序列中是可有可无的。例如, 笔划G即可定义为下述序列: 光滑的 y 极值 (不必关心), 光滑的 x 极值; 折点 y 极值。(图11)

的数目。刘氏将笔划分为19种 (图10) 第一和最后笔划。当将笔划分布统计作为汉字识别的唯一鉴别准则时, 会看到有时五、六个汉字具有完全相同的笔划分布统计。在研究这种情况时, 刘氏发现, 当把该字符的第一和最后笔划作为附加信息增添上时, 能够达到完全鉴别。

然后将每个汉字指派给由该汉字的笔划分布统计及其第一和最后笔划的本身所组成的唯一的识别符。为了识别, 将需要识别的汉字的所有笔划全写出来, 然后逐个地识别。最后将结果与所有已知汉字的识别符进行比较。识别时需正确匹配。

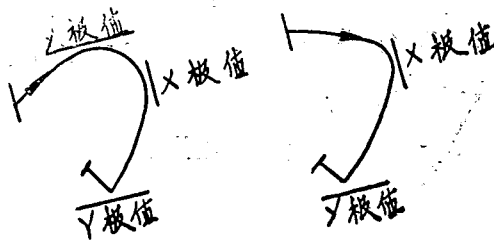


图11 笔划G根据极值的两种描述

为识别笔划, 在书写时即将其极值确定下来。将所得的笔划序列与所有19个确定的

笔划序列相比，同时忽略那些不必关心的极值。识别时需正确匹配。

刘氏没有搜集识别率的统计数字，而是训练其设备，以便将汉字输入到具有零误识率的系统中。在相对来说是一个比较短的训练周期后，设备已学会避开尚不能正确控制的书写实践。

根据所报告的结果，刘氏方法似乎已达到了他所期望的与书写者无关的主要目标；也就是说，他的笔划和汉字的定义不随书写者变化。但该方法尚存在着需将笔划识别和汉字识别两种正确匹配的不足之处。近似准则将是有益的。

4.2 方向顺序

匹兹堡大学(21—23)的一个小组报告了基于笔划运动方向顺序的一个联机识别方法。书写一个汉字时，将所迁(x、y)点的顺序存贮起来，已经研制了一种由点的顺序产生笔划线段固定数的一个顺序的方法，笔划线段是维数固定的一个图样向量。然后将该图样向量与每个汉字类的原型图样向量加以比较以确定最贴切的配合。借助一种学习算法发展了这种比较功能。

图12表示一个具有两个笔划的汉字。这两个笔划是由10个图样向量确定的。将这些笔划线段的斜率量化成8个方面的一个。应注意到，该线段顺序包含由第一个笔划的尾到第二个笔划的头间的一个虚线段。

为了识别，希望用同样维数的图样向量确定每个汉字。为此需考虑两点。

由于许多汉字均包含很多笔划，平均为8到12，故图样向量的维数将是高的，如，可达50。

笔划线段不可能都是等长的；对非常短的笔划(在汉字中是很普遍的)，至少必须分配一个线段。

注意到这两点，作者研制了一个在已知图样向量维数的情况下，确定汉字中各笔划的的线段数目的一个算法。如汉字中的笔划数为S，所需要的向量维数是d，则需要S-1个实际线段，且可按下列公式将余下的d-(S-1)个线段分配给S个笔划。

$U_i = ((d-s+1)(t_i/t)+0.5)$ 的整数部份，式中

$U_i =$ 在笔划i($1 \leq i \leq s$)中的线段数

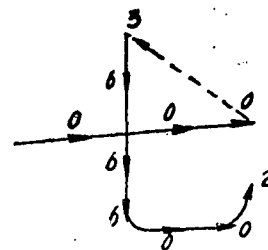
$t_i =$ 笔划i中的点数

$t =$ 字符中点的总数

然后需要将 u_i 稍稍调正，即

$$\sum_{i=1}^S U_i = d - s + 1$$

使用上述关于每个汉字的一个仔细书写的取样程序，给出每个汉字的原型图样向



(0, 0, 0, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 2)

图12 汉字的图样向量

量。当要识别一个新的汉样品时，将其图样向量逐元素地与每个原型向量进行比较，以产生一个向量误差。再将每个误差向量乘以一个加权向量以产生一个绝对误差值。最后将输入样品分配给产生最小误差的那个汉字。

使用学习程序研究每个汉字的加权向量。将该向量的系数加到某个初始值上，然后试识别提供给本系统的已知汉字。在每次尝试后，根据识别是正确或不正确，或者是改变该加权系数，或者是不再按着该系数作计算。

作者报告，在经过一些训练后，该方法的误识率平均为1.8%。

4.3 斜度和长度编码

张氏和罗氏 (24) 报告了一种与上述系统有些类似的系统。

将一个经过图板的字符输入，按 (x, y) 点序列存贮起来。把一个汉字看作是由一组近似为直线的线段所组成，那么点的初始序列则变换为线段序列。将每个由其斜度来判别的线段量化成 8 个方向之一，其长度经规整化为该汉字的大小后进行量化。

由点得到线段的方法如下：测出第一点到第二点，第二点到第三点两直线的斜率。如果它们相差很小，可认为这两条线是同一线段上的两部份。然后，往这个线段上增添新点，直到检出这个笔划的末端或一个很大的斜率偏差为止。然后再开始下一个线段。该过程一直继续到所有点都集成线段为止。

