

正弦规测量及使用计算

何贵洪

贵阳险峰机床有限责任公司 贵州惠水 550601

摘要：正弦规是利用正弦函数原理对角度进行间接测量的一种精密量具。介绍了正弦规的结构、工作原理以及使用方法，阐述了正弦规测量工件角度值的计算方法，并以实例进行说明。

关键词：正弦规；量块；使用；工件测量；计算

1 序言

正弦规是一种采用正弦函数原理，利用量块或量块组合尺寸，以间接方法来准确测量工件及量规锥度或角度的精密量具，也叫做正弦尺或正弦台。正弦规主要是由主体（钢制长方体）和两个圆柱（钢制柱体）组成（见图1），两圆柱体直径相等且互相平行，其公切面与上工作面平行。正弦规的规格用两个圆柱体的中心距 L 表示，一般有100mm和200mm两种。有时为了便于被测工件在主体上的定位和定向，需安装前挡板和侧挡板，测量时作为放置零件的定位板^[1]。

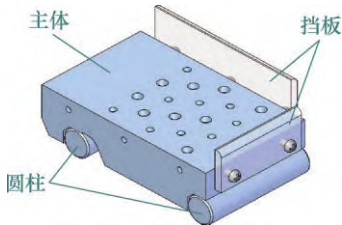


图1 正弦规

国产正弦规根据主体宽度尺寸的不同，又分为宽型和窄型，其规格见表1。

表1 正弦规的规格 (单位: mm)

两圆柱中心距	圆柱直径	工作台宽度	
		窄型	宽型
100	20	25	80
200	30	40	80

正弦规两个圆柱体的中心距的位置精度非常高，中心距为200mm的窄型正弦规的极限偏差仅为 $\pm 0.003\text{mm}$ ，而宽型正弦规的极限偏差也仅为

$\pm 0.005\text{mm}$ 。当带有角度的工件或锥体利用正弦规测量角度和锥度时，测量精度可达 $\pm 1'' \sim \pm 3''$ ，适宜测量 $< 40^\circ$ 的角度。正弦规常用的精度等级为0级和1级，其中0级的精度较高^[1]。

2 正弦规在工件测量中的使用 and 计算

2.1 正弦规测量圆锥体锥角的计算

图2所示为应用正弦规测量圆锥塞规锥角。使用时，先将正弦规放在精密平台上，其中一个圆柱体与精密平台接触，然后将量块或量块组合垫在正弦规的另一个圆柱体下面，此时正弦规主体工作平面与精密平台平面的夹角为 α ，然后将被测工件（圆锥塞规）稳定可靠地放在正弦规主体工作平面上，最后借助表架用千分表分别测量工件 a 、 b 两点的高度数值，也可测量工件长度方向上多个位置的高度数值，使千分表在工件全长上的读数相等即可。

用正弦规测量圆锥锥角时，有以下两种情况。

1) 已有设计图样，且图样上已标注实际锥度或锥角，此时，通过计算并应用直角三角形的正弦公式，加工零件并用正弦规检查零件是否符合图样要求，正弦公式： $\sin \alpha = H/L$ ， $H = L \sin \alpha$ ，其中， α 为

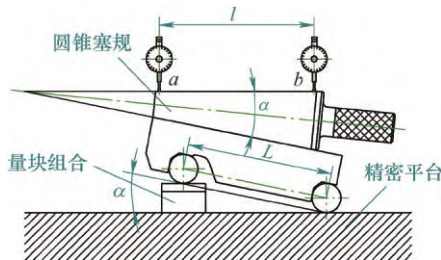


图2 正弦规测量圆锥塞规锥角示意

圆锥的锥角 (°)， H 为量块的高度 (mm)， L 为正弦规两圆柱的中心距 (mm)。

在实际生产工作中，加工带有锥度或角度的工件，用正弦规检查时，每次都需要反复繁琐的计算才能得到量块或量块组合的高度，这样比较麻烦，笔者通过反复计算，将正弦规测量角度或锥度时计算得到的量块或量块组合的高度数值数据，汇总成表格，以便测量时供操作人员直接使用，通过查询表格得到量块或量块组合的高度，避免重复计算，这在实际生产工作中非常简便实用。常规的锥度或角度计算数据见表2^[2]。

