

# 花岗岩的性能、工艺及其在精密机械中的应用

刘 青 云

**摘要：**文中介绍了花岗岩的各种性能、化学成份和花岗岩的加工工艺性。叙述了花岗岩在精密机械、精密测量以及航天、天文、地震等技术领域中的应用。

据国外资料介绍、近十几年来，花岗岩已广泛的应用在精密机械、精密测量、天文、航空、航天，地震等方面的先进技术中，欧美各国和日本均已采用花岗岩制做三坐标数控测量仪，空气导轨、空气轴承、全息摄影、地震仪等尖端技术装备。美国已将花岗岩应用在航天工业中。

在我国，花岗岩也引起了人们的广泛重视，国内不少工厂已研制成功各种高精度的花岗岩平板、角尺、平尺、导轨、基座等。长春光机所研制的  $300 \times 300$  毫米的花岗岩平板，不平度已达到  $\pm 0.15$  微米以下，光洁度达  $\nabla 12$  以上，精度已超过日本 *JIS B(7513) AA* 级平板的精度 ( $\pm 1.5$  微米) 和美国 *Coeine* 公司 *AA* 级平板的精度 ( $\pm 0.63$  微米)。已三次运往广交会展出，今年已运往香港和美国展出。上海光学仪器研究所和济南花岗石厂，已经研制成三坐标测量仪的高精度花岗岩导轨，横梁和支柱，已经鉴定交付使用。长春光机所和济南花岗石厂正在研制  $1200 \times 1200$  毫米的高精度平板，其精度为在  $1200 \times 1200$  的平面内，要求不平度为  $\pm 0.3$  微米。

花岗岩之所以能应用在高精尖技术领域，是由它的优良性能所决定的。

## 一 花岗岩的性能

1. 花岗岩是由地壳深处的岩浆凝结而成的，属火成岩。它的主要成分是石英、长石和云母。它的化学成分见表 1。花岗岩在自然界中，已存在了几十万年以上，经历了无数次的地壳变动，寒暑变化、日晒雨淋、残余内应力已接近消失。它和玻璃、金属比较特别稳定，变形甚微，能长期保持高精度。

表1 花岗岩的化学成份。

牌 号	常 见 元 素 定 量 分 析 %					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	其 它
泰山青花岗岩	48.8	12.54	14.54	8.8	8.95	6.49
九台花岗岩	63.74	14.45	2.11	7.35	6.56	5.79
济南花岗岩	53.70	14.20	11.42	10.06	7.66	3.00

2. 花岗岩色泽鲜艳，花纹美观，组织细密坚实，光泽晶莹，具有高度的耐磨性，在摩擦表面干净条件下，比铸铁耐磨 5—10 倍。它与铸铁比较：比重小，因此做出的零件重量轻。线膨胀系数小，受温度变化影响小，不要求苛刻的恒温条件。弹性模数大，因此刚性好。

表2是泰山青花岗岩的物理性能。表3是各国花岗岩与铸铁性能的比较。

表2 泰山青花岗岩的物理性能

比 重	抗压强度	抗弯强度	肖氏硬度值	磨耗量	弹性模数	线膨胀系数
3.07克/立方厘米	26.22公斤/平方厘米	374.8公斤/平方厘米	79.8度	10.87立方厘米	12100—12800公斤/平方厘米	$5.7-7.34 \times 10^{-6} \text{C}^{\circ}$

表3 各国花岗岩与铸铁性能比较

材料名称	弹性模数 (公斤/平方厘米)	肖氏硬度 (度)	线膨胀系数 1/°C	比 重 克/厘米 <sup>3</sup>	比 热 卡/克°C	传热率	吸水率
日本班花岗岩	9000—9500	93	$7.66 \times 10^{-6}$		0.17	1.05	0.04%
美国黑花岗岩	8450—13600	HRC 63—65	$5.4 \times 10^{-6}$	3.03—3	热容量 0.72焦耳/克		
日本花岗岩	4800	98	$8 \times 10^{-6}$		0.18	1.36	0.18%
瑞典细花岗岩	4000—6460	HB137	$8 \times 10^{-6}$	2.64			0.3—0.6%
瑞典辉绿岩	9610—9860	HB154	$5 \times 10^{-6}$	2.93			0.3%
中国泰山青 花岗岩	12100—12800	79.8	$5.7-7.3$ $\times 10^{-6}$		3.07		0.03%
铸 铁	8500—10000	HB17.5	$10 \times 10^{-6}$	7.6	0.13		
瑞典中花岗岩	5000—6590	HB137	$8 \times 10^{-6}$	2.64			0.3—0.6%

