LECTURER: Liang Zhan

Scientific Secretaries: J.H. Huang&R.H. Li

8/24

-Wuming Luo：相比于RENO与Double Chooz实验为什么大亚湾实验要用两个近点探测器？

-Liang Zhan：这是根据反应堆的分布来定的，大亚湾实验的反应堆中微子源主要有两群，大亚湾的两个反应堆在一起，岭澳的四个堆分布得比较近，而大亚湾和岭澳之间有一千多米的距离。因此放置两个近点探测器，起到监测反应堆流强的作用，远近点抵消，系统误差就会更小。

-Wuming Luo：为什么要用多个小探测器而不是一个大的探测器，比如近点为什么不用一个大的探测器代替两个小的探测器？

-Liang Zhan：远近探测器去抵消误差，最重要的是要把探测器做成全同的，能够从实验上验证两个探测器是全同的会更有说服力。近点两个探测器如果测到中微子的流强一致，就可以很有力地说明两个探测器是全同的，如果放在不同的厅，中微子的流强是不一样的，这就是所谓side by side的检验比较。

-Wuming Luo：技术上来讲两个是不是比一个要麻烦？工程上？

-Liang zhan：是要麻烦。还有一个最开始的想法是移动的探测器，一个可移动的方案，探测器在近点测了之后，再把这个探测器移动到远点去测，这样就更容易抵消（误差），因为探测器既在近点测又把远点探测器搬到近点测，就算不全同，也能抵消相对误差。当然，探测器太大了移动不了。还有一个原因是隧道大小的限制，探测器太大，隧道需要更宽。

-Wuming Luo：移动还有一个缺陷，不能够同时测量，时间尺度就会拉得更久。

-Wuming Luo：另外一个问题，为什么RENO与Double Chooz实验刚开始策划时不把远点探测器的距离选得更合适一点？

-Liang Zhan: Double Chooz远点是已有的洞再利用，没有新挖洞室，近点是新挖的但是工程进展很慢挖了很久。RENO实验不知道为什么当时选的这个地方，可能是经费原因，（更好的基线距离）需要挖更长的隧道。

-Miao He：我也猜测一方面是经费，另一方面跟山的高度等因素都有关系，很难选到一个刚好在2km、山又最高的地方。就像我们的JUNO一样，也没法选到一个最大灵敏度的60km，最后选到53km。（这个有问题，实际53 km比60 km要好）找一个山又高，基线又合适的地方，也不是很容易。

-Liang Zhan：他们的隧道只有270米，没有往里面挖了。

-Miao He：可能跟挖隧道也有关系，很难往里挖了。

-Xiaojie Luo：如何消除另一个反应堆对近点探测器的影响？尤其实在θ13不知道的情况下。

-Liang Zhan：其实是没有消除他的影响，在计算过程中基线已经考虑到了，从反应堆到较远的近点探测器传播θ13的震荡，最后对三个点进行全局的拟合，不把近点看作是无震荡的，震荡小，但是会计算进去。

-Yongbo Huang：当时大亚湾远点探测器选在2km（振荡很大的地方），是已经知道Δm2的大概范围了吗？同期的RENO和Double Chooz不知道吗？

-Liang Zhan：Δm232、Δm231已经由大气中微子和加速器中微子实验给出来，陈老师讲到的SuperK实验大气中微子、早期的K2K的加速器中微子实验，他们都测到了振荡，大致测得了Δm232、Δm231的范围。同时期RENO和Double Chooz也是知道的，但是由于其他的原因，没有分到振荡最大的地方。

-Baobiao Yue：请问第十五页的图片，所有实验的数据点，是用单能去算的还是用中微子能谱计算的平均震荡概率？

-Liang Zhan：这就是我刚才解释的问题，左图使用中微子能谱计算的，因此振荡回不到1，右图是用单能谱计算的所以可以回到1。所有实验数据点，是考虑中微子能谱的，不然单能区计算会有误差。

