

一篇文章带您读懂工业机器人的设计过程

对于工业机器人的设计与大多数机械设计过程相同；首先要知道为什么要设计机器人？机器人能实现哪些功能？活动空间（有效工作范围）有多大？了解基本的要求后，接下来的工作就好作了。

首先是根据基本要求确定机器人的种类，是行走的提升（举升）机械臂、还是三轴的坐标机器人、还是六轴的机器人等。选定了机器人的种类也就确定了控制方式，也就有了在有限的空间内进行设计的指导方向。

接下来的要做的就是设计任务的确定。这是一个相对复杂的过程，在实现这一复杂过程的第一步是将设计要求明确的规定下来；第二步是按照设计要求制作机械传动简图，分析简图，制定动作流程表（图），初步确定传动功率、控制流程和方式；第三步是明确设计内容，设计步骤、攻克点、设计计算书、草图绘制，材料、加工工艺、控制程序、电路图绘制；第四步是综合审核各方面的内容，确认生产。

下面我将以六轴工业机器人作为设计对象来阐明这一设计过程：

在介绍机器人设计之前我先说一下机器人的应用领域。机器人的应用领域可以说是非常广泛的，在自动化生产线上的就有很多例子，如垛码机器人、包装机器人、转线机器人；在焊接方面也有很例子，如汽车生产线上的焊接机器人等等；现在机器人的发展是非常的迅速，机器人的应用也在民用企业的各个行业得以延伸。机器人的设计人才需求也越来越大。

六轴机器人的应用范畴不同，设计形式也各不相同。现在世界上生产机器人的公司也很多，结构各有特色。在中国应用最多的如：*ABB*、*Panasonic*、*FANUK*、莫托曼等国外进口的机器人。

既然机器人的应用那么广泛，在我国却没有知名的生产公司。对于作为中国机械工程技术人员来说是一个值得思考的问题！有关机器人技术方面探讨太少了？从业人员还不能成群体？虽然在很多地方可以看到机器的论术，可是却没有真正形成普及的东西。

即然是要说设计，那我就从头一点一点的说起。力求讲的通俗简明一些，讲得不的地方还请各位指正！

六轴机器人是多关节、多自由度的机器人，动作多，变化灵活；是一种柔性技术较高的工业机器人，应用面也最广泛。那么怎样去从头开始的设计它呢？工作范围又怎样去确定？动作怎样去编排呢？位姿怎样去控制呢？各部位的关节又是有怎么样的要求呢？等等。。。。。让我们带着众多的疑问慢慢的往下走吧！

首先我们设定：机器人是六轴多自由度的机器人，手爪夹持二氧化碳气体保护焊标准焊枪；完成点焊、连续焊等不同要求的焊接部件，工艺要求、工艺路线变化快的自动生产线上。最大伸长量：**1700mm**；转动 **270** 度；底座与地平线水平固定；全电机驱动。

好了，有了这样的基本要求我们就可以做初步的方案思考了。

首先是全电机驱动的，那么我们在考虑方案的时候就不要去考虑液压和气压的各种结构了，也就是传动机构只能用齿轮齿条、连杆机构等机械机构了。

机器人是用于焊接方面的，那么我们就去考察有人工行为下的各种焊接手法和方法。这里就有一个很复杂的东西在里面，那就是焊接工艺；既然焊艺定不下来，我们就给它区分一下，在常用焊接里有单点点焊、连续断点点焊、连续平缝焊接、填角焊接、立缝焊接、仰焊、环缝焊等等。。。。。。

搞清了各种焊方法，也就明白了要实现这些复杂的动作就要有一套可行的控制方式才行；在机械没有完全设计出来之前可以不做太多的控制方案思考，有一个大概的轮廓概念就行了，待机械结构做完，各方面的驱动功率确定下来之后再做详细的程序。

焊枪是用常用的标准的焊枪，也就是说焊枪是随时可以更换下来的，也就要求我们要做到对焊枪的夹持部分进行快速锁定与松开。

焊枪在焊接过程中要进行各种焊接姿态调整，那么机械手腕就要很灵活，在各个方位角度上都可调节。

有了上面的基本要求和设定条件，方案推理也有了条理，接下来我们就把设计要求明确下来，设计方向就不会有太大的偏离了。

设计任务

设计要求：机器人适用于焊接领域，可以完成各种焊接动作；为了机器人能适应各种焊接工艺，在线调整工艺快速，编制控制程序时采用柔性控制程序，自适应在线、离线示教程序；焊缝、焊池、焊道成像跟踪，自动调节焊机的各项参数。

