



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences



The Chinese Academy
of Sciences

光电转化器件光阴极量子效率测量研究

报告人：夏经铠 xiajk@ihep.ac.cn

2014.8.14

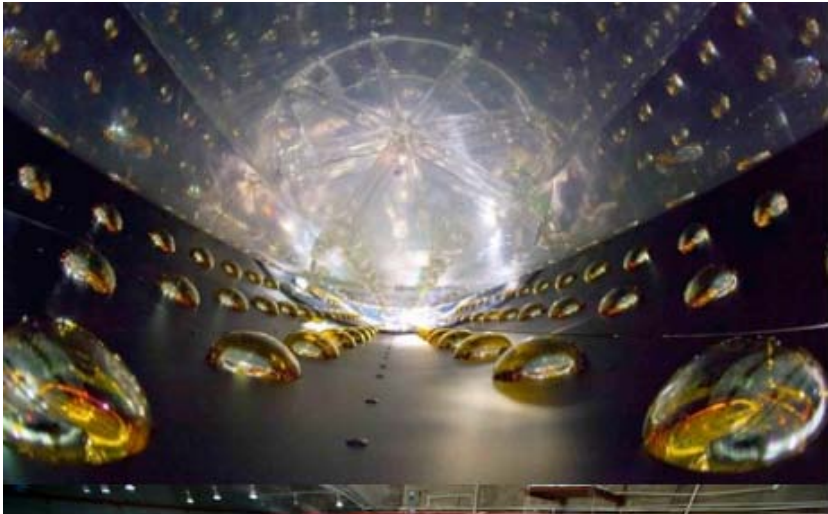
NED'2014

报告内容

- 背景及目的介绍
- 光阴极量子效率（QE）测量系统的建立及实验测量结果
 1. 特定波长下QE测量
 2. 频谱响应测量
 3. 光阴极面QE均匀性测量
- 结论及下一步计划

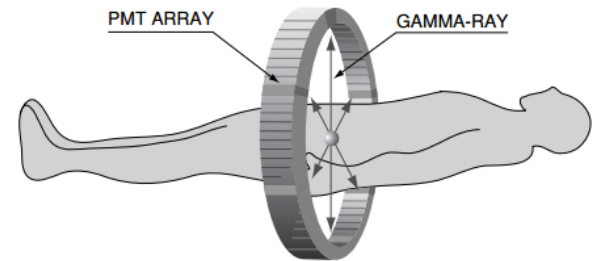
1. 背景及目的介绍

- 光电器件（PMT、PD等）的应用研究日益广泛



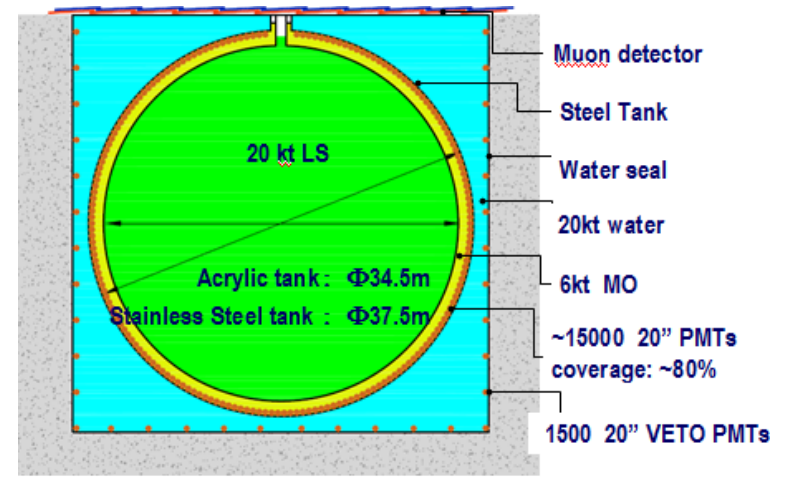
大亚湾中微子实验有8个全同的 Anti-neutrino Detector (AD)，每个AD内有192个8 inch PMTs

