

## 激光束-真空导光管自动对准与稳定

### 激光源与实验平台完全分离

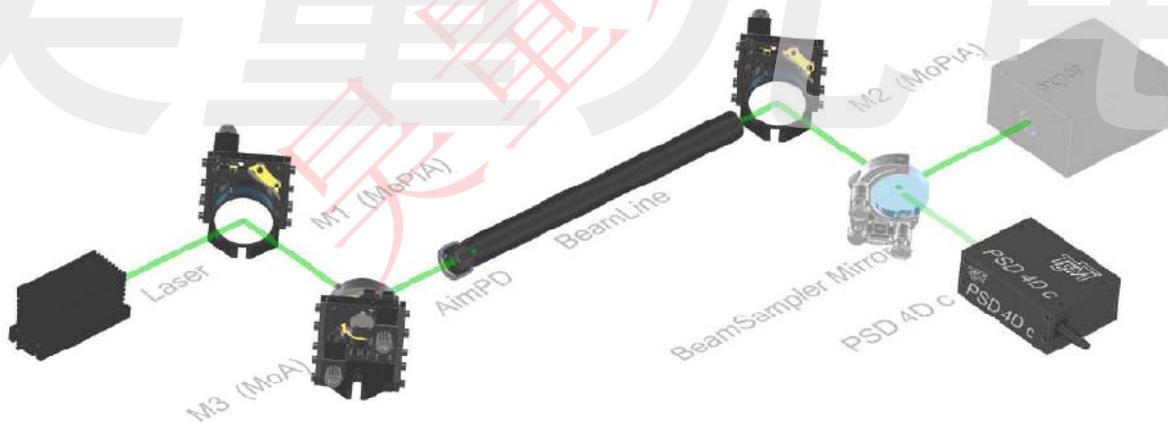
在加速器物理中，使用所谓的束线将粒子束传输到不同的实验平台。这些长程，坚固，管状束线平直度要求极高，以避免高能粒子束与管壁发生碰撞。由于激光器在黑暗束管中完美直线传输，我们使用激光器对齐束线。

激光光束也可以作为实验一部分影响粒子束或产生自由电子。这时，激光实验室需要装配一台高功率短脉冲激光器。这个激光实验室通常和束线是分离的，不仅因为一个激光实验室要服务多个实验，而且由于建筑布局的约束，放射性束线要布置在不同的建筑层。

这种布局就导致激光束从激光室到实验室要经过长距离传输。为了预防影响光束指向和轮廓的空气波动，传输过程要被放置在长程真空管中。

### 激光束穿过真空导光管

我们首先考虑一个直管的简单情况。这时，通过真空管传输的激光束有四个自由度问题：光束必须打到导光管入口与出口的正确位置（ $x, y$ ）。或者说，我们可以说是正确的入口位置与入射角度。因此，激光束指向和位置稳定系统Aligna System，因其可以严格独立的进行角度和位置的稳定，可以很好的应用于导光管的光束穿入。



上图展示了工作原理：两个快反镜被放置在真空管前的光束中。它们可以被用于任意设置光束打入真空管的位置和角度。在真空管的入口处，安装了一个AimPD探测器。在这个最简单的结构中，AimPD由两个安装在管口左右边缘的PD探测器组成。现在我们可以扫描光束位置，直到有光打到AimPD的PD探测器上，然后将位置点设置在两个PD的中心。利用这种方式，我们找到的入口中心。

下一步，为了找到平行于真空管的方向，特别是贯穿真空管中心线的特定角度，我们要在这个中心点位置扫描光束角度。为了得到反馈信号，我们在真空管后放置一个PSD探测器，或者一个代表真空管出光口中心的附加PD探测器。

