

材料

我们将谓万物的唯一原因就是物质
——亚里士多德

目录

导引

板材

棒材

管材

型材

其他材料

导引

对于机械组的人来说，比较重要的技能就是大体上把握常用材料的一些基本性质，即对这些材料的基本性质有感性的认识，在必要的时候，还要通过数据分析和实验等拓展材料的使用，甚至是鉴定并利用一些更新的材料。

合理的使用材料有利于缩短产品制作时间、强化机械结构、减轻产品重量、增加产品使用寿命等。

毕竟，整辆车可以说就是材料的合理组合制成的。

材料主要分为板材、棒材、管材和型材。

导引

材料的一些主要性质有（只考虑一些机械参数和对加工装配有用的参数）：

1.毒性

3.导热性

5.抗压强度

7.疲劳极限

9.硬度

11.韧性

2.导电性

4.脆性与塑性

6.耐久性

8.刚度

10.密度

12.屈服强度

导引

下面对一些性质进行说明：

脆性：指物质受力时未有明显塑性变形就断裂的性质。

硬度：在材料科学中，硬度指“固体材料抗拒永久形变的特性”。

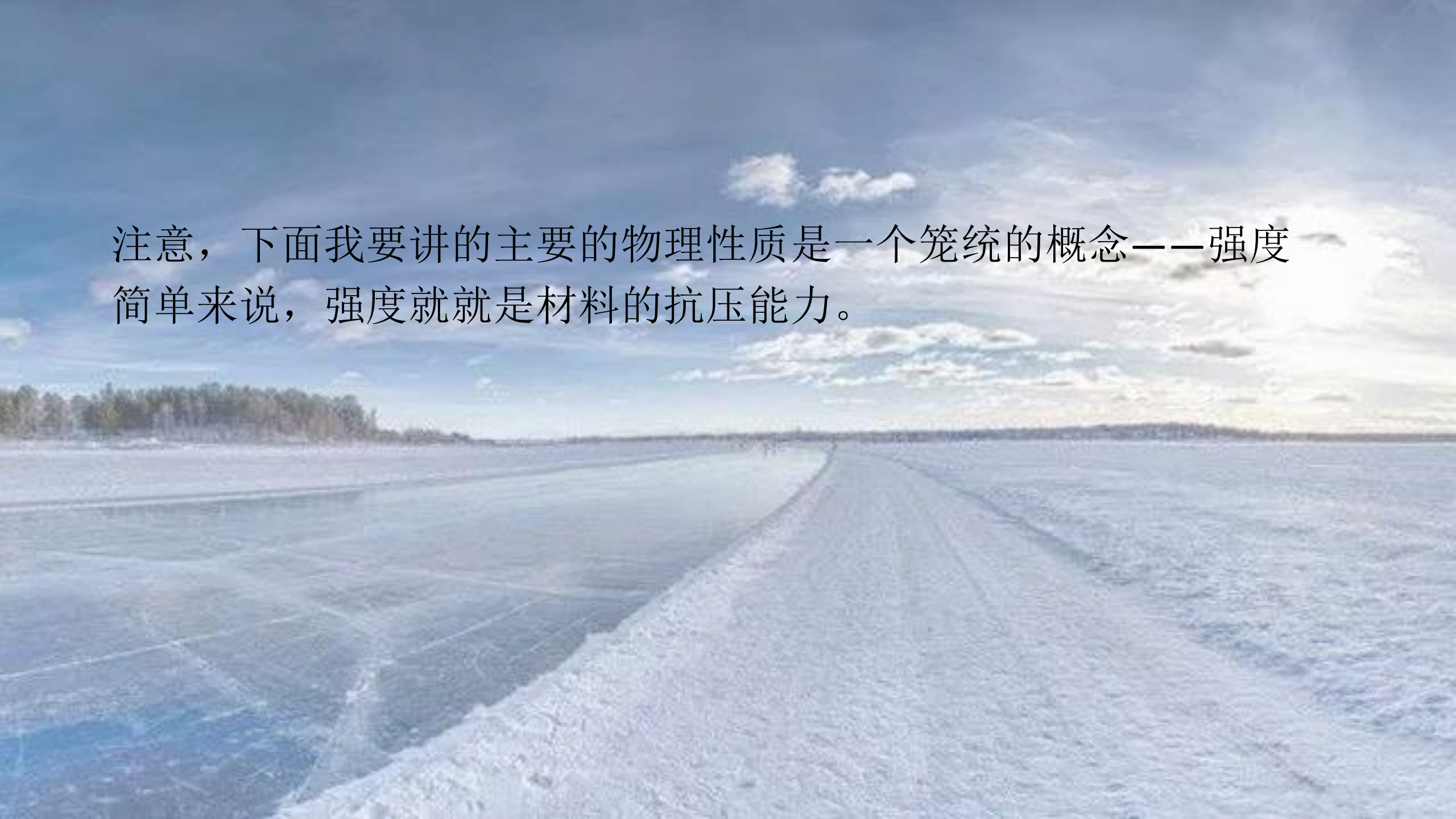
刚度：材料力学中的名词，定义为施力与所产生变形量的比值，表示材料或结构抵抗变形的能力。

