

光学平台综合介绍

光学平台是一种隔除振动的工作台面,它利用自身的低固有频率有效避开环境振动产生的共振现象,控制振幅放大,减少振动传递率,消除环境振动对使用精度的影响,广泛的应用于光学测量,激光干涉,激光扫描光学制造等教学科研领域,适用于精检测技术,全息技术,光谱实验技术,集成电子学,医疗生物技术,微波成像技术等领域。

为了防止外界振动对光学测量精度造成影响,精密设备往往安装在光学平台上,光学平台具有隔振性强,孔位多等优点,主要用于实验室光路搭建或固定仪器,也多用于工业作为工作台使用。随着精密隔振要求的提升,需要不断提高光学平台的振动隔离技术。

精密隔振系统设计需要考虑的环境微振动干扰是复杂的,包括:大型建筑物本身的摆动、地面或楼层间传来的振动、电动仪器和设备的振动、各类机械振动、声音引起的振动、外界街道交通引起的振动,甚至包括人员走动所引起的振动等,见图 1



图 1.外界振动源示意图



图 2.激光实验示意图

精密的光学实验依赖于可靠的定位稳定性,工作区域内及附近的震动会造成光学部件间的相对运动,从而产生不可接受的偏移,这些偏移会导致:采集图像模糊(参见图 3)、光斑偏移造成无法采集数据或数据采集不准等现象(参见图 4),所以光学平台的选择对于提升实验精度,起着至关重要的作用。

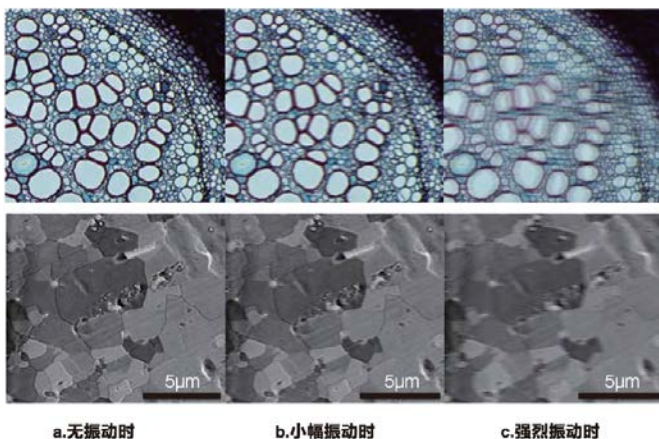


图 3.显微镜下的图像 (上组:细胞结构;下组:金属的表面结构)

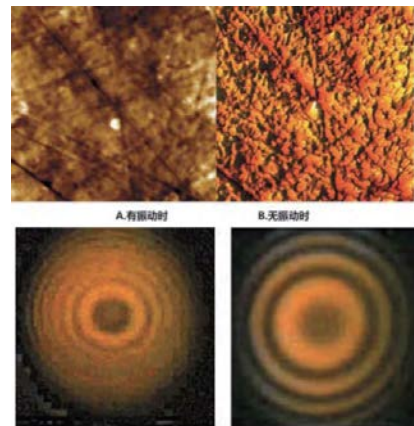


图 4.有无振动对比图

光学平台及平板材料说明

铝合金面包板材料：

- 牌号：新牌号为 2A12, 对应老牌号为 LY12, 对应国外牌号为：2024
- 综述：该合金是一种高强度硬铝，可进行热处理强化，在退火和新淬火状态下塑性中等；该合金在淬火和冷作硬化后其可切削性能尚好，退火后可切削性低。LY12 为铝—铜—镁系中的典型硬铝合金，其成份比较合理，综合性能较好。
- 特点：强度较高，有一定的耐热性，可用作 150° C 以下的工作零件。热状态、退火和新淬火状态下成形性能都比较好，热处理强化效果显著，但热处理工艺要求严格。抗蚀性不高，常采用阳极氧化处理与涂漆方法或表面加包铝层以提高其抗腐蚀性能。
- 应用：广泛用于飞机结构、铆钉、卡车轮毂、螺旋桨元件及其他构件

不锈钢：

以不锈、耐腐蚀为主要特性，且铬含量至少为 10.5%，碳含量最大不超过 1.2% 的钢。按照组织状态不锈钢一般分为：马氏体、铁素体、奥氏体、奥氏体—铁素体（双相）不锈钢及沉淀硬化不锈钢等。