Daya Bay Collaboration, PRL, 2012



Concept view of a PET scanner

Picture from Hamamatsu PMT_handbook



JUNO Center detector design

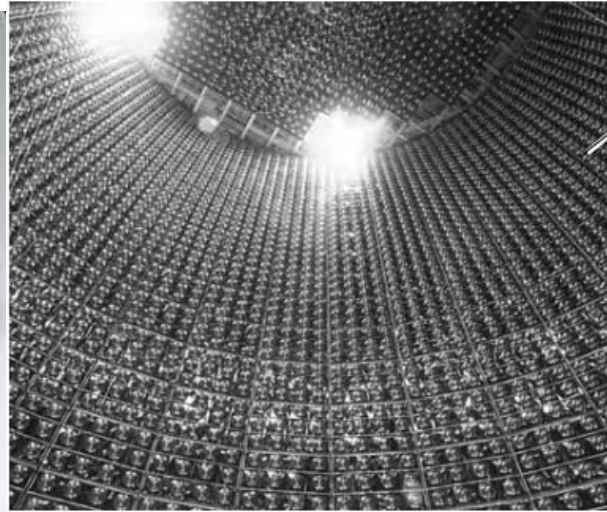
1. 背景及目的介绍

- 光阴极灵敏度是决定光电器件探测效率的关键，对PMT而言：

$$\text{探测效率 (DE)} = \text{量子效率 (QE)} * \text{收集效率 (CE)}$$

- 量子效率 (QE) 的大小和均匀性直接影响探测效率
- 准确测量QE大小及均匀性对光电器件的应用（如中微子实验）及光阴极工艺研究有重要作用

1. 背景及目的介绍



11,200 photomultiplier tubes,
each 20 inches in diameter



Interior of Super-Kamiokande detector tank
lined with 20-inch PMTs

Picture from Hamamatsu PMT_handbook

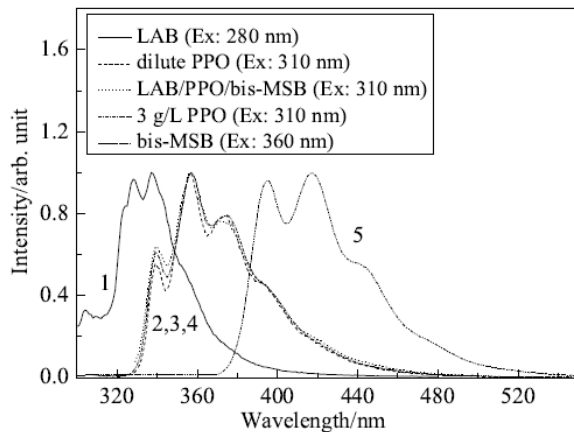
- 不同型号的光电器件形状、尺寸各异，
- 对大面积（如20英寸）PMT的需求逐渐增加，而大面积光阴极的均匀性更为重要
- 需建立一套能适用于大多数光电器件QE测量的系统，需要实现对大面积光阴极的均匀性测量

报告内容

- 背景及目的介绍
- 光阴极量子效率（QE）测量系统的建立及实验测量结果
 1. 特定波长下QE测量
 2. 频谱响应测量
 3. 光阴极面QE均匀性测量
- 结论及下一步计划

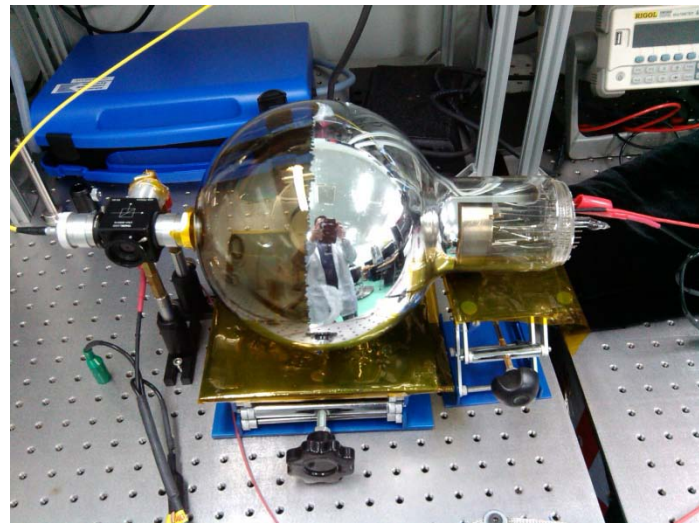
2.1 特定波长下QE

- 不同应用领域所关注的波长范围不同，如中微子实验中关注410nm附近的QE
- 建立的测试系统可通过**相对测量**和**绝对测量**两种方法对不同光电器件在特定波长下QE



