

材料试验机试验力分档不分档的比较

万能试验机从试验数据的读取这一环节看，大约经历了指针度盘指示及数字量直接显示两个阶段。在前一个阶段中，输出量为模拟信号，几乎只能采用分档的方法扩展量程。在后一个阶段中，由于采用了 A/D 转换器，将模拟量转换成了数字量进行数据处理，这就为扩展量程提供了一个简单的方法，只要选用高位 A/D 即可实现宽量程测量，但在这一阶段的早期要得到高位 A/D 是很困难的事情，所以依然采用分档的方法扩展量程。然而近年来随着电子技术的发展，新型高位 A/D 技术获得重大突破，20 位、24 位 A/D 转换器已较易取得，随之市面上出现了不分档、宽量程测量的试验机。也许为了商业利益，多推销自己的产品，有人就以分档测量出现的早为依据，推断出分档测量是落后的观点。评价一件事情的好坏要看它的综合指标及使用环境，而不能单一的用出现的早晚来评定。众所周知，电子管是最古老的电子器件，大约有一百多年的历史了，而在大规模集成电路大行其道的今天，在高档音响中，依然在使用电子管。成然，A/D 转换器在今天的测控系统中扮演着重要的角色，但并不是唯一的角色。一个系统的优劣是由众多环节构成，如传感器、放大器、工作电源、A/D 转换器、计算机等，每一环节都会对最终的结果产生影响。评价一台试验机的好坏有很多的技术指标，其中是否分档只是其众多指标中的一个。即使就分档与否这一指标来看，也不能轻易得出一个明确的答案。它随着试验机的类型、试验方法、试验环境等的不同而不同。下面从试验机使用者的角度，对两者进行分析。



一、分档可以得到较宽的测量范围。

以采用 13 位 A/D 进行七档量程切换的情况及采用 18 位 A/D 不分档的情况进行分析。在万能试验机上一档的分档是按照满量程的 100%、50%、20%、10%、5%、2%、1%进行分档的。对于采用 13 位 A/D 的试验机，各档的分辨率都为各档满值的 $\pm 1/4095$ (拉、压双向各等分为 4095 份)，以 0.5 级精度的试验机为例，按照标准规定，其最小的有效测量起始点的采样码应达到 400 码，即约为各档满值的 10%，按照以上原则采用分档的试验机其最小档的有效测量值为 $1\% \times 10\% = 0.1\%$ ，而且各档间的重叠又都大于各档满值的 10%，所以总有效测量区间可达 0.1%-100%。而对于 18 位 A/D 不分档的情况，其分辨率为满值的 $\pm 1/131072$ ，按照最小有效测量点的采样码应达 400 码的要求，其最小点为满值的 $(400/131072) \times 100\% = 0.3\%$ 。

二、分档可以降低小信号的测量的误差。

这样正好符合万能试验机相对精度定义的需求。众所周知，在试验机中试验数据都来自于各种传感器，而目前的传感器基本上都是模拟传感器，且输出信号都很微弱，这种信号必须经过放大器放大后才能交由 A/D 转换器转换为数字量进行后期处理。分档的本质就是将代表不同量程的传感器输出信号(当然输出值也不相同)按照不同的放大倍数放大到一个统一的定值，再用这统一的定值表示不同的量程。以载荷为例：如果一支载荷传感器它的满值输出为 20mV，放大 125 倍后变为 2.5V 的 A/D 转换器的满值输入，则 2.5V 就代表了载荷量程为满量程，若将放大倍数增大 10 位变为 1250 倍，则当传感器受力为满值的 1/10，即输出为 2 mV 时，放大器的输出依然达到了 2.5V 的 A/D 转换器的满值输入，此时载荷量程即为满量程的 1/10。由于放大器、传感器的工作电源等是由各类电子元器件组成，它们不可避免的存在着各类失调与飘移，当电路确定后，这些失调与飘移也就随之而定，它们基本不随放大倍数的改变而改变。也就是说，放大器的满值输出 2.5V 是由两部分组成，一部分是真实的反映实际测量的值，另一部分是一个基本恒定的固有值。当选择小档位时，这一固有值所对应的测量值就会按分档比例相应的比例减小。例如：当 2.5V 对应 100N 时，0.1V 的固有失调、飘移就会产生 $100 \times (0.1/2.5) = 4N$ 的误差，但若选择 1/10 档位，即 2.5V 对应 10N 时，0.1V 的固有失调、飘移只会产生 $10 \times (0.1/2.5) = 0.4N$ 的误差。如果不分档，则无论测量的数据值是大还是小，这一固有的误差都不变，都是 $100 \times (0.1/2.5) = 4N$ ，因此对测量小信号不利。由于试验机的精度要求为相对精度，这种精度对不同测量值下的允许误差是不一样的，测量值大时的允许误差值大，测量值小时允许误差值小。例如：同为 0.5 级的载荷值，当测量值为 100N 时，误差值为 $100 \times 0.5\% = 0.5N$ ，当测量值为 10N 时，误差值为 $10 \times 0.5\% = 0.05N$ ，分档时的特点正好与此要求相一致。

三、万能拉力试验机分档可以降低对传感器的要求，提高整机的精度与可靠性。

由于任何传感器都不可能达到理想状态，所以必然存在各种误差，其中最关键的指标之一就是线性度误差。为了消除这一误差对测量结果的影响，最可行的方法就是线性修正，而分档本身先天就具有这一功能。不分档虽然也可人为实现这一功能，但由于标准没有具体的说明不分档的标定需进行多少点，因此，一般在实际修正时取的点远少于分档标定点的总数(以七档为例：分档最少需取样 $7 \times 5 = 35$ 点)，所以实际不分档小信号精度较差。

