20200413 在线研讨

Q: 老师，要评价一台激光器的好坏（或者对于外腔反馈评价其反馈的好坏），一般会关注哪些参数？例如功率、波长、自由运行线宽、无跳模区间。横模一般怎么衡量或调节？

A：无跳模区间（mod-hop-free range）最重要，还有就是模式的好坏。其他参数都不及这个重要。功率，够用就行；波长，对了就行；自由运行线宽，多半还需要锁频。一般来讲，无跳模范围越大，处于该区间中部的激光器模式越好。

但是，我们需要用足够精密的仪器去实际测量激光器模式：一般来讲，波长计可以粗测，但是，有的细微的频率噪声是波长计看不出来的。如果你需要锁频，那么就先拿一个高速光电二极管（至少几百兆赫兹线宽）放在激光光路里面看看，查一查是否有异常频率信号（如频率“森林”——comb-like structure）。如果没有，可以放心做下一步的事情。商用的Fabry-Perot干涉仪也是比波长计更灵敏、对特定波长更有针对性的仪器，可以探测激光器频率模式的好坏。

上面说的“模式”是频率模式，激光器出来的光一般都不是纯粹的TEM00 高斯光束，会有一些高阶成分，也会有一些“不圆”（aspect ratio），这个时候需要beam shaping和空间模式滤波（如：让光束过一根光纤）。

你还问到“对于外腔反馈评价其反馈的好坏”，这个一般是通过把激光二极管的电流调到threshold current value，记下无外腔反馈的出射功率，然后优化反馈使得该电流下的出射功率增加。取决于二极管，可以增加到无反馈时数值的2倍甚至更多倍（十倍以下）。

Q：空间滤波会使很多功率损失掉吧？比如过光纤的话耦合效率就可以让很多功率损失掉？可以从源头上改进么？

空间模式主要由激光二极管本身的性质决定，如果二极管本身不好，为了改进空间模式，损失功率是必然的。当然，在过fiber之前，可以通过柱透镜组或者三角棱镜组来调节光斑的形状，使得光纤的耦合效率尽量高。

Q：老师，市面上的单模激光器也是有大量高阶成分的吗，如果用光束质量分析仪看起来是个高斯形的是不是就基本能用了？

市面上的商用激光器一般是已经过光斑调节过程的，看着是圆的，像TEM00模式的，就可以用了。这个时候你的光束质量分析仪的M2值应该比较接近于1。

Q：我之前用分析仪可能有点问题，主要是想找激光的光腰，手动前后移动来看光斑半径最小处，然后衡量光束准直也只是凭一定距离内半径的减小。是不是M2值就是衡量发散的指标？

