

机器人是如何动作的

有学过机器人编程的同学都知道，不论是乐高还是优必选，让机器人按自己设计的方式挥挥手，跳个舞还是比较容易的，只要在编程界面下写出相应的动作语句就可以了，如“左臂旋转 60 度”，“往前进 10 厘米”等。如果创作者头脑灵活的话，完全可以创作出非常帅酷的动作。

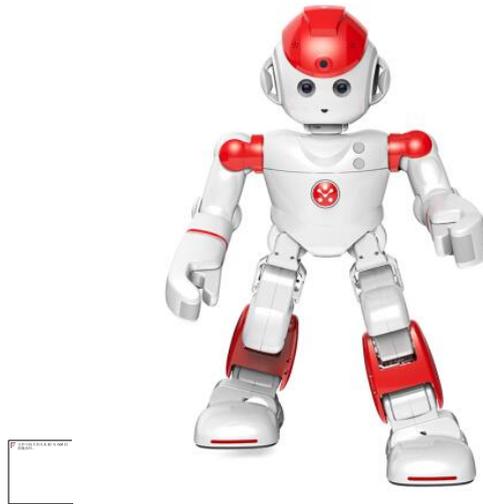


图 1: 优必选 Alpha 机器人

看起来好象简单，但机器人要完成一个动作要付出的努力要比想象的复杂的多。以一个简单的机械臂为例，我们的目标是让顶端到达某个指定位置。为实现这一目标，编程人员只需给出一条程序，告诉机器人指定位置的坐标就可以了，但机器人要做什么呢？首先，它要依运动学原理，计算出要将顶端送到指定位置，机械臂各个连杆之间的夹角应如何随时间发生变化，并设计加速与减速过程；之后，它要依动力学原理，计算出要完成上述夹角变化，应该在连杆的动力部件上加多大的力矩；最后，为实现稳定的动作，还需要参考传感器给出的反馈，依自动控制原理即时调整力矩大小[1]。



图 2：机械臂示例

前面描述的计算过程只是最简单的机械臂动作的实现方法，人形机器人的运动学和动力学特性更为复杂，机器人的设计者需要付出更大努力，只不过编程人员对此不必关注。

值得说明的是，上述通过编程控制机器人动作的方式还谈不上智能。稍微智能的方式是通过示教完成任务，例如，由人拉着机械臂移动到指定位置，机械臂记住各个关节的运动轨迹，并通过动力学计算完成相似的移动过程。通过类似的示教，可以教会机器焊接、举重、做刀削面。

随着深度强化学习的兴起，一些机器人可以通过自我学习来学会完成一些简单的任务，如开门，抓取物品等。图 4 是 Google 的研究者利用 4 台机器人练习开门技巧的例子。值得说明的是，这些自动学习的机器人可以直接学习在特定状态下需要的力矩大小，因此不需要运动学和动力学计算。基于学习的机器人更加智能，但因为物理机器人的学习成本高，到目前为止还只能用于特定任务上。



图 3：Google 的研究者用群体机器人自动学习开门技巧[2]

总结一下，机器人如何完成动作有两种方式：**基于编程的机器人**通过运动学、动力学计算获得如何动作的控制信号（力矩）；**基于学习的机器人**通过学习得到的模型自动获得完成动作所需要的控制信号。前者多用于通用任务，后者多用于特定任务。两者也可以结合起来，大目标通过编写程序确定，小目标通过学习实现。比如在机器开门的实验中，由人来设计开门的动作过程，但对过程中的每一个状态利用学习方法获得力矩，保证每个动作顺利完成。随着人工智能技术的进步，未来机器人编程会越来越简单，人们只需要告诉机器人工作目标是什么，他应该就能自主工作了。

[1] 王东，人工智能，清华大学出版社，2019.10.

[2] Yahya A, Li A, Kalakrishnan M, et al. Collective robot reinforcement learning with distributed asynchronous guided policy search[C]//2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE, 2017: 79-86.