韧性：韧性是指当承受应力时对折断的抵抗。

屈服点强度：即屈服强度，屈服应力，或称强韧度，在机械与材料科学的定义是有延展性的材料受力在弹性限以上时产生应力应变比值反复变化的情形，再稍微增加受力后就会产生破断的应力值。

当然在实际应用中和课件中不会涉及过多数据知识，在有必要时再调查这些性质即可。

注意，下面我要讲的主要的物理性质是一个笼统的概念——强度
简单来说，强度就是材料的抗压能力。



板材

板材是最常用的材料之一。顾名思义，板材就是平整的一块板子。机器人的主要骨架就是靠板材和管材搭建起来的，并且，板材是（在队里）加工时间最长、加工要求最多、要求精度相对最高的材料。

板材的主要优点是：

- 1.通过雕刻机或者激光切割机可以做到高精度打孔和定位
- 2.方便作为高强度支撑件
- 3.方便制作很多个性化设计的零件

板材

下面介绍几种常用板材：

最常用的是铝板、玻纤板和赛钢。

其次还有亚克力板、PC板、碳纤板、电木、木板、代木、尼龙板、硅胶板等。

板材

铝板。铝板的分类很多，详见附件。

主要用的是**6061**型铝和**7075**型铝。

铝材的主要特点：

1.强度较高

2.延展性较好，可以用来折弯使用。

（制作折弯零件最好用**6061**的铝，**7075**铝硬度远大于**6061**）

这里介绍一下铝材加工中的两种热处理方式——**T6**和**T651**，其中**T651**处理比**T6**多了一步预拉伸，使得强度更好（一般也更贵）

板材

6061铝：

6061铝合金的镁、硅合金特性多，具有加工性能极佳、优良的焊接特点及电镀性、良好的抗腐蚀性、韧性高及加工后不变形、材料致密无缺陷及易于抛光、上色膜容易、氧化效果极佳等优良特点，是机器人加工非常方便的材料。

铝合金在金属材料中密度较小且有着较好的强度。

6061铝是使用最多的材料之一（另外一个玻纤）。

板材

7075系列铝：强度高、远胜任何软钢。其具有良好机械性及阳极反应。代表用途有航空航天、模具加工、机械设备、工装夹具，特别用于制造飞机结构及其他要求强度高、抗腐蚀性能强的高应力结构体。

7075铝在强度上远胜于6061铝，但同时它的密度也更大、价格更贵，加工难度也比6061稍大。

因为价格因素，除非某个金属零件对强度要求很高，否则一般不用7075铝。7075铝是较为奢侈的材料。

板材

6061铝（左）和7075铝（右）：



板材

玻璃纤维：一般指环氧树脂。

玻璃纤维是一种性能优异的无机非金属材料，种类繁多，优点是绝缘性好、耐热性强、抗腐蚀性好，机械强度高。缺点是性脆，耐磨性较差。

相较于**6061**铝，玻纤的硬度一般更大（不排除有些劣质玻纤性能很差）、密度比大部分铝合金小。

目前主要使用的有黄色玻纤（简称黄玻纤）和水绿色玻纤（简称绿玻纤）。

板材

黄玻纤（3240）：强度逊于绿玻纤，市场售卖的黄玻纤质量也参差不齐，主要用于不希望零件产生形变的地方。

绿玻纤（FR4）：性能显著强于黄玻纤，比较漂亮，可以用于强度要求很高的地方。

两种玻纤都方便打磨来直接扩大孔位，挽回加工中的小失误。

一般来说，绿玻纤比黄玻纤稍贵。

其他玻纤：还有黑色玻纤（曾购买过，和水绿色玻纤差不多，但更贵）白色玻纤（市场售卖较少）等。

注意事项：

- 1.玻纤粉尘有轻微毒性，使用雕刻机时人尽量不要呆在粉尘集中的地方。
- 2.玻纤是层状的复合材料，10mm以上的玻纤（特别是黄玻纤）会出现较为明显的分层现象。