- 马氏体不锈钢：基体为马氏体组织，有磁性，通过热处理可调整其力学性能的不锈钢。
- 铁素体不锈钢：基体为体心立方晶体结构的铁素体组织（ α 相）为主，有磁性，一般不能通过热处理硬化，但冷加工可使其轻微强化的不锈钢
- 奥氏体不锈钢：基体以面心立方晶体结构的奥氏体组织（ γ 相）为主，无磁性，主要通过冷加工使其强化（并可能导致一定的磁性）的不锈钢。

410 铁磁不锈钢：

- 牌号：SUS410（日本牌号），对应中国新牌号为 12Cr13, 中国老牌号为 1Cr13；美国牌号为 410（ASTM）或称 S41000（UNS）；欧洲牌号为 X12Cr13。
- 综述：410 为马氏体不锈钢，含碳较高，故其具有较高的强度、硬度和耐磨性，但腐蚀性一般。
- 特点：具有良好的机械加工性，要求在淬火，回火处理后使用。
- 应用：主要用于力学性能要求较高、腐蚀性能要求一般的一些零件上，如弹簧、汽轮机叶片、水压机阀等。

430 铁磁不锈钢：

- 牌号：SUS430（日本牌号），对应中国新牌号 10Cr17, 中国老牌号 1Cr17；美国牌号 S43000；欧洲牌号 X6Cr17。
- 综述：430 为铁素体不锈钢，由于含铬量较高，耐腐蚀性能与抗氧化性能均比较好，但机械性能与工艺性能较差。
- 特点：导热性能比奥氏体好，热膨胀系数比奥氏体小，耐热性能好，焊缝部位机械性能好。这类钢能元化定稳加添，抵抗大气、低浓度硝酸及盐水溶液的腐蚀，并具有高温抗氧化性能好、热膨胀系数小等特点。
- 应用：430 不锈钢多用于受力不大的耐酸结构及作抗氧化钢使用，或用于硝酸及食品工厂设备，也可制作在高温下工作的零件，如燃气轮机零件等。

304 不锈明（无磁）：

- 牌号：SUS304（日本牌号），对应中国新牌号 06Cr19Ni10，中国老牌号 0Cr18Ni9；美国牌号 S30400 或 304；欧洲牌号 X5CrNi18。
- 综述：304 为奥氏体不锈钢，由于铬、镍含量较高，所以具有优良的不耐腐蚀性能和较好的抗晶间腐蚀性能。
- 特点：304 不锈钢具有良好的耐蚀性、耐热性、低温强度和机械特性，具有良好的加工性能和可焊性。
- 应用：是应用最为广泛的一种铬-镍不锈钢，适合用于食品的加工、储存和运输。也用于板式换热器、波纹管、家庭用品、建材、化学、食品工业等。304 不锈钢为国家认可的食品级不锈钢。但由于 304 材料无磁性、不导磁，通常不做光学平台用。

不锈钢耐腐蚀性的特别说明：

- 不锈钢不代表不会生锈，不锈钢是有可能被腐蚀（生锈）的合金钢
- 隔振光学平台的选材需要考虑多方面的因素，耐腐蚀性是重要特性，但不是唯一特性
- 通常来说，不锈钢的耐腐蚀性：奥氏体优于铁素体，铁素体优于马氏体。但由于机械加工、热处理、表面处理工艺的差别，也有可能表现出不同的情况
- 不锈钢被腐蚀（生锈）的原因可能包括：
 - 机械加工：产品磨削、抛光时，因砂布、砂纸或砂轮中含有 Fe 的成分，会导致表面出现锈斑
 - 环境：在高温、高湿的环境中（比如在受潮的包装箱中长期放置），容易产生腐蚀或生锈的情况
 - 氯离子：氯离子广泛存在，比如食盐/汗迹/海风/海水/土壤等等。不锈钢在氯离子存在下的环境中，腐蚀很快，甚至超过普通的低碳钢
 - 未经固溶处理：合金元素没有溶入基体，致使基体组织合金含量低，抗蚀性能差
 - 天生的晶间腐蚀：碳化物的析出可能导致不锈钢在某些环境中产生晶间腐蚀（如：焊接侵蚀）