汉字的分类是根据汉字的前四个线段和后四个线段的斜率。使用了一个 8 位码，每个数字都有对应 8 个方向的 0—7 值。如果笔划小于 8，则其码是由 8 添凑起来的。在制作识别用的汉字码的字典中，如不同的汉字得到的码相同，则将前四个线段的长度加到这个码上。见图 13 所示之例。

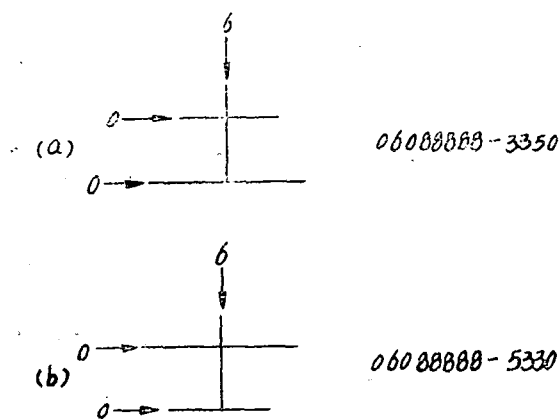


图13 两个相似汉字的代码

在对一个样品汉字分类时，首先是得到它的 8 位代码，然后将所得码与代码字典比较，以便得到正确匹配。如果在该字典中有几个码相同，则使用 4 位长度码。如果样品汉字的 4 位码与字典中的任何码都不相匹配，则根据最小积累长度偏差，将其分给一个汉字类别。例如，设要识别的汉字的码是 0608888—5420，则该汉字将按图 13 (b) 被识别。

作者说，他们的系统只是一个简单的可行性研究，已对少量汉字作了试验。他们认为若区别更多的汉字，需在代码中增添辅助信息。

5 联机分析

稍逊于汉字联机识别，便是识别不了的汉字的联机分析。已经报告了几种有益的应用。

5.1 字典查阅

Groner等人(2,5)已研究了一种只区别五种笔划(图14)的方法。由于笔划的定义简单，故每种都很容易识别。然后根据笔划的顺序对汉字分类。但这种只含有五种基本笔划的信息对一个汉字的唯一识别的是不充分的。当一个汉字是来自图板的输入时，笔划顺序是确定的，具有这种顺序的所有汉字的矩阵被表示在一个显示屏上。操作者然后可以选择目的汉字。该方法被用作汉字字典查阅的一种辅助手段。

5.2 计算机辅助教学

张氏和陈氏(26—27)报告了联机技术的一种很有意义的的应用。他们的系统是教学生如何书写汉字。在他们的系统中，汉字是作为表示单元的一种三维排列，每个单元是以专门顺序写出的笔划所连成的一个组。该系统能慢速地写出一个汉字，使学生可以看到组成笔划，书写这些笔划的合适顺序，大小和正确位置。更重要的是，该系统能接受学生写在图版上的汉字，并将其与该文字的内部表示加以比较。该系统能检测笔划类型，笔划的相对位置及大小，笔划间交点，和单元的相对位置及尺寸的误差。这不是真正的识别，因为系统事先就知道了正在试写哪个字。

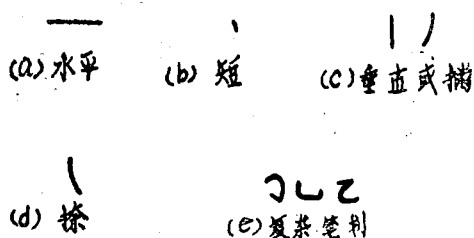


图14 汉字的笔划种类(5—Groner等)

分析一个书写在图版上的汉字的第一步，是识别其组成笔划；为此作者将手写体笔划分成31类(图15)。将它与图8、10和图14加以比较。第二行中的笔划种类与第一行的区别仅仅是有“勾”。可将每个笔划看作是一个线段顺序，线段是两个极值间的笔划的一个光滑部份。线段的斜率和方向也是重要的(根据手写体汉字的总特性将360°空间分成10个不相等的扇形，将线段量化成其中的一个扇形)。在书写笔划时，就确定了两个极值间的扇形的斜率。如一个笔划的线段斜率顺序与已知笔划中的一种笔划的确定顺序相匹配，则该笔划即被识别了。图16是按此法所确定的一个笔划。

将该法与刘氏方法(图11)加以比较是有意义的。刘氏根据极值序列确定笔划，而张氏和陈氏是根据极值间的线段序列决定笔划的。这两个方法是不一样的：刘的方法似乎对笔迹的个别差别更加“容忍”，但须切记，藏氏和陈氏所涉及的问题是教标准书法，而不是汉字识别。

在学生书写一个汉字的过程中，他写不对的笔划被纠正。当学生写完一个汉字后，就要对他的书写进行分析，看在笔划顺序和字符结构上是否有错。每个汉字都由这两方

/	
—	
、\	、\
、\	、\
	↓ ↓
、\	↓
フフフ	フフ
フフ	フ
)>)
∟	
∟	∟
<(<	
乙	乙
乙	乙
乙	
乙	
乙	乙
乙	乙
乙	乙

图15 汉字笔划种类 (31——庄氏及陈氏)

