

机械设计是机械工程的重要组成部分，是机械生产的第一步，是决定机械性能的最主要的因素。机械设计的努力目标是：在各种限定的条件(如材料、加工能力、理论知识和计算手段等)下设计出最好的机械，即做出优化设计。



优化设计需要综合地考虑许多要求，一般有：最好工作性能、最低制造成本、最小尺寸和重量、使用中最可靠性、最低消耗和最少环境污染。那么，如何成为一名优秀的机械设计师？应该储备哪些知识？具备怎样的素质呢？小编特为您奉上一位资深机械设计师难得的经验与感悟。

机械设计所要了解的周边知识以及所要具备的观察视角

1、熟练翻阅机械设计手册

对于标准件以及常用件的一些技术特征要了熟于心。比如要清楚各类轴承，带传动，链传动，齿轮传动，丝杠传动，蜗轮蜗杆等的使用场合，使用方式，以及相关的技术特征。对于具体应用时的选型计算则可对照设计手册的图表和公式进行具体确定。

2、知道 N 家常用件供应商并熟练翻阅其产品样本

现在机械设计趋向于模块化，对于机械设备制造工厂的整体技术要求更侧重于对于一些配件和部件的组装应用。比如台湾 HIWIN，日本 THK，德国 FAG，FESTO。对于此，要做到当你在设计某个零件或部件或要完成某个动作或功能的时候必须得知道目前是否有专业的厂商在生产或提供能实现某个部位的功能要求的成熟的零配件。

3、熟悉原材料情况

比如你要知道目前市场上有卖的冷轧或热轧铁板以及各类型材的规格尺寸,有经验的工程师往往都会知道你安排给采购的单子往往到最后是会变得面目全非的。因为在钢材市场,普遍存在变薄,变窄,变短这些情况,采购买回来的东西往往是和你坐办公室根据设计手册里选出来的相关数据存在比较大的折扣。

4、深度了解各类常用机床的结构原理和性能特点

所谓万变不离其宗,机床亦是如此。设计一台机器的过程可类比是小孩堆积木一般,一个部件一个组件进行堆积,然后把这些具备不同功能的部件或组建遵循某种规律联系起来。在这个过程中就需要你熟练掌握一些常用机构或装置的功能和特性。而我们常见的车、铣、钻、刨、磨、镗。等机床上应用的结构或原理都是经过了数十上百年的考验,对于其稳定性和可应用性我们无需过多地怀疑。比如车床的刀架结构,卡盘结构,尾座的锁紧机构,主轴轴承布置,磨床主轴密封结构,刨床的连杆机构等等。

其实说这么多,想表述的就两字,对于这些稳定的常用的结构我们要学会在设计新机床时“借鉴”或者说是“参照”。从另一方面来说了解各类常用机床的结构原理和性能特点是出一张零件图纸的前提基础。举个例子来说就是当你完成一张图纸时最起码你自己要知道这张图纸上的这个零件的大体加工过程。这个所谓的大体了解楼主个人认为是好比要加工一条常见的轴类零件,当你了解车床,铣床,磨床的一些特性后就不会在图纸上出现没有了螺纹退刀槽,砂轮越程槽等情况,同时也不会对轴类零件的长度方向尺寸随意标注个 IT6, IT7 的公差要求。

5、掌握一定的机床装配能力

很多人会问,这完全是装配工的活了,我做为一个设计人员过多地了解这方面知识干什么?当然,会这么问的往往都是些刚入行的新手。当你永远不去了解这方面的知识时就永远理解不了针对一条长轴进行过渡或过盈装配时因为你那图纸上的左轴承位和右轴承位相距太大而轴承却只能从左到右或从右到左装配时,那两轴承位之间那么长一段装配距离所带来的痛苦。当然,你也肯定不会想起当这条轴最后要进行轴端螺纹锁紧时,因为你图纸上缺少了限制这条轴锁紧时转动用的夹持平面而导致无法顺利锁紧。当然,你就更想不到或是理解不了哪个位置哪些孔或哪些销位是需要装配时定配的。