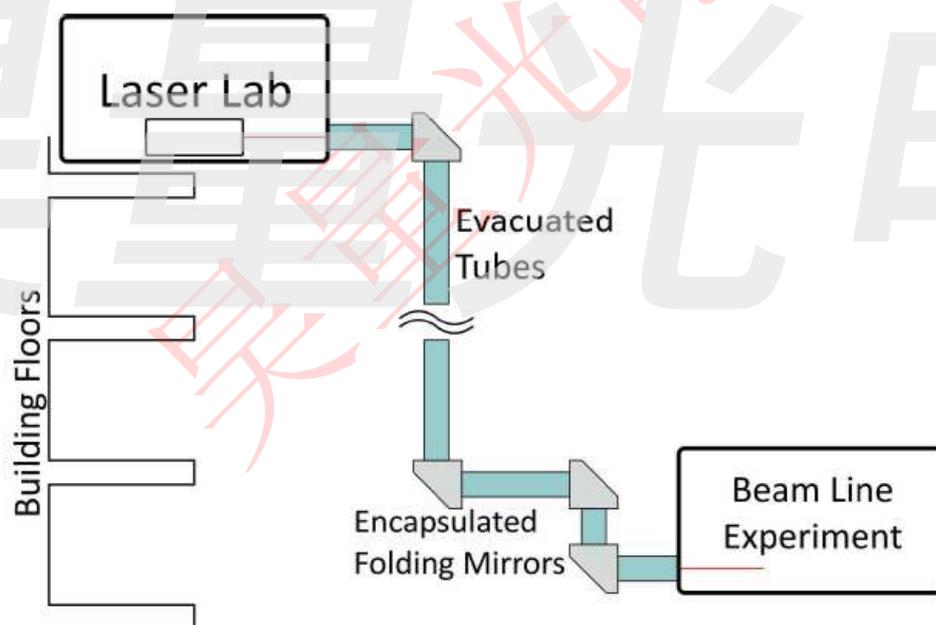
www.auniontech.com [info@auniontech.com](mailto:info@auniontech.com) Tel: +86-21-51083793

上海昊量光电设备有限公司 上海市徐汇区漕宝路 86 号光大会展中心 F 座 2802 室

通过这种方式，使用两个快反镜自动扫描几分钟之内就可以得到穿过真空管的好结果。上图显示真空管后放置了第三个快反镜，用以稳定光束。原则上来说，真空管前的两个快反镜能够进行4D稳定，但是第二个快反镜与PSD探测器间距离太长，导致反馈调整效果下降。因此，一旦扫描完成，第二个快反镜（图中所示M3）保持它的位置不变，由M1和M2执行稳定过程。

