

doi: 10. 11823/j. issn. 1674 - 5795. 2015. 06. 13

石油螺纹量规中截顶参数测量方法的讨论

刘浩¹, 张伟², 李文娟², 张杰辉¹, 张婧¹

(1. 陕西省计量科学研究院, 陕西 西安 710065; 2 宝鸡石油机械有限责任公司, 陕西 宝鸡 721000)

摘 要: JJF 1108 - 2012 中增加了测量石油螺纹量规截顶的要求, 但是给出的测量方法并不能准确反映螺纹牙型轮廓的加工误差。本文详细分析了规范中所给方法的不周全的地方, 并给出了使用三坐标测量机测量螺纹截顶的方法和计算过程。

关键词: 石油螺纹量规; 截顶; 螺纹测量; 三坐标测量机

中图分类号: TB92

文献标识码: A

文章编号: 1674 - 5795(2015)06 - 0054 - 04

Measurement Methods of Oil Thread Gauge Thread Height Truncated Parameters

LIU Hao¹, ZHANG Wei², LI Wenjuan², ZHANG Jiehui¹, ZHANG Jing¹

(1. Shaanxi Institute of Metrology Science, Xi'an 710065, China; 2. CNPC Baoji Oilfield Machinery Co. LTD, Baoji 721000, China)

Abstract: JJF1108 - 2012 added requirements on measuring truncated parameters for oil thread gauge, but it does not give an accurate measurement method. This article points out the flaws in the specification method, and puts forward the method for measurement of truncated thread with CMM.

Key words: oil thread gauge; thread height truncated; thread measurement; CMM

1 问题的提出

为了控制螺纹整体形状, 在 API Spec5B - 2008《套管、油管及管线管螺纹的加工、测量与检验规范》和 API Spec7 - 2 - 2008《旋转台肩式螺纹连接的加工与测量规范》中, 取消了单项参数中外径的测量, 增加了测量石油螺纹量规截顶的要求, 因此, 在 JJF 1108 - 2012《石油螺纹工作量规校准规范》中, 也增加了对截顶的测量要求, 石油螺纹量规截顶的定义^[1]为: “从螺纹牙原始三角形的顶点到螺纹牙型顶部在垂直于螺纹轴线方向的距离。”由定义可以看出, 石油螺纹量规的截顶如图 1 所示。

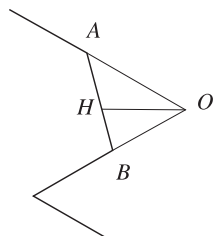


图 1 石油螺纹量规的截顶示意图

图 1 中, OH 为待测参数, 即为截顶值。由此可以

看出, 截顶是一个既和中径有关又和螺纹的顶径有关的参量, 无论是塞规还是环规, 螺纹截顶小的地方牙面长, 而螺纹截顶大的地方牙面短。旋合时, 牙面长的部分接触面积大, 因此摩擦力较大, 而牙面短的地方接触面积小, 所以摩擦力较小。如果截顶太小, 牙面太长, 没有给塞规的外径和环规的内径留下足够的空间, 甚至可能导致塞规的牙顶和环规的牙底发生干涉, 影响最终的旋合紧密距值。可见, 截顶参数是一项控制螺纹量规牙型轮廓的单项参数。

如何测量截顶, 在校准规范 JJF1108 - 2012 中给出了相应的方法。但是, 在实际的生产和使用过程中, 我们发现, 使用 JJF 1108 - 2012 规范中的测量方法测量截顶, 是不能准确地控制螺纹量规的牙廓形状的。按照规范中的方法, 有时即使测得的各单项参数都十分接近, 其旋合紧密距也会出现较大的不同, 针对此问题, 我们进行了研究。

2 校准规范中给出的截顶测量方法

在 JJF 1108 - 2012 给出的截顶测量方法中, 截顶参数既可以使用轮廓仪测量, 也可以由顶径和中径计算得出, 以塞规测量四条母线为例, 使用顶径和中径计算截顶的公式^[1]为

$$\Delta f = -(\Delta D_0 - \Delta d_2)/2 \quad (1)$$

收稿日期: 2015 - 08 - 10

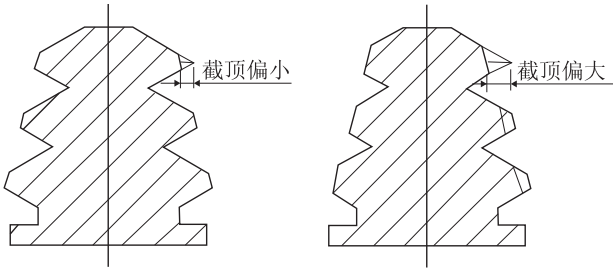
作者简介: 刘浩(1987 -), 男, 助理工程师, 从事几何量计量研究工作。