6、具备一定的电气, 液压, 气动等方面的知识

社会分工越来越细，个人工作方向越来越专。当然，这里强调这些“旁系”学科并不是要求作为一个机械设计人员必须得能够根据机床功能进行液压或气动的集成块的油路布置或进行强电线路的规划或弱电程序的编写。但至少我们要能看懂人家提供的液压系统原理图或电气原理图/接线图等。但能读懂或编写通用的PLC程序或一些运动控制器的C程序是更为妥当。了解这些交叉科目知识的主要目的是能够和专业负责液压，气动或电气控制的工程师进行技术沟通和协调。往宽泛了说，当你了解透彻了这台机床的液压和电气后就能进行合理的“预留”。在你设计初期就在头脑里把液压和电气所要连接的线路和管道进行了交叉排布，在设计时就能充分考虑这些管道和线路的空间位置问题。

7、养成在生活中捕捉，发现，简化，总结，借鉴的能力

对于一个搞机械设计的人员，在日常生活中应当更擅长去发现“动”的事物和现象。我们举些简单的例子，比如冰箱，就算你不知道它的制冷原理，但我们可以去观察学习冰箱的门的密封结构，再如榨汁机，它是利用刀盘的旋转进行物料的切削，同样是利用刀盘的旋转产生的离心力进行过滤和分离。再比如汽车后轮差速器，去琢磨当汽车转弯时候左右轮为什么出现速度差。这些都是要求我们在日常生活当中去捕捉去发现并去琢磨然后再进行提炼最后都是可以在设计中进行借鉴的。

当然，最好的学习和领悟的机会是在机床展会上，相信很多有经验的设计工程师对此深有体会。机械设备会展既是销售人员的一个良好的拓展舞台和机会，同时也是机械设计人员学习别人优秀设计经验和认知当前机械设备发展概况的良好机会。所以，楼主希望广大同行应当多多去参加相关展会，并不辞劳苦在展会上多走，多看，多拍照。

8、略知钣金知识

一个好的设计作品，应当是让外行人来观看时，能让他们在头脑里第一印象做出“美观”，“先进”，“牢固”，“稳定”等判断。很多机械设计工程师往往侧重于机床功能，效率，精度等一些技术性层面的东西。往往对于机床钣金设计，液压管道和电气线路布局采取忽略，忽视的姿态。举个简单的例子，要是把奥拓车的外围钣金套弄到奥迪车上，我相信很大比例的客户无法认同和接受。苹果手机之所以卖得差不多人手一机，除了它的完善功能以及运算速度的优异，当然其“美感”的产品外观设计也是很大一部分原因。

说了这么多，无非是突出在机械设计中要求注重机床的外围钣金设计以及线路管道布局或油漆色彩的协调。当你不熟悉不了解各类钣金加工设备情况时，往往会出现在能进行折弯的地方采用铁板焊接处理，能进行弯管的部位采取直线管道拼接，能进行裁剪的地方出现弯弯扭扭的气割痕迹。略窥机械设计的宗旨，那就是如何把复杂的问题用简单的设计来实现，以及如何做到让外行的人看到这个设计作品是持肯定和褒奖态度。

9、略知金属材料与热处理知识

对于事物或技能的掌握程度我们可分为认知—略知—掌握—熟练这么些阶段。我们作为机械设计工程师，因为我们从事的这个行业交叉性的学科比较多。所谓业精于专，当然我们的前提是做好自己设计范畴内的事情，而这里所要求知晓的金属材料与热处理知识并不是要求你能熟记铁碳合金相图以及各类金属在不同温度不同热处理工艺下的金相组织形态。但一些基础性的知识还是需要了解或掌握的。比如低碳钢，中碳钢，高碳钢，常见合金钢一些常见的特性，通用性材料的屈服点，抗拉强度，热处理前后硬度特性。