大亚湾中微子实验LS发射谱测量结果

From Xiao Hualin



QE相对测量装置

2.1 特定波长下QE

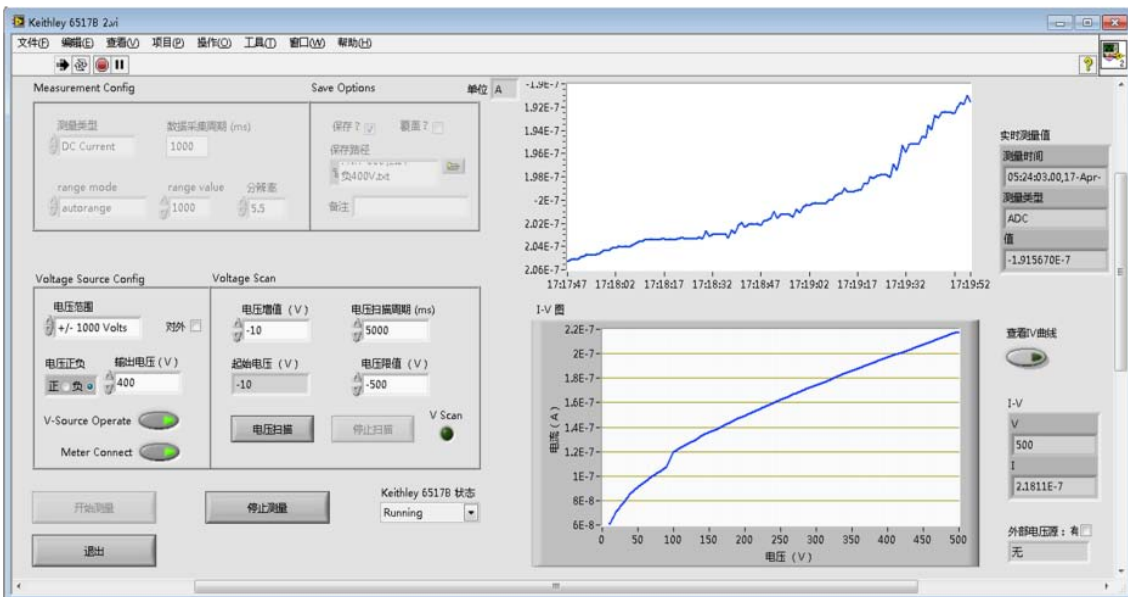
- **相对QE测量**：通过分光镜将入射光分为强度相等的两束（对不同波长入射光，需选取匹配的分光镜），分别送给待测光电器件及参考PD，并测量两者光电流，则：

$$QE_{\text{unknown}} = QE_{\text{PD}} \frac{I_{\text{unknown}}}{I_{\text{PD}}}$$

- **绝对QE测量**：使用一台纳瓦功率计直接测量入射光强，并测量该光强下光电流，计算得到辐射灵敏度

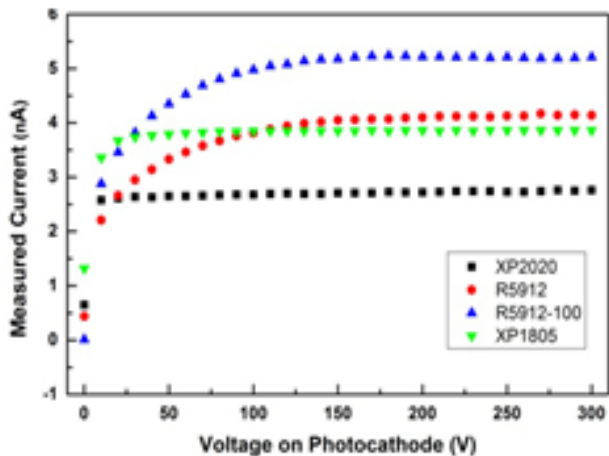
$$S(\lambda) = \frac{I_{\text{unknown}}}{P_{\text{light}}} \quad QE(\lambda) = \frac{1.24 \times 10^8 \times S(\lambda)}{\lambda}$$