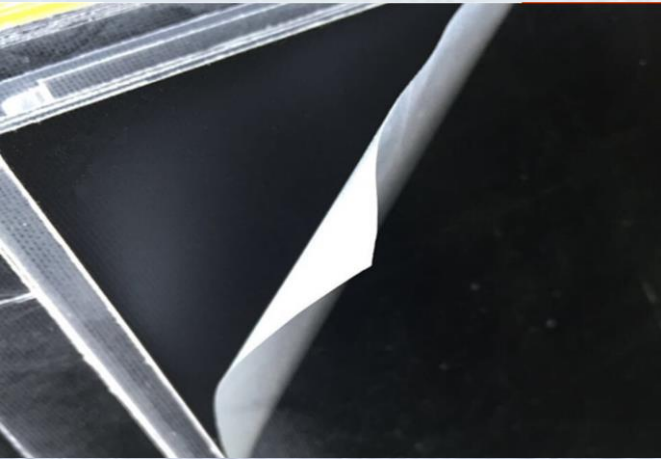
板材

图片：



较好的玻纤的一些参数

垂直层向弯曲强度 常态下	≥ 340 Mpa
垂直层向压缩强度	≥ 350 Mpa
平行层向冲击强度	≥ 33 KJ/m2
平行层向剪切强度	≥ 30 Mpa
拉伸强度	≥ 300 Mpa
介电常数 (50HZ)	≤ 5.5
浸水后绝缘电阻	≥ 5x10^4 MΩ
长期耐热性	≥ 130 °C
密度	1.8-2.0 g/cm3
阻燃等级	UL94V0 级

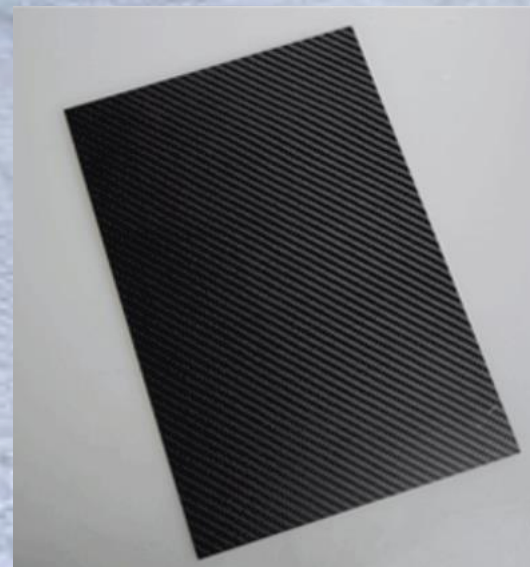


板材

碳纤维板：碳纤维是一种含碳量在95%以上的高强度、高模量纤维的新型纤维材料。碳纤维“外柔内刚”，质量比金属铝轻，但强度却高于钢铁，并且具有耐腐蚀、高模量的特性，在国防军工和民用方面都是重要材料。它不仅具有碳材料的固有无定形特性，又兼备纺织纤维的柔软可加工性，是新一代增强纤维。

简单来说，碳纤维是硬度高、密度很低、价格贼高的材料，同玻璃纤维一样，碳纤维脆，耐磨性较差。

碳纤主要用于加强件和减轻车身重量，是一种（对我们来说）十分奢侈的材料。在无人机上应用较多。



板材

碳纤的注意事项:

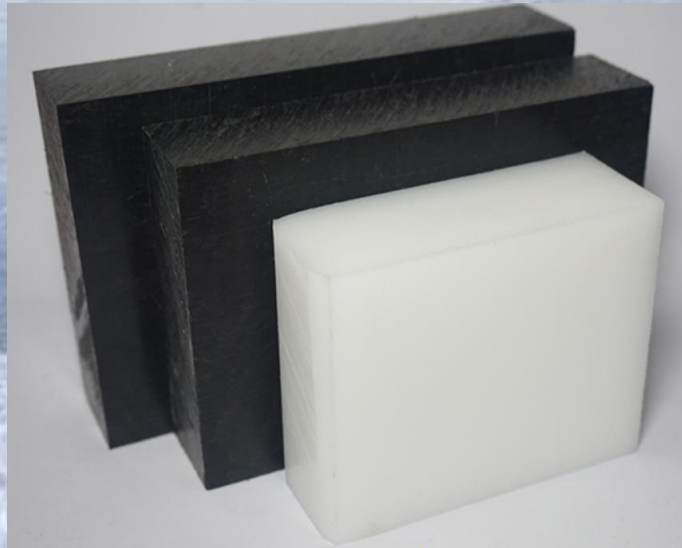
- 1.碳纤有毒，在大量加工时，为避免吸入过量粉尘，尽量戴口罩，不要让风吹雕刻机。
- 2.尽量避免碳纤粉末接触到皮肤，否则会产生疼痛甚至起水泡。
- 3.应避免长时间加工碳纤。
- 4.可以采用较小的刀和较低的转速进行加工，防止粉尘扬起，及时清理加工时产生的粉末碎屑。