举个简单的例子车间的师傅请你帮他弄一条刚性好些的车床用的深孔镗杆，你一听是要弄一条又粗又壮的高刚性的东西，结果在图纸的材料栏里写了个 40Gr，等采购回来，加工，热处理后，一焊接，发现 YG6 的刀粒铜焊怎么都焊不到那条又粗又壮的刀杆上去。

10、设计软件只是工具，而非使用它就是目的

楼主曾面试过好多一些学校刚毕业的热血小伙，简历上很多都有这样那样的等级证书，尤其常见 AUTOCAD，PRO/E。一类中级制图员，高级制图员等等头衔。楼主也加了好些像 SOLIDWORKS 应用群一类的 QQ 群。发现一个现象，很多人往往都沉浸和陶醉在讨论或研究采用何种建模方法，采用怎样的渲染或动画技巧一类的问题。

当然，并不是说你去研究和深挖某个软件的各项功能是错误的，只是觉得一个人的学习能力和学习方向应该正确把握。我们做机械设计的要明白软件只不过是替代了传统的图板和丁字尺的一个工具而已。应当把主要的精力和时间花在纯粹的设计构想当中，而不是让自己被这些功能庞大的软件给捆绑。

机械设计过程概述

1、形成设计构想和完善整体策略

机械设计的过程往往是从整体到局部细化的过程。所谓整体，就是指一个总的全局观。比如拿到某个课题（设计某样功能的机器），首先要在头脑里形成一个总体的模糊性的设计概念（提醒要考虑的是一些全局性因素）。比如要考虑客户要加工的料的材质（各项物理性能/硬度/强度/屈服点/耐磨性/韧性/比热/密度。），形状（板材还是型材还是铸件锻件。），再比如要考虑你所将设计的机床的大体尺寸，总高，总长，总宽（考虑到实际车辆和道路运输情况再决定该机是散装运输还是整机运输）。在考虑这些大致方向性的基础要素的同时也要同时考虑初步的机床功能实现方式。也就是采取何种工艺或方法来成型，就目前的成型方式来说可分不去除材料的方式和去除材料的方式以及增加材料的方式。

不去除材料的方式有：铸造/锻造/挤压/冷轧/折弯/滚压/卷圆/弯管/旋压。

去除材料的方式有：车削/铣削/钻削/刨削/磨削/拉削/锯削/插削/冲压/裁剪/激光切割/水切割/火焰切割/等离子切割/火花电蚀。

增加材料的方式有：焊接/分层轮廓加工（3D 打印机）。

在如此多的成型方式里借鉴和确定某一种最合适的成型方式作为所要设计的机床的最基础理论架构。

2、确定机床初步结构方式

基于上述内容确定一个初步的机床结构布置性方案。比如客户提供的要由你所设计的机器加工的料是类似工字钢一类的较长型材（此时要综合考虑在机床加工时客户上料以及下料的便捷性，安全性等因素，同时考虑客户是单条加工还是成捆多条同时加工。）在此状况下我们可能就会倾向于确定大概设计思路是在加工时候采取被加工件固定（静止）而采取刀具以及刀具总成移动的初步策略（类如激光切割机）。

当然，结合实际情况也可以采取工作台（物料）移动形式（类如龙门铣床）。有了个大致性的初步策略后，再接着就要考虑机床的生产效率和精度要求。对于此两项要求肯定是要结合设备造价来确定。例如是否采用多工位结构，是否采用多

机头结构，是否需要加快各部位工进或快进的速度（速度高了对于驱动功率要求就大了，又要考虑速度高了机构惯性大了，定位精度下降了，若采用大功率大惯量的电机就直接意味着成本的上升。）此时也要兼顾机床整体的刚性以及重心问题或考虑必要的结构共振频率问题。同时还要兼顾人体工程学要求。（对于操作位或某些需要经常调整和操作的位置要考虑正常人操作时的便利性。

