各位老师好，我是14级应用物理的陈晓凯，我今天答辩的课题是：星系形成的抑制作用。

首先，我将分为以下几个部分来说明我的课题设计：

课题分析（主要说明课题研究的意义）

研究基础（主要介绍课题设计过程中用到的主要的理论基础）

课题内容（详细介绍课题设计的数据分析，理论计算等过程）

研究结果（给出课题设计的结论）

最后我将对自己的课题设计做简要的分析和深入方向说明。

课题研究意义，首先什么是星系，星系——（PPT内容）。在CDM的宇宙学模型下，现在对星系的研究认为星系本身处在一个个的暗物质晕内部，星系是重子物质和暗物质耦合作用的结果。星系研究的意义十分明显：向下，星系的研究联系着许多重要的天体物理过程，比如恒星形成，星际介质状态和演化，超新星爆发等，星系是这一系列物理过程的大前提，大环境。向上，星系是我们认识宇宙，了解宇宙的基本探针。

但是迄今为止，我们还没有一个合适的星系模型（在天文研究上）——很大一部分的挑战来自模型不能很好的说明和预测星系的观测特征。

比如星系性质的双峰性分布：Bimodality of galaxy一开始是指星系在颜色-星等分布图上，存在两个明显的集中分布序列——红星系和蓝星系。深入的研究发现，星系的这种统计分布性质还表现在恒星年龄，冷气体组分含量，金属丰度等性质上。双峰性分布的现有理论解释困难主要在于：两个集中的分布集中力观测样本的大部分星系，而两个序列之间过度类型的星系数目很少，这说明两个序列的星系之间转化的时标很短，但是现有理论不能解释这样的分布现象——为此天文研究提出来Quenching Effect的概念：QE指的是：星系内部的恒星形成活动因为某种物理机制被停止，星系的结构性质、形态演化也因此而改变的物理过程。QE提出的必要性还表现在其他观测特征上：

宇宙的平均恒星形成率存在峰值，峰值在红移z=2附近。随着更远星系的观测和研究，可以发现恒星形成活动衰减的过程伴随着整个星系的形成和演化过程。而在红移减小的方向上，星系中红星系的比例增加，这表示星系的形成活动在减弱；

高红移的宇宙观测发现，红星系的数目在红移z=1附近增加了几乎一倍，但是蓝星系的数目几乎保持不变。这样的观测事实显示，存在某种物理过程，导致了星系尺度上的大规模恒星形成活动的停止。

问题在于：目前对于QE的物理机制没有统一的认识，而观测上还没有找到直接的QE证据。

那么课题研究的内容就是在只考虑引力作用的情况下，分析可能的主导QE作用的物理机制。我们分析了下面几个主要的质量组成，最后以恒星质量和暗晕质量作为两个主要的因素来分析。最后通过理论分析与观测数据的对比，给出课题分析的结论。

（这里暂不考虑气体质量是因为：

1. 虽然恒星形成主要和分子气体云有关，但是目前对于中性氢部分的观测存在困难——HI的观测定义不明，数据来源也各不相同，此外还存在观测样本缺失（部分星系中的HI区含有的HI含量是不少的,但是并不作为观测样本）等问题，更为复杂的是，在不同的宇宙环境中，HI的观测特征并不一致；
2. 此外实际上考虑恒星质量之后，可以从重子质量中除去恒星质量来得到对气体部分的分析（考虑气体和尘埃作为同一部份质量）；
3. 考虑气体质量之后，模型只考虑引力作用是不符合实际物理过程的，还需要考虑星系内在成分的转变：原子气体、分子气体、电离气体之间的转化，气体质量和恒星质量的转化。需要考虑包括如辐射和压强引起的各种效应在内的各种作用。在模型的简单假设下（暗晕质量分布为NFW描述，维里化结构也考虑暗晕质量球对称分布），要包含这些过程和分析是不现实的。）

课题设计主要的理论基础包括NFW暗晕模型，SHMR关系和星系红化系数。

NFW是由Navarro,Frenk,White三个人在1999年工作中提出的对于暗晕的质量分布描述的模型，模型假设暗晕的质量分布是球对称的，形式如下（PPT公式）。右边图显示其随半径的变化情况。在NFW模型下的面密度涨落计算如下（PPT内容）。简单来说就是把三维的空间密度分布沿着观察的视线方向积分为一个切向的二维面密度分布，对于场更好的形式描述我们一般考虑面密度涨落。对实际的计算需要考虑更多的因素，并且相应的积分是矢量形式，这里直接要引用Candace等人的计算结果。最后得到面密度涨落分布形式如图（PPT）。

