

物体质量测量实验报告

12012907 张艺峰

实验原理介绍

本次实验，我们组采用的是电机施力称重的原理。众所周知，电机是一种用来提供拉力的设备，其往往在许多场合都能提供大且充足的拉力，因此也可以用于进行质量测量。本次实验所采用的电机为直流电机，其外观如图1所示：



图1 直流电机

这款电机使用的编码器为光电编码器，旋转一周的编码数为5W+，可以比较准确的读取电机转动的角度。

对于电机而言，其本身的输出并非是力，而是力矩。在输入一定量的电流之后电机就会按照一定的功率输出力矩，对于直流电机而言，此时电机提供的力矩大小可以近似的与输入的PWM波的占空比大小成正比。而对于测量物体质量这个任务而言，我们还需要将输出的力矩进一步与力的大小关联起来，这一步是通过杠杆原理实现的。

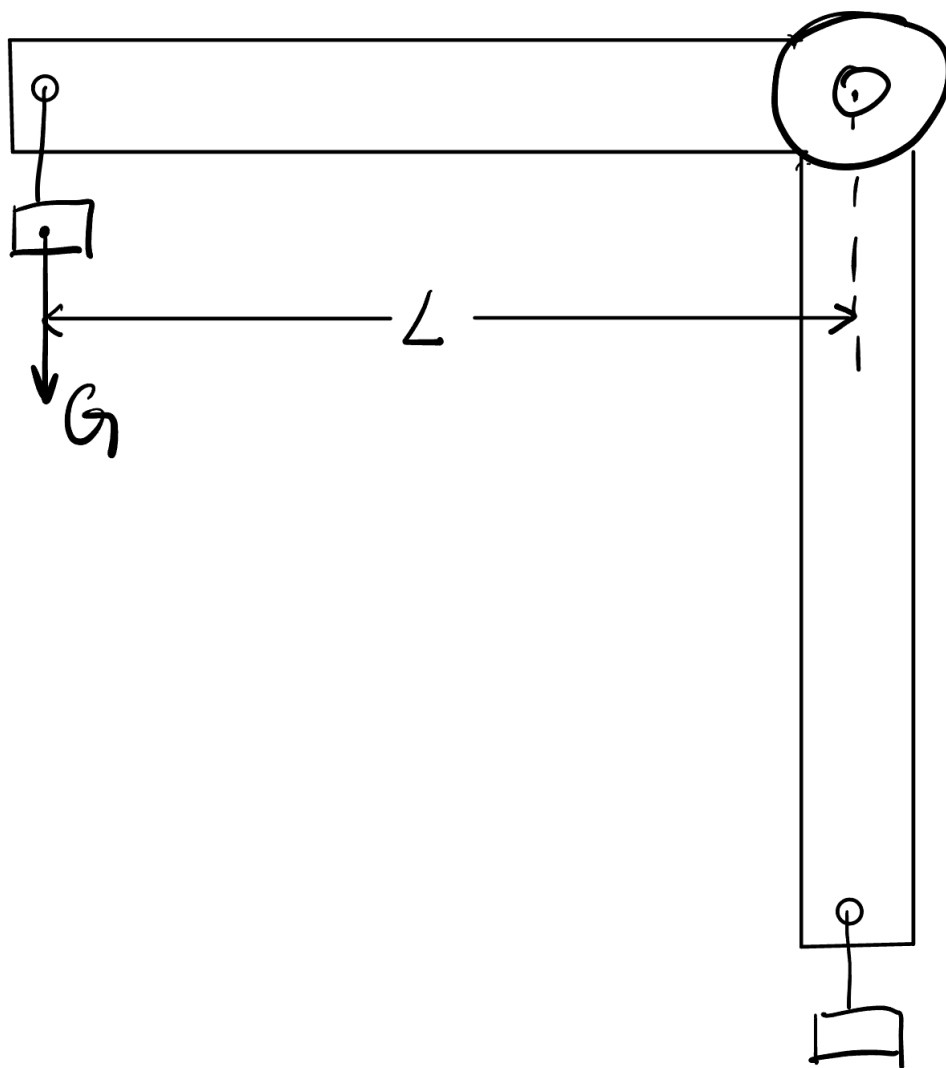


图2 测重原理

实际使用的测重设备如上图所示，由电机与杠杆两部分组成。假设杠杆杆长为 L ，物体重力为 G ，程序控制输入电机的PWM值为 I ，忽略电机法兰上的摩擦，当杠杆在水平位置不动时，我们可以推导出如下结果：