3、确定各部件或总成的结构形式和功能

在确定了机床成型方式和整体初步结构后就要对各部位进行初步规划，这时要比较清晰和明了各部位的功能以及确定采用何种机构来实现这些部位的功能。做这些规划的前提的前提就是要先考虑这个组件或部件的安装和拆卸问题。比如对于易损件或耗材或对于一些需要经常调校的装置和机构就要求考虑合理的拆装和维修时的便利性。比如要更换一条三角皮带，则要对该机进行杀牛剥皮式的拆卸和更换那就不能算是一个好的设计。

例如当我们确定采用常用的直线进给机构时所要考虑的问题有如下方面：（结合实际的效率和精度需求明确某种实现形式，常用的当然有导轨加丝杠这种形式，至于是采用滑动摩擦丝杠还是滚动摩擦的丝杠则要根据实际情况确定。传动效率，定位精度，动态响应性，负载情况，速度特性，螺纹升角，丝杠所能承受的轴向载荷，导程，造价成本，等因素都要综合考虑。）再比如间歇运动机构，在电机控制技术还没完善前，要实现此类机构那真是花样繁多。（槽轮形式，不完全齿轮形式。）楼主人认为做机械设计难的是如何把复杂问题简单化，对于那些挖空心思搞些精妙复杂的机构，例如圆柱/圆盘凸轮机构，诡异莫测的空间机构，变化无穷的四杆机构，以及一些考验加工制造人员的不完全齿轮机构和异形齿轮机构等等。

对于刻意要弄些让一般人玩不转的，弄不清状况的设计，楼主不表示赞成。当然前提条件是我们完全可以采用一维线性运动或二维平面插补或三轴联动来解决的情况。采用伺服电机和直线滚动摩擦性质驱动和导向装置能完美解决那些需要间歇的，加速的，行程放大的，特殊运动曲线的功能要求下为何还要去弄那些复杂的，且制造困难的，不通用的，让维修和装配人员眼花缭乱，莫名其妙的且还大都是些滑动摩擦关系的机构呢？也许有人会说，一组二维平面直线插补的运动平台抹杀了多少前人留下的那些可以真正称谓为机械设计精华的机构。

对于此，类举个很有讽刺意味的笑话。（某新兵进行野外生存训练，饿着肚子搓了好几个小时的木头，还是没能像祖先一样实现钻木取火。筋疲力竭之余摸出打

火机和香烟，先坐石头上抽根烟，缓口气，继续琢磨这钻木取火的技巧。）当然，对于一些必须的和必要的机构还是无法完全采用现代快餐式的设计文化来填补和实现。比如应用偏心装置得到振动特性或夹具上的快速锁紧装置。或者是要利用超越离合器得到反转失效等工况。

4、零件设计

第一，考虑该零件的制造批量

若是大批量制造某个零件时要充分考虑机床夹具所用的定位基准，工艺孔等“多余”的因素。

第二，考虑该零件的成型方式的特点

比如某高速旋转的盘类零件，当采用铸造成型时，因不可避免地会存在组织疏松或气孔等缺陷，而这类工艺特征不进行后期动平衡处理必然会导致在高速运转状态下产生过大的离心力，间接地会出现轴承发热，异响，寿命短等现象。再比如对于中碳钢或高碳钢原材料进行气割下料来获取零件毛坯时很容易出现切割处“被”淬火现象。

第三，考虑该零件的原材特性

比如一片状薄板类零件，我们首先想到采用铁板取料，当然取料的方式可以是激光切割/水切割/火焰切割/甚至线切割/或是冲压。这就要结合该零件的最佳经济效益来决定。当然不管是针对板材还是线材，不管是采用锯切下料还是火焰或激光或水切。都要注意排料问题。（追求材料最大利用率）