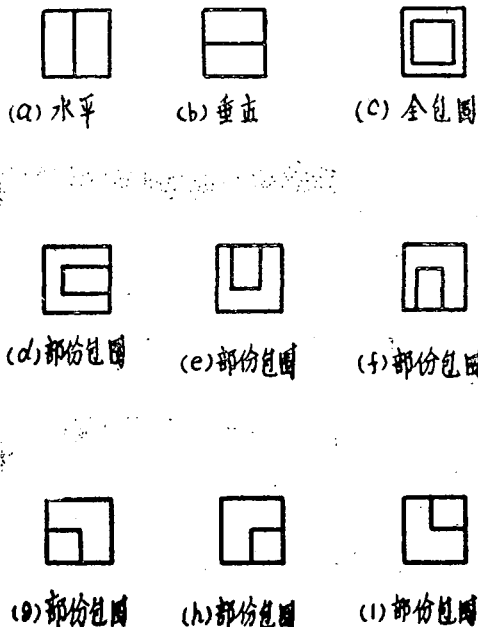
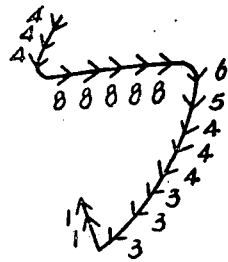


图17 单元间可能的成对关系



方向序列: 444000006544433311
主要方向序列: 4041

图16 根据线段斜率描述一个笔划

面来确定。

各汉字都被规定成一个笔划种类的顺序, 学生书写汉字所用笔划顺序的分析是很直接的, 其错误亦易于检查。每个汉字还可从结构上来规定。使用了类似于 Stallings 所研制的两级表示。在较低级, 汉字的各单元(连接的子部份)都是由如前述的笔划线段来确定的。这种表示包括下列信息:

- 各线段之长度
- 每对线段间的交点(假定有的话)。
- 每对线段间的夹角。

在高级, 每个汉字被规定成一个单元树, 如图2。但是庄氏和陈氏应用9种关系代替了3种关系(见图17)。这种高级表示还包括下述信息:

各单元的高度和宽度。每对相邻单元内边界间的距离。

显而易见, 这种表示所包括的信息远远超过了汉字唯一识别所需要的信息, 但却是获得手写体汉字形式的一种很有益的表示。

杜氏(28)和陈氏(29)已经报告了一个类似的但看来是抱负并不那么大的计算机辅助教学计划。

6. 结论

(1) 也许所能作的唯一坚定的结论是上述方法在实际上没有一个可行的。需要某种能就装置尺寸, 处理速度(汉字/分)和识别率作彻底分析的候选方法, 因为不同的研究者使用不同的标准和实验来分析他们各自的工作, 故难以根据他们的统计资料来对他们的方法作比较。

(2) 汉字识别领域已成为二维模式识别整个领域的一个缩影。已将二维模式识别的方法广泛用于汉字识别问题。当然任何希望处理汉字识别问题的人, 都应该熟悉在更广阔领域里所进行的工作。

刘砾 译自 "Pattern recognition", 1976年2期 仲鸿生校

(上接34页)

$$\begin{aligned} z' &= \begin{bmatrix} 1 & -20 \\ 1 & -8 \end{bmatrix} z' + \begin{bmatrix} -50 & 16 \\ -14 & 5 \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} -1 & -19 \\ 0 & -7 \end{bmatrix} u \\ \bar{w}' &= z' + \begin{bmatrix} 20 & 0 \\ 8 & 0 \end{bmatrix} y \end{aligned}$$

是 \bar{x}' 的一个同阶观测器, 特征值与上同。

VI. 结论

我们已经看到多输入多输出多变量系统的观测器—控制器设计, 可以简化为单输入单输出系统观测器—控制器的设计问题。在文中举了一些例子, 这些例子所说明的结果可应用于同阶观测器及降阶观测器。

这些方法也可以应用于其他类型的系统控制器的设计(见参考文献18—23), 并可将观测器理论推广到具有未知输入及不可测量的输入的一些系统(见参考文献24—26)。

在观测器仅仅必须估计系统状态的简单线性泛函的某些场合中(见参考文献1—3), 要进一步降低观测器的动态阶数, 如前所表明的, 也是可能的。如第III节中所说明的那样, 对于任意的特征值的位置来说, 简单线性泛函 \bar{u} 的估计总是充分的。

(注1) 本文所进行的研究工作一部分是由美国空军科研部、空军系统司令部资助; 一部分是由美国国家科学基金会资助。

(注2) 原文为 \bar{x}' , 应为 x' 。

(注3) 原文为 \bar{x}' , 应为 \bar{x}' 。

(注4) 原文漏掉 $+\begin{bmatrix} -10 & -4 \\ -10 & -3 \end{bmatrix} y$ 一项。

参考文献(略)

译自: Proceedings: 1974 Joint Automatic Control Conference, P. 303—308

上海交通大学 张乃光 译 袁天鑫 校

CRT 触 摸 板

——原理 及 应用

郎 一 民

近几年来,美国的一些计算机系统,开始使用一种叫作触摸板的器件,使人机交互作用的灵活性大大提高,较成功地解决了用户接口问题。

触摸板,全称CRT触摸板,又叫接触屏。它是CRT屏的一种配件。这种装置使用便利,只需用手指触摸所要求的位置,就可直接与计算机产生的板面内容相互作用,因此为人所喜用,大有广泛采用之趋势。目前已用于商业管理,加速器控制、交通管制、医疗等系统。

