|  |
| --- |
| 机器人用传感器 |
|      外部传感器 |
|      1．概述     为了检测作业对象及环境或机器人与它们的关系，在机器人上安装了触觉传感器、视觉传感器、力觉传感器、接近觉传感器、超声波传感器和听觉传感器，大大改善了机器人工作状况，使其能够更充分地完成复杂的工作。由于外部传感器为集多种学科于一身的产品，有些方面还在探索之中，随着外部传感器的进一步完善，机器人的功能越来越强大，将在许多领域为人类做出更大贡献。     2．外部传感器按功能分类    （1）触觉传感器    触觉是接触、冲击、压迫等机械刺激感觉的综合，触觉可以用来进行机器人抓取，利用触觉可进一步感知物体的形状、软硬等物理性质。对机器人触觉的研究，只能集中于扩展机器人能力所必需的触觉功能，一般把检测感知和外部直接接触而产生的接触觉、压力、触觉及接近觉的传感器称为机器人触觉传感器。     1）接触觉：接触觉是通过与对象物体彼此接触而产生的，所以最好使用手指表面高密度分布触觉传感器阵列，它柔软易于变形，可增大接触面积，并且有一定的强度，便于抓握。接触觉传感器可检测机器人是否接触目标或环境，用于寻找物体或感知碰撞。     ① 机械式传感器：利用触点的接触断开获取信息，通常采用微动开关来识别（物体的二维轮廓，由于结构关系无法高密度列阵。     ② 弹性式传感器：这类传感器都由弹性元件、导电触点和绝缘体构成。如采用导电性石墨化碳纤维、氨基甲酸乙酯泡沫、印制电路板和金属触点构成的传感器，碳纤维被压后与金属触点接触，开关导通。也可由弹性海绵、导电橡胶和金属触点构成，导电橡胶受压后，海绵变形，导电橡胶和金属触点接触，开关导通。也可由金属和铰青铜构成，被绝缘体覆盖的青铜箔片被压后与金属接触，触点闭合。     ③ 光纤传感器：这种传感器包括由一束光纤构成的光缆和一个可变形的反射表面。光通过光纤束投射到可变形的反射材料上，反射光按相反方向通过光纤束返回。如果反射表面是平的，则通过每条光纤所返回的光的强度是相同的。如果反射表面因与物体接触受力而变形，则反射的光强度不同。用高速光扫描技术进行处理，即可得到反射表面的受力情况。     2）接近觉：接近觉是一种粗略的距离感觉，接近觉传感器的主要作用是在接触对象之前获得必要的信息，用来探测在一定距离范围内是否有物体接近、物体的接近距离和对象的表面形状及倾斜等状态，一般用“1”和“0”两种态表示。在机器人中，主要用于对物体的抓取和躲避。接近觉一般用非接触式测量元件，如霍尔效应传感器、电磁式接近开关和光学接近传感器。     以光学接近传感器为例，其结构如下图1所示。由发光二极管和光敏晶体管组成。发光二极管发出的光经过反射被光敏晶体管接收，接收到的光强和传感器与目标的距离有关，输出信号Uout是距离x的函数：    Uout＝f（x）。红外信号被调制成某一特定频率，可大大提高信噪比。     3）滑觉：机器人在抓取不知属性的物体时，其自身应能确定最佳握紧力的给定值。当握紧力不够时，要检测被握紧物体的滑动，利用该检测信号，在不损害物体的前提下，考虑最可靠的夹持方法，实现此功能的传感器称为滑觉传感器。     滑觉传感器有滚动式和球式，还有一种通过振动检测滑觉的传感器。物体在传感器表面上滑动时，和滚轮或环相接触，把滑动变成转动。 |
|

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

 |
|     磁力式滑觉传感器中，滑动物体引起滚轮滚动，用磁铁和静止的磁头，或用光传感器进行检测，这种传感器只能检测到一个方向的滑动。球式传感器用球代替滚轮，可以检测各个方向的滑动，振动式滑觉传感器表面伸出的触针能和物体接触，物体滚动时，触针与物体接触而产生振动，这个振动由压点传感器或磁场线圈结构的微小位移计检测。滚轮式滑觉传感器如图2所示。    （2）力觉传感器    力觉是指对机器人的指、肢和关节等运动中所受力的感知，主要包括腕力觉、关节力觉和支座力觉等，根据被测对象的负载，可以把力传感器分为测力传感器（单轴力传感器）、力矩表（单轴力矩传感器）、手指传感器（检测机器人手指作用力的超小型单轴力传感器）和六轴力觉传感器。力觉传感器根据力的检测方式不同，可以分为：①检测应变或应力的应变片式；②利用压电效应的压电元件式；③用位移计测量负载产生的位移的差动变压器、电容位移计式，其中应变片被机器人广泛采用。     在选用力传感器时，首先要特别注意额定值，其次在机器人通常的力控制中，力的精度意义不大，重要的是分辨率。另外，在机器人上实际安装使用力觉传感器时，一定要事先检查操作区域，清除障碍物。这对实验者的人身安全、对保证机器人及外围设备不受损害有重要意义。    （3）距离传感器    距离传感器可用于机器人导航和回避障碍物，也可用于机器人空间内的物体进行定位及确定其一般形状特征。目前最常用的测距法有两种：     1）超声波测距法：超声波是频率20kHz以上的机械振动波，利用发射脉冲和接收脉冲的时间间隔推算出距离。超声波测距法的缺点是波束较宽，其分辨力受到严重的限制，因此，主要用于导航和回避障碍物。     2）激光测距法：激光测距法也可以利用回波法，或者利用激光测距仪，其工作原理如下：     氦氖激光器固定在基线上，在基线的一端由反射镜将激光点射向被测物体，反射镜固定在电动机轴上，电动机连续旋转，使激光点稳定地对被测目标扫描。由CCD（电荷耦合器件）摄像机接受反射光，采用图像处理的方法检测出激光点图像，并根据位置坐标及摄像机光学特点计算出激光反射角。利用三角测距原理即可算出反射点的位置。    （4）其他外部传感器    除以上介绍的机器人外部传感器外，还可根据机器人特殊用途安装听觉传感器，味觉传感器及电磁波传感器，而这些机器人主要用于科学研究、海洋资源探测或食品分析、救火等特殊用途。这些传感器多数属于开发阶段，有待于更进一步完善，以丰富机器人专用功能。    （5）传感器融合    系统中使用的传感器种类和数量越来越多，每种传感器都有一定的使用条件和感知范围，并且又能给出环境或对象的部分或整个侧面的信息，为了有效地利用这些传感器信息，需要采用某种形式对传感器信息进行综合、融合处理，不同类型信息的多种形式的处理系统就是传感器融合。传感器的融合技术涉及神经网络、知识工程、模糊理论等信息、检测、控制领域的新理论和新方法。     传感器汇集类型有多种，现举两种例子。     1）竞争性的：在传感器检测同一环境或同一物体的同一性质时，传感器提供的数据可能是一致的，也可能是矛盾的。若有矛盾，就需要系统裁决。裁决的方法有多种，如加权平均法、决策法等。在一个导航系统中，车辆位置的确定可以通过计算法定位系统（利用速度、方向等记录数据进行计算）或陆标（如交叉路口、人行道等参照物）观测确定。若陆标观测成功，则用陆标观测的结果，并对计算法的值进行修正，否则利用计算法所得的结果。     2）互补性的：传感器提供不同形式的数据。例如，识别三维物体的任务就说明这种类型的融合。利用彩色摄像机和激光测距仪确定一段阶梯道路，彩色摄像机提供图像（如颜色、特征），而激光测距仪提供距离信息，两者融合即可获得三维信息。     目前，要使多传感器信息融合体系化尚有困雄，而且缺乏理论依据。多传感器信息融合的理想目标应是人类的感觉、识别、控制体系，但由于对后者尚无一个明确的工程学的阐述，所以机器人传感器融合体系要具备什么样的功能尚是一个模糊的概念。相信随着机器人智能水平的提高，多传感器信息融合理论和技术将会逐步完善和系统化。 |
| 内部传感器 |
|      1．概述     在有关工业机器人功能的术语中，“内部”测量功能定义为测量机器人自身状态的功能，所谓内部传感器就是实现该功能的元件，具体检测的对象有关节的线位移、角位移等几何量，速度、角速度、加速度等运动量，还有倾斜角、方位角、振动等物理量，对各种传感器要求精度高、响应速度快、测量范围宽。内部传感器中，位置传感器和速度传感器，是当今机器人反馈控制中不可缺少的元件。现已有多种传感器大量生产，但倾斜角传感器、方位角传感器及振动传感器等用作机器人内部传感器的时间不长，其性能尚需进一步改进。     2．内部传感器按功能分类    （1）规定位置、规定角度的检测    检测预先规定的位置或角度，可以用ON/OFF两个状态值，这种方法用于检测机器人的起始原点、越限位置或确定位置。     l）微型开关：规定的位移或力作用到微型开关的可动部分（称为执行器）时，开关的电气触点断开或接通。限位开关通常装在盒里，以防外力的作用和水、油、尘埃的侵蚀。     2）光电开关：光电开关是由LED光源和光敏二极管或光敏晶体管等光敏元件组成，相隔一定距离而构成的透光式开关。当光由基准位置的遮光片通过光源和光敏元件的缝隙时，光射不到光敏元件上，而起到开关的作用。    （2）位置、角度测量    测量机器人关节线位移和角位移的传感器是机器人位置反馈控制中必不可少的元件。     1）电位器：电位器可作为直线位移和角位移检测元件，其结构形式如图1所示。 |
|  |