2.1 特定波长下QE



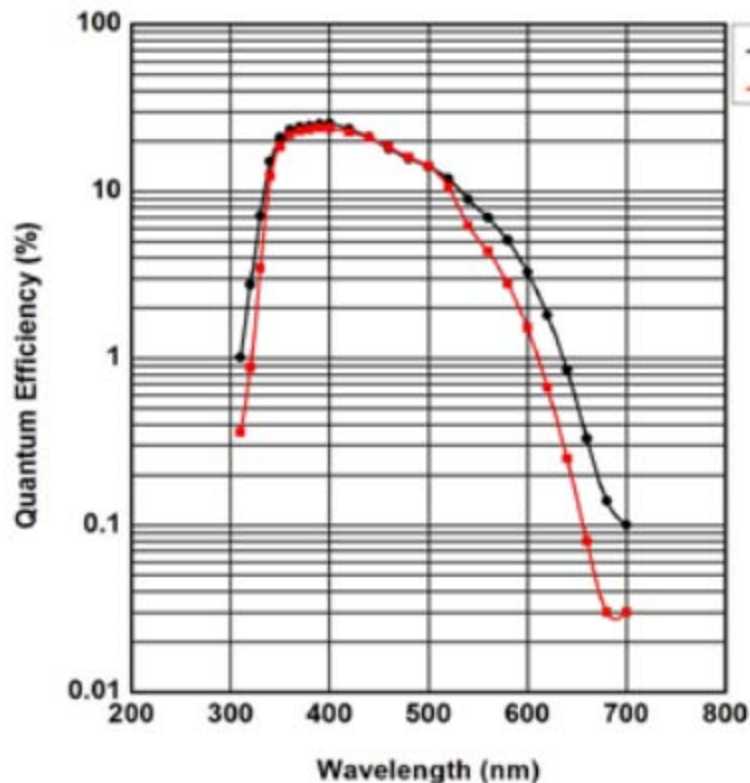
编写LabVIEW程序远程取数

部分光电器件QE@410nm测量结果

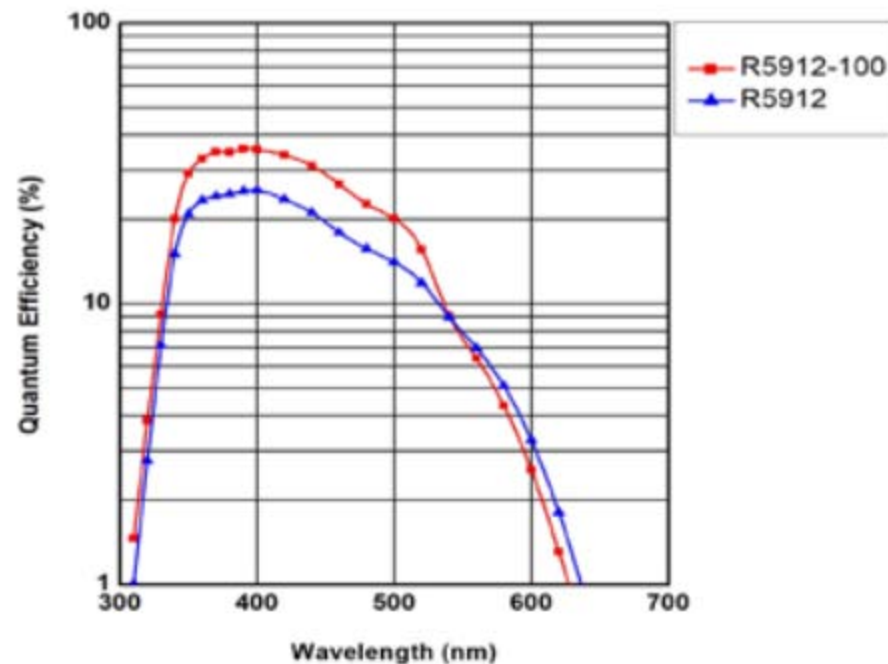


型号	相对测量结果	绝对测量结果	厂家测量或datasheet数据
S2744, PD	71%	71%	71%
XP2020, PMT	23%	23%	24%
R5912, PMT	25%	25%	25%
R5912-100, PMT	35%	35%	35%