第四，考虑该零件的加工夹具

对于单件小批量制造应在设计时尽量避免一些在通用机床上无法加工，必须得用专用夹具来进行生产加工的情况。

第五，考虑制造该零件的刀具

在设计零件时要充分考虑在市场上可购买到的且适合自身机床装夹和使用的刀具。尽量避免定制非标刀具。这个部分就要求略知一些刀具的国家标准。比如你

在零件上设计了一个孔，且这个孔是有比较高的圆柱度和光洁度要求。一般我们对于孔的工艺是钻孔或车孔—铰孔或镗孔—或内圆磨。但你这个孔的直径值若是选得不接近刀具第一系列或第二系列时，在标准刀具市场买不到对应的钻头铰刀一类刀具情况下就会变得非常麻烦。

第六，考虑加工这个零件的机床的加工范围

机床都有固定的加工能力范围参数。比如 C6132 表示卧式车床可以实现最大零件回转直径是 320。M7130*1000 代表卧轴矩台平面磨床可一次装夹磨削宽度是 300，长度是 1000 的平面。所以，在设计零件时就要结合这些机床参数考虑加工母机的可夹持或可加工性。

第七，考虑量具

零件制造完成了要求能应用通用的检具，量具来进行测量。比如设计一组圆锥配合，你不选标准莫氏系列或常用的类似 7：24 锥度或 1：50 等这些锥度，而非要弄个 7：23 或 1：47 等锥度的话，那就在标准量具市场买不到通用的标准锥棒和锥套。当然若是采用二次元投影检测或三坐标检测的零件则不在此情况约束范畴内。

第八，考虑热处理要求

对于一些刚入行的朋友来说，在处理一些需要高耐磨性或需要良好的综合力学性能的零件时候，其图纸上往往会出现这样的技术要求，材料 Q235—淬火后硬度达到 HRC60，且要保证淬透性和硬度均匀。材料 45#钢—调质后达 58HRC。对于此类现象，建议您再去多翻翻金属材料与热处理的知识。

5、工程图纸的相关问题

结合国内众多的“山寨”小作坊式的工厂的实际情况，设计图纸的规范化和标准化是个比较矛盾的问题。按正常的，规范的，严谨的，科学的方法和方式来说，一个生产机械设备工厂的技术部门，本应当具备专职的绘图人员，图纸审核人员，工艺规划人员，工装夹具制作人员，以及专职的电气工程师，液压气动工程师或程序员。而在“小农意识”的领导下经过浓缩再压缩处理后往往会精简到一两个人的状况。且此一两个人要在完成上述各职位工作的同时可能还要出具设备使用说明书，产品样本的更新编排，投标文件的编制等等一些技术人员的“活”。

在此，只讨论基于上述一人多能的状况下的图纸实用性的相关问题。（所述可能不适用在具备明确分工，各司其责的规范化公司做事的朋友。）

第一，做为设计人员，在保持谦虚好学的同时更要具备自我主见和独立判断能力

这情况相信很多朋友都有深刻体会，老板是这么说，车间主任那样说，生产经理又有个另外的想法，客户还会提个“合理”的要求。。处理不好这些纷至沓来的意见或建议时，图纸文件包名字将会从设计 1 版逐渐变到设计 11 版。对于此，咱们设计人员若是处理不好，往往会形成思维惯性和依赖性。久而久之我们就会进入一个永远挣扎不出的死循环里。老板，车间主任，生产经理总觉得你这人纯粹就是腰上别只死耗子一冒充打猎的。而你更觉得没了设计自由，觉得和这些泥腿子扯淡完全是夏虫不可语冰。。被约束，被束缚太多，完全被禁锢在指指戳戳和无数的马后炮中。

第二，对于图纸要素要做到知其然亦知其所以然

很多新手出具的图纸往往都“干干净净”异常“整洁”，没有粗糙度标记，没有形状和位置公差要求，没有备注的技术要求，所有的线条粗细都是一致，尺寸缺失，尺寸多余，尺寸链封闭，图纸上体现不出加工和测量的基准，N 多虚线图素等等状况。入行一段时间后，略有体会了，结果可能又出现图纸所标注的尺寸公差以及形状和位置公差要求让人一看就半身不遂，再一看直接瘫痪的状况。