机器人采用全伺服驱动，地面固定安装。六轴控制，各关节运动灵活，按工艺描述表设计各轴动作范围，尽量使机构紧凑，整体外形美观。

工艺描述

工艺描述	六轴动作顺序	动作范围	速度范围	定位精度	驱动功率	电器元件
	1 轴（回旋）	360 度			0.75Kw	
	2 轴（大臂俯仰）	160 度			1.5KwX2 台	
	3 轴（前臂俯仰）	210 度			0.5Kw	
	4 轴（小臂旋转）	270 度			0.35Kw	
	5 轴（手腕俯仰）	150 度			300Kw	
	6 轴（手腕旋转）	360 度			200w	

设计内容

机械设计：根据设计要求及工艺描述设计各关节的机械机构，确定各部件的材料和加工工艺；制作计算书，验算机械强度、驱动功率和给出最大抓（举）重量，各运动路径的惯量计算，位姿的控制计算。验算机器人各关键部件使用寿命。结合控制程序及电路制作机器人维修保养说明书。

程序控制设计：根据设计要求与机械工程师最后制定的工艺路线设计控制流程；结合机械结构与驱动、信号反馈方式，设计机器人运动程序；程序要具有自适应

功能，自动定点跟踪，对焊机电流、电压实时监测，并自动调节；焊道、焊池用成像监测判别技术。

设计电路图

有了这样一个文件，我们就好设计了；那么我们首先就要做的是：绘制机器人运动简图，规划机器人运动轨迹，做好这些我们就可以进行机械机构的设计，同时可以考虑程序的线路图了。

先做一个简图，来研究一下运动规迹。

机器人运动简图：

当我们把机械运动简图画好后，一般的情况下是先对简图进行分析；虽然简图不能全部反映机械结构的组成，但是它却表现出了要设计的物体的总体轮廓。

那么对于我们这个机器人的简图，我们从哪里着手分析才合理呢？

首先，我们看一下设计任务书的内容。从任务书中知道，六个轴中有三个轴是做旋转运动的，其余作摆角运动。

结合任务书，我们看一下简图，是不是第 1 轴、第 4 轴和第六轴是做转动的，也就是说我们要检查一下我们所画的简图是不是与任务书中的要求相符合，符合了也就代表我们的设计思路与要求（客户要求）相同，可以进行下一步工作，如果不同，就得重新画简图。

从简图知道，机器人的手臂伸缩范围较大；如果把手臂全部伸直，而且我们假设地把它看成同一钢体，这样就形成一端固定的悬臂梁。

应用力学知识体系中的有关梁的分析我们知道，要搞清悬臂梁的变形量，首先要知道梁的重量和截面惯量。

由简图知道，由于有多个关节连接，要知道截面形状和惯量不太容易，只有把所有的机构都设计完成后才会知道想求的参数。

由简图看出，第二轴担负着手臂的上下运动，而且手臂又比较长，在运动的过程中必然存在着惯性冲量，也就是说，当大臂的运动速度很慢时，惯性就很小；如

果速度加快，惯性就加大，这个惯性冲量是与速度有着线性关系；怎样保持一定的速度，又不让惯性随着变化呢？大家都知道，增加阻尼，可有效消除这种关系。这样，大家就可以理解简图上两个弹簧的用意了。

即然是这样，那我们就从手腕开始设计。也说是大家所说的从上到下的设计方法。

设计手腕要考虑哪些问题呢？可以知道的是有一把焊枪，焊枪的重量不是很重，同时要有夹持焊枪的手爪。也就是说手腕在转动时的负载是不大的，选择驱动功率不大的元件就行了。

要让手腕在 **360** 度范围内转动，而且后面紧跟着又有一个上下摆动的关节；手腕又是在机器人手臂的最前端，当然总体质量不能太重。用什么样的机构最好呢？下面我们考虑几个方案：