板材

赛钢：又称聚氧亚甲基。英文缩写为POM。通常甲醛聚合所得之聚合物，聚合度不高，且易受热解聚。

POM是一种坚韧有弹性的材料，即使在低温下仍有很好的抗蠕变特性、几何稳定性和抗冲击特性。我们使用的赛钢是共聚材料的赛钢。

赛钢板的特点是方便加工。其密度较小、主要用于加工支撑件或者拨轮等比较厚的材料。



板材

亚克力：又叫PMMA或有机玻璃，，化学名称为聚甲基丙烯酸甲酯。是一种开发较早的重要可塑性高分子材料，具有较好的透明性、化学稳定性和耐候性、易染色、易加工、**外观优美**，在建筑业中有着广泛应用。

亚克力简介

[制品]亚克力经过多加工工艺，可以制成具有独特的装饰效果的制品。

工艺：符合工艺，浇筑工艺，热熔工艺，镭射工艺，雕刻工艺，注塑工艺，挤出工艺

[用途]PMMA具有质轻、价廉、易于成型等优点。他的成型方法有浇铸，射出成型，机械加工、热成型等。尤其是射出成型，可以大批量生产，制程简单，成本低。因此，它的应用日趋广泛，它广泛用于仪器仪表零件、汽车车灯、光学镜片、透光管道、橱窗、隔音门窗、采光罩、电话亭、灯箱、招牌、指示牌、展架、卫浴设施、工艺品、化妆品、支架/水族箱、日光灯、吊灯、街灯

板材

亚克力主要用在一些需要支撑又必须要透明的地方（例如屏幕的固定），作为有机玻璃，亚克力断裂后不扎手且比普通玻璃轻得多。

亚克力也适合用激光切割机加工，方便、快捷。

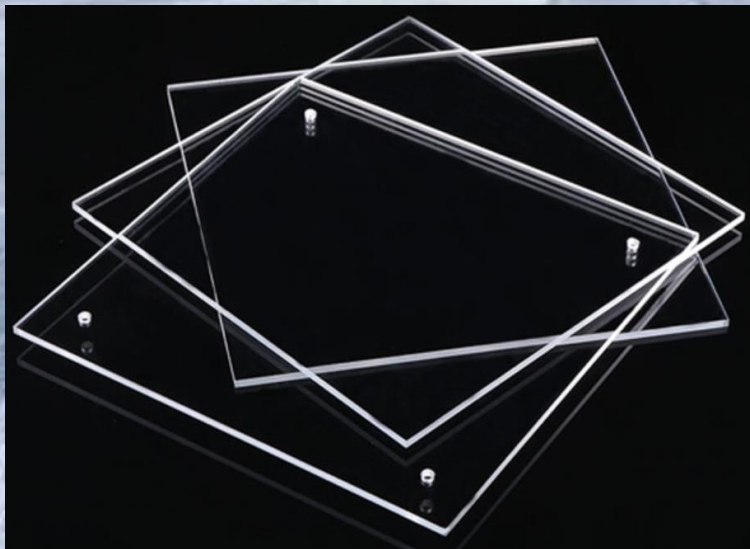
注意：在不想暴露的结构外围不要用透明材料（例如弹仓）。



板材

PC板：PC板耐弱酸，以聚碳酸酯为主要成分。具有透明度高、质轻、抗冲击、隔音、隔热、难燃、抗老化等特点，是一种高科技、综合性能极其卓越、节能环保型塑料板材。

PC板比较软，可以利用其利于形变的性质搞一些事情，例如一些在使用中希望其发生轻微形变的地方，理论上可以折弯使用（但它比铝要脆一些）。



板材

其他板材简介：

- 1.电木：酚醛塑料、硬而脆
- 2.代木：又称可机加工树脂板材、密度小
- 3.尼龙板：无毒、质轻、优良的机械强度、耐磨性及较好的耐腐蚀性，可应用于代替铜等金属
- 4.硅胶板：质软、特别好加工、可作为肌肉的替代品
- 5.木材：轻、传统材料，主要用于场地的搭建
- 6.轻木：密度特别小，价格昂贵，主要用于航模的减重

