

应变片式引伸计的正确使用

北京机电研究所 张金生

材料力学性能测试中，关于材料变形的测量，使用的最多的传感元件就是应变片式引伸计。这种引伸计的规格也很多，一般按其标距和测量范围来区分。例如，北京钢铁研究总院生产的 2510 引伸计，其标距是 25mm，测量范围是 10%（2.5mm）。

对于不同的试验对象，不仅应选用不同规格的引伸计，也还有一些相应的使用技巧。

1、材料非比例屈服强度的测量：一般金属材料这两个参数的测量都在 1%左右变形下完成。为了提高测量精度，就应选取较小（例如 2%）变形测量范围的引伸计。如果没有这么小规格的引伸计也没有关系，使用 5%或 10%变形范围的引伸计只要以其 2%的变形范围作为满量程进行准确标定，确定其精度满足使用要求就可以使用。事实上，一些相关测试软件就是把一个引伸计分成大、小几个变形测量范围，经标定后当成几个引伸计来使用的。

2、材料弹性模量的测量：引伸计的选用与测量材料的非比例屈服强度基本相同。只是在标定和使用时更要仔细。其一，标距必须准确。标定时和使用时的标距误差将直接对应造成测量的误差。其二，引伸计的稳定性必须良好。有些引伸计在正常标定时完全满足精度要求，但停留在测量范围内某一点时就会有漂移，严重影响测量结果的准确度（当然这其中也可能是放大电路的稳定性不好）。其三，环境温度必须稳定，不要用工作台灯近距离照射试棒，热变形绝对不可忽视。其四，不可有弯曲应变混杂其中，否则将严重影响测试结果，必要时需要使用平均应变测量引伸计。其五，试棒的加工质量不可忽视。如果测量标距内材料有加工残余应力，那么本应是线弹性的力——变形曲线，就会由于存在残余拉应力的部分材料先期进入屈服状态，从而就会改变测试曲线的斜率，这也就影响了弹性模量的准确测量。其六，引伸计的刀口是易损件，它的磨损、尤其是卷刃，会严重影响测试结果。总之，弹性模量的测量不仅要求要有高精度的测试设备，还必须要有高精度的试棒。

3、应变硬化指数 n 的测量：应变硬化指数 n 的测量需要使用引伸计绘制拉伸曲线直到最大力 F_m 附近，这就要求所使用的引伸计必须有足够大的测量范围，对于黑色金属，一般应该使用 50%测量工作范围的引伸计。这一测试过程，对于塑性比较好的材料而言，只要稍加注意，能够在拉伸接近最大力点时适时卸下引伸计，就是安全的。但是，如果被测材料的塑性稍差，就要非常小心，必须保证在拉伸即将达到最大力时立即卸下引伸计，以保证不会因试棒断裂而打坏引伸计。对于使用橡皮筋固定引伸计者，可以使用锋利的小刀割断橡皮筋，以提高操作速度。

4、使用引伸计绘制全曲线自动测量延伸率：实施中，是以记录下的断裂总伸长率 A_t 来确定其断后伸长率 A。所以要选用与试棒测量标距相同标距的引伸计。此种用法因为要使用引

伸计一直到试棒被拉断，所以，如不采取特殊措施将极易损坏引伸计。为此，试棒的稳固夹持至关重要。其一，必须使用液压夹头或螺纹拧紧连接，以保证试棒在断裂时不会沿轴向跳动，从而不会使引伸计过量张开和受到冲击。其二，试验机机架刚度要大（用大吨位试验机做小试棒），最好使用丝杠驱动或电液伺服式试验机，以保证试棒断裂时机架的弹性恢复变形尽量小，其移动夹头（横梁）的跳动也尽量的小，这同样是为了保证试棒在断裂时不会沿轴向跳动，从而不会使引伸计过量张开和受到冲击。其三，试棒不要太长。较长的试棒在断裂时弹性恢复的长度也大（注意：高强度和低弹性模量的材料也如此），同样在试棒断裂时会对引伸计产生冲击。需要说明的是，上述曲线的绘制现在多采用引伸计和位移计（编码器或直线电阻）接力测量的方式进行，这种方式对保护传感器很安全，也能满足一般测试的精度要求。但是使用位移计测量的那部分曲线现在多采用由位移量除以试棒的平行长度来折算其相应的应变值。这一计算方法是建立在拉伸力不再增加，因而机架的变形也不再增加，和试棒也仅仅是其平行长度内在不断伸长，而平行长度外则完全不伸长的假设条件下的。这一假设显然带有一定的正向误差。在这里，如果计算时的 L_0 不是采用试棒的平行长度，而是将过渡圆弧部分也包括进来，或许会适当减小其折算误差。

5、引伸计的安装固定：现在通常的引伸计安装固定方法是使用橡皮筋，使用橡皮筋在试棒上固定引伸计也有很多技巧，最主要的有以下四点。其一，松紧适度。一般是在把橡皮筋拉长到最大长度的 80% 左右或原始长度的 4 倍左右下使用。其二，缠绕圈数适度，缠绕过少则缠绕力不够，刀口固定不牢；缠绕过多则可能在试棒产生较大变形时，刀口在橡皮筋与试棒的相对错动时被迫移位，使测试曲线产生跳动。经验表明以“Z”形缠绕（6 个单根）效果较好。如果橡皮圈的长度不合适，可以在其适当位置打结。其三，缠绕端正。缠绕的合力应与试棒垂直、与刀口在一条线上，否则会有分力拉动引伸计的臂产生不应有的转动，直接影响测试曲线的走向。其四，标距准确。一般静态引伸计都有标距长度定位杆，安装时只要是引伸计的两个臂张开到定位杆不受压、留有一定间隙即可，通常是留出 0.5mm 左右间隙。如果没有留出这一间隙，使引伸计的两臂受到压迫，则拉伸曲线的开始阶段必然是应变讯号先向负向增加，直到两臂不再受压才会恢复正常。

6、压缩试验的变形曲线绘制：压缩实验时引伸计的安装位置对测量值影响很大。此时其测量标距应该就是试样的高度，而引伸计的刀口又只能在上、下压板（压头）上的引出杆上得到固定。如此测量出的变形就不仅有试样本身的变形，它还包括上、下压板（压头）的变形和上、下压板（压头）与试样间结合间隙的消除。实践表明，有时后者的变形量比试样本身的变形还要大，绝对不可忽视。消除的办法是：首先在不装试样（仅仅不装试样，其它应有尽有）的情况下加载到可能达到的试验力，实测出这一加载系统的力——变形曲线。而后加装试样进行试验，对所测得的曲线用加载系统的力——变形曲线进行修正，即可得到被试试样的力——变形曲线。这里还需要强调的是，上、下压板（压头）必须有足够的刚度，它绝不能在加载过程中产生翘曲，因为上、下压板（压头）上的引出杆对这一翘曲会有极大的放

大作用。另外，在压缩变形测量中，偏载对测试结果的影响也是非常大的，所以通常采用平均应变引伸计进行测量。

7、变标距引伸计：有些实验室在测试中会根据需要不断的变换引伸计的标距长度，而配备过多的不同标距的引伸计是不现实的，此时只能使用变标距引伸计。变标距引伸计可以用普通引伸计经加装标距接长杆和可移动刀口来实现。需要注意的是：多数情况下，移动刀口较大范围改变标距后，需要对引伸计重新进行标定，以保证引伸计的准确度。