3. 花岗岩抗振，它的内阻尼系数比钢铁大15倍，因此对振动有严格要求的测量仪器，用花岗岩作它的测量平台和底座能抗振、防振和消振。

4. 花岗岩有良好的非磁性，不会和金属产生粘合和磁化，测量仪器在上面滑动顺利，运动自如。

5. 花岗岩耐腐蚀，不受酸、碱、盐、手汗的腐蚀、不生锈，易于保养维护。

6. 花岗岩是脆性材料，受到损伤，只能局部脱落，不会砸出一个坑来，不影响周围的平面性和平直性，这一点对测量平板极为有利。

7. 花岗岩是多种矿物晶体的混合物，晶粒比钢铁粗大。不同矿物晶体的硬度或韧性都不同，即使经过精密研磨以后，在显微镜下仍能看到各晶粒之间仍有约0.2微米左右的间隙或不平度。由于有这微小的间隙，因此当花岗岩遇到油或水时，油或水就从缝隙中渗进花岗岩中，使花岗岩产生微小的变形，这是它的缺点。据英国1966年实验报告指出，把1米见方的干燥平板浸在油或水中，二周后接近饱和状态，这时它的变形最大，达5微米。但当水和油烘干或挥发后，变形趋于恢复。空气中的湿度对花岗岩的影响很小，基本测不出来。美国奥克利(T. R. J. Oakley)对两块黑色花岗岩平板进行了特定试验，用水长时间润湿达70小时。将平板弄干后进行定期测量，表明平面度只有微小的变化。但却发现平板约待10天后，才又恢复到原始的平面度。这就告诉人们，不要用液体溶剂去擦洗花岗岩。当加工精密花岗岩零件，采用液体溶剂作为研磨剂时，必须等液体溶剂干燥挥发后，方可进行精密测量，否则测量结果不准确。

8. 花岗岩是绝缘体，由于它的绝缘特性，在对绝缘有特殊要求的工业中，得到了特殊的应用。

花岗岩有这么好的优良性能，它的加工工艺性如何呢？下面就介绍一下它的加工工艺性。

## 二 花岗岩的加工工艺性

### 1. 花岗岩的开采与运输:

据国内外的实验与研究证明,选择用作精密机械和仪器用的花岗岩,它的主要指标是耐磨性(决定寿命)、刚性(指标是弹性模数,决定体积),和致密性(与寿命、体积、变形都有关)。硬而韧的花岗岩,耐磨性和刚性都好。硬而脆的岩石,耐磨性不好。因此在开采时,必须依据这三项指标进行开采。

开采前,要由有经验的石匠进行选材,选择质地细密坚实,硬而韧的材质。花纹美观、要无杂纹、无横道,无裂纹的优良坯料。

开采时,不能用炮崩,以免产生裂纹和应力,降低和破坏花岗岩的稳定特性。

花岗岩有两个互相垂直的弱面,开采时,由有经验的石匠在两个垂直的弱面上,划好线选好受力点,用风钻或凿子凿一个 $\phi 30$ 毫米左右,深50毫米左右的孔,用铁楔子将其凿开,运输时要轻轻滑动,严禁滚动碰撞产生应力。要用吊车起吊进行运输。

据文献介绍,国外有用超声波和激光进行开采的。

### 2. 锯割

花岗岩可以锯割,锯片和切割玻璃的大圆锯片类似,在锯齿上压嵌金刚石粉。切割时,锯片作圆周进给运动,其切割效率很高,切出的光洁度也很高。切割巨型石料,用带锯。锯条用65Mn弹簧钢带做成,锯条上面不开锯齿,切割时,锯条作直线往复进给运动,并在锯条和花岗岩之间加金刚砂和水进行切割。其效率比用圆锯片切割低,与切割金属相比,效率略低于切割金属。

### 3. 车削和刨削

花岗岩可以车削,也可以刨削。它属脆性材料。切削时用钨钴类硬质合金刀进行车削和刨削。刀具磨成负前角。吃刀深度要深,走刀量和速度要低。为了保护工人健康,防止灰尘飞扬,切削时要加冷却水。其效率稍低于切削金属,精度也没有切削金属件高。但据美国资料介绍,在有岩石专用设备的条件下,加工花岗岩比加工钢铁效率高6倍。

### 4. 钻削:

花岗岩可以钻削,但不能用钻金属的麻花钻头,是用钨钴类的硬质合金,焊接在碳素结构钢上,磨成一个带负前角的偏钻,切削时加水,速度不宜太高,每分钟200转左右,吃刀深度要大,其效率略低于钢铁。也可以用低碳钢车成不同直径的圆头钻杆,(如图1),在圆头部分压嵌金刚石粉做钻头。

### 5. 磨削

花岗岩容易磨削。磨削时用碳化硅砂轮加冷却水磨削。我们在平面磨床上磨 $300 \times 300$ 毫米的花岗岩平板,用的是粒度60的黑色碳化硅砂轮,切削速度为25公尺/秒,粗磨时吃刀深度为0.03毫米,精磨时为0.005毫米。

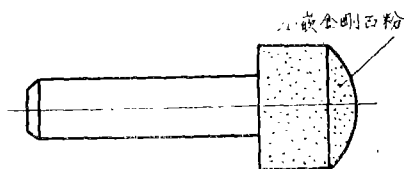


图1 压嵌金刚石粉钻头

磨削出的平板经测量，在300×300毫米的范围内，不平度达到0.003毫米，超过了零级平板的精度，(±0.0035)。磨削花岗岩比磨削铸铁的效率快2倍，而且砂轮不易磨钝，也不糊砂轮。