1. 如简图所示，采用行星齿轮传动。电机驱动太阳轮，行星轮绕太阳轮转动，内齿轮经行星轮减速与太阳轮反向运动，电机与太阳轮同轴安装。
2. 多级齿轮减速传，电机安装于手腕一侧。
3. 摆线针轮减速传动，电机与偏心轴同轴安装。
4. 蜗轮蜗杆减速传动，电机有两种安装方式：一种与输出轴成 **90** 度安装，另一种与输出轴同轴线反向错位安装。

如上所述，还有很多种方式方法，到底选哪一种最好呢？这样我们就要做比较了。从上面的方案里看，第 **2** 种方法是不行的；第 **4** 种方法如果采用，手腕的结构就会很大，不利于机器人在运动时做精密定位。这样我们去除了两种方法，我们再比较一下第 **1** 种和第 **3** 种方法；

行星齿轮传动，传动比大，结构复杂，齿轮副配合有间隙，不能自锁。如果采用就得提高齿轮精度，由于是精密传动，齿轮材料也不能按常规齿轮选用材料，加工工艺相对常规齿轮相复杂的多。

摆线针轮传动，传动比大，结构复杂，传动间隙小，可以自锁。如果采用，手腕的尺寸不会太小，并且零件加工困难，精度不易保证。

比较各方面后，决定采用行星齿轮传动机械结构。行星齿轮在传动的过程中有装配间隙和机械磨损所造成的间隙；要消除这些机械间隙首先就要让齿轮副的配合间隙要小，齿轮材料经热处理后表面要耐磨，因此行星齿轮副的设计计算不能按

常规行星齿轮的设计方法去计算。机器人的手腕是很灵活的关节，而且是要做正反两个方向的回转。怎么样安装电机是一个问题；行星齿轮传动机构与手腕俯仰关节连接是一个问题。

还有，手腕的运动速可能是非等速的；怎么样去控制电机？又怎么样去采集反馈信号？发出的控制信号到执行单元的过程中有没外部干扰？它来自哪里？

再有，就是手腕在运动过程中的精度；手腕在空间做相对运动，怎样去实现运动精度？影响运动精度的因素有哪些？

在设计手腕这前一定要搞清楚影响手腕的各方面的因素及内容，问题得到解答后再真正开始手腕的设计。

下面给出伺服电机的的技术参数：

型号： *MSMD04ZS1V*

额定输出功率： *400W*

额定转矩： *1.3 N.m* 最大转矩： *3.8 N.m*

额定转速/最高转速： *3000/5000 rpm*

电机惯量（有制动器）： *$1.7 \times 10^{-4} \text{Kg.m}^2$*

变压器容量： *0.9 KVA*

编码器： *17 位（分辨率：131072）. 7 线制增量式/绝对式.*

适配驱动器型号： *MBDDT2210*

位置控制接线图：

17 位增量式/绝对式编码器接线图：

即然我们选用了行星齿轮传动，那么我们就要进行行星齿轮的相关计算。

首先选定模数，由于机器人手腕部分结构要求尽量的小，输出的转矩也相应不是很大，但是，它却会在正反两个方向上存在着高速换向的可能，也就是说在换向时齿轮要克服很大的惯性力，因此，模数的选择计算要按输出转矩的数倍来计算，也就是说：在按强度计算模数时，安全系数选大些。同时由于结构的限制，尽量选用小模数。有关齿轮的计算公式大家可以查阅《齿轮设计手册》。这里我选用模数为： *1m* 选定了模数，下面就要计算传动比，有关行星齿轮传动的计算大家可查阅《齿轮设计手册》或《机械设计手册》内的《齿轮传动部分》，里面有详细的介绍和计算范例。在此不作介绍和引用。

行星齿轮传动，必定有一个结构是浮动的，在机器人手腕部分是不是也适用呢？哪一部分做输出了？哪一部分浮动？

首先，机器人手腕做 **360** 度转动，结构又比较小，再者就是它的输出部分是要有一个法兰，用来安装夹持执行部件的。

如果让行星架浮动，行星齿轮分布在太阳轮圆周上，让它浮动时，在运转过程中它不是绕定轴转动，也就是说它不满足输出法兰的转动条件。

现在我们考虑一下让内齿转动，法兰固定在内齿轮上，这样就可以保证法兰的转动条件。

下面给出手腕的结构图，无浮动部件，内齿轮转动。