在更复杂的装置中，激光导光管不是直线式的，为了通过不同的建筑层，必须进行转角。

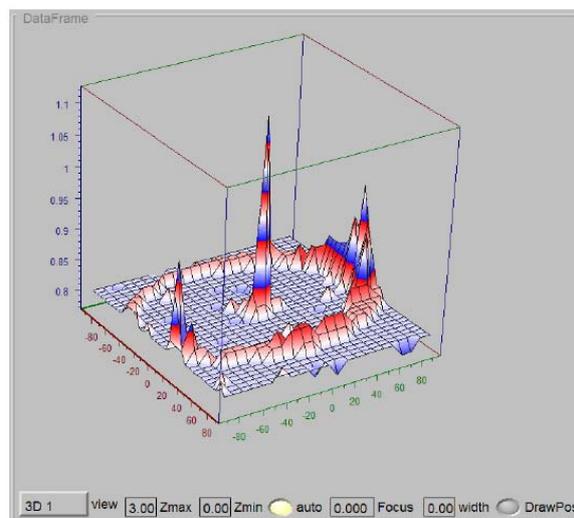
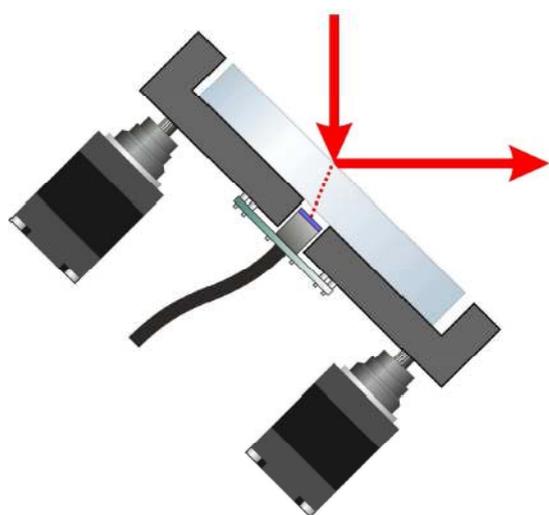
如下图所示，激光室与实验室是分开的（通常在束线开始或末尾的位置）。这两个位置由真空管连接，和直线真空管不同，它含有数个转角。在每一个转角处，都安装有一个45度可调节折叠反射镜。现在，想要保证激光束贯穿真空管，就要调整每一个反射镜，以便光束打到下一个反射镜的中心。假设真空管共有四个转角，实验者不得不准直5个反射镜（4个转弯处和真空管前各1个），也就是说共需要调整10个螺杆。这里主要问题在于管道是全封闭真空的。因此需要电控反射镜，更关键的是，需要一些反馈信号确认镜子是否调整到位。如果没有反馈，每个反射镜就会盲目的扫描，直到激光从真空管中导出。对于10个调整螺杆来说，假设每个螺杆调整范围内的扫描时间为5-10秒，那么整个过程就需要5\*10秒，大概100天左右。每个反射镜都输出反馈信号（包括真空光后的附加探测信号），扫描只需要5\*5^2秒，大概2分钟左右。



上海昊量光电提供的激光束指向和位置稳定系统Aligna System可以为激光束贯穿真空导光管的任務提供最完美的解決方案。通過遠程控制Aligna60電動反射鏡，可以高精度的保持和調整真空管內部的折疊反射鏡。然後控制電路自動掃描每一個反射鏡，整個過程快速而簡單。模塊化的控制電路可以控制任意數量的電動反射鏡滿足最複雜光路需要。

www.auniontech.com [info@auniontech.com](mailto:info@auniontech.com) Tel: +86-21-51083793

上海昊量光电设备有限公司 上海市徐汇区漕宝路 86 号光大会展中心 F 座 2802 室



为了提供反馈信号，在折叠反射镜的中心位置附近安装一个简单的PD探测器，泄露光束穿过反射镜打到探测器上。当探测光电流最高时，认为激光束达到了反射镜近似中心位置。现在Aligna控制电路控制一个电动反射镜扫描下一个反射镜的表面，记录它的PD探测信号。一旦找到最大的PD探测信号，第一个反射镜相应调整，程序继续扫描下一对反射镜，直到光束从真空导光管中传出。

扫描截屏如上图所示。在扫描区域中间，清晰的显示出PD峰值响应。大的椭圆显示为反射镜的边缘，这部分是杂散光被PD探测到的响应信号。

## 光束稳定

一旦光束贯穿真空导光管，它的指向性依然受制于偏移和快速抖动。这些偏移和抖动来自于空气扰动，激光系统的机械振动和指向偏移，并被长光程放大。

估算举例：想象一束激光束光程100m，激光束全天的角偏移量为50urad。在光程的末端，一个看起来很小的角度抖动就能引起5mm的位置误差。这显然超出了任何光学装置的容忍值。由于PSD芯片的分辨率极高（大概芯片边长的1/100000），Aligna系统可以轻松将漂移降低到1um以下。

若要聚焦到角探测器上，需要使用一个长焦距透镜（>1m），因为较大的角度波动会导致光束无法通过导光管，因此对长光程应用来说，就需要更高的角度分辨率。

www.auniontech.com [info@auniontech.com](mailto:info@auniontech.com) Tel: +86-21-51083793

上海昊量光电设备有限公司 上海市徐汇区漕宝路 86 号光大会展中心 F 座 2802 室