原理 已研制出来的触摸板,从原理上看主要有三种:交点通断式、频率式和电容式。

1、交点通断式:美国斯坦福直线加速器中心的触摸板。

这种触摸板是由包括一个 10×13 布线矩阵的三片透明塑料薄板组成。下面那片塑料薄板直接附在CRT面上,作为安装布线矩阵的固定基板。水平导线直接装在基板上。垂直导线与水平导线用一些粘在基板上的小垫片隔开。导线是直径为0.004吋的镀金弹簧钢丝。中间塑料板是布线矩阵的盖。当加压时,此盖与线接触。上面那块塑料板上有130个“指窝”,即按钮,指窝是在线的交点上。“指窝”是操作员的感受器件,使操作员能准确地确定出线的交点位置,甚至当连续调节以及不看板面而注视示波器或远处指示灯时也能做到这一点。

当操作员按一下按钮时,一条水平线与一条垂直线接触。这对交叉线通过一个多路调制器接到计算机上。该调制器可以扫描256个字长24位的字,当测出一个数据有变化时,计算机发出中断信号。

如按一下按钮的作用是调进一个数据块,那么对应该数据的内容,可以在几百毫秒内出现在CRT屏上,如果这个作用是把一个电源值调到一个新值,则按下按钮时,对该按钮的十进制读出数据就连续地变化。

为了通过附加反馈把已被计算机识别的按钮命令提供给操作员,附加了一个指示灯或一个可听到单音的装置。当任何一个交点接通时,这个指示灯和单音发生器就被触发。为保证在一个时刻只有一个交点命令,需用软件检测多路触点的闭合情况,而且除了第一条命令外其它的被禁止。

2、频率式:“红猫头鹰”终端上的触摸板

这个终端的屏幕尺寸是 8×10 吋,并排安装一些接触垫。屏幕被垂直地分成左右两半。每半附盖着几个 $3/8 \times 5$ 吋的接触敏感水平条状片,片间有窄缝。这种条状片是涂有一层明亮塑料膜的透明金属片。紧接着终端有一个为条状片提供振荡电流的小箱。当触摸条状片时,横穿该条状片的电子流发生变化,从而改变了电流的频率,系

系统检测出这种变化并将信号传给计算机，同时发出一种“嘟嘟”声，证明已经触到某一位置。因为用户可能在条状片的任何处触摸，故这种结构精度不高。

3、电容式

这种触摸板系统由两部分组成：一个装在显示屏前的触摸板和一个逻辑装置。逻辑装置的作用是检测手指的触摸，将与触摸点唯一对应的码置于寄存器中，并产生一个把寄存器中的数据传给计算机的控制脉冲。

该触摸板是一种双线系统，每个触点由一对短的水平金属线组成，一段线在另一段线的上边，足够紧地排在一起，使一个指头能同时触到它们。图1是一种典型的具有4

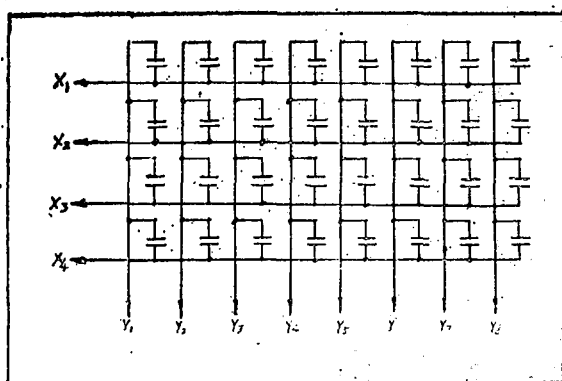


图1 双线电容式触摸板的布局

× 8个触点的双线电容式触摸板的布局。这种双线系统把有关的逻辑电路减到最少，因为构成4×8的布局中的每个触点的一对线都按号接好了的，所以能给出X-Y编码。

系统的工作原理是：当触摸任何一对短线构成的触点时都会使这对短线中的任何一个产生足够大的电容或电阻，从而破坏了电路中两个电感-电容电桥的平衡。一共有12根线，其中有4根水平线和8根垂直线，接到6个

电桥上(图1)。当触摸一下时，只有一行和一列对地构成修正电阻和电容。电感-电容电桥(图2)是由50kHz振荡器驱动的。桥路中的可变电阻和可变电容是电桥调平衡用的。桥路开始处于对称状态，如果触摸一下，那么无论是A点或B点所出现的不平衡情况都会在次级线圈中被检测出来。次级绕组信号用来对一个差分放大器进行过驱动并被放大整形成方波。差分放大器在正常情况下处于截止状态。调整偏压确定一个输入门坎，6PF的触摸电容就足以产生一个输出信号。高温引起的振荡器的任何漂移只会使电桥产生一个失去平衡的信号，其值比输入门坎小。