板材

板材的加工方式：

1.雕刻机切割：

现有的海韵的雕刻机可加工的板子的尺寸为400mm*250mm，厚度可以达到30mm（可以通过购买配件增加加工厚度）。

适合加工的材料：理论上这些板子都可以。

2.激光切割机：

可以加工大板子（现有激光切幅面400mm*600mm）、加工迅速。

适合加工的材料：亚克力、PC板、木头等非耐火材料。

3.手动切割：

根据切割机器的不同适用于不同的板子，一般适用于较薄的板子
一般用倒装台锯切割木头

板材

4.手动打孔：

主要指台钻、手钻、电钻。理论上可以加工上面提到的所有材料

5.手动打磨：

主要用来使切口平滑或者拿来扩孔以修正雕刻机切割的不足

6.手动剪切：适用于薄板子

7.折弯：

主要适用于薄的铝和PC板，铝比较常用

8.其他物理方法

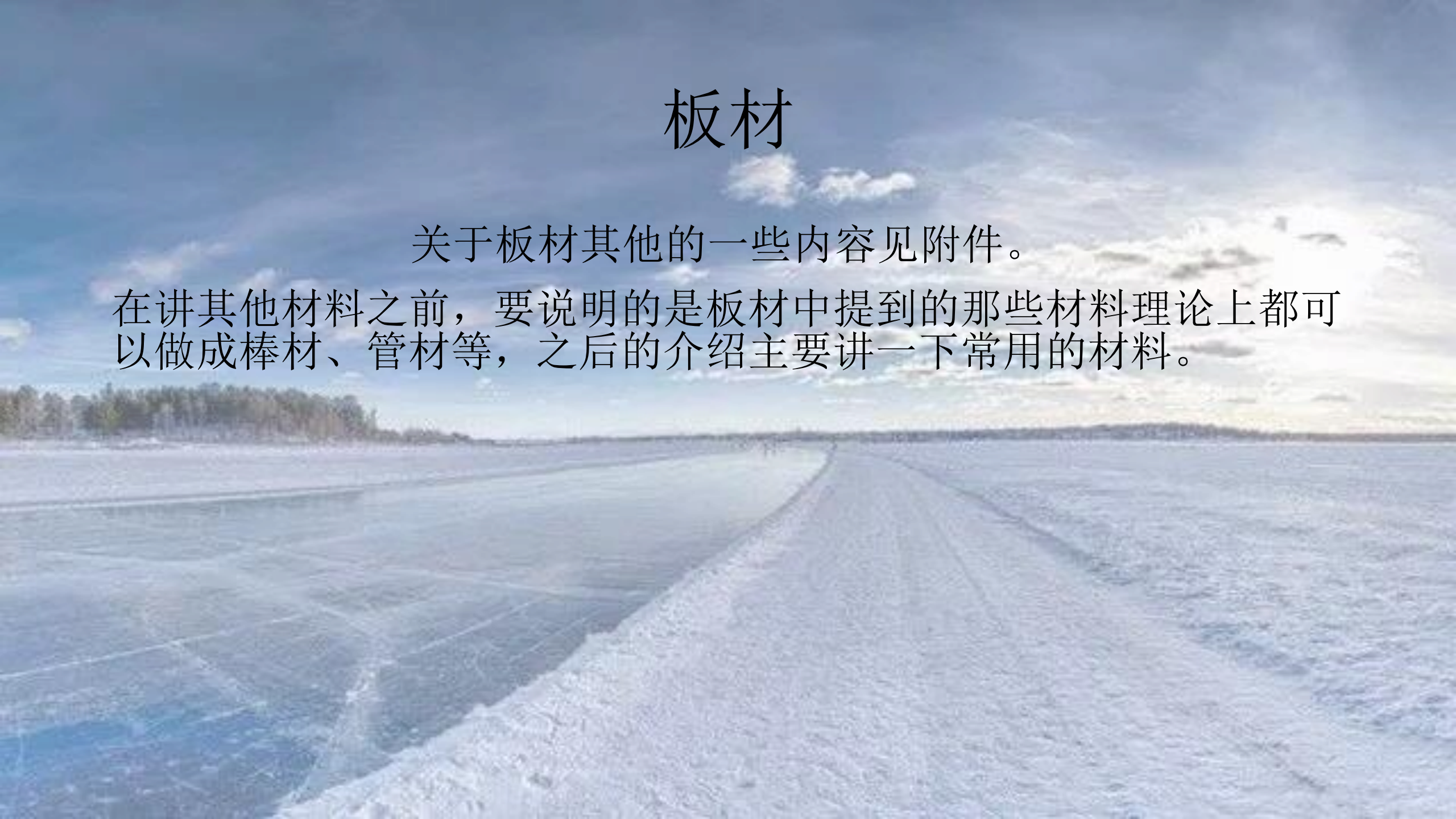