若使用环规，则截顶计算公式^[2]为

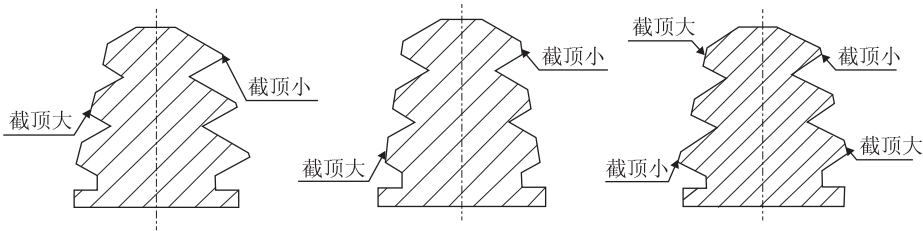
$$\Delta f = (\Delta D_0 - \Delta d_2) / 2 \tag{2}$$

式中： Δf 为截顶偏差； ΔD_0 为基面大径偏差； Δd_2 为基面中径偏差。

由公式(1)，(2)可以看出，规范中提出的这种方法，并没有去直接测量截顶，而是利用顶径偏差和中径偏差直接计算截顶偏差，以达到简化计算步骤的目的。如图2所示，在中径一定的情况下，图2(a)的外径较大，牙顶较尖，因此截顶会比较小；图2(b)的外径较小，牙顶较平，因此截顶会比较大。



(a) 外径较大，牙顶较尖 (b) 外径较小，牙顶较平
图2 中径一定时螺纹量规的截顶



(a) 中径外径轴线偏离 (b) 中径外径锥度不同 (c) 中径外径轴线歪斜
图3 中径和外径一定时截顶不同的各种情况

图3(a)中，螺纹槽轴线与螺纹外圆轴线偏离，导致一侧牙槽深，另一侧牙槽浅，从而导致一侧截顶大，另一侧截顶小；图3(b)中，螺纹槽圆锥锥度大，而外圆圆锥锥度小，导致螺纹上方截顶小，下方截顶大；图3(c)为螺纹牙槽轴线相对于螺纹外圆轴线歪斜，导致各处截顶均不相等。

除以上三种情况以外，还有量规坯体热处理时发生变形，外圆锥表面形状不够规则，导致牙槽有时深，有时浅，从而导致截顶不同。

实际情况中，影响截顶值的因素大部分都是以上各种情况的组合，因此仅仅只看螺纹顶径大小与中径大小是不够的。螺纹轴线偏心歪斜以及规体变形引起的截顶变化往往比单纯由内外径大小不同引起的截顶变化还要大。截顶分布不均会造成塞规和环规旋合时会有牙面受力不均的现象，甚至可能塞规牙顶和环规

但是，在实际情况下，仅仅使用中径偏差和顶径偏差来计算截顶是不够的，因为截顶这个参数不仅规定了中径和顶径的数值关系，同时也限制了中径圆锥和顶径圆锥之间的相互位置关系。从而实现对螺纹量规的牙型轮廓的控制。当且仅当中径圆锥和外径圆锥同轴、两圆锥锥度相等、内外圆没有发生变形时，规范中所提及的方法才可适用。如果中径轴线不重合，或者中径和顶径的锥度不相等，螺纹量规的截顶值就会变化。

由于在量规加工过程中，一般的加工工艺为先加工出螺纹内外面，随后再在圆锥面上用砂轮磨出螺纹槽^[2]，中间不仅存在装夹找正误差，而且由于磨削应力和热处理应力的关系，会使螺纹量规规体产生变形。因此，螺纹量规上各处的截顶不可能一样，同一个螺纹量规有的地方截顶大，有的地方截顶小，如图3所示。即使三个螺纹的中径和大径均相等，也会出现图中三种不同的情况，导致他们的截顶不一样，最终由截顶偏差导致螺纹的紧密距传递值也不一样。

牙底发生干涉，影响紧密距传递值，而螺纹轴线歪斜还可能会导致旋合时在两螺纹端面不平行，影响紧密距的测量。

3 使用坐标测量机测量截顶的方法

可见，截顶测量是需要在螺纹的各个地方进行测量，以确定螺纹各处牙型轮廓与标准牙型轮廓的一致程度，在没有轮廓仪或螺纹扫描仪的情况下，测量石油螺纹量规比较可靠的方法是使用三坐标测量机，将最佳直径的探针放入螺纹牙槽中进行测量^[3]，这种方法成熟、可靠、快速，此时只需要加入在螺纹牙顶上打点测量即可算出每处的截顶，其计算方法如下：