表2 正弦规测量圆锥锥角需垫量块数据

锥度	全角	半角	量块高度/mm	
			100型	200型
1 : 200	0° 17′ 11″	0° 8′ 37″	0.5000	1.000
1 : 100	0° 34′ 23″	0° 17′ 12″	1.0000	2.000
1 : 50	1° 8′ 45″	0° 34′ 23″	1.99973	3.9995
1 : 30	1° 54′ 35″	0° 57′ 18″	3.3319	6.6638
1 : 24	2° 23′ 10″	1° 11′ 35″	4.1630	8.326
1 : 20	2° 51′ 51″	1° 25′ 56″	4.99663	9.9933
1 : 15	3° 49′ 6″	1° 54′ 33″	6.6589	13.3178
1 : 12	4° 46′ 20″	2° 23′ 10″	8.314	16.628
1 : 10	5° 43′ 29″	2° 51′ 45″	9.976	19.952
7 : 64	6° 15′ 38″	3° 7′ 49″	10.905	21.810
1 : 8	7° 9′ 10″	3° 34′ 35″	12.452	24.904
1 : 7	8° 10′ 16″	4° 5′ 8″	12.212	24.424
1 : 5	11° 25′ 16″	5° 42′ 38″	19.8015	39.603
1 : 4	14° 15′	7° 7′ 30″	24.615	49.230
7 : 24	16° 35′ 34″	8° 17′ 47″	28.55684	57.1137
1 : 3	18° 55′ 30″	9° 27′ 45″	32.433	64.866
1 : 1.866	30°	15°	50.000	100.000
1 : 1.5	36° 52′	18° 26′	59.995	119.990
1 : 1.207	45°	22° 30′	70.7110	141.422
1 : 0.866	60°	30°	86.603	173.206
1 : 0.652	75°	37° 30′	96.592	193.184
1 : 0.50	90°	45°	100.000	200.000

2) 只有锥体工件实物，此时不知锥体工件的锥度或角度，需要用正弦规测量实物的锥度或角度，如图2所示。按之前介绍的测量方法，通过对量块或量块组合高度尺寸的不断调整，用千分表不断测量零件全长上多个位置的高度数值，使千分表在工件全长上的读数相等，然后应用直角三角形的正弦公式，计算得出零件的锥度或角度。

当测量圆锥塞规的锥角时，使用中心距 $L = 200\text{mm}$ 的宽型正弦规，在正弦规一个圆柱下垫入的量块组合高度 $H = 16.63\text{mm}$ 时，千分表在圆锥塞规的全长上多个位置读数相等。现在圆锥塞规的锥角计算为： $\sin\alpha = H/L = 16.63/200 = 0.08315$ ，通过计算得 $\alpha = 4^\circ 46' 10''$ ，即圆锥塞规的实际锥角为 $4^\circ 46' 10''$ 。

2.2 正弦规测量圆锥体锥角偏差的计算

根据千分表分别测量被测工件长度方向上 a 、 b 两点高度数值， a 、 b 两点读数之差 n 与 a 、 b 两点距离 l （用直尺量得）之比即为锥度偏差 Δc ，并考虑正负号，即 $\Delta c \approx n/l$ ，其中， n 和 l 的单位均为mm。

根据 $1\text{rad} \approx (2 \times 10^5)''$ ，可将锥度偏差值以秒为单位表示，即可求得圆锥角偏差 $\Delta\alpha \approx 2\Delta c \times 10^5$ ，其中， $\Delta\alpha$ 的单位为秒 (")。此法也可测量其他精密零件的角度。

2.3 正弦规测量工件斜面角度的计算和使用

(1) 分析样板钳工技能比武实际操作课题 图3所示为样板钳工技能比武实际操作课题，该课题在加工前经过认真分析，由于尺寸 $(30 \pm 0.02)\text{mm}$ 的标注位置为尖角到平面的直线距离， 60° 角度虽然可以用万能角度尺测量，但测量时若操作人员技巧掌握不好，就会出现较大测量误差，而 $(30 \pm 0.02)\text{mm}$ 的尺寸公差用常规检具又无法测量。通过分析得出，需要采用正弦规来测量并控制 60° 斜面的正确

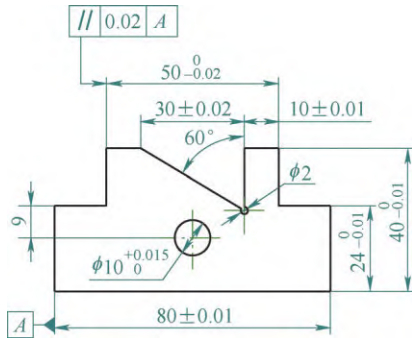


图3 样板钳工技能比武实际操作课题

位置, 以此确保 (30 ± 0.02) mm 的尺寸公差^[3]。

(2) 正弦规测量角度的计算 通过以上分析可知, 如果用量块组将正弦规直接垫斜 30° , 可准确保证 60° 斜面的角度, 但不能保证 (30 ± 0.02) mm 的尺寸公差, 因此加工图3所示的工件时, 正弦规在使用前还必须进行一些必要的实际测量和计算, 才能确保工件斜面的尺寸公差。