2.2 频谱响应测量



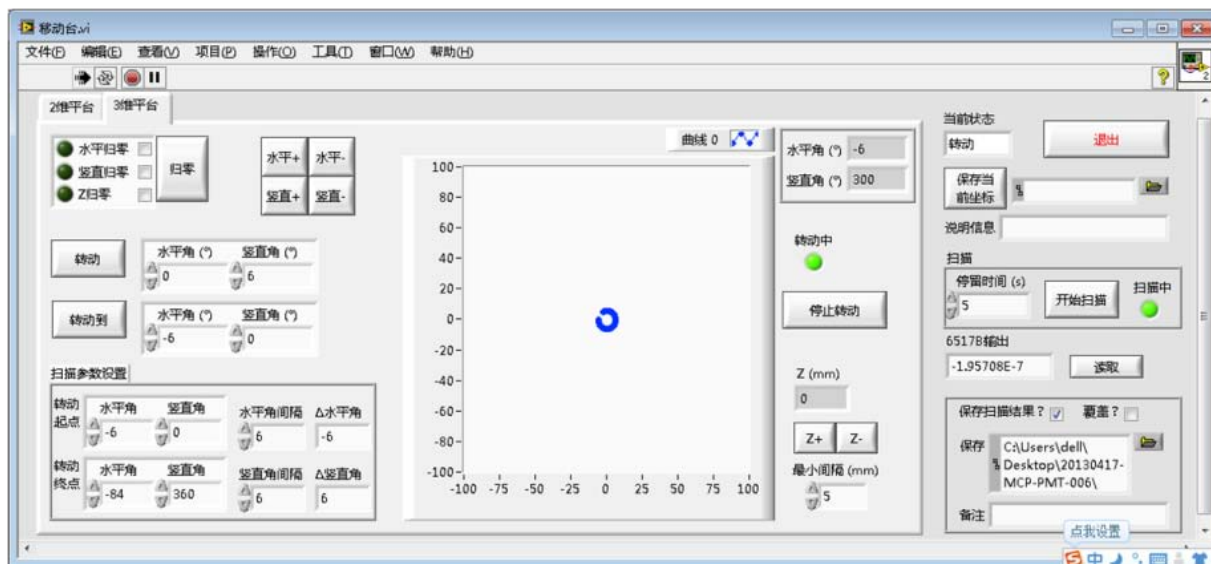
Hamamatsu 8 inch R5912与
PHOTONIS 2inch XP2020频谱
响应比较



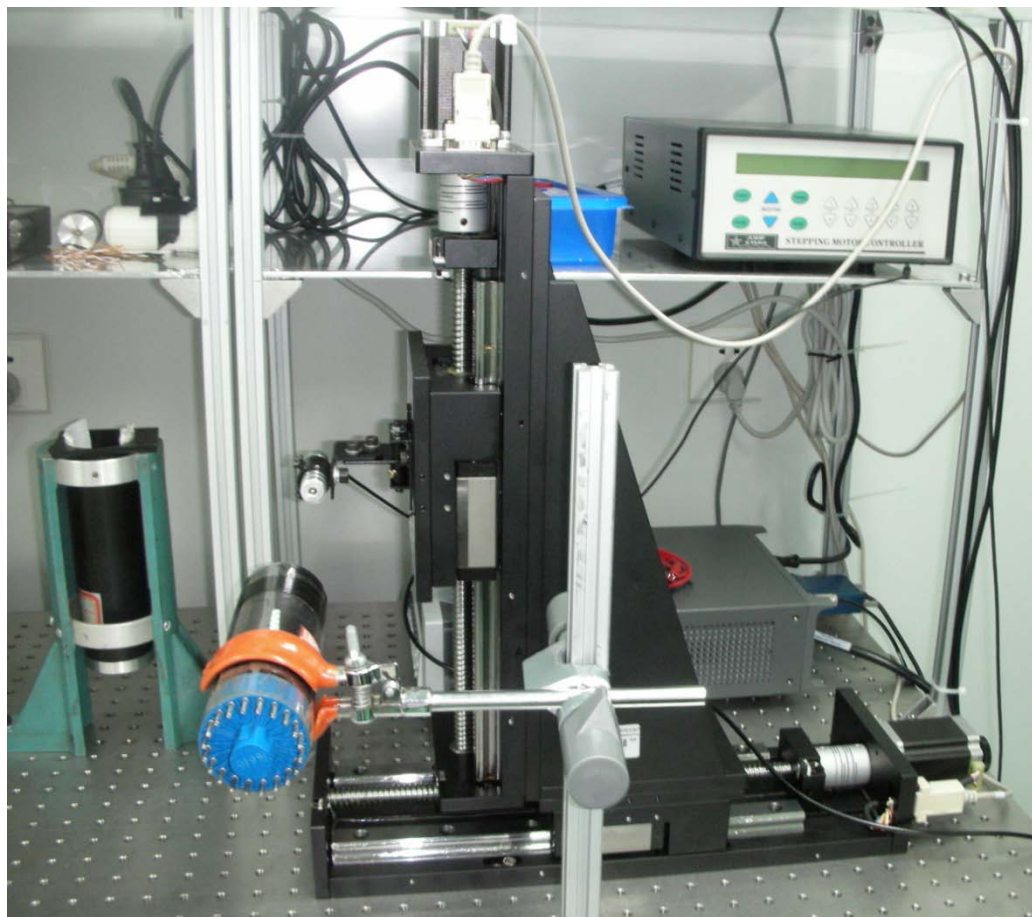
Hamamatsu 8 inch R5912与高
量子效率R5912-100频谱响应比
较

