

激光干涉仪工作原理

干涉仪是以激光波长为已知长度、利用迈克耳逊干涉系统测量位移的通用长度测量工具。激光干涉仪有单频的和双频的两种。单频的是在 20 世纪 60 年代中期出现的，最初用于检定基准线纹尺，后又用于在计量室中精密测长。双频激光干涉仪是 1970 年出现的，它适宜在车间中使用。激光干涉仪在极接近标准状态（温度为 20℃、大气压力为 101325 帕、相对湿度 59%、CO₂ 含量 0.03%）下的测量精确度很高，可达 1×10^{-6} 。



单频激光干涉仪

图 1 为单频激光干涉仪的工作原理。从激光器发出的光束，经扩束准直后由分光镜分为两路，并分别从固定反射镜和可动反射镜反射回来会合在分光镜上而产生干涉条纹。当可动反射镜移动时，干涉条纹的光强变化由接受器中的光电转换元件和电子线路等转换为电脉冲信号，经整形、放大后输入可逆计数器计算出总脉冲数，再由电子计算机按计算式 [356-11]

$$L = \frac{1}{2} \lambda \cdot N$$

式中 λ 为激光波长（ N 为电脉冲总数），算出可动反射镜的位移量 L 。使用单频激光干涉仪时，要求周围大气处于稳定状态，各种空气湍流都会引起直流电平变化而影响测量结果。



图1 单频激光干涉仪的工作原理

双频激光干涉仪

图2为双频激光干涉仪的工作原理。在氦氖激光器上，加上一个约0.03特斯拉的轴向磁场。由于塞曼分裂效应和频率牵引效应，激光器产生1和2两个不同频率的左旋和右旋圆偏振光。经 $1/4$ 波片后成为两个互相垂直的线偏振光，再经分光镜分为两路。一路经偏振片1后成为含有频率为 f_1-f_2 的参考光束。另一路经偏振分光镜后又分为两路：一路成为仅含有 f_1 的光束，另一路成为仅含有 f_2 的光束。当可动反射镜移动时，含有 f_2 的光束经可动反射镜反射后成为含有 $f_2 \pm \Delta f$ 的光束， Δf 是可动反射镜移动时因多普勒效应产生的附加频率，正负号表示移动方向（多普勒效应是奥地利人C. J. 多普勒提出的，即波的频率在波源或接受器运动时会产生变化）。这路光束和由固定反射镜反射回来仅含有 f_1 的光的光束经偏振片2后会合成为 $f_1 - (f_2 \pm \Delta f)$ 的测量光束。测量光束和上述参考光束经各自的光电转换元件、放大器、整形器后进入减法器相减，输出成为仅含有 $\pm \Delta f$ 的电脉冲信号。经可逆计数器计数后，由电子计算机进行当量换算（乘 $1/2$ 激光波长）后即可得出可动反射镜的位移量。双频激光干涉仪是应用频率变化来测量位移的，这种位移信息载于 f_1 和 f_2 的频差上，对由光强变化引起的直流电平变化不敏感，所以抗干扰能力强。它常用于检定测长机、三坐标测量机、光刻机和加工中心等的坐标精度，也可用作测长机、高精度三坐标测量机等测量系统。利用相应附件，还可进行高精度直线度测量、平面度测量和小角度测量。

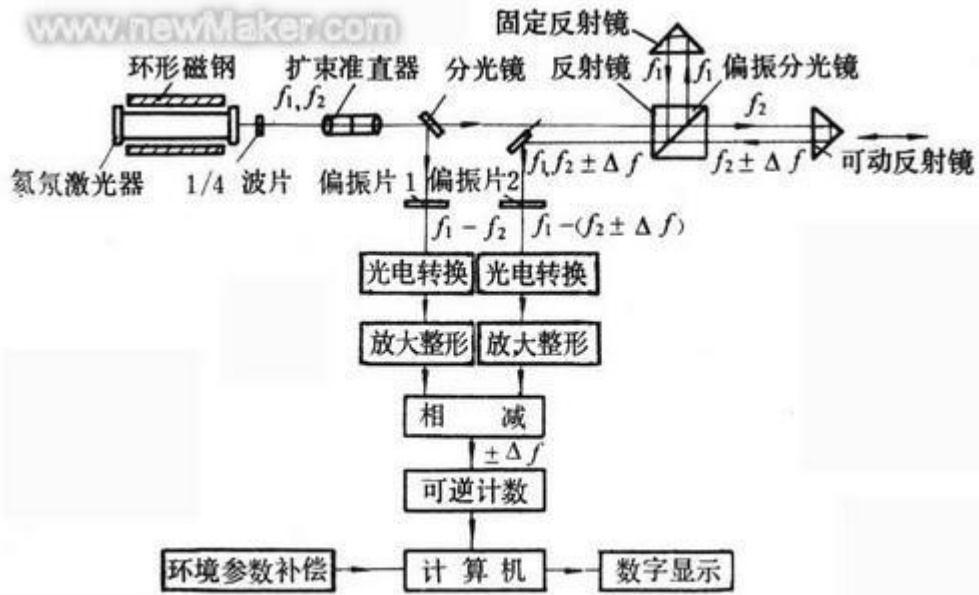


图2 双频激光干涉仪的工作原理