如图4所示，以O为原点、螺纹轴线为坐标轴建立坐标系XOY。使用半径为r的球形探针分别在相邻的两牙槽内测量，然后再在外圆上测量。记两牙槽内

的探针球心点坐标为 $O_1(X_1, Y_1)$ 和 $O_2(X_2, Y_2)$, 在量规外圆上测量的探针球心点坐标为 $O_3(X_3, Y_3)$ 。可知: 圆心为 O_1 、半径为 r 的圆与下牙侧面切点为 A ; 圆心为 O_2 、半径为 r 的圆与上牙面切点为 B ; 圆心为 O_3 、半径为 r 的圆与牙顶母线切点为 C ; 待测截顶值为 OH 。

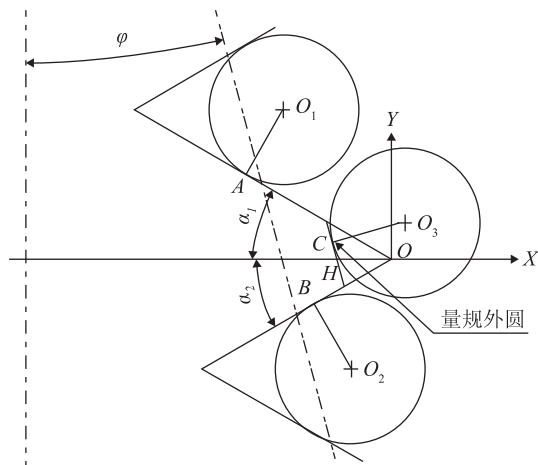


图4 螺纹量规截顶的计算

可以得出探针与螺纹相接触的点 A 、点 B 和点 C 的坐标分别为

$$\begin{cases} X_A = X_1 - r \sin \alpha_1 \\ Y_A = Y_1 - r \cos \alpha_1 \end{cases} \quad \begin{cases} X_B = X_2 - r \sin \alpha_2 \\ Y_B = Y_2 + r \cos \alpha_2 \end{cases} \quad \begin{cases} X_C = X_3 - r \cos \varphi \\ Y_C = Y_3 - r \sin \varphi \end{cases}$$

式中: α_1 为下牙侧面的牙侧角; α_2 为上牙侧面的牙侧角; φ 为外圆母线与螺纹轴线的夹角。

因此, 下牙侧面 AO 的直线方程和上牙侧面 BO 的直线方程分别为

$$\begin{cases} -\tan \alpha_1 (x - X_A) = y - Y_A \\ \tan \alpha_2 (x - X_B) = y - Y_B \end{cases}$$

可算得交点 O 的坐标为

$$\begin{cases} X_O = \frac{X_A \tan \alpha_1 + X_B \tan \alpha_2 + Y_A - Y_B}{\tan \alpha_2 + \tan \alpha_1} \\ Y_O = \frac{Y_B \tan \alpha_1 + Y_A \tan \alpha_2 + \tan \alpha_1 \tan \alpha_2 (X_A - X_B)}{\tan \alpha_2 + \tan \alpha_1} \end{cases}$$

又可知点 C 坐标, 则牙顶母线 CH 的方程为

$$-\tan \varphi (x - X_C) = y - Y_C$$

将 O 点的 Y 坐标代入, 即可得到 H 点的 X 坐标为

$$X_H = X_C - \frac{Y_O - Y_C}{\tan \varphi}$$

此处的截顶 OH 应为

$$OH = X_O - X_H = X_O - X_C + \frac{Y_O - Y_C}{\tan \varphi}$$

至此, 该处的螺纹截顶就被测了出来, 需要在螺

纹量规的不同位置进行测量, 观察螺纹加工的找正误差以及量规变形。使用坐标机测量时, 不需要扫描牙型轮廓, 即可以同时将基面中径、螺距、锥度、基面外径一并测出。

4 测量方法验证

实验所用的量规 1 为油田用户送检的 8-5/8REG 型工作塞规, 量规 2 为单位购买的黑田精工 8-5/8REG 型校对塞规。据用户反馈, 在使用量规 1 测量接箍产品时, 即使经过修正, 其测量出的紧密距值也和其他同规格的量规有较大差异。但是, 我们依据校准规范对该量规进行校准时发现, 该量规的各项参数测量结果都与规范中所要求的公差相符合, 也即使用校准规范进行校准, 该缺陷量规未被正确识别出来。

在认真分析可能的原因后, 用文中提出的方法对该量规的截顶在 $+X$ 、 $-X$ 、 $+Y$ 、 $-Y$ 四个方向分别测量, 每个方向取 3 个测量点。作为对比, 用量规 2 进行同样的测量, 使用的三坐标测量机为蔡司的 center-MAX, MPEe 值为 $(0.6 + L/0.6) \mu\text{m}$ 。量规 1 和量规 2 的测量结果如表 1 所示。