$$\tau_{\text{出}} = kI_{\text{出}}$$

$$\tau = \tau_{\text{出}} = GL = mgL$$

$$m = \frac{kI}{gL_{\text{出}}}$$

因此，我们可以认为使用电机测量质量的方式基本是线性的，即测量质量与输入的PWM大小成正比。

在实际使用的过程中，我们发现使用的电机轴摩擦力较大、随角度、使用时长等状态发生变化且无法被忽略，且经常过大以至于电机无需提供扭矩即可让杠杆处于水平位置不运动。为了尽量上避免这个问题，让电机轴上的阻力尽量保持恒定以便标定，我们选择让电机有一定程度的运动，即让电机初始处于图2中的垂直位置，随后使用位置环控制将电机提升至水平，在测得某一运动过程中PWM的数值作为 $I_{\text{出}}$ 。当电机处于匀速运动时，电机轴处产生的阻力几乎为定值。在我们设计的控制过程中，接近水平位置时，电机将会缓慢运动，此时加速过程较短，可以视为匀速运动，因此能较好的测出物体重力。

电机的控制方式选择的是位置环PID控制，系统设计流程如图3。

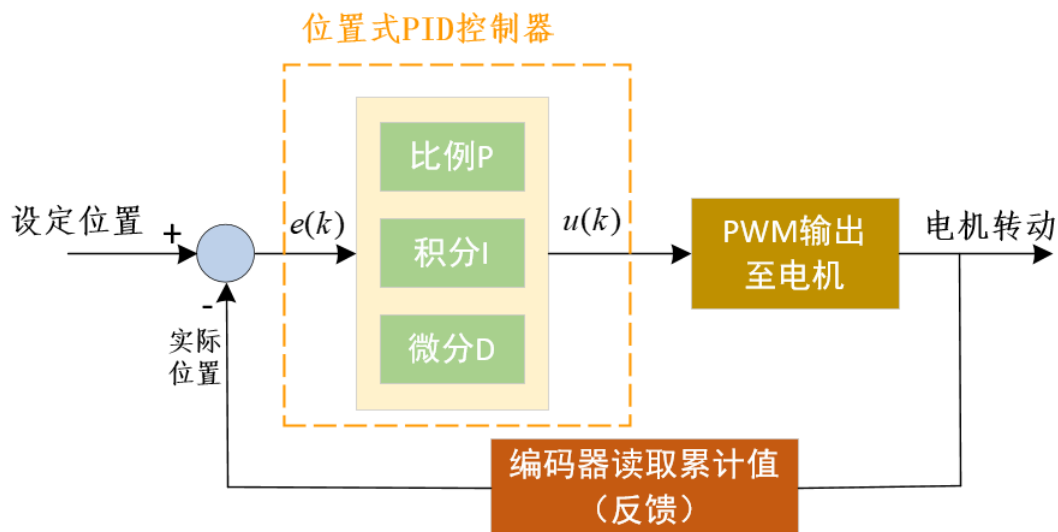


图3 位置环控制

其中，电机初始位置为图2中的垂直位置。将编码器的返回值作为反馈输入给系统控制器，控制器将在控制过程中将稳态误差逐渐调整为0，因此可以实现控制器控制电机保持在设定位置。在测量开始后，测试员将从控制端输入 $P_{ref} = 90^\circ$ ，随后电机将在控制器控制下摆动至水平位置。此过程中，电机将读取特定角度下PWM波输入作为电流，并根据数值求出待测物体质量。