9.阳极氧化：

适用于铝，可增加铝的强度和耐腐蚀性等。

板材

关于板材其他的一些内容见附件。

在讲其他材料之前，要说明的是板材中提到的那些材料理论上都可以做成棒材、管材等，之后的介绍主要讲一下常用的材料。



最后，补一张几种常见板材的性能简单对比
(数据从网上搜集，可能存在误差)

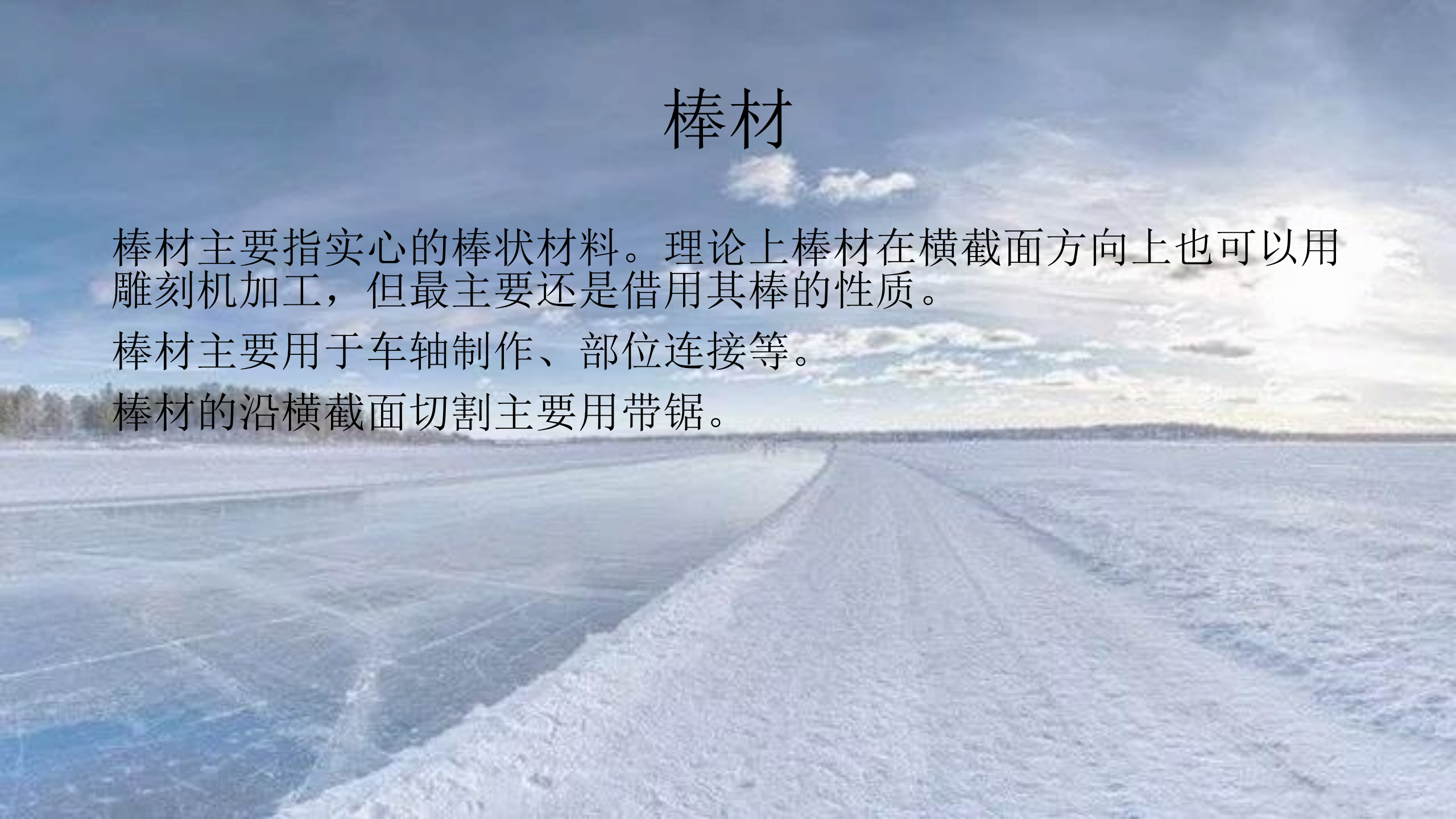
板材	密度 (kg/m ³)	张力强度 (N/m ³)
铝板6061	2700	1.25E+08
铝板7075	2810	2.20E+08
玻纤板	2440-2770	2.80E+08
碳纤板	1780-2000	8.00E+08
赛钢板	1390	7.15E+07
亚克力板	1190	7.50E+07
PC板	1190	6.27E+07