关于光学平台的常识介绍

固有频率 (Natural Frequency)：

平台振动的周期或频率与初始(或外界)条件无关,而只与系统的固有特性有关,称为光学平台的固有频率或者固有周期。通常来说,固有频率越低,系统的隔振性能就越强。

外界振动同物体的固有频率相同时,通常会引起共振,往往不是好事,甚至会产生严重后果,比如:正常人体的固有频率为 7.5Hz 左右,其中各部分又有自己的固有频率,如内脏为 4~6Hz,头部为 8-12Hz 等,正是由于这个原因,次声波(10⁻⁵-20Hz)对人体有很大的破坏。

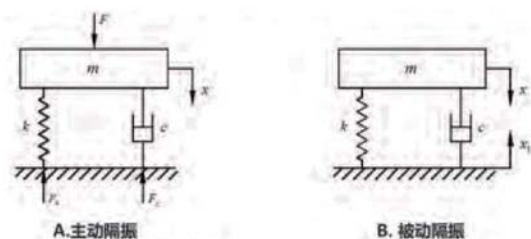
固有频率还分为水平方向和竖直方向,但通常来说竖直方向的固有频率对整体隔振性能的影响,起到决定性作用,水平方向的固有频率指标通常用于参考。

振动恢复时间 (Damping Settling Time)：

也叫衰减周期,是指:某一点上开始振动到恢复初始状态所需要的最短时间。若把光学平台简化为弹簧振子,由弹簧振子的回复力表达式:

$$F = -kx$$

$$\text{计算可知, 弹簧振子的周期公式为: } T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$



从上式分析可知：若要缩短光学平台的振动恢复时间，通常有两个办法：

- **增大弹簧的弹性系数 k。**对于阻尼隔振平台，可以换用材质较硬的阻尼材料；对于充气平台，可以适度增加空气压力
- **控制光学平台台面的质量。**在不同刚度的前提下，台面质量越轻，振动恢复时间越短，使用效果就越好。我司的光学平台，采用优质铁磁不锈钢，上台面板厚度为 4-6mm，在确保系统刚性的前提下，整体重量适中，可充分发挥出平台优秀的隔振性能

平面度 (Surface Flatness)

博霆的光学平台，通过精密磨削工艺，将平面度指标提高到 0.02-0.05 mm/m²。但严格意义上来说，光学平台的平面度，对于隔振性能，没有任何影响。

振幅 (Amplitude) :

振动物体离开平衡位置的最大距离叫振动的振幅。

振幅在数值上等于最大位移的大小。对于光学平台系统,台面受外力作用时,离开平衡位置的最大距离,同光学平台系统的结构、受力大小、受力的位置、瞬时加速度、速度、持续时间、台面的刚性、隔振系统的阻尼比等诸多因素有着非常复杂的非线性函数关系,如果标称振幅的具体指标,需要注明上述特定的实验条件,否则振幅的指标变得没有意义。对于阻尼隔振的光学平台,振幅通常在微米量级,而气浮式隔振平台,振幅通常为毫米量级甚至是厘米量级。

表面粗糙度 (Surface Roughness) :

国家标准 GB/T3505-2000 中规定了评定表面粗糙度的各种参数,其中常用的是轮廓算术平均偏差 Ra。轮廓算术平均偏差 Ra 是指在取样长度内,沿测量方向 (z 方向) 的轮廓线上的点与基准线之间距离绝对值的算术平均值。

若只标称 Ra 的数值,但并未公布取样长度,这样的数值标称变得毫无意义,而且有误导消费者的可能。比如说,标称表面粗糙度为:0.5~0.8 μm,但若取样长度分别为 10 mm、1 mm 和 0.1 mm,实际上表面粗糙度的差别可达百倍!

根据 GB1031 的推荐值:取样长度若取 0.25 mm 时,精密及超精密加工表面的表面粗糙度 Ra > 0.02~0.1 μm; 取样长度取 0.8 mm 时,普通精加工表面 Ra > 0.1~2 μm

另外,表面粗糙度通常是评定(小型)零件表面质量的指标,属于微观几何形状误差。加工表面的粗糙度是加工过程中多种因素(机床刀具工件系统、加工方法、切削用量、冷却润滑液)共同作用的结果。这些因素的作用过程相当复杂,而且是不断变化的。所以用不同加工方法或在同样加工方法、同样加工条件下加工出来的同一批零件,不同表面不同部位其粗糙度值也不完全相同。而且同上面介绍的平面度概念一样,它同光学平台的隔振效果没有关系。