

曲率式应变计设计与研究*

赵 楠

(郑州工学院土建系)

摘 要: 曲率式应变计是一种可用来测量弯曲应变的机械式测量仪器。本文通过对其原理及性能的研究, 确定出表在一端型曲率仪转变成为曲率式应变计的充分必要条件, 并列出了相应的图表。据此图表可方便地设计出一系列的表在一端型曲率式应变计。曲率式应变计能够满足实验室测量对误差的要求。

关键词: 弯曲应变, 曲率仪, 测量仪器

中图分类号: TU197

当前, 结构和材料工程试验研究或检测用的测量仪器主要分为机械式和电子式两大类。而机械式测量仪器以其测量直接、量测准确度高、重复性好, 有足够的灵敏度, 且对环境的抗干扰力强、工作可靠、操作简单、维护方便、是测量的基本方法和基准量值等独特长处, 在各种基准量值等独特长处, 在各种基准量的测量中发挥着不可取代的作用, 因此得到广泛的应用。

使用机械式测量仪器直接测量材料的纵向应变, 已有许多种方法。但如何直接测量材料的弯曲应变, 是当前尚未解决的一个问题。例如当对电阻应变片的灵敏系数进行标定时, 常用的方法是等强度梁上产生的机械应变量做为基准量, 把同时测到的电阻应变值与其比较而得出结果。如何正确确定机械应变, 是关系到基准量误差大小的关键。目前常用的做法是: 先用曲率仪测定出试件的弯曲曲率, 再经理论公式的计算求取弯曲的应变值。由于许多曲率仪设计制造的随意性, 曲率值的确定往往也需进行计算, 这就不仅增加了试验数据的处理工作, 不利于在现场及时发现问题和解决问题, 而且还会增加测量以及计算带来的误差, 降低基准量的测量精度。

本文旨在讨论如何使机械式测量仪器能够直接测量弯曲应变的问题。我们把能够直接测量弯曲应变的机械式测量仪器称为曲率式应变计。

1 表在一端型曲率式应变计的设计原理

曲率式应变计是基于曲率仪改进而成的仪器。因此, 有关曲率仪的设计假定这里依然

* 收稿日期: 1994-12-22

适用: 受弯构件在小变形条件下, 在小范围 (仪器标距) 内的弯曲变形符合一元二次方程曲线形式, 可用二次曲线的一般公式来描述, 并以该二次曲线的二阶导数值做为“小范围”内的平均曲率值。因此, 表在一端型曲率仪 (图 1) 测量曲率的表达式就是:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2\omega}{b(b-a)} \quad (1)$$

式中: ω ——位移计的读数差, 即位移量;

b ——曲率仪的测量标距;

a ——曲率仪两个支点刀口间的距离;

ρ ——曲率值。

可以证明, 由(1)式确定的曲率值就是仪器标距内

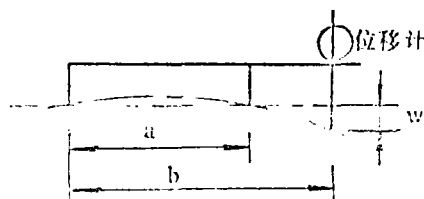


图 1

$a/2$ 处的真值, 并可以做为仪器标距 b 内的平均曲率值, 其测量误差足够小。对等截面纯弯梁 (段) 或变截面等强度梁来说, 测得的曲率值即是被侧梁 (段) 上各点的真值^[1], 对承受横力弯曲的一般工程梁来说, 当仪器标距 b 的选择满足“合理标距”的条件时, 测量的方法误差仅是以相应的二次曲线对实际挠曲线拟合的近似性, 在小变形条件下能够满足工程测量的要^[2]

由材料的弹性理论可知, 受弯构件截面上纤维的应变有如下关系:

$$\varepsilon = y / \rho \quad (2)$$

式中: ε ——弯曲应变;

y ——构件截面上被测纤维处到弯曲中性轴间的距离。

将(1)式代入(2)式中, 就得到了表在一端型曲率式应变计的理论计算公式:

$$\varepsilon = \frac{2\omega y}{b(b-a)} \quad (3)$$

就一个具体的曲率式应变计来说, 标距 b 是一个常量, 被测纤维所处的位置 y 是个定值, 通过恰当地选择 $(b-a)$ 值, 使 $2y/[b(b-a)]$ 等于 10^{-n} , 就可以利用位移计测定的 ω 值来直接确定弯曲应变值 ε , 即使表在一端型曲率仪变为直读弯曲应变的应变计。