-Lei Wang：第十五页左图，既然左边这张图更符合实际情况，那2km的振荡不就消失了吗？那2km左右实验的数据是怎么得到的，如果实际用的是中微子能谱计算的话。

-Liang Zhan：左图是很早的一个图，是KamLAND当时给的图，当时还不知道θ13的振荡，θ13的振荡没有画出来。后来画地图，把大亚湾的点画上去，知道θ13的振荡后就把θ13的振荡画出来。

-Lei Wang：您当时说右边的图是单能的情况，左边是考虑到反应堆能谱实际展宽的情况。

-Liang Zhan：这是一个差别，另一个差别就是左边的θ13没有考虑。

-Miao Yu：关于非线性性可能会贡献到能谱的bump，在TAO实验中会对非线性性有额外的分析吗？同样可能会有上述的问题。

-Liang Zhan：之前有一篇论文关于非线性测量不准，非线性差多少会造成bump的形状。后来我们大亚湾合作组也检查了这个部分，对大亚湾非线性性进行验算，如果想造成这样的bump，需要额外的非线性形状，大亚湾的非线性刻度已经非常准确了，不会造成这个bump。

-Jianrun Hu：我们可以看到，之前反应堆中微子反常引起了很多讨论，包括惰性中微子之类的，包括miniBooNE。我们首先看到反应堆中微子反常慢慢认为是模型不对，但是后面有很多实验，例如PROSPECT搞了二期的实验，继续研究惰性中微子，当然有一部分用来研究能谱。您认为未来这些研究轻惰性中微子的实验还有前景吗，他们这么做是不是就是到了一个沼泽地里了，毕竟理论上也没有很大的motivation说有个eV量级的惰性中微子。

-Liang Zhan：是的，所以他们那些实验很大一部分目标都转移到精确测量能谱上去了，sterile中微子的目标不会是单一目标，如果只提单一目标的话性价比就低了。

8/26

-Wuming Luo：（93页）横坐标FID的定义是什么？

-Liang Zhan：FID定义为前页flasher判选参数的对数，本来临界的值为1变成了临界值为0。物理事例是小于1的，（取对数）就会小于零，而flasher事例大于1。

-Wuming Luo：为什么当时没有使用机器学习的办法？

-Liang Zhan：因为当时不会做，在2011年左右，机器学习还不是太火热，一般还是用这种传统的挑选条件设cut的方法去解决，当然现在的方法多了，当时是在正式做振荡分析的时候就把这个问题解决了。

-Wuming Luo：100页的spill in efficiency 为什么会大于100%？如何降低这个误差？

-Liang Zhan：这是根据它的定义来算的。因为里面是掺Gd液闪，外面是液闪，而掺Gd液闪对中子的俘获截面大很多，但是IBD反应是在液闪和掺Gd液闪中同时都会发生的，因为里面内外质子一样，（外层液闪）发生IBD反应以后中子会散射漂移，如果中子漂进掺Gd液闪里面就会俘获，因为里面俘获截面很大，中子进去就俘获了，而里面往外面漂的话可以在外面存活很长时间。如果往里往外是随机的，中子漂到里面就不容易出来了，外面进到里面基本都在里面俘获，里面进到外面还有可能回去，所以实际是在外面一部分液闪产生的IBD反应（产生的中子）会进到掺Gd液闪里被我们挑选，所以我们实际定义的靶体积不仅是掺Gd液闪还包括外面距离它很近的一层（液闪内发生）的IBD反应也容易贡献进来。如果我们用掺Gd液闪做分母的话，加上外层液闪的贡献，比值就会大于1。

-Jilei Xu：θ13最一开始大家都觉得是0.1，后来越测越小，当时有种担心是不是哪里有点问题，最后这一次的结果才有点升高是吧。

-Liang Zhan：没有，当初是0.092，后面变成0.089，后面又小了一点点，最新是0.0856。

-Jilei Xu：nH是因为能量太小了吗？

-Liang Zhan：是的，nH问题一直都很大，现在正在做事例数的分析，比nGd小很多。这个分析确实要难一些，本底高，需要做一个快慢信号的距离cut，多做一个cut效率误差就变大，还需要重建快慢信号的位置，去决定这个距离，重建不好的话，距离cut影响很大。