正弦规在被量块或量块组垫起后, 正弦规的“尖角”(正弦规主体工作面和正面前挡板相交的直线在正投影面上的交点), 即图4中的A点, 该点到精密平台的垂直距离为 h 。每个正弦规的“尖角”高度尺寸是不相同的, 而且同一正弦规的“尖角”高度尺寸, 也是随着正弦规被量块或量块组垫起后角度的变化而变化的。

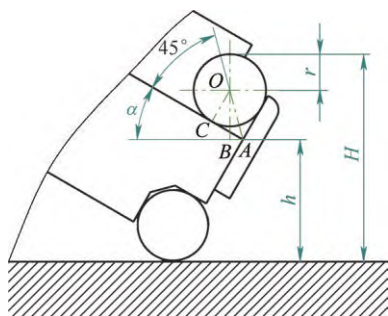


图4 正弦规检测示意

现以 L 为100mm的宽型正弦规为例, 介绍如何正确计算正弦规“尖角”到精密平台的垂直距离, 此时正弦规倾斜角度为 α , 将半径为 r 的标准检验棒放置于正弦规主体工作平面和前挡板组成的角尺面中, 由图4可知 $h = H - r - OB$, 由直角三角形OBC和OAB的关系可知: $OC = r$, $\angle OAB = 45^\circ + \alpha$, $OA = OC / \sin 45^\circ = 2^{1/2} OC = 2^{1/2} r$, $OB = OA \sin (\alpha + 45^\circ) = 2^{1/2} r \sin (\alpha + 45^\circ)$ 。

由此可得: $h = H - r - 2^{1/2} r \sin (\alpha + 45^\circ) = H - r [1 + 2^{1/2} \sin (\alpha + 45^\circ)]$, 其中, h 为正弦规“尖角”到精密平台的垂直距离 (mm), H 为标准检验棒最高点到精密平台的垂直距离 (mm), r 为标准检验棒的半径 (mm)。

H 尺寸为标准检验棒最高点到精密平台的垂直距离, 其具体高度尺寸可通过量块和千分表配合测量, 并进行反复多次测量后取平均值, 此时通过 H 的高度尺寸和以上公式, 即可计算得出正弦规被量块或量块组垫起倾斜后, 主体工作平面和前挡板交

线到精密平台的距离 h 。由于同一正弦规倾斜角度的不同, 会导致 h 的尺寸变化, 因此同一正弦规每倾斜一种角度, 都需要进行这些必要的测量和计算, 同时记录每次角度变换后 h 的数值, 将数据统计后绘制成表格, 以便使用该正弦规测量角度或锥度时直接查询使用。

(3) 正弦规测量角度的应用 如图3所示, 需将除 60° 斜面外所有轮廓面加工至精度要求, 保证工件平面度和垂直度要求。再次分析工件图样, 如图5所示, 需要计算出工件端点 K 到斜面的垂直距离 D , 而正弦规需用50mm量块垫起与平板成 30° 角才能使工件斜面与精密平台平行。

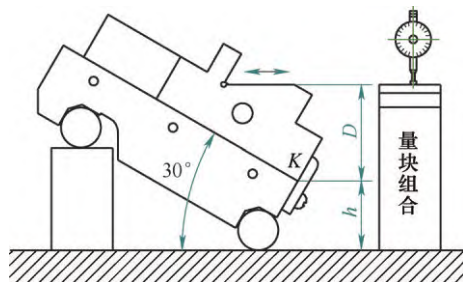


图5 正弦规检测高级钳工练习课题示意

根据计算正弦规的“尖角”到精密平台的垂直距离 h 值和工件端点 K 到斜面的垂直距离值 D 之和, 用量块组合 (量块数量越少越好) (即量块组合值 = $h + D$), 在实际加工过程中, 利用千分表左右移动, 将工件加工面与计算得到量块组合的高度数值进行比较测量, 如加工面高度数值与量块组合高度数值一致, 即为达到工件加工精度要求。

3 结束语

正弦规实际上是通过测量长度来间接测量角度的一种工具, 是一种简易、实用的测量工具, 特别适用于角度 $< 40^\circ$ 的锥体测量。

参考文献:

- [1] 人力资源和社会保障部教材办公室. 极限配合与技术测量基础[M]. 4版. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2011.
- [2] 北京第一通用机械厂. 机械切削手册[M]. 6版. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 人力资源和社会保障部教材办公室. 钳工工艺学[M]. 5版. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2014.