一般情况下受弯构件多为截面对称、材料均匀, 欲测应变处常是构件弯曲平面内的上下表面, 即 $y = h/2$, 则 (3) 式可改写成:

$$\varepsilon = \frac{\omega h}{b(b-a)} \quad (4)$$

对能在位移计上直读弯曲应变的曲率仪, 我们称为曲率式应变计, 其测量的准确度与曲率仪是一致的。

当我们调整 $(b-a)$ 值, 使 $b(b-a)$ 等于 2×10^{-n} 时, 由(1)式可以看出, 仪器就成为直读曲率的曲率仪了。

2 曲率式应变计的一般性设计

由前述可知, 曲率式应变计是一种将计算公式溶于仪器自身构造尺寸中的机械式测量

仪器，这就需要针对不同的被测构件截面尺寸来确定(4)式（或(3)式）中的各个参数及其关系。为此我们不妨设：

$$m = \frac{b - a}{h} \tag{5}$$

因为 m 值是 $(b - a)$ 与被测构件截面高度 h 的比值，故称之为放大倍率。 a 值为仪器上安装的位移计的分辩率 ω' 与仪器装上位移计后测量弯曲应变时的分辩率 ϵ' ，之比故称之为分辩比。

将 (5)、(6) 两式代入(4)式后有：

$$A = b \cdot m \tag{7}$$

(7)式是表在一端型曲率仪成为直读式应变计的充分必要条件。

常用的位移计只有千分表和百分表两种，因此可根据仪器测量的不同分辩率要求列出分辩比 A 的几种常用值（见表 1）。以表 1 所列出的九种情况，可做出 (7)式表达的 b - m 关系曲线图（详见图 2）。

由此，就可以方便地设计出各种不同标距的表在一端型曲率式应变计。我们可以通过调整 A 和 m 值，利用一个曲率式应变计来满足不同的测量分辩率，以适应不同的构件截面高度；或在同一测量分辩率要求下，用两个以上不同标距的仪器进行测量。在实际设计中，建议 b 和 m 的取值应以能够整除 A 值为宜。

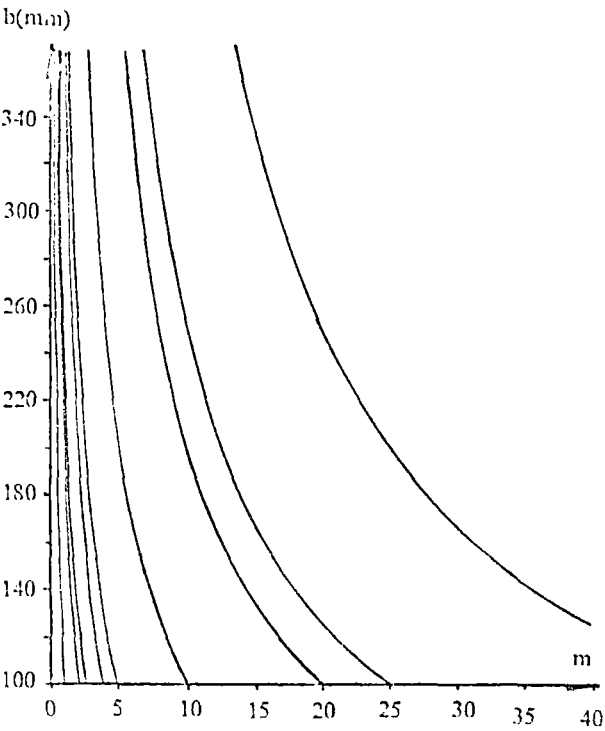


图 2 b - m 关系图

表 1 分辩比 A 的常用值

位移计分辩率 ω'	0.001mm					0.01mm				
应变计分辩率($\mu\epsilon$)	10	5	4	2	1	10	5	4	2	1
分辩比 A	100	200	250	500	1000	2000	2500	5000	10000	
顺序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

3 结 论

3.1 本文所述的曲率式应变计是对常用的表在一端型曲率仪改进而成的一种测量仪器,是目前机械式测量仪器中唯一能够直接测量出弯曲应变的仪器,它具有构成原理简单明确、操作使用方便、测量准确度高、重复性好等特点,在一定条件下还可成为直读曲率值的曲率仪,使其实现一仪多能。曲率式应变计不仅适用于实验条件下的测量,也可用于结构工程的检测。

3.2 曲率式应变计适用于在弹性范围内工作的受弯构件的弯曲应变测量。对于非双轴对称的构件截面,(5)式中 h 的取值应是截面弯曲中性轴到待测应变位置处距离的两倍。

3.3 曲率式应变计在等强度梁上的测量值可以作为机械弯曲应变的基准值,其测量误差能满足实验精度的要求。

3.4 据本文所述方法,可方便地设计出系列规格的表在一端型曲率式应变计或直读式曲率仪。

参 考 文 献

- 1 赵楠.曲率仪的测量误差分析.河南高教.1992.第6期
- 2 赵楠.曲率仪测量中合理标距的确定.河南省高校实验室工作研讨会论文集.1992.5
- 3 孙训芳编著,材料力学.人民出版社.1979年

A Research on the Curved Deformeter Design

Zhao nan

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: Curved deformeter is a kind of mechanical measure device which can measure out the bending strain. In this paper, the sufficient and necessary condition that curvimeter which displacement meter is at the end is transformed into curved deformeter has been determined, and relevant diagram and table has been given out, on the basis of its principle and property. According to the diagram or the table, a series of the curved deformeters can be designed easily, the survey error of the meter can be met the requirement of engineering.

Keywords: bending strain, curvimeter, measuring device