A：其实，你的用法没有问题。光腰的位置应该在半径最小处。衡量准直一般把传到远处的光斑调到最小。

M2指的是光束质量，而不是光束发散。一束光的M2为一，说明它是理想的TEM00高斯光束，这对其发散程度没有限制。

Q：能不能问一个关于之前PID的问题？可能和第二次作业有关。

为什么我们一般都要调一个Overshoot然后追求衰减比？如果能设法让一部分零点和一部分极点相消，只留下实轴上极点，得到一个指数的阶跃响应，这样的缺点是什么？

A：如果能够精确相消，当然很好。你可以举个实际例子。可以手写一下你的计算过程与大家分享~ 这里除了数学之外，最好有个直观的物理图象。

与此同时，调overshoot主要是为了速度。

就是说，overdamping一般不是最快的，完全是指数衰减的话，可以通过适当的振荡让系统的反应加快。当然，这需要系统有实轴之外的极点。

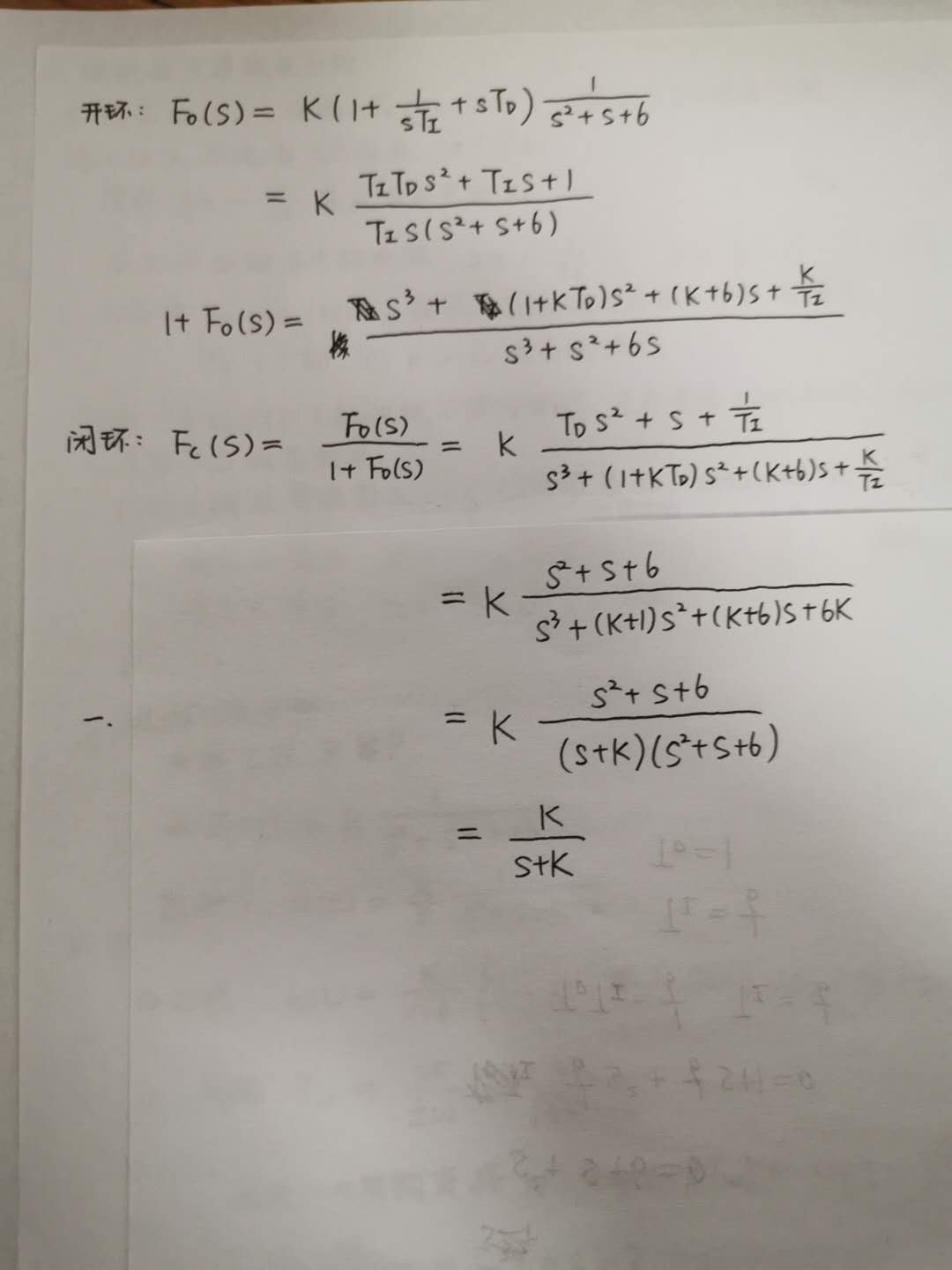
补充：好像精确相消不太好实现。如果真实的系统和我们设想的偏一点点的话就消不掉了，但用闭环的反馈，如果真实系统和我们预想的有一点差别，基本上还能用。如果能精确消掉，可以用前馈。

