

利用激光检验仪表轴尖表面 光洁度与缺陷

张春平 张光寅

(南开大学物理系)

刘玉芳

(天津航海仪器厂计量室)

Laser inspection of surface fineness and flaws on the axle tip of instruments

Zhang Chunpin Zhang Guangyin

(Department of Physics, Nankai University)

Liu Yufang

(Metrological Laboratory, Tianjin Navigation Instrument Factory)

Abstract

A new method for inspection of fineness and flaws on the axle tip of miniature instruments with laser is described. It has been proved in practice that the new method has the advantages of simplicity, reliability and fast speed for inspection.

为了保证仪表中轴尖的质量, 必须对加工出来的轴尖进行质量检验, 主要是检验轴尖的表面光洁度与缺陷(麻点、道子)。过去传统的检验方法是在双目立体显微镜下用眼睛观察, 检验的速度慢, 费眼力, 而且由于视觉鉴别, 因人而异也会出现差错。利用激光检验就完全避免了这些缺点, 激光检验光洁度的简单原理与方法已在文献[1]中做了介绍。这里谈到的激光检验光洁度的零件是指零件表面的加工划痕有一定的方向。这样当激光束投射到零件表面上时, 就能产生出特

征的衍射光强分布花样。中间亮的光斑对应镜面反射(或衍射)零级的光, 两边弱的光带是由于表面划痕对光的衍射而产生的衍射光带。表面光洁度的级数越高, 中间的反射光带就越强, 而衍射光就越弱, 反之, 随着光洁度级别的降低, 中间的反射光带变弱而衍射光带变强。在光洁度为 $\nabla 9$ 级时, 反射光带与衍射光带的强度接近相等, 反射光带与衍射光带没有明显的区别。根据反射光带与衍射光带强度的比就可以确定出表面光洁度的

收稿日期: 1979年4月21日。

级别, 这可以用眼睛直接观察或用光电方法确定。

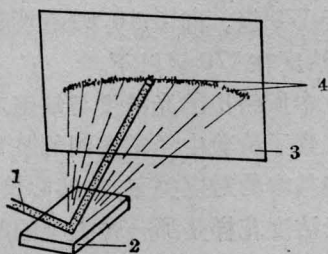
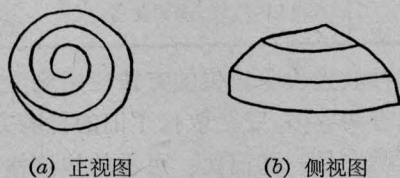


图1 由平面产生的光洁度花样
1—He-Ne 激光束; 2—样品; 3—观察屏;
4—光洁度花样

我们所检验的是罗经仪的轴尖, 轴尖的曲率半径 R 为 $0.07 \sim 0.09$ 。由于特殊的加工方法, 轴尖的曲面不是理想的球面, 实际上是由一条螺旋走向的条形平面所组成的如图 2 所示的形状。从侧视图可以看出, 它的外形不是理想的圆弧而是由接近圆弧的折线段所组成, 但是用一般的投影仪或双目立体显微镜是看不出来的。在激光束投射到轴尖上而产生的光洁度衍射花样中可以明显地看出这种细致的形状差别, 这是因为相邻的折线段的法线方向变化很大, 所以当平行光入射到这些折线段上时, 对应的反射光之间的角度变化就很大。



(a) 正视图 (b) 侧视图
图2 轴尖的外形示意图(放大)

轴尖表面的机械加工划痕的方向与轴尖表面的条形平面的螺旋走向的方向是一致的。对于这种轴尖我们采用了如图 3 中所示的装置进行测量。使用波长为 6328 \AA 的 He-Ne 激光器, 激光束通过一个透镜会聚到待检验的轴尖上, 在透镜和轴尖之间的适当的位置上放置一个中心带小孔(以便让激光束通过)的观察屏。由轴尖表面反射回来的表

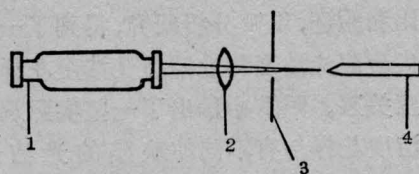


图3 检测装置示意图
1—He-Ne 激光器; 2—透镜; 3—观察屏;
4—待检测的轴尖

面光洁度衍射花样显示在观察屏上。当激光束沿轴尖的轴向入射到轴尖上时, 条形平面的不同部分有不同的反射光带和衍射光带。如果测量的轴尖的光洁度为 $\nabla 12$ 级时, 则在屏上能看到清晰的反射光带, 反射光带两边有很弱的衍射光带, 如图 4 所示。整个反射光带的形状为螺旋线形, 它反映轴尖表面的螺旋走向的条形平面的形状, 当表面光洁度低于 $\nabla 9$ 级时, 反射光带消失, 衍射光带占优势。