举个简单的例子，当你设计一条轴时（轴承中间布置的情况），我们要明白这条轴在最后磨削处理时的加工基准是两轴端的中心孔，而我们装配后用百分表检测其某段轴段的跳动情况时的测量基准却是基于中间的轴承位 A 和轴承位 B 之间的中心轴线，所以，你觉得在图纸上标注其任意轴段跳动公差时的测量基准是能任意标注么？再例如当你设计的类似法兰连接的两个零件不能实现理想的对接时，请不要第一时间去质问加工或工艺安排人员的过失。你应该拿起你出具的图纸仔细看一看，是不是没有了装配止口了？是不是缺失了“配作”这样的技术要求了？是不是缺失了螺孔位置度要求了？

6、设计的灵魂—计算，校核

咱机械设计所包含的计算可以大致分为如下几类：

A、支持 PLC 或数控系统或运动控制卡等这一类东西所需要的程序逻辑算法。举个简单的例子就是比如解决一只 N 轴联动的机械手的算法问题。需要考虑当臂关节平面移动，臂关节转动，肘关节平面移动，肘关节转动，腕关节转动，指关节摆动。等一切运动所遵循的运动轨迹方程。（这类计算可归类是纯数学计算的性质，物理性东西不牵涉。）

B、紧密联系物理现象的计算。比如静力学，材料力学，弹性力学，流体力学。

当设计某个零件时，首先要考虑这个零件所要承担或完成什么任务，再结合这些任务去确定这个零件的形状，确定形状和所需要满足的运动关系尺寸后再去针对这个零件的受力状态和受力性质以及材质同时考虑转速/热变形/以及设计寿命等等诸多因素后到最后才能下手去确定各个部位的形状和位置尺寸。

C、对于零件或部件加工或组装时候的工时以及各项工艺参数的计算。就比如制造某款设备，铁板下料部分需要进行铁板排料的计算。金加工部分对于不同的加工性质有不同的加工参数的计算以及不同的加工方法排列的计算。以及在这样的工艺参数下各个步骤所需要的加工时间的计算。

最近在弄的一款设备（数控全自动锯片磨齿机）的计算书，光是解决锯片的转角/转速和砂轮的位移量及变化率的函数关系推导部分就有十几页 A4 纸内容。（这个就属于第一类的计算性质）之前弄过的像某型设备工作台不同载荷性质下的承载能力的计算和某弹性体共振频率的确定等都属第二类性质的计算。当然第三类性质计算严格说可以归纳为工艺范畴。

好比是练武一般，如果没有内功的修习，就算是外家招式练得再刚猛，也永远达不到宗师级的境界。所以一个所谓的真正的机械设计师肯定是内外兼修的。那咱们那些缺少逻辑思维的机械设计同行怎么办呢？对，逆向！就是从后往前看。现在的软件技术以及传感技术这么发达。很多时候我们可以避开那类繁杂的计算和验算的步骤。举个简单例子，比如想知道不同转速下某条输出轴的输出扭距情况。直接拿个测扭仪连接在该输出轴上针对各个转速读取就行。那什么电机的功率因素，传动部件间的摩擦，不同传动部件间由于不同的质量和速度引起的加速度啥的咱都给考虑完整了，这样读取的数值将会比从前往后看模式下进行计算而得到的数据更为精确，有效。

当然前提条件是那些基本的物性概念咱是要知道和明了的。关于 CAE 分析问题，楼主也曾有尝试和接触。因为总感觉 CAE 分析对于材料物性数据的准确性以及网

格划分和建模的规范性甚是敏感,更主要的是约束和载荷布置的合理性等等影响最终计算结果的不确定性因素太多,且又无法去进行理论和实践的有效验证,又限于工作节奏和自身领悟能力等原因一直未能对此深究,故不做论述。