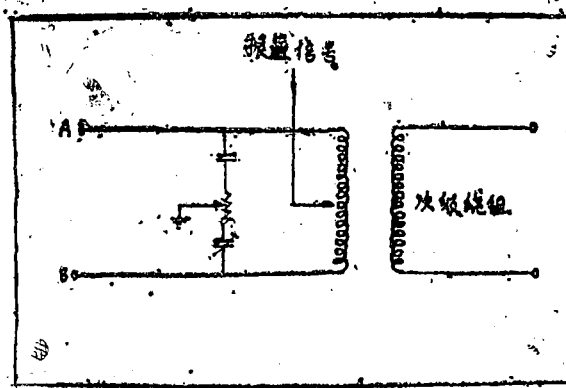


图2 检测“触摸”的基本电桥电路

方波整形放大器检测电路的输出在加到编码逻辑电路前和一个相位检测选通信号相“与”(图3)。

这样，无论是A点或B点受触，利用A、B两点间的相位差就可以鉴别出触摸的是那一点。相位检测选通信号与一个周波的周期相比应

该是足够短，使电桥输出信号的相位有较大差异。这样就可以接纳操作员在一个宽的范围里触摸屏幕所产生的电阻和电容的组合。

编码逻辑电路的输出由选通发生逻辑控制存储到寄存器中，该逻辑电路还向计算机发一个中断信号，以便把寄存器中的数输入给计算机。

为保证只有有效地接触才产生送往计算机的信息还必须加上另外的逻辑电路。这个逻辑电路能把寄存器清零，当测出是一次有效触摸时，能向计算机发出一个中断信号。如果触点的一对线中只有一根被触，则只有一个电桥失去平衡，“有效接触”的逻辑电路（它监视所有电桥的输出）会检测出这种状况并禁止选通发生逻辑电路。当手指轻轻地颤抖地触到某一触点时，就会产生多重中断，可能重复地向计算机传送同一数据，这是又一种形式的无效接触。为克服这一点，可加一延迟电路，也就是在触摸后，延迟一段时间再发出中断信号，延迟时间的典型值是50毫秒。在50毫秒内如果再有一次接触就会再设置一次延迟，只有在最后一次接触后才产生中断。

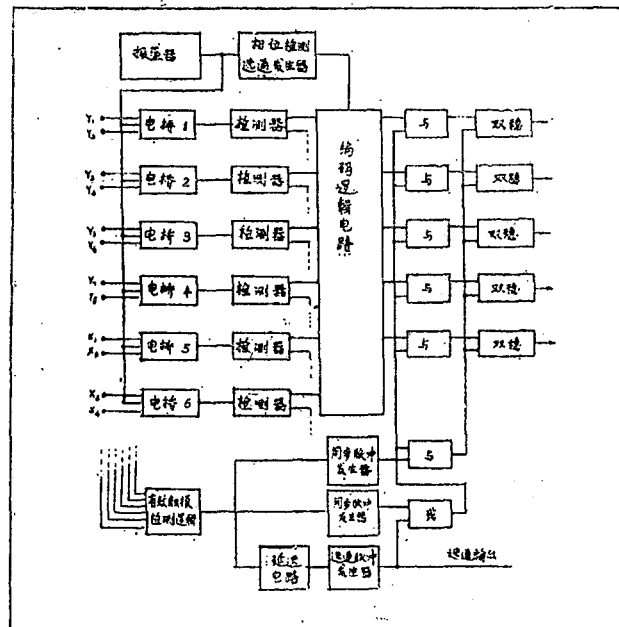


图3 触摸板的逻辑装置

应用情况 英国于1965年首先将触摸板技术用在空中交通管制系统中。60年代末期，又将其用到一种使用CDC1700计算机系统的医学系统中，配合软件用于病历存储和检查。

1972年，美国明尼亚波利斯市信息对话公司研制了“红猫头鹰”终端的触摸板配合件。该配合件在有了通用软件后，于1973年末用于作规划上，于1974年初用于检索和预测。

目前，触摸板已用在高能加速器的控制中。下面介绍一下在CERN超质子同步加速器中的应用情况。

触摸板在主控制台上代替机械按钮选择器。主控制台分为具有相同设备的两半。每半边又分成三部分：具有一块触摸板的Midi控制台；具有一块触摸板的模拟控制台和具有两块触摸板的Maxi控制台。此处亦可采用“一个参数、一个按钮”的方式选择参数和调整参数。下面以控制台为例进行说明。

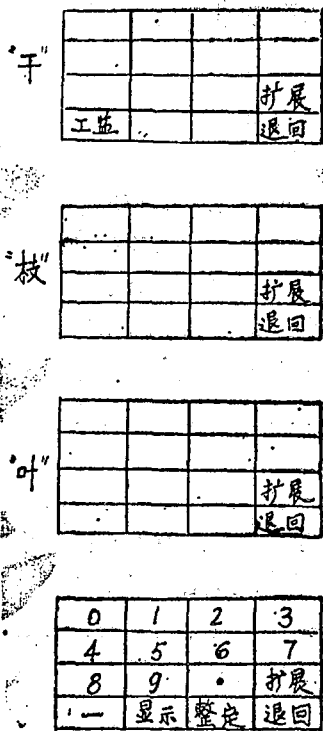


图4 画面更换次序

当操作员想改变某个参数时，机器首先检查操作员的证件和存取权限，然后操作员通过触摸板选择参数。触摸板是电容式的，板面分16个区，每区有27个字符位置，分3行，每行9个字符。这样屏幕上就呈现出16个有标号的按钮。触到某一按钮，通过感受器便把所选择的信息送给计算机。第一页（或本地页）给出机器的各个系统“高频、真空、聚焦、定时”等。如操作员选择了高频，计算机立即使显示器显出第二“按钮页”，给出高频的各个子系统，回路1、回路2等。接着在下一页上选择脉冲类型，最后选择适当的参数页。参数选择后，操作员必须按参数调整钮。由此可见，参数是按“树结构”方式组织起来的，第一页相当于树干，子系统页相当于主支，脉冲类型相当于分支，参数相当于树叶。

除板上的“动态按钮”外，还有四个静态按钮：启动Midi控制台程序；返回前一页；在参数页时，当参数超过16时调扩充页；调用“选页”。选页包括：（1）显示已获得的未处理的八进制数据，以备查错；（2）请求记录或启用PARAM处理程序；（3）两个参数间的关系；（4）四个参