棒材

棒材主要指实心的棒状材料。理论上棒材在横截面方向上也可以用雕刻机加工，但最主要还是借用其棒的性质。

棒材主要用于车轴制作、部位连接等。

棒材的沿横截面切割主要用带锯。



棒材

- 1.铝棒：铝制成的实心棒，主要用于加工车轴（使用车床）
- 2.光轴：直线光轴是具有滑动轴承的引导作用，可使实行直线运动的产品。光轴表面较光滑，可以配合轴承作为连接转轴。
- 3.丝杆：将回转运动转化为直线运动或将直线运动转化为回转运动的棒状材料，表面有螺纹。
- 4.滑轨：是用来支撑和引导运动部件，按给定的方向做往复直线运动的棒状材料（其实是方形的，不过因为实心，就放这里讲了），配合直线滑块来用，主要用于平动的轨道。

棒材在用带锯切割时要注意加油。

铝棒



棒材

光轴



丝杆



滑轨



Baidu 百科

管材

管材主要指空心的管状材料，主要用来搭建机器人骨架、加固。

管材和棒材一样可以用带锯进行切割且更容易切割，管材上打孔也是经常做的，用来结合两种管材。

管材加工一般是低精度的，需要在设计时考虑余量或者在切割时要仔细。

管材

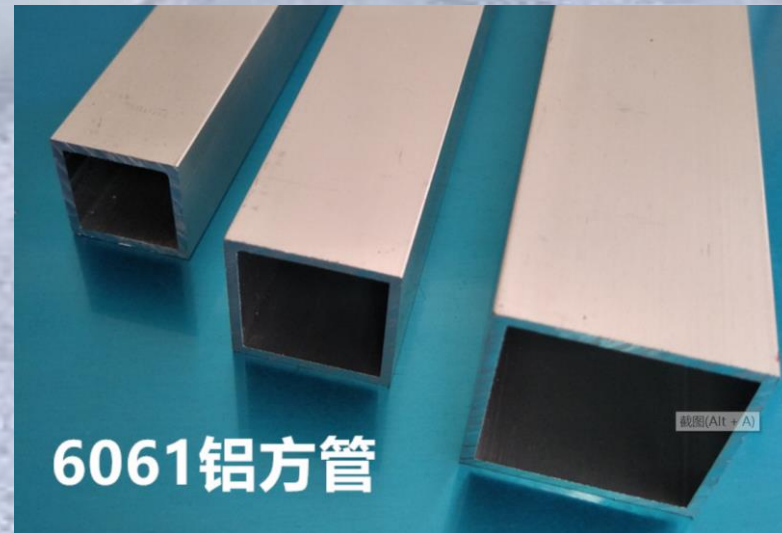
铝方管：使用最多的管材，现在主要用于底盘和骨架的搭建。

铝方管的硬度较好，但过长的铝方管如果没有固定也会发生形变，导致装配时的种种问题。

铝方管的主要型号有10*10、15*15、20*20、40*40（指外径，单位：mm）等。

其中，40*40的铝方管也可以（并且通常）用来固定装甲片或者使用雕刻机来加工联轴器。

（注意，不一定非得是正方形）



管材

铝管：空心铝管

主要用来制作枪管或车轴等，是车床主要加工的材料。



管材

亚克力管：用亚克力制作的管材，主要用作供弹管。

主要特点有：

- 1.透明，可以看清管内情况
- 2.管壁摩擦力较小
- 3.比较脆，使用时易断裂



管材

碳纤管：强度高、密度小，主要用于长距离支撑和减轻飞行器重量。
当然，也是一种奢侈材料。



管材

水管/气管：用来通气体或者液体的管道。左图螺旋气管，其可以用来运输子弹。



型材

型材是指金属经过塑性加工成形、具有一定断面形状和尺寸的实心直条。型材的品种规格繁多，用途广泛，在轧制生产中占有非常重要的地位。

主要用的是方形的铝型材。型材主要也是利用带锯切割。

型材的特点有：

- 1.强度高于铝方管，更不易形变
- 2.连接方便，搭建骨架迅速且牢固。通过角铝和方形螺母块（队内术语：型材的精髓）可快速连接两根型材。

（注意，型材的形状其实很多，有些也可以很奇怪，例如L型的铝条其实也可以算作型材）

型材



其他材料

其他材料主要有3D打印机耗材——ABS、PLA、TPU、PP等

（目前最常用的是PLA，还有树脂等，光固化3D打印用）

塑料管、弹簧管

网材、线材

等

还有很多很多材料等着被发现哦

材料价格

下面，对材料的价格进行一些简单的介绍，方便大家以后的选购，并对其价格有一个感性的认识。先来看一下板材：

- 1.一般来说，因为工厂制作的原始的板子都比较大、比较厚，所以薄板子每kg或者每m³的价格比厚板子要贵一些（也就是有加工费），同理，如果所需要的板子尺寸特别不规则（相对于板子出厂幅面很不友好的），价格也会增加。
- 2.对板子精度要求很高的，需要联系客服，相应的价格也会稍微增加，一般默认为选择厂家提供的误差。
- 3.淘宝上板材良莠不齐，在价格上还是在质量上都相差很多，挑选时要认真仔细，并注意联系客服。