2.3 光阴极面QE均匀性

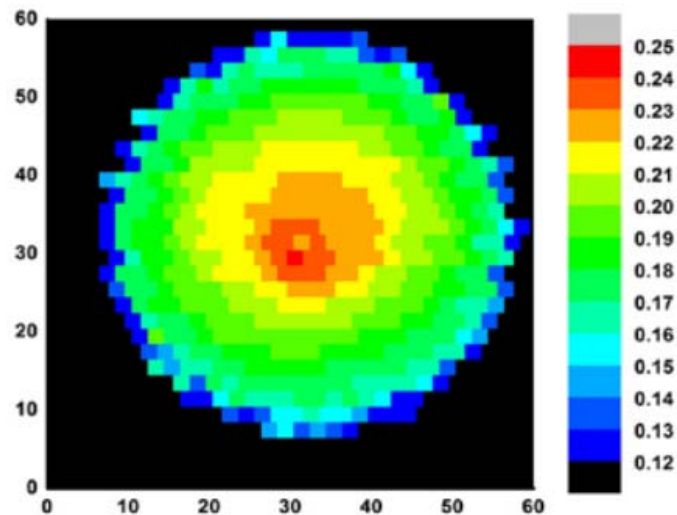
- 使用移动平台实现光源对光阴极面的扫描
- 编写LabVIEW程序实现扫描过程的远程控制及自动化功能