数的200个读数的统计信息。

在电视监视器上还有四个计算机化按钮，每个都有对应的垂直字段。当按钮和参数连起来时，在这个垂直段上显出从触摸板来的“按钮”标号及从数据库中读出来的参数说明。操作员还用此按钮增减命令值。而新的绝对命令值的输入是由数字键盘控制的。

上述过程是由一个专门数据库管理程序管理的。触摸板在模拟控制台和Maxi控制台上的应用情况与此类似。

结束语 触摸板虽已被重视和使用起来了，但尚存一定问题。其中最重要的是数据输入。在目前的结构中，当显示一系列数据时，用户必须通过触摸板输入信息。用户触摸某数字，该数字所代表的数字就会被系统接受。该过程既单调又费时，将来必须在系统上增加一个计算器，否则难以输入大量信息。

其次，软件研制费用太高，是硬件成本的几十倍。最后，还应指出，触摸板还不能完全代替键盘，它们有时是并存的。

美国光电检测器件 和太阳电池的研制动向

一 光电子学及检测器件

美国仙童公司的研究和发展部正从事电荷耦合器件 (CCD) 摄像机的研制工作。目前已有市售的 256 个元素的和 1024 个元素的线列阵传感器, 已制成使用 1024 个元素的线列阵传感器的 CCD1300 摄像机及辅助系统。这种摄像机被用于生产线上零件形状和位置的测量及零件的选择。据说这种图象传感器将要取代工业电视领域中的光导摄像管。1728 个元素的线列阵传感器已经试制成功, 目前正在研制 2048 个元素的线列阵。另外, 使用 244×190 个元素的面列阵式传感器的 CCD211 摄像机已投入市场, 目前正在试制使用 488×380 个元素的面列阵式传感器的摄像机。

在同一领域中, RCA 研究所研制的使用 320×512 个元素的面列阵式传感器的电视摄像机已有商品出售。据称, 彩色电视也将使用这种摄像机。德克萨斯仪器仪表公司正在试制用于遥感的 400×400 和 500×500 个元素的集成型 CCID。洛克威尔公司正在研制一种混合式 IRCCD, 将利用硅的非本征电导的光敏元件与 CCD 组合在一起。目前, 正在试制 1—25 μ 波段的 30MHz 的这种器件。此外, 这个公司还制成了 200MHz 的 128 个元素的高速 CCID。

在红外探测器方面, MIT 的林肯研究所做了很多工作。比如, 用于光导纤维通讯的高速传感器 $\text{GaI}_3\text{As}_2\text{P}$ 雪崩光电二极管、 HgCdTe 线列阵红外探测器及日本滨松电视公司的美国分公司的 InSb 线列阵红外探测器。

在光谱学应用系统领域中, PAR 公司正在研制把 TGS (硫酸三甘肽) 象靶光导摄像管做为检测器的 1~30 μ 波段的红外 OMA, 据说不久即可投入市场。该公司还制成了光声分光计。这种分光计的工作原理是这样的: 在装有一定量的惰性气体的容器中放入待测物并使光照射之, 由于物质吸收了光而发热, 气体要发生膨胀, 使用具有特定的共振频率的容器及以这一频率调制的光, 由微音器检测气体的压力。这种仪器对以前难以检测的非辐射复合过程的研究有很大的作用。在光谱学应用系统的领域中, 另一引人注目的动向是利用表面弹性波和电光效应的各种功能器件的进展。卡内基·麦隆大学的 Tsai 教授, TI 公司, MIT 等都在研究将锯齿波电压加在电光晶体上的高速光谱折象管和扫描型声波显微显象管等各种器件。

在显示器件的领域中, 一种是 RCA 公司研制的显象管, 示于图 1。整个显象管的厚度只有 5 cm, 显示面积为 10×20 cm, 称为 FTD (Flat Tube Display, 扁平显象管)。以前的显象管是由一束电子束进行模拟扫描, 而这种扁平显象管中有两个控制栅极进行 x 和 y 方向的扫描, 控制栅极对平面阴极发射的电子束进行数字式的控制, 这样,

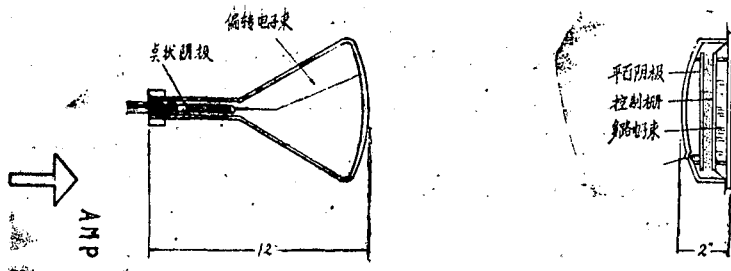


图1 普通CRT管与扁平显象管的比较 (TI公司研究所)

由加在控制栅上的数字地址信号并行地给出显示信号。据说现在已能显示1920个由5 × 9个光点构成的字母和数字；

另外一种是将液晶和普通显象管结合起来的大型显示器。这种显示器是休斯航空公司研究所研制的，见图2。相当于普通投影机部份的液晶的直径是5cm，通过光学纤维将影象投影在这个面上。液晶面的影象用氙灯的强光反射投影在荧光屏上，投影的展宽角为52°。这个系统的特点是没有可动部份。另外，由于使用了长寿命的氙灯，可以保证5000小时的工作(5000MTBF的可靠度)。