-Jilei Xu：Flasher的问题在江门也会发生吗？如果按5%估算的话，江门的PMT很多。

-Liang Zhan：会，概率不是5%，跟PMT后面电子学设计有很大关系，硬件组应该研究过这个，至少potting前研究过，potting后不知道有没有再测过，这不需要放在探测器里面测，放在探测器外面也能测。

-Jilei Xu：也不一定是后端的电子学的问题，也有可能是里面打拿级或者什么东西贡献的。如果江门按5%去估算的话，这个本底可以去掉吗，是不是可以用象限这个方法？

-Liang Zhan：没有做过这个估计，大小加起来三万多个PMT，可能会很严重，但硬件组应该知道这个问题，并进行控制。可能估算过有多大的影响。

-Jilei Xu：真正将来装上之后，确实有很多的flasher，可能还是能去掉，但是死时间会多很多。

-Liang Zhan：对，最好在硬件层面上解决，放进去之后对数据还是有影响的。

-Students：Flasher主要来自于分压器，后来采用给它封装之后flasher基本就消失了，分压器我们用胶彻底的堵上了。如果是光电倍增管本身倍增极发光的话，光电倍增管可能就坏掉了，不能工作了。在测试封装站，每一个光电倍增管都严格测试过，保证这种情况不会发生。

-Miao Yu：212Bi 到 212Po的链能够挑出一个单能的α，在大亚湾做振荡分析的时候，它主要起到一些什么作用，用来做刻度吗？

-Liang Zhan：α能量在5~7MeVIP，淬灭之后能量比较低，接近1MeV比1MeV小，也是一个很好的高斯型的单能峰，也尝试过把这个事例找出来重建出它的位置在哪里，也可以拿这个分布做均匀性刻度。

-Miao Yu：关于非线性刻度的问题，非线性刻度的时候用到了12B的谱，宇宙线同位素可能还有些别的产额很高的谱，比如说11C，它们没有被用来做非线性刻度是什么原因？

-Liang Zhan：我怀疑是事例数少，不方便，挑得不干净。首先事例数要足够，然后要挑得比较干净才行，如果满足这两个条件都能用来进行刻度。

-Diru Wu：请问cut效率的误差怎么给的，有一个关联误差和非关联误差。

-L. Zhan：每一个cut都有不同的方法。以Target Protons举例子，这个非关联误差为0.92%，质子数的误差就是液闪里面氢的质量百分比到底是多少，是通过燃烧法进行测量，把液闪烧掉，氢会产生水，碳会产生CO2，这样就能测到氢的质量百分比是多少。但这个水平也只能定到0.92%，灌到液闪里面误差就是0.92%，这是绝对误差。但是相对误差是不同探测器之间液闪的差别，我认为成分是完全一样的，那么这个误差就是0，或者很小，0.03%来源于除了成分的差别，还有质量的差别，到底灌了多少千克的液闪，几何不一样质量还是有一点差别，用流量计等仪器，测量灌的液闪的质量到底差多少，质量就有一个误差，就会传递到质子数的误差上去。

再举一个例子，比如很大的俘获比例误差或者跟挑选效率有关的误差，这主要是跟蒙卡的对比，如果发现实验数据和蒙卡数据对得很精确，用蒙卡去定误差理论上认为误差比较小，蒙卡与实验数据有一些差别，甚至不能理解这些差别，可以把差别简单地认为是误差，这是绝对误差。但相对误差，蒙卡和数据虽然没有对上，但是比较两个探测器的数据，数据和数据对比，两个探测器如果测到的能谱完全一样，cut效率对得很精确，就可以认为两个探测器是一样的，非关联误差就很小，是基于数据定出来的非关联误差。

-Zhiyuan Chen：事例触发的起始时间是如何选取的？

-Liang Zhan：一个PMT击中之后这个通道就有把0变成1维持一定的时间，其他PMT有击中也会0变成1维持一段时间，然后去符合在某一个时间点去数有多少个1就是有多少个PMT击中，然后定出来nhit。