SHMR关系描述的是在给定暗晕质量，相应的恒星质量的关系，但是实际观测我们是知道后者，定义上SHMR以反函数形式定义（PPT），我们通过插值处理可以得到Mh-M\*的函数关系如图（PPT）。星系的红化系数表示星系从蓝星系向红星系的演化程度，反应红星系的比例系数，定义如（PPT），根据不同的QE机制，我们有不同的f\_red形式。

课题内容：

课题研究对比的数据来自SDSS I/II的临近宇宙亮星系的部分数据，分析的对比工作是Rechal等人2016年的工作。对比方法是：

1. 我们找到响应的面密度涨落观测数据，记录信号和投影距离Rp.
2. 利用NFW模型下的暗晕质量分布，计算相应的Rp的信号与观测数据对比，最接近的一个对应的输入质量，作为星系的暗晕质量的估计；
3. 对不同的恒星质量区间分析，得到系列观测结果的对比。（PS:跳转附录简单说明数据+Rp<2Mpc，确保NFW模型适用）。
4. 最接近的比较利用的是chi2的取值分布判断。

通过模型的预测和参考预测的比较，可以看到模型的预测结果还是挺好的。针对每一个质量区间，都有一个chi2的取值分布（PPT）。最后比较结果如图（PPT）。比较结果说明几点：

蓝色圈的两个点差距比较大，模型给出的估计在Rechal等人的估计结果的下误差边缘，这是因为两个地方采取的分析方法不同。另外，红色矩形框是模型的另外一个限制的体现（PPT附录说明这两个信号的情况）。接着对模型的估计做卡方检验，检测预测数据与实际的数据样本差距有多大——卡方检测结果的取值越大，说明模型预测越好，这里去95%的置信区间，也就是卡方取值在5%一下就认为模型预测与实际数据样本偏差过大，是过度或不足的预测，检测结果（PPT）。这里红蓝星系都有三个质量区间给出的估计与实际数据样本偏差较远，这是因为（PPT）。

从NFW模型出发，我们得到了如观测数据的两条质量关系曲线。下面我们从理论Mh-M\*关系，并通过对比上一步得到的关系曲线，分析QE的主导物理机制。其基本思想是（PPT内容）。

要分析Mh-M\*关系，最关键是我们需要知道在观测恒星质量为M\*的前提下，星系宿主暗晕的依赖于质量的条件概率分布p(Mh|M\*)，然后通过积分即可得到Mh-M\*的关系（结合PPT）。为此我们先要从观测数统计得到p(M\*|Mh)——观测可知（PPT）。这里我们借助恒星质量的观测数据，给出相应的星系数密度分布，归一化得到条件概率密度分布，进一步可以求得联合概率密度分布（PPT）。为了求暗晕的条件概率分布，还需要知道质量函数（单位空间单位质量区间星系的数目多少），包括恒星质量函数和暗晕质量函数。质量函数和概率密度分布转化（见PTT）。然后把得到的联合概率密度分布和恒星质量函数带入贝叶斯公式（PPT）得到暗晕条件概率密度分布，最后得到的恒星暗晕质量关系如图（PPT）。

下面加入星系的红化系数分析：定义（PPT如前所述），这里实际上是通过红化系数对条件概率做进一步的筛选，计算处理如下（PPT）,类似的带入f\_blue可以得到蓝星系的情况，改变红化系数定义，得到两种QE机制下的条件概率。

最后结果：以恒星质量为QE主导物理机制的，我们得到的两个序列的质量关系曲线完全重合，而暗晕质量作为主导机制的对应两个序列有两条曲线。进一步的把预测曲线画出来和数据对比如下（PPT）。我们可以得出结论：主导物理机制是暗晕质量，考虑反馈机制物理过程的话应该考虑暗云质量做主要影响因素的物理过程。最后对观测数据的最好逼近结果如下（PPT）,左图是在参数空间下的卡方取值分布情况，最好结果显示在13.0-13.5，0.90-1.25这样一个格子的范围。给出结果如右图。

结论（PPT）;模型分析与课题深入（PPT）;自我评价（PPT）。