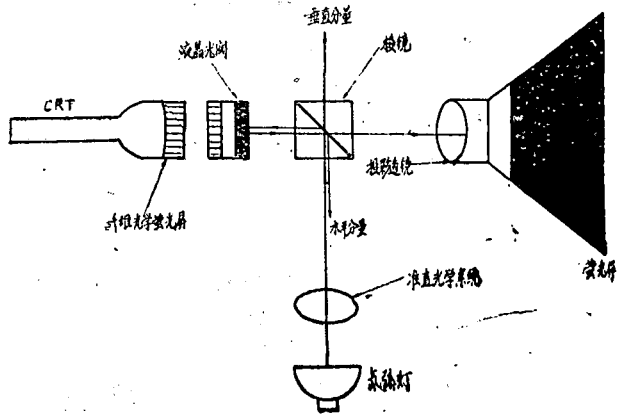


图2 利用液晶和CRT的大形投影显示器系统结构 (休斯航空研究所)

此外，卡内基·麦隆大学还研究了以聚合物为栅极的FET型的气体探测器，MIT研究了ZnO和SnO₂的气体探测器。

二 与能源有关的材料及太阳电池

— HLE (High Low-Junction Emitter) 太阳电池

图3是HLE太阳电池的构造。

从前的BSF太阳电池是杂质浓度梯度靠近基底一侧，而HLE型太阳电池则是使杂质浓度梯度靠近光生载流子密度高的一侧，用目前可行的工艺对这一类型的太阳电池进行了最佳的设计，并将普通的太阳电池与HLE太阳电池的性能指标进行比较。

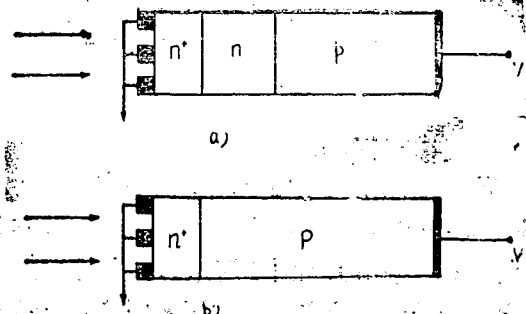


图3 HLE太阳电池(a)和P-n结太阳电池(b)的结构比较

较，列于表 1。

西屋公司已经生产了使用带状单晶的太阳电池。从去年开始，西屋公司改造了单晶炉，使其热场分布更适合带状单晶的生长，从而可以生长更宽的带状单晶。目前已能拉制宽 3 cm，厚 250 cm，长 30 呎的带状单晶。用这种材料制作的太阳电池的性能指标如表 2 所示。镀上抗反射膜之后转换效率可达 15% (BSF 型)。与此同时，西屋公司还生产肖特基势垒太阳电池。

表 1 HLE 太阳电池与普通 p-n 结太阳电池性能比较 (伊利诺大学)

	x - 1 光源				x - 50 光源			
	J_{sc} (A/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)	J_{sc} (A/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	η (%)
HLE (n ⁺ -n-p)	0.031	0.626	0.804	16.9	1.69	0.792	0.842	24.2
普通的 (n ⁺ -p)	0.082	0.590	0.817	14.5	1.40	0.717	0.815	17.7

表 2 枝蔓法单晶太阳电池与直拉法单晶 p-n 结太阳电池的性能比较 (西屋公司)

性能参数	p-n		
	直拉单晶	带状单晶	肖特基 带状单晶
V_{oc} (V)	0.550	0.530	0.52
I_{sc} (ma/cm ²)	36.0	35.0	27.0
P_{max} (mw/cm ²)	14.5	14.5	
FF(%)	73.0	75.3	
Eff(%)无抗反射膜	10.7	10.7	
有抗反射膜		15.0	11.0

二 聚光太阳电池

在硅单晶太阳电池领域中，还有一个新课题是所谓“热—光电变换”，(TPV=Thermo-Photo-Voltaic Conversion)，是斯坦福大学电力研究所的Swanson教授发明的。采用了如图 4 所示的聚光器，将太阳辐射先变成热，然后再作为红外光源，使之适合硅的吸收光谱，如图 4(b)中所示那样，将太阳电池埋在里面进行电的转换。采用这种方法使太阳电池的转换效率上升到 30~50%，估计将来用这种太阳电池发电的成本可降至每千瓦 320 美元左右。已经开始了这一设计的样品试验。

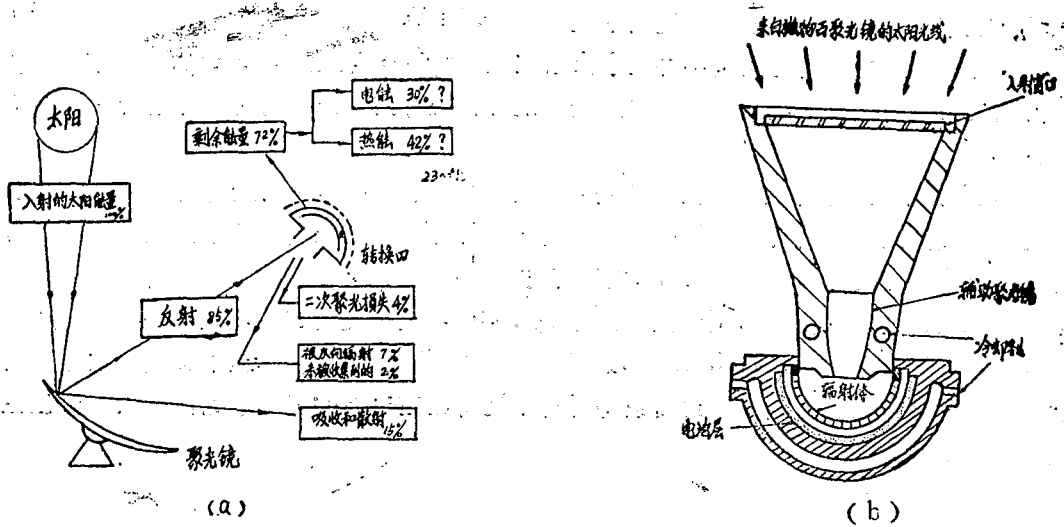


图4 发电系统和聚光太阳电池的结构 (斯坦福大学)