## 6. 研磨

花岗岩可以研磨，而且能研磨出高质量，高精度的表面。研磨时用镶砂的铸铁研具进行研磨，也可以用花岗岩作研具，还可用研磨玻璃的方法，用沥青胶盘加研磨剂进行研磨或抛光。磨料可用氧化铬、白刚玉粉、氧化锶、碳化硼。粗磨用碳化硼为佳，精磨用氧化铬加白刚玉粉为佳，抛光用氧化锶为佳，也可用汽车的上光腊抛光。

研磨时，由于摩擦生热，容易使研具和被研的花岗岩产生变形，因此要减少研磨次数，加大研磨压力，勤研勤测。研磨后不要立即进行测量，应等被测件的温度与室温恒温后再进行测量。由于花岗岩遇油或水产生微量变形，所以研磨时尽量采用干研，或用易挥发的溶剂作研磨剂。我们用光学研磨的方法研出φ30毫米的花岗岩试块，不平度达1/5光圈以下(0.05微米)。用铸铁压砂平板研出300×300毫米的花岗岩平板，不平度达±0.15微米以下，光洁度达△12。

## 7. 铰螺纹

花岗岩不能加工螺纹，因为花岗岩是脆性材料，抗拉强度低，铰出的螺纹容易崩牙，螺纹站不住。为了在花岗岩的基座上、导轨上能装夹其它部件、附件，而必须加工细纹时，可在花岗岩上镶嵌钢件，在钢件上加工螺纹。镶嵌的方法是在花岗岩上钻孔，然后用环氧树脂或其它胶类，将钢件镶嵌在花岗岩上。

## 8. 镀膜

花岗岩经研磨后，可以进行化学镀膜，真空镀膜。

化学镀膜是在花岗岩的表面上，镀上一层树脂，然后在树脂上再镀反射膜，镀膜后反射率可高达98%以上。

真空镀膜是在花岗岩的表面上直接镀反射膜，由于花岗岩各晶粒间有微小的间隙，因此真空镀膜后，在镀层上仍能看到由微小间隙形成的斑点花纹。我们正研究用堵漏的方法，把这些微小的间隙堵住，即能解决油水渗入变形，又能使真空镀膜后形成光亮的镜面。

# 三 花岗岩在精密机械中的应用

由于花岗岩具有耐磨、稳定、抗振、非磁性、耐腐蚀、能机械加工、能镀膜等优良特性，在精密机械中有着广泛的用途。

1. 用作精密测量工具，如高精度平板、平尺、角尺、测量垂直度的基准测量圆柱，精密测量角度的多面体，标准角，V型测量块等。
2. 在精密机械仪器上，可做基座、导轨、抗振动的工作台，仪器底座等。
3. 在光学加工上，可做测量平面的基准，又可做加工平面的基准平面，也可做各种反射棱镜，反射镜等。

表4：各国花岗岩平板的厚度

表5：各国花岗岩平板精度标准对照表

规格 厚度	国家厂名 Roch	瑞典 C.E.J	美国 Colline	日本 三丰	西德	捷克
300×300		50	75	100	60	60
300×400	60	70	100	100	80	80
300×500	80	80	100	100	90	90
500×500	90	80	100	100	90	90
450×600	80	100		100		100
500×800		120	150	130	120	130
750×1000	100		200	150		150
600×1200		150		200	160	
800×1200		150		200	160	
1000×1000	150	150	250	200	140	
1000×1500	200	180	300		190	200
1200×1800	200	250	300	300		
1000×2000	200	250	300	300	200	250
1200×2400						250
2000×4000					500	

表5 各国岩石平板精度标准对照表

数据 规格 ( $\mu$ ) (毫米)	国名厂名 级别	中国 O	美国 Colline AA	美国 Colline A	英国 B.S817 AA	西德 J.F.A 1 <sup>++</sup>	西德 J.F.A 1 <sup>+</sup>	英国 B.S817 A	日本 J.I.SB 7513 AA	日本 J.I.SB 7513 A
100×200		±3			±0.7			±1.4		
200×200		±3			±0.7			±1.4		
200×300		±3.5	±0.63	±1.25	±0.8			±1.6		
300×300		±3.5	±0.63	±1.25	±0.9	±1.3	±2.6		±1.5	±2.5
300×400		±3.5	±0.63	±1.25		±1.4	±2.8	±1.8	±2	±3
400×400		±3.5	±0.63	±1.25		±1.4	±2.8	±1.8	±2	±3
450×600		±4	±0.63	±1.25	±1.3	±1.6	±3.2		±2.5	±4
500×800		±4	±0.63	±1.25	±1.7	±1.8	±3.6	±2.6	±3	±4.5
750×1000		±5	±1.25	±2.5	±2	±2	±4	±3.4	±3.5	±6
1000×1500		±6	±1.5	±5	±2.5	±2.5	±5	±4	±5	±8
2000			±3.75	±7.5		±3	±6	±5	±6	
2500			±5			±3.5	±7		±7	
3000						±4	±8			
3500						±4.5	±9			
4000						±5	±10			

## 参 考 文 献

韦恩·R·穆尔著；机械精度基础，国防工业出版社，1977年，第一版，25—26页。