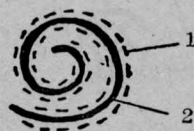


图4 $\nabla 12$ 级的
光洁度花样
1—衍射光带;
2—反射光带

在这个装置上还可以把轴尖上的麻点、划道等缺陷清楚地显示出来。对于表面光滑的麻点、麻坑, 它有类似于凹面反射镜的作用, 投射到它上面的光束经反射后, 在一定的距离上能会聚成较亮的光斑, 而超过这个距离之后, 则光束又发散开来。总之, 由于这些表面光滑的麻点、麻坑的存在, 在反射光带中就会出现对应的畸变, 使之反射花样的局部地方的光强不是变强就是变弱, 是变强还是变弱是由麻坑的曲率半径和屏的位置所决定的。发暗的麻坑或麻点, 由于吸收入射光, 也使反射光变弱, 反射光带中局部地方就会变暗。对于轴尖表面上的划道也会出现类似的现象。凡是这类缺陷都会破坏连续规则变化的反射光带, 使之局部地方产生畸变或突变。根据观察屏上反射光带中出现的局部畸变的形状就可以确定轴尖上存在的缺陷类型。

通过对各种类型的轴尖的光洁度花样的多次反复观察, 并用双目立体显微镜观察进

行对比和验证,以及分析研究,得到了一系列的轴尖表面光洁度和缺陷与光洁度花样之间的对应关系。图5中示出了一些实际观察到的光洁度花样与有不同的缺陷的光洁度花样。

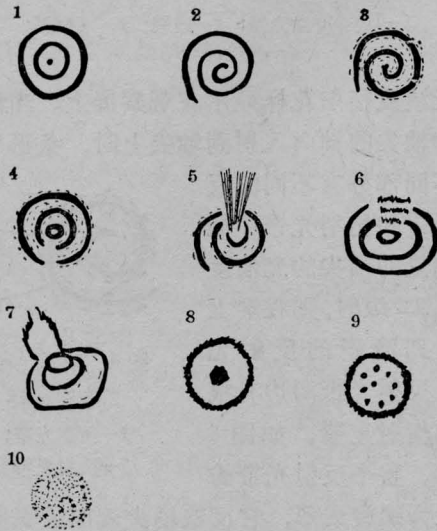


图5 轴尖的光洁度和缺陷的花样

图5中的各种花样与光洁度级别、缺陷的对应关系如下:

图5.1和图5.2: 反射光带整齐, 亮度强, 没有麻点、道子等缺陷, 光洁度为 $\nabla 12$ 级以上。图5.1和图5.2的差别仅仅是图5.1的反射光带是封闭的圆环而图5.2的反射光带是螺旋线形, 这是由工人加工手法不同造成的。图5.3的反射光带整齐, 反射光带周围有明显的散射光, 说明有小麻点存在, 光洁度为 $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 。图5.4: 反射光带较整齐, 但局部地方不连续, 说明有麻坑存在。光洁度约为 $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 级。图5.5: 反射光带上有一豁口且呈放射状, 说明有亮道子或浅的划痕。光洁度约为 $\nabla 10 \sim \nabla 11$ 级。图5.6 反射光带中局部地方有毛刺状的光强分布, 说明表面上有局部的划痕。光洁度 $\nabla 9$ 级。图5.7 反射光带不整齐(光强低), 且有一豁口呈火焰状, 说明材料有砂眼, 光洁度在 $\nabla 9$ 级以下, 不能使用。图5.8: 两反射光带之间距离大, 说明轴尖的曲率 R 扁平, 不能

使用。图5.9: 整个光带有毛刺, 其中分布有许多亮点, 说明表面有大颗粒的麻点存在, 光洁度低于 $\nabla 9$ 级。图5.10: 没有明显的反射光带, 光洁度在 $\nabla 9$ 级以下。

图5中所给出的光洁度与缺陷对应的花样基本代表了检验中经常遇到的各种花样, 有了这些基本的对应关系, 在实际检验时, 只需观看光洁度花样是那一种类型的就可以判断出光洁度的等级或缺陷的类型。所以检验起来非常简单、方便。

经过我们多次用激光法检验和使用双目立体显微镜对照检验, 同时把检验过的轴尖安装到整机上进行试验, 完全证明用激光检验轴尖质量的可靠性。下表是一组质量鉴定结果。其中的光洁度级别与缺陷是用激光方法确定的。表中的灵敏度是在整机上测定轴尖质量的指标。

样品编号	轴尖光洁度	缺陷	灵敏度
1	$\nabla 12$ 以上	无	0
2	$\nabla 12$	无	0
3	$\nabla 10 \sim \nabla 11$	有麻点	0.1~0.2
4	$\nabla 10 \sim \nabla 11$	有道子	0.1~0.2
5	$\nabla 9$ 以下	大麻坑 大道子	超过 0.2, 不能 使用
6	$\nabla 9$ 以下	表面发乌	超过 0.2, 不能 使用

这种激光检验轴尖的方法应用到生产检验中已有两年多, 完全取代了旧的检验方法。实践证明它是一种简便、可靠的快速检验方法, 可以提高工效五倍以上, 同时也解除了检验人员看双目立体显微镜费眼力的问题。整个检验装置的设备简单, 也确保了轴尖质量。自从使用激光检验以后, 从没有发生过漏检和错检的质量事故。这种检验方法也适用于类似的其他仪表中的轴尖质量的检验。

参 考 文 献

- [1] 天津动力机厂, 南开大学, 《物理》, 1976, 5, No. 6, 336~338.