材料价格

- 4.材料一般是不包邮的，而且很多也是不含税的，在购买时实际付款金额大概为附件表格中的**120%**
- 5.一般买的越多，价格会更优惠（不管是板子的实际价格还是相对的运费）
- 6.在买新厂家的材料时，可以先要样板（很多都是写免费送样品但要支付运费的）
- 7.对于管材要注意其有内径和外径两个参数，对于铝方管，可以选择**6063**铝（比**6061**性能稍差一些但足够了，比**6061**便宜）

材料价格

市场上平均材料价格（备注：以下数据均从网上收集并排除一些个人认为不可信的数据后取平均，不一定完全符合事实，而且市场上材料质量良莠不齐，以实际情况为准）

板材	价格	密度 (kg/m ³)
铝板6061	薄板价格通常不超过30元/kg，厚板价格通常不超过25元/kg，约80000元/m ³	2700
铝板7075	厚板价格约45元/kg，约126000元/m ³	2810
玻纤板	价格波动比较大，一般为30元/kg，80000元/m ³ 左右	2440-2770
碳纤板	贼贵，约250-400元/kg，400000-800000元/m ³	1780-2000
赛钢板	约25元/kg（不知为啥，竟然看到有1元/kg的。。。），35000元/m ³	1390
亚克力板	约25元/kg，约30000元/m ³ （有些尾料甚至可以达到10000元/m ³ 以下。。。）	1190
PC板	近似于亚克力	1190
电木板	约30元/kg，约50000元/m ³	1500-2000
木板	比较廉价，1000元/m ³ 左右（浮动较大）	一般800以下
代木	约40元/kg，约30000元/m ³	700
硅胶	约40元/kg，约50000元/m ³ （一般薄板子会很贵）	1245.6
尼龙6/10	约20元/kg，约30000元/m ³	1400
轻木	约200元/kg，约30000元/m ³ （这就是密度低的后果。。。）	160

材料价格

棒材	价格
铝棒	6061铝通常不超过25元/KG
光轴	较细的型号（直径10mm以下）大概是10+元/米
丝杆	与光轴差不多甚至更便宜一些
管材	价格
铝方管	6063的铝方管大概22元/kg（这玩意竟然也能按kg卖，好神奇）
铝管	6061铝通常不超过25元/KG
亚克力管	过小子弹的大概10元/m，过小子弹的大概30元/m
碳纤管	外径10mm、内径8mm的都可以卖到30元/m呵呵
水管	常用尺寸一般1米也就2-3元
型材	一般2020型材价格大概是在10元/米左右，4040型材价格大约是30元/米

材料价格

以下是直观的板材价格的对比表：
常用薄板子对比：

板材	400*250*2mm(元/片)	400*250*3mm(元/片)	400*250*5mm(元/片)
6061铝	16.5-20	25-28	40-46
7075铝	28-36.5	39.5-56	75-80
4320黄玻纤	5		
FR4绿玻纤	13-15	19-23	30-32
碳纤板	150	280	600
亚克力板	6-6.5	8~9	13-14
PC耐力板	6~7	10	

常用厚板子对比：

板材	400*250*10mm(元/片)	400*250*20mm(元/片)
6061铝	75-81	140-150
7075铝	140-160	185-320
赛钢板	40	80

更多内容见附件哦

材料有很多性质是难以用文字说清楚的，很多要等到实践中慢慢探索。渐渐地，大家就会对这些材料的性质有一个感性的认识。