除此之外，我们还有实现速度环的PID控制器，其设计流程如图4。

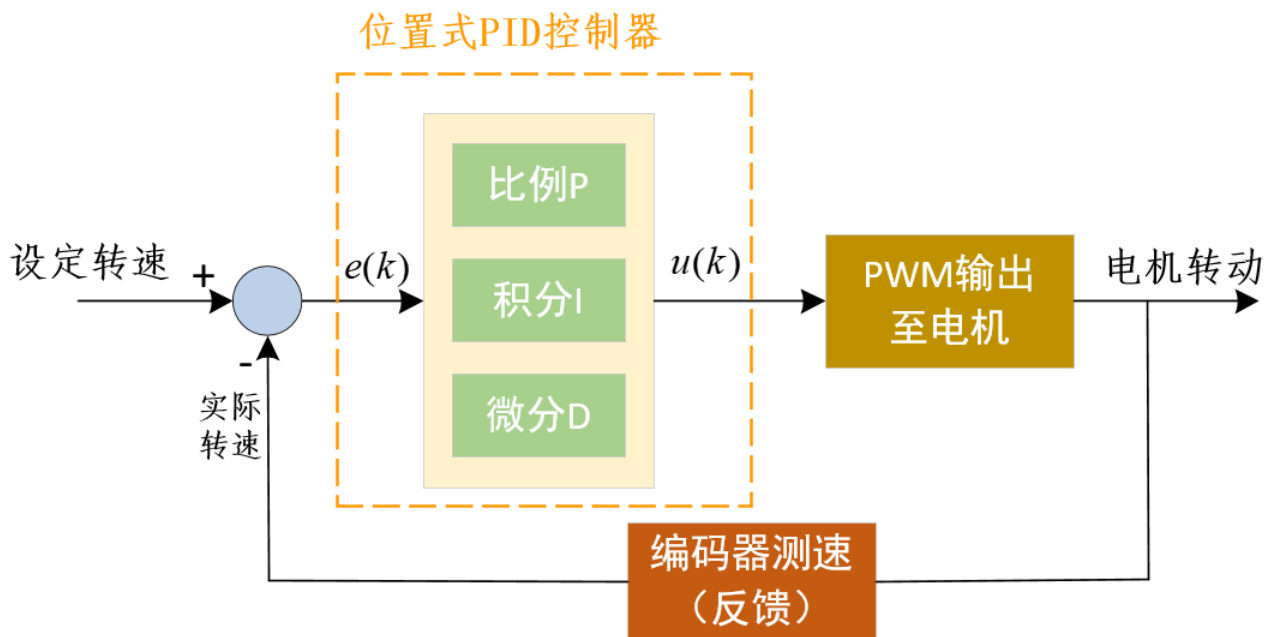


图3 位置环控制

与位置环不同的是，速度环控制的是电机转速稳定，因此需要根据电机提供的位置信息来得到转速并作为输入。电机的转速输入获得的方式是跟每次循环中记录的位置求得控制步长过程中电机运动的距离，再将转动角度除以时长获得角速度作为控制器输入。

实验总结

总的来说，此次实验的进展并不顺利。本次实验利用电机和杠杆原理测量物体的质量，旨在探索电机电流输入和物体质量之间的关系。然而，由于对电机的陌生和控制器编程知识的匮乏，我们遇到了一些挑战，特别是在选择使用速度环还是位置环时，我们经过了长时间的探索和讨论。

Project使用的控制板是Arduino同样有非常大的影响。众所周知的是，ArduinoPWM输出的分辨率较低，只有八位256挡输入。这一缺点直接限制了我们测量的分辨率的上限，无法获得更精确的结果。而PWM分辨率的低下也使得我们在速度环控制上的精度受到了影响。因此，我们不得不用近似匀速的过程来替代理想中的最佳控制方案。再者，由于我们的控制器在技术上不够先进，不能自动调整以适应物体质量的变化，这也限制了我们实验的准确性。

然而，尽管我们在实验中遇到了这些困难和挑战，我们也从中学到了很多宝贵的知识和经验。首先，我们通过亲手操作和调试，对直流电机有了更深入的了解。其次，我们学习和实现了控制环和位置环，这是一个非常重要的技术技巧。最后，通过实践，我们更熟悉了如何调整PID参数，这对于提高我们的控制精度具有重要作用。

总的来说，虽然我们的实验设备和技术还存在一些限制，但我们通过这次实验深化了对电机控制和质量测量的理解，为未来相关领域的研究打下了基础。我们期待在未来的实验中，能够使用更高级的设备和技术，以提高测量和控制的准确性，进一步拓宽我们的研究视野。