



花岗石在精密机械设计中应该注意的几个问题

概述：由于天然花岗石具有优良的加工性能，适应锯、铣、镗、切、磨光、钻孔、雕刻等；其加工精度高；光洁度达 100 度左右；具有耐磨性能好，工件能够在平面平顺移动；因为石材的惰性高，热膨胀系数小，线膨胀系数是铸铁的 1/3，不易产生形变，受温度影响极微，弹性模量大，高于铸铁；内阻尼系数大，比钢铁大 15 倍，因此具有能防震以及减震效果，石材机械基本能够实现无共振现象；花岗石的化学性质稳定，不易风化，能耐酸、碱及腐蚀气体的侵蚀，使用寿命可达 150 年左右。花岗石具有不导电、不导磁，场位稳定等诸多优良性能；但是花岗石具有脆性，受损后只是局部脱落，不影响整体的平直性。

济南青材料的基本物理参数：

- 比重：2970~3070kg/m³
- 抗压强度：245~254N/mm²
- 弹性模量：1.27~1.47x10⁵N/mm²
- 线膨胀系数：4.61x10⁻⁶/°C
- 吸水率：<0.013%
- 肖氏硬度：Hs70 以上

问题一：设计需要考虑成本与技术的可行性

类别与成本：花岗石种类很多，国际上公认的能做精密机械和精密测量的花岗石种类并不多，主要是济南青、美国黑色花岗石、印度的 M10 黑色花岗石以及国内山西黑等，国际上蔡司三坐标公司、日本三丰量具公司、海德汉公司和日本 THK 公司等单位均采用“济南青”花岗石，由于济南青材料越来越少，美国黑色花岗石以及印度 M10、福建 G654A 等也开始使用。目前凡是涉及到精密测量类的产品，尽量使用“济南青”，如检测平台是非常重要的，因为它是认定一切产品的依据基础的基础，一旦基础出问题，整个质量体系就没有保证。所以设计检测平台等测量类的工具时，材料等级务必为最高等级；设计其他精密机械配件，可以依据其要求，做性价比选择材料设计，从源头上降低成本。

目前黑色花岗石的原材料价格（荒料 ruff block）的价格比率为：

济南青的价格（每立方）=1.5 倍 印度 M10；

济南青的价格（每立方）=0.5 倍山西黑

济南青的价格（每立方）=1.6G654A 材料。



以上材料经过测试，其形变量如下（在恒温度 21 度的条件下），以 1000*1000*150 厚为标准其最高维持精度（平面精度）如下：

(Sample measurements :1000*1000*150)

	最高维持精度	每负重增加 50KG，形变量	特点
济南青	4-5 微米	1 微米	精度高
印度 M10	8 微米	2 微米	精度次级
山西黑	10 微米	2 微米	外观靓丽，成本高
G654A	15 微米	3 微米	性价比高
章丘黑	40 微米	5 微米	成本低
其他黑色花岗岩	无数据	无数据	无数据

计量工具类要求的精度越高越好，但是成本也很高，精密机械类产品均是以最大累计误差来计算的，石材部分的平面度加工到 4-5 微米/每米，国内花岗岩生产商一般没有太大困难；如果平行度和平面度同时要求精度，一般加工到 10 微米（1 个丝或 1 条），也没有什么困难；如果平面度和平行度达到 5 个微米，材料厚度低于 150 毫米的情况下，是有很大困难的，而且成本很高。这也是 THK 轨道公司每提高一个精度等级，价格贵 30%，而且生产周期延长 1 倍（因为不能量产和生产条件要求高）的原因；垂直度一般加工到 10-20 微米，垂直精度超过 10 微米，不仅测量工具困难，加工难度很大，成本很高。总之，需要考虑到机械安装后的整体精度，合理分解石材配件部分的精度，才能达到成本优化的目的。