四、分档容易实现高速采样。

在一些特殊用途的万能试验机上这是很重要的。常见的试验机一般的采样速度都不要求很高，大约在每秒几十次到几百次的范围内，然而在一些特殊用途的场合，如碰撞类试验、冲击试验、脆性材料的试验等，要求的采样速率很高，可达每秒几千次至几兆次。由于分档类试验机一般选择较低位数的 A/D，而这一类 A/D 的种类最多，选择面最广，有一类并行转换结构

的 A/D，非常适合这一场合。对于不分档类试验机，由于采用高位 A/D，而这类 A/D 基本都采用 Σ - Δ 型转换器，这类转换器的转换速率较低，且当增大转换速率时会明显的降低转换精度。

五、分档会引起全量程内的分辨率不一致。

这粗看好象是一个问题，但在第二项中已经谈了，对试验机而言，国标的规定为相对精度，它本身就需要小档位的分辨率高，而大档位的分辨率低，所以对于绝大多数的使用而言不是问题。例如：称量一汽车煤炭，并不需要称量到几吨零几克的值，而称量黄金则必须达到千分之几克。

六、不分档时 A/D 转换器的分辨率与试验机标准中的分辨力(可理解为分辨最小值的能力，不是单指力值的分辨率，对位移、变形同样叫分辨力)一般不吻合。

目前在国内试验机市场正在炒作一个伪概念。有人说：“试验机分辨率可以达到不分档 20 万码、30 万码甚至更高”。其实这是一种偷换概念的说法。这是把 A/D 转换器的分辨率当成了试验机的分辨力。在试验机中并无“分辨率”名称，有的是“分辨力”的提法。在采用低位 A/D 时，A/D 的分辨率与试验机中定义的分辨力是相吻合的，但在高位 A/D 中这两者并不一致。一个 24 位的 A/D 转换器它的分辨率可以达到 $\pm 2^{23} = 8388608$ 码，如果将 2.5V 满量程用它来等分，则每一等分的电压值为 $2.5/(2^{23}) = 0.298 \mu V$ 。但在现实中各种噪声电压的量级基本都在几 μV 到几十 μV 的范围。另外，传感器、电子元件等的失调、飘移也都在这一范围内。一般情况下，24 位 A/D 转换器并不能真正的分辨出 $1/8388608$ 的有效信号。但在一些特殊的情况下，比如测量非常缓慢变化的信号，这时可以采用滤波截止频率非常低的多级低通滤波器，充分滤除噪声信号并将转换速度降到非常低时是有可能的，但试验机并不能工作在这种状态下。



七、分档使用比较麻烦，容易造成试样的损坏。

由于分档机型存在一个正确选择档位的问题，如果试验人员对材料的性能了解不深，试验经验不足，则不能够确定最佳的试验档位，这样就有可能对试验结果产生不良影响甚至损坏试样。比如：有一试样它的负载力值很小，但由于试验人员不清楚这一特性，而选用了较大力值档位，这样测试结果精度就会很低。反之，试样负载力值很大但却选择了小档位，将会导致整个试验无法全部完成，试验失败。这在新材料的研究中是比较容易发生的情况。不过，近年来由于计算机在试验中的应用，这一现象已经得到了基本解决，虽然依旧采用分档技术，但换档已实现了自动化处理，分档的这一弊端已不存在。

八、分档在参与控制时会产生很多的问题，导致机器使用困难。

当前由于材料的多样化，所需的试验方法也越来越多，对试验机控制方式的要求也越来越多。比如：高分子类材料需要试验机为速度控制，建材类需要载荷控制，金属类材料需要载荷或变形控制，建筑构件可能需要加速度控制等等。从自动控制理论得知，一个闭环系统内部的任一个环节，参数生了变化，都将引起整个闭环系统的工作状态发生变化，导致系统不能正常工作。为了使系统能够稳定工作就需及时调整一些控制参数(通常为 P.I.D 参数)。换档就是

改变闭环系统内部放大器的放大倍数，也必然导致整个系统工作状态发生变化。也就是说换档后要及时将 P.I.D 参数切换到与当前档位相适应的值。但问题是，这个参数值除与档位有关外，还与试样有关，而试样是千变万化，各不相同的，因此并不能事先确定它的具体量值；另外，在换档时还会产生控制波动，对试验结果产生影响。过去由于无法取得高位 A/D，数据的采集是最主要的矛盾，所以在多闭环试验机上依然采用分档。但一般也只有分为三档，并且使用非常麻烦。现在，高位 A/D 的问题已经解决，使用的方便就成了第一要考虑的问题，所以，现在一般在多闭环类试验机上，基本都采用不分档技术。

结论：综合上述的对比分析，分档与不分档各有特色，不能一概而论谁好谁坏，要看使用环境与使用方式，扬长避短，才是最好的。

一般来说，对于手动控制类型的试验机，因无闭环自动控制，采用分档测量，可提高测量精度。对于单一闭环控制，但控制参数又不是主要测量参数类型的万能试验机，如常规电子万能(单一的速度控制)，测量参数宜采用分档类型，以提高测量精度。对于测量参数与控制参数重合的试验，如电液伺服类、多闭环电子万能试验机，系统的稳定运行是首要考虑的问题，宜采用不分档类型。