是的，如果差一点点，就会导致局部反应函数的剧烈振荡，反而不美。前馈是更准确的说法。

Q：如果调overshoot主要是为了速度，那为了加入振荡引入的新极点应该要保证实部不能太大吧？否则这个振荡要很久才能消失？

A：对，实部不能太接近零，要“足够负”（i.e. damping足够强）。

Q：第二次作业如果取积分时间是1/6，微分时间是1好像就可以消掉？（虽然实际系统确实会很困难）



那在第二次作业中，两个实轴外极点如果画根轨迹的话，其起点是很靠近虚轴的，那么如果不加很大的开环增益把它拉到左侧，它就会造成一个damping比较弱的振荡。

其实根据你的前两行计算就可以看出，当TI = 1/6，TD = 1时，F0(s)已经被简化了，分母上的s^2 + s + 6 已经可以约掉了。

这其实就类似于一个前馈补偿，把PID和原系统看成一个复合体系。但是其速度是否比其他参数下的快，就需要具体分析。

我的两个思路是，1：加大开环增益，把极点都拉到靠左靠实轴的地方，这样overshoot确实可以让响应更快，但可能使用了实际系统难以做到的大增益；

2：把零点尽量靠近极点，让这个damping不够强的振荡尽量减小，极限就是我上面推导的，直接零极相消。

理论上，这是一个可行的思路。这也是我在这一题里留下一定开放性思考空间的原因。

实际系统因为有不确定性，所以精确相消很难，但也不是完全不可能。我们课件中讲的dynamic compensation、pre-emphasis等就是沿着这个思路走的。

但是即使不能完全相消，零点极点靠近也可以抑制这个极点的作用吧？

对，可以抑制，对于离它们较远的频率分量来说，等同于相消。

但是对于某些靠得比较近的分量，会有奇特的、有的时候undesired 的性能。所以要辩证地看。一分为二地看。

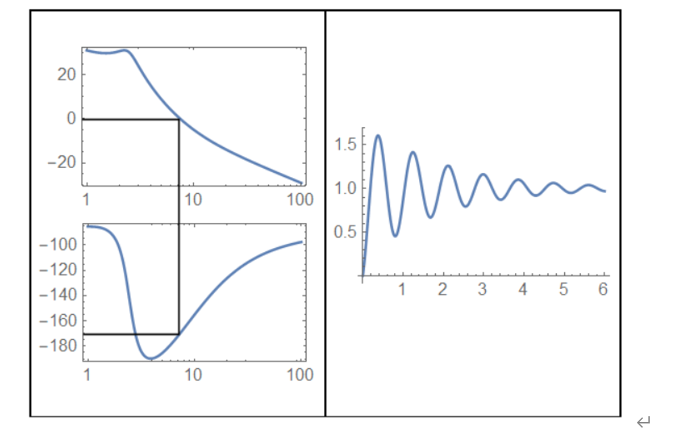
嗯嗯，我主要是看Feedback control of dynamic system这个书3.5节之后产生的这个问题。

那是不是说，我们可以利用比较靠左的极点造成的overshoot来加快响应；对于比较靠右的极点，如果可能，通过补偿的办法，让零点去抑制这个极点。是一个比较通用的思路？然后再去看看有没有意外的不好的性能？

大致可以这样思考。小的修正是，对于特定系统，加快响应、overshoot等主要靠增大K值（proportional gain）。

一个非常靠左但孤立的极点会很快衰减掉，没有什么影响。要特征频率和衰减比同时ok才好。

Q：老师，关于作业的波特图那里我有一个问题。如果幅频为1的点相频对应比如-170，但是，更低频的部分幅频超过1且相位有到达-180的点，那应该是不稳定的，为什么时域图却不是这样？



A：这里，同时达到|G| = 1, ang = 180是一个最特殊的条件，这种条件下必然振荡。在ang = 180度时，增大|G|到大于一，在有些情况下也会达到“不失控”的效果，就像你画的那样。但其实这个衰减是蛮慢的，从收敛速度的角度看，是比较差。ang = 180, |G| > 1 有时候确实不会像 ang = 180, |G| = 1 那样直接失控，但本身是不稳定的，当gain 稍微减小时，就会再度振荡起来。你可以把这种情况看成一种亚稳态，或者说不稳定平衡。

另外，这个地方我们只看了从0到1 jump的系统反应，在其他刺激下，系统的反应可能会更差一些。

Q：不过这个低频大于1又负反馈一圈180的话，他本身不会振荡是受到什么抑制了吗？比如正弦激励吗？

嗯，特定频率下的正弦激励。

你可以深入思考一下你刚才的问题，很好的问题，对我的课件形成了有益的延伸。

提示一下大家，从这个图上看看，被放大的是什么量，传回来的又是什么量，这中间有微妙的差别，正是这种差别实现了这个公式。