-Zhiyuan Chen：有很多的PMT，如何定出来第一个呢？

-Liang Zhan：nhit的信号一直在测量，超过了一个数字就会触发，低于这个数字没有触发。

-Miao He：每个高能物理实验都有自己的一套时钟系统，大亚湾和JUNO都有，大亚湾的时钟系统是80MHz，就是每隔12.5ns产生一个时间的信号。如何判断有没有触发呢，就去统计过去一个或多个时钟周期，比如说四个时钟周期就是统计过去50ns着火的PMT的个数，如果这个个数过阈了，它就产生一个触发信号，如果没有过阈就往下滑动一个时间周期，所以是一个滑动时间窗，直到过阈，过阈之后就以当前时钟周期的时刻为时间点给出一个触发，所以触发的时间并不是hit的时间，而是会同步到时钟周期上面，以12.5ns为最小单位的。

-Zhiyuan Chen：68页关于山形对muon通量影响，可以看出山形会影响muon的通量跟φ角是有关系的，这会不会导致三号厅四个探测器的muon相关本底不同？比如说米歇尔电子。

-Jilei Xu：之前做过模拟，把探测器移动几米影响非常小，因为山还是很大的，探测器挪一点点对其影响是很小的，方向影响也比较小，从AD6到AD7只挪动了几米。

-Zhiyuan Chen：最近检查米歇尔电子的时候发现三号厅四个AD很不一样，区别很大不知道如何理解。

-Jilei Xu：数量应该差别不大，你看到的差别是什么量级的。

-Zhiyuan Chen：可能有其他事例的两三倍左右。

-Jilei Xu：两三倍的话，那应该不是山形造成的影响，我可以查查以前的模拟数据，也做过平移，平移一点是有一点变化但没有那么明显。

-Zhiyuan Chen：刚开始muon veto效率比较高时效果就比较好，如果muon veto降低了，不同探测器的区别就体现出来了。

-Haoqi Lu：Flux的差别肯定在5%以内非常小，如果是差几倍肯定是效率的问题，可以看三号厅坏的PMT的分布，是不是哪个地方坏的多，效率肯定差。假如说之前的效率为99.5%，inefficient就是0.5%，现在变成98%，inefficient就是2%就会差四倍，会差得很多。因为之前的效率很高，本底是很低的，效率减少一点就会差几倍。

-Yuxiang Hu：98页有一个问题，双中子本底是由于muon的原因吗？

-Liang Zhan：是的，我们在模拟数据里发现了很明显的本底，最初设想开一个200μs的时间窗就够了，后来发现不够。

-Haoqi Lu：在做蒙特卡洛模拟的时候发现200μs不够，因为发现双中子本底很多，因为有液闪和掺Gd液闪，当时认为掺Gd液闪中子俘获为20多μs，如果开200μs肯定够了，但是因为是三层，液闪里也有中子，就会导致液闪中的有些中子，俘获时间是200μs，会出现有些在液闪中待了很久，到最后在边界处进入掺Gd液闪，导致它的时间很长。也就会出现如果是产生多个中子有些是在液闪中一直没有俘获最后进入掺Gd液闪被俘获。就出现两个信号，一个是prompt，一个是delay，本底会变得很大。不仅仅是快中子还有双中子本底，所以当时如果muon穿过AD就开一个1ms的，不管是28μs或者200μs俘获的都去掉，因此最后只有快中子本底而没有双中子本底。

-Liang Zhan：这个模拟的时候也考虑过一个muon穿过去有可能产生多个中子。

-Haoqi Lu：是的，就是因为这种本底很高，中子进入到液闪里面而没有进入到掺Gd液闪里面，如果进入到掺Gd液闪很快就没了。进液闪以后可能会比较久，有些500μs还在，到最后进到掺Gd液闪出来一个8MeV的信号，所以会有一个是prompt也是中子，delay也是中子。