(2) 石材标准规格与设计成本

花岗石的材料因为目前设备和石材刀具的通用性的原因，其厚度和宽度具有标准规格和非标准规格如下：

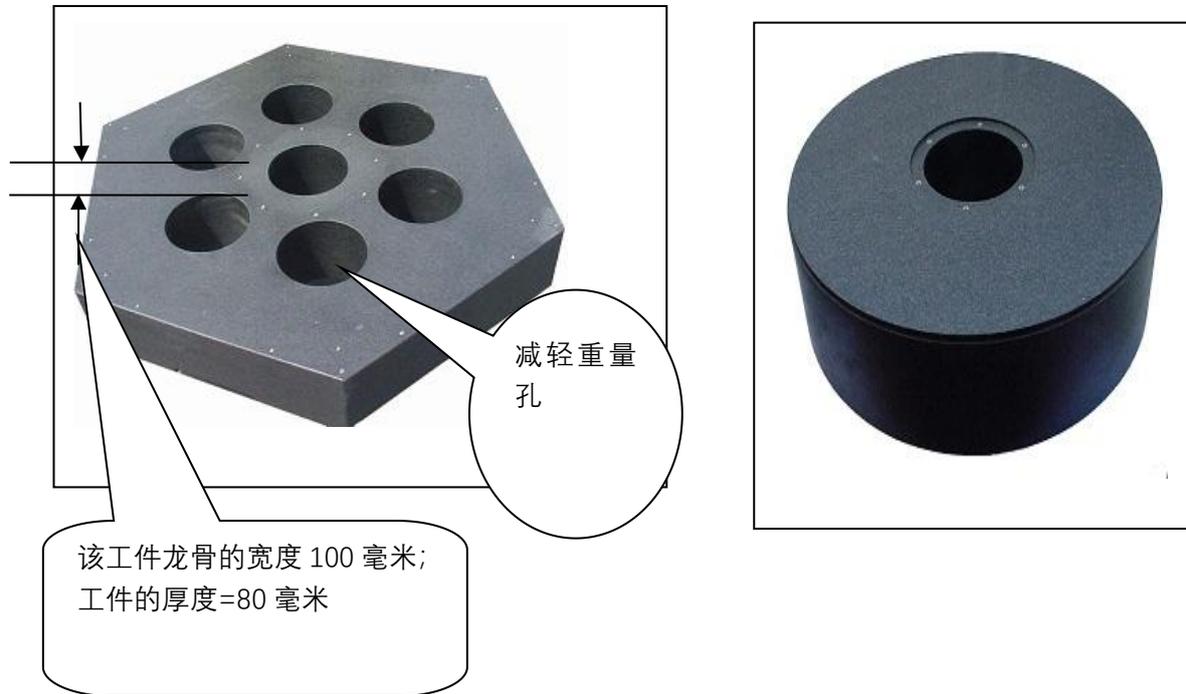
(单位：毫米)

厚度	宽度	备注
10	30-1400	石材通用的刀具在宽度 1400 以内
20	宽度超过 1400 毫米，为非标准产品，需要对刀	超过 1400 毫米宽，需要对刀，
40		对刀形成材料浪费大。目前对刀
60		加工的最大宽度是 2000 毫米，长度 10000 毫米左右。凡是大规格的加工周期长，成本高（30 天左右）。
80		
100		
120		
150		
200		
250		
350		
非标准厚度		

在设计过程中，尽量使用标准厚度以及宽度，可以有效地降低成本。

问题二：孔位距边缘距离/吊装孔

- (1) 孔位与边的距离：由于花岗石容易崩边、易粹等缺点，孔位距边的距离一般不要少于 100 毫米，厚度需要依据工件的大小和重量以及承受的重量确定。如果是导轨型连续的排孔，可以距边的距离近些，但是最边缘的孔位也最好 20 毫米以上。
- (2) 减轻重量空，留下的龙骨宽度一般控制在 100 毫米左右，如果该石材配件版面上承受的重量很大，每平方承受 1 吨，则需要相应增加 150 毫米以上。