表1 使用两种量规及两种方法所得截顶校准偏差值对比

测量点	依据规范得到的 偏差值/ μm		本文方法截顶校准 偏差值/ μm	
	量规 1	量规 2	量规 1	量规 2
+X1			+21	+8
+X2			+58	+8
+X3			+19	+8
-X1			-7	+7
-X2			+26	+6
-X3	+28	+7	+1	+7
+Y1			+11	+8
+Y2			+42	+9
+Y3			+12	+9
-Y1			+16	+6
-Y2			+39	+8
-Y3			+18	+7

通过校准偏差值可以看出。使用校准规范中规定的方法对量规 1 进行校准, 其截顶值尚在公差之内, 该问题量规没有被识别出来。但是, 使用本文所提及的方法, 可以看出, 量规 1 在规体各部位的截顶值均不相等, $+X2$ 位置已经超过允许误差。整个量规中间截顶偏差大而两头截顶偏差小, 这说明量规 1 发生了比较严重的变形(中径圆锥中间鼓起或外径圆锥中间凹陷), 并且在加工装夹时没能保证规体外径圆锥和中径

圆锥的同轴度，因此在检验产品接箍时出现了和其他工作规检验结果不一致的情况。

而量规 2 则各处截顶值都很均匀，使用两种方法的测得值也十分接近，因此可以看出，在量规整体质量较好、没有变形、加工找正准确的情况下，本文提到的方法和规范给出的方法一致性较好。

5 结 论

使用三坐标测量机，按照 JJF 1108 - 2012 校准规范中给出的测量方法来测量截顶是难以识别出偏心、轴线歪斜、中径顶径锥度相差过大以及规体变形的不正常螺纹量规的，甚至有时候由于加工装卡时工人不认真，不仔细，导致量规出现了肉眼可以识别的扭曲变形现象。使用规范中给出的方法依旧可以判定为符

合要求，使用正确的截顶测量方法以后，这些不正常的量规均可被准确地识别出来。不会出现螺纹量规单项参数十分相近，而检测产品时的旋合紧密距却大有不同的现象。测量方法比较简便，可以直接使用坐标机在测量中径和外径的情况下一一次测量出来，值得推广。

参 考 文 献

[1] 国家质量监督检验检疫总局. JJF1108 - 2012 石油螺纹工作量规校准规范[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
[2] 艾裕丰, 吴健, 卫遵义, 等. API 油管和套管螺纹加工与检验探讨[J]. 工具技术, 2013, 47(3): 51 - 54.
[3] 冯娜, 卫遵义, 艾裕丰, 等. 石油管螺纹量规校准控制程序研究[J]. 工具技术, 2011, 45(12): 69 - 73.



心系化工安全，技术与你同行
——记福禄克捐赠交流会

2015 年 8 月 12 日 23: 30，位于天津滨海新区的瑞海国际物流公司所属危险品仓库发生爆炸，伤亡惨重。自事故发生以来，社会各界广泛行动，奉献爱心。为帮助滨海新区的化工企业尽快恢复安全生产，福禄克也积极开展了相关的公益活动。

12 月 22 日，“福禄克助力天津滨海企业安全生产建设捐赠交流会议”在天津滨海建国大酒店举行。中国红十字会刘京京主任在开幕词中说：“福禄克作为世界电子测试测量工具的佼佼者，积极致力帮助灾区，奉献爱心，参与公益活动，值得推崇。未来，红十字会将与福禄克及其它企业携手，共同推进灾区的恢复建设。”

福禄克工业测试仪器部中国区副总裁杨雪峰介绍说：“得益于中国工业发展的大好环境，福禄克进驻中国市场 30 多年来得到良好发展。公司核心理念——精准、安全、耐用——贯穿福禄克产品始终。8 月天津爆炸，潜在反映出中国工业生产在安全意识和管理上出现了很多问题。福禄克作为有责任感的企业，希望此次捐赠的设备能够为‘8. 12’灾难所波及的企业后续恢复生产做出帮助。”

(刘倩倩 报道)

中图仪器新产品——SJ6000 激光干涉仪面市



2015 年上半年，深圳市中图仪器科技有限公司推出高性能产品——SJ6000 激光干涉仪。此款仪器在第十四届中国国际机床展上首次亮相后，一直备受业内人士的关注。

激光干涉仪是以光波为载体，以光波波长为单位的一种计量检测仪器，通过与不同的光学组件结合，可以实现对直线度、垂直度、角度、平面度、平行度等多种几何量的精密测量。

业内人士介绍，国产激光干涉仪与国外的产品一直存有一定的差距，导致国外产品一度垄断国内市场。中图仪器 SJ6000 激光干涉仪的上市有望打破这一局面。中图仪器 SJ6000 激光干涉仪以技术实力为依据，在测量精度、测量速度、测量类型等方面上达到进口品牌的水平，为激光干涉仪用户提供了更多选择，同时，可大大降低企业的检测成本。

(孙玉蓉 报道)