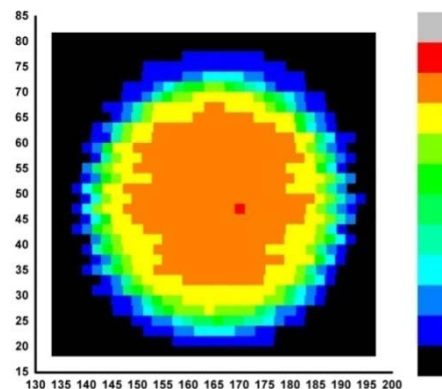
2.3 光阴极面QE均匀性



平面型光阴极均匀性扫描平台

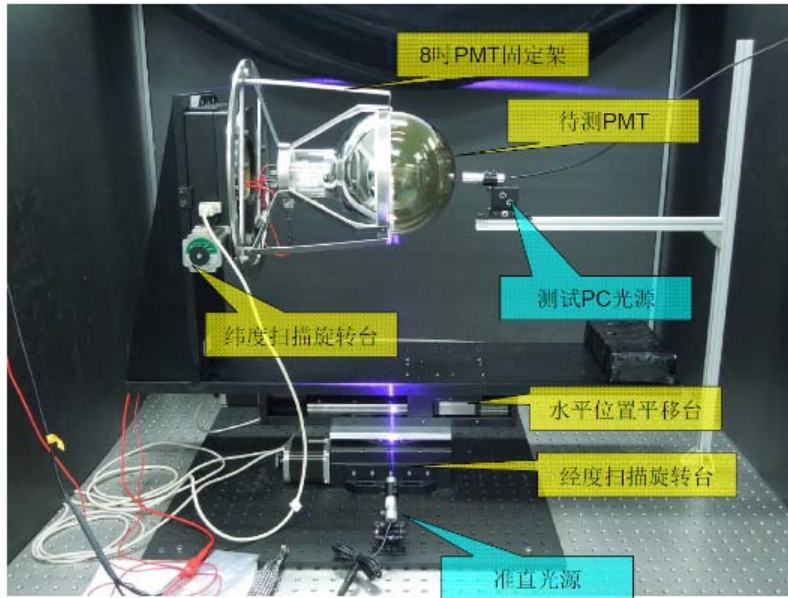


一只2英寸平面型PMT XP2020
光阴极面QE均匀性扫描结果

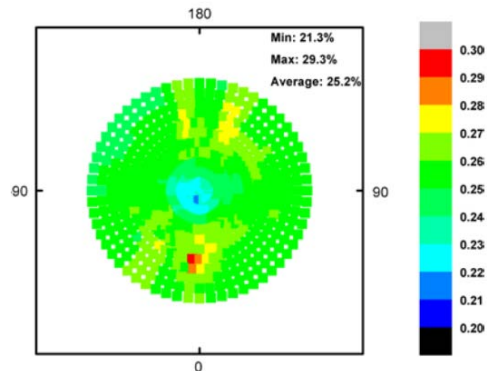


一只国产2英寸平面型PMT 光
阴极面QE均匀性扫描结果

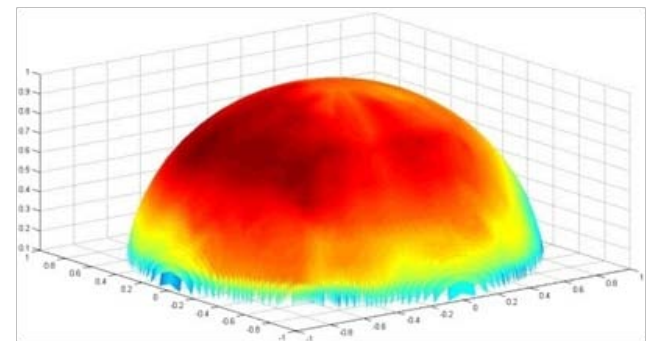
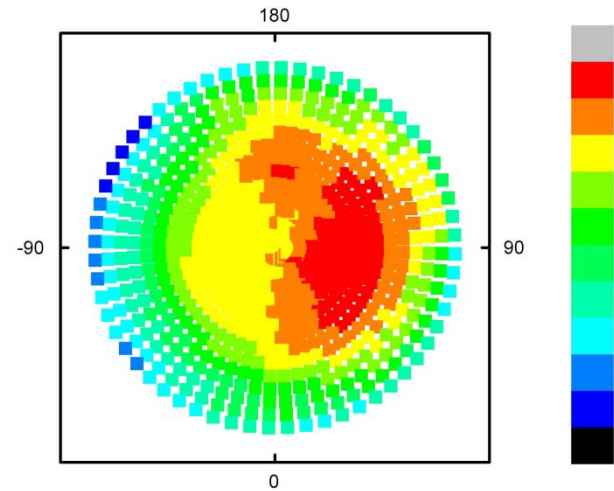
2.3 光阴极面QE均匀性



球形光阴极面均匀性扫描平台



一只球形光阴极PMT光阴极面QE均匀性扫描结果（投影到赤道面），均匀性较好



一只球形光阴极PMT光阴极面QE均匀性扫描结果，上图为投影到赤道面作图，下图为3D主视图，均匀性差

报告内容

- 背景及目的介绍
- 光阴极量子效率（QE）测量系统的建立及实验测量结果
 1. 特定波长下QE测量
 2. 频谱响应测量
 3. 光阴极面QE均匀性测量
- 结论及下一步计划

3. 结论及下一步计划

- 本工作所建立的测试系统能实现对不同型号光电器件光阴极量子效率的多角度全面测量，测量过程简易高效，测量结果准确可靠
- 将进一步完善本测试系统，实现对江门中微子实验所需20英寸大面积PMT的测量

谢谢！