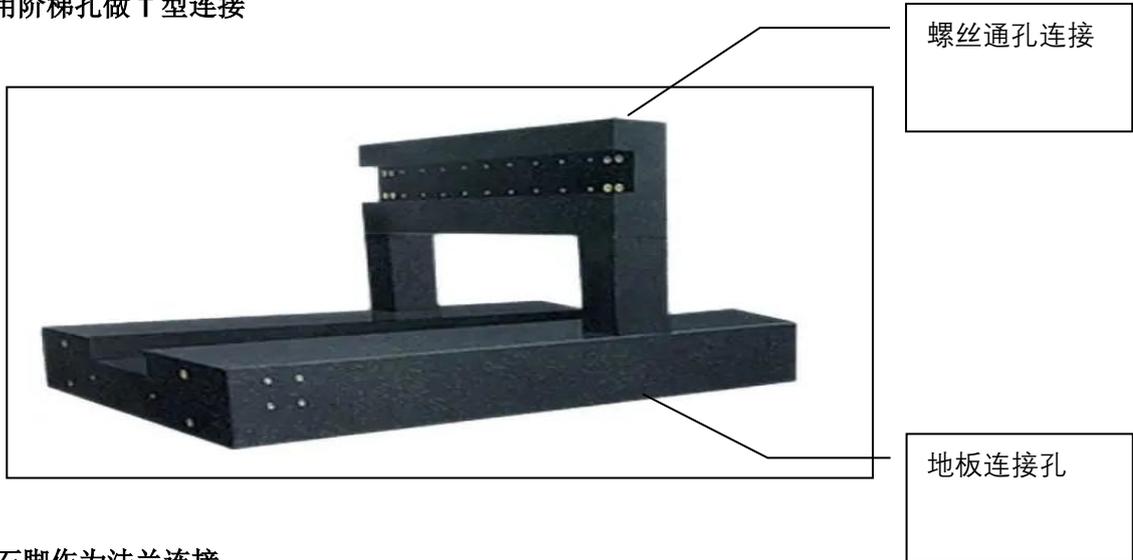
(3) 吊装孔 如果石材板面是长方形，吊装孔通常设计在长边 3 等份，在第二、三等份的起点的中心位置功钻吊装孔，吊装孔的大小和深度需要依据石材本身的重量和配件装成后，该组独立组合需要吊装的总重量决定。

花岗石构件	螺丝孔直径	孔深度
800*800*80 以下，承重 200KG 以下	M12	30MM
1000*1000*100-800*800*80，承重 200KG 以下	M16	40MM
1000*1000*100-2000*2000*250	M24	50MM
2000*2000*250-2000*3000*250	M30	80MM



问题三：连接与紧固问题

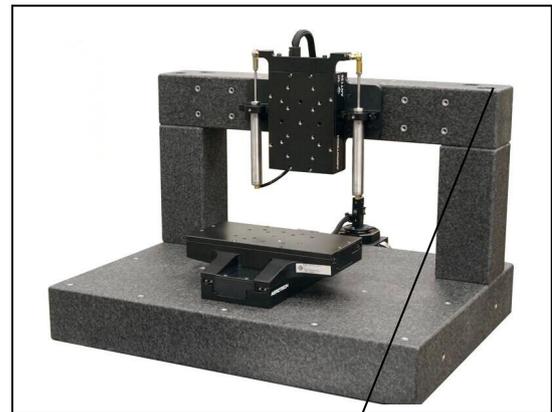
(1) 采用阶梯孔做 T 型连接



(2) 采用石脚作为法兰连接



做石材柱“脚”，然后脚上 4 个螺丝固定



做石材柱做通孔，然后从地板到



(3) 柱中开槽做螺栓固定

如果厚度在 150 毫米一下，通常采用地板镶嵌螺母，被连接工件贯穿开阶梯孔来完成连接，若果有些工件对机头的 形成空间规划其他用途，也可以在立柱、横梁中心挖空，孔内设计螺丝连接等方式。