三 GaAs单晶基底的太阳电池

GaAs的禁带宽度比Si要大, 并且具有直接跃迁的吸收光谱, 所以, 用GaAs来做太阳电池所用基片的厚度不到Si的十分之一, 每单位重量的电功率输出指数(W/g)为Si的数倍, 作为人造卫星电站的太阳电池来说, GaAs是一种很好的可望代替Si的材料。正因为如此, 美国对GaAs太阳电池的开发研究异常地活跃。我们知道, GaAs和AlGaAs的异质结太阳电池有非常高的转换效率, 但是, 象制造双异质结激光器那样, 用液相外延生长工艺来制造这种太阳电池, 只制出 1cm^2 左右的受光面积。根据这情种况, 太阳电池的大面积化技术将是摆在我们面前的一个重要的课题。解决这一课题的第一个途径, 是一种被称之为M-LPE (Infinite Melt LPE)法的方法。由Kamath等人发明, 图5所示为这种方法的反应炉, 将 n^+-n GaAs基片放在掺Be的AlGaAs

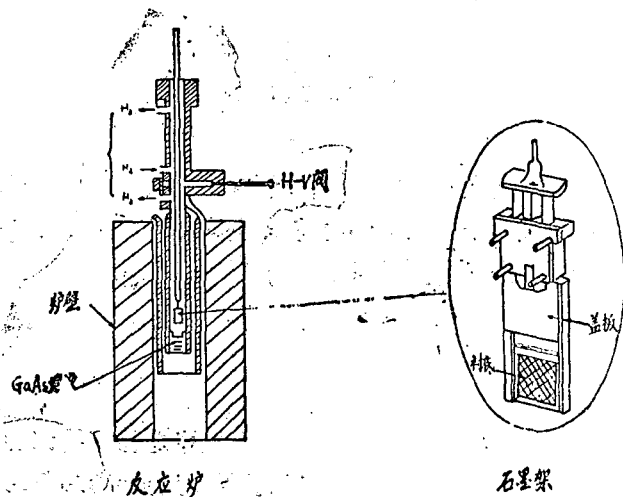


图5 Infinite Melt LPE GaAs太阳电池的生长炉

饱和熔液中，在适当的温度下，使其生成 $P-GaAlAs$ 。

另外一种途径是用有机金属的化学汽相淀积 (CVD) 来生长 $GaAlAs$ ，洛克威尔公司正大力进行这种方法的试验，除此公司之外，还有两、三家公司也开始研究这种方法。

第三种值得注意的大面积化途径是MIT的J.C.C.Fan 等人所进行的试验，他们采用的方法是：用普通的开管法进行 $GaAs$ 的气相外延，设法来提高效率。这种方法制得的太阳电池可称之为 $GaAs$ 的HLE太阳电池。

上述研究的结果，将用于美国已经进入实用阶段研究的卫星电站计划 (SSPS= Satellite Solar Power Station)，图6为SSPS的示意图，这个卫星电站计划定于78年进行第一次发射试验，目前正将材料和设备运往电站的组装地点，航天飞机正在进行滑翔试验。

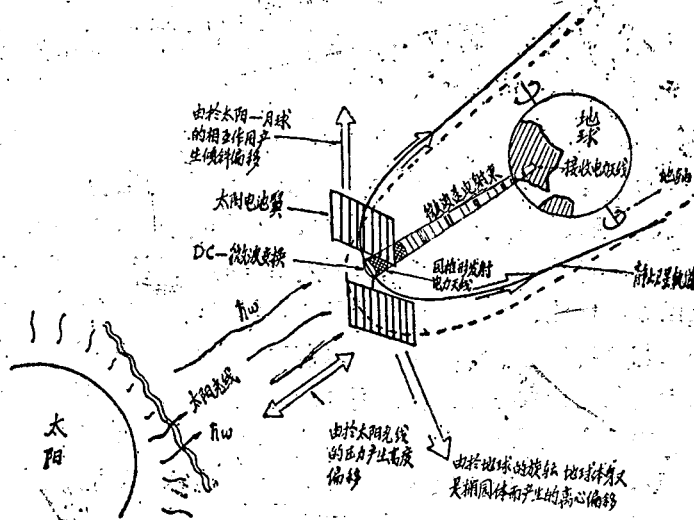


图6 宇宙发电站的示意图 (斯坦福大学)

以降低太阳电池的成本为目的的研究工作中，大致可以分为三种倾向。其中之一是以 Si ， $GaAs$ ， $CdTe$ 等为基片的MIS肖特基势垒太阳电池，目前的技术课题是要了解层的厚度及制造工艺与电池性能的关系。

张念哲 摘译自

《电子工业月报》1978年20卷4号