|     所以，为了保证电位器的线性输出，应保证等效负载电阻远远大于电位器总电阻。电位器式传感器结构简单，性能稳定，使用方便，但分辨率不高，且当电刷和电阻之间接触面磨损或有尘埃附着时会产生噪声。     2）旋转变压器：旋转变压器由铁心、两个定子线圈和两个转子线圈组成，是测量旋转角度的传感器。定子和转子由硅钢片和坡莫合金叠层制成，如图2所示。     在各定子线圈加上交流电压，转子线圈中由于交链磁通的变化产生感应电压。感应电压和励磁电压之间相关联的耦合系数随转子的转角而改变。因此，根据测得的输出电压，就可以知道转子转角的大小。可以认为，旋转变压器是由随转角θ而改变且耦合系数为Ksinθ或Kcosθ的两个变压器构成的。     定子上两个绕组的励磁电压为                Esl=Ecosωt,Es2=Esinωt     转子两个绕组输出电压为                                      Erl=K(Eslcosθ-Es2sinθ)=KEcos(ωt+θ)                                      Er2=K(Es2cosθ-Es2sinθ)=KEsin(ωt+θ)     可见，转子绕组输出电压幅值与励磁电压的幅值成正比，对励磁电压的相位移等于转子的转动角度θ，检测出相位θ，即可测出角位移。     3）编码器：编码器输出表示位移增量的编码器脉冲信号，并带有符号。根据检测原理，编码器可分为光学式、磁式、感应式和电容式。根据其刻度方法及信号输出形式，分为增量式编码器和绝对式编码器。作为机器人位移传感器，光电编码器应用最为广泛。 |
|

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

 |
|     光电编码器的工作原理如图3所示，在圆盘上有规则地刻有透光和不透光的线条，在圆盘两侧，安放发光元件和光敏元件。当圆盘旋转时，光敏元件接收的光通量随透光线条同步变化，光敏元件输出波形经过整形后变为脉冲，码盘上有之相标志，每转一圈输出一个脉冲。此外，为判断旋转方向，码盘还可提供相位相差90º的两路脉冲信号，如图3所示。     绝对式编码器与增量式编码器不同之处在于圆盘上透光、不透光的线条图形，绝对编码器可有若干编码，根据读出码盘上的编码，检测绝对位置。编码的设计可采用二进制码、循环码、二进制补码等。     磁编码器在强磁性材料表面上记录等间隔的磁化刻度标尺，标尺旁边相对放置磁阻效应元件或霍尔元件，即能检测出磁通的变化。与光电编码器相比，磁编码器的刻度间隔大，但它具有耐油污、抗冲击等特点。人们期待着磁编码器和高分辨率的光电编码器能尽早地用作机器人的内传感器。    （3）速度、角速度测量    速度、角速度测量是驱动器反馈控制中必不可少的环节，有时也利用测位移传感器测量速度及检测单位采样时间位移量，然后用F/V转换器变成模拟电压，但这种方法有其局限性，在低速时，存在着不稳定的危险；而高速时，只能获得较低的测量精度。     最通用的速度、角速度传感器是测速发电机或成为转速表的传感器、比率发电机。恒定磁场中的线圈发生位移，线圈两端的感应电压E与线圈内交链磁通φ的变化率成正比，输出电压为       E＝-dφ/dt     根据这个原理，测量角速度的测速发电机，可按其构造分为直流测速发电机、交流测速发电机和感应式交流测速发电机。    （4）加速度测量    随着机器人的高速比、高精度化，由机械运动部分刚性不足所引起的振动问题开始提到日程上来了。为了解决振动问题，有时在机器人的运动手臂等位置安装加速度传感器，测量振动加速度，并把它反馈到驱动器上。加速度传感器分为：     1）应变片加速度传感器：应变片加速度传感器是由一个板簧支承重锤所构成的振动系统。在板簧两面分别贴两个应变片，应变片受振动产生应变，其电阻值的变化通过电桥电路的输出电压被检测出来。     2）伺服加速度传感器：伺服加速度传感器中振动系统重锤位移变换成成正比的电流，把电流反馈到恒定磁场中的线圈，使重锤返回到原来的零位移状态。根据         F=ma=ki     这样，根据检测的电流入可以求出加速度。     3）压电感应加速度传感器：压电感应加速度传感器是利用具有压电效应的物质，将加速度转换为电压，即                            U＝Q/ACP＝dijF/CP                              a＝UCP/dijFm式中     CP——压电元件电容；        dij——压电常数；         U——电压；         m——质量。    （5）其他内部传感器除以上介绍的常用内部传感器外，还有一些根据机器人不同要求而安装的不同功能的内部传感器，如用于倾斜角测量的液体式倾斜角传感器、电解液式倾斜角传感器、垂直振子式倾斜角传感器、用于方位角测量的陀螺仪和地磁传感器。这些传感器有待于进一步完善，更好地用于机器人上。 |