第十四章

大型粒子加速器的精密工程测量

14.1 离子加速器的概述

（1）建立离子加速器的意义

科学研究不断向宏观宇宙和微观粒子研究领域延伸。由于这些科学研究以及工业、国防的现代化需要，必须修建许多巨型的科学实验工程和复杂的大型特种工程。高能物理和粒子物理研究中的粒子加速器便是其中之一。是通过电磁铁的电磁场实现粒子的加速以提高粒子束的能量 ，来完成不同的实验目的，如研究更微小粒子的存在，用于解决宇宙的起源、现在和将来等重大科学问题。

（2）加速器的分类

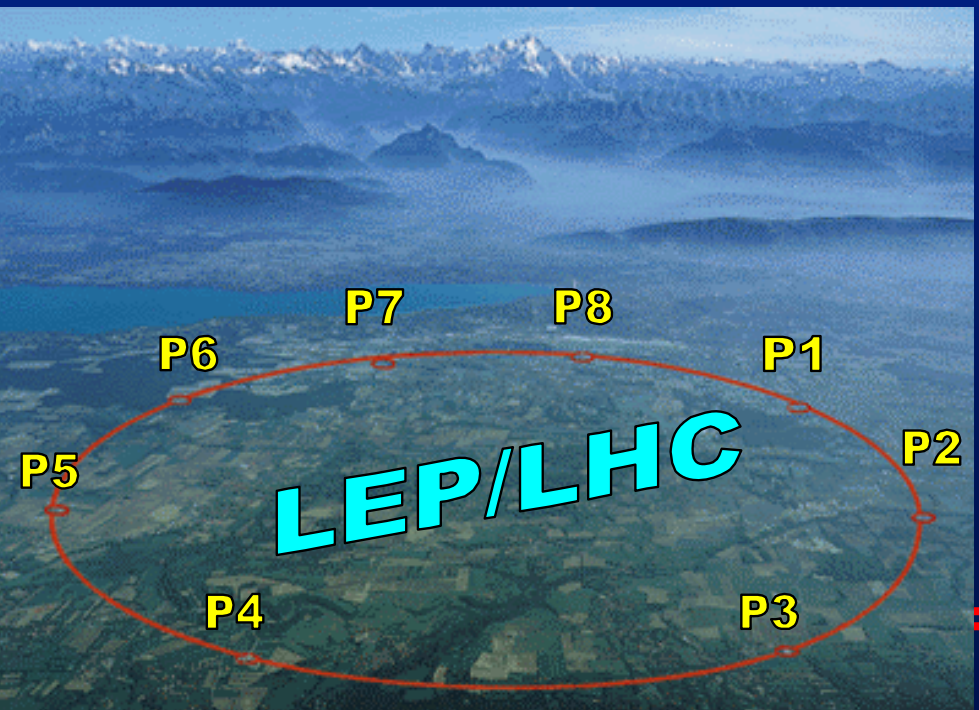
- 加速器的功能上可分为：
  - 以提高粒子能量为目的的高能粒子加速器
  - 作为超强光源的同步辐射加速器
  - 研究重粒子特性的重粒子加速器
- 从几何形状主要分：
  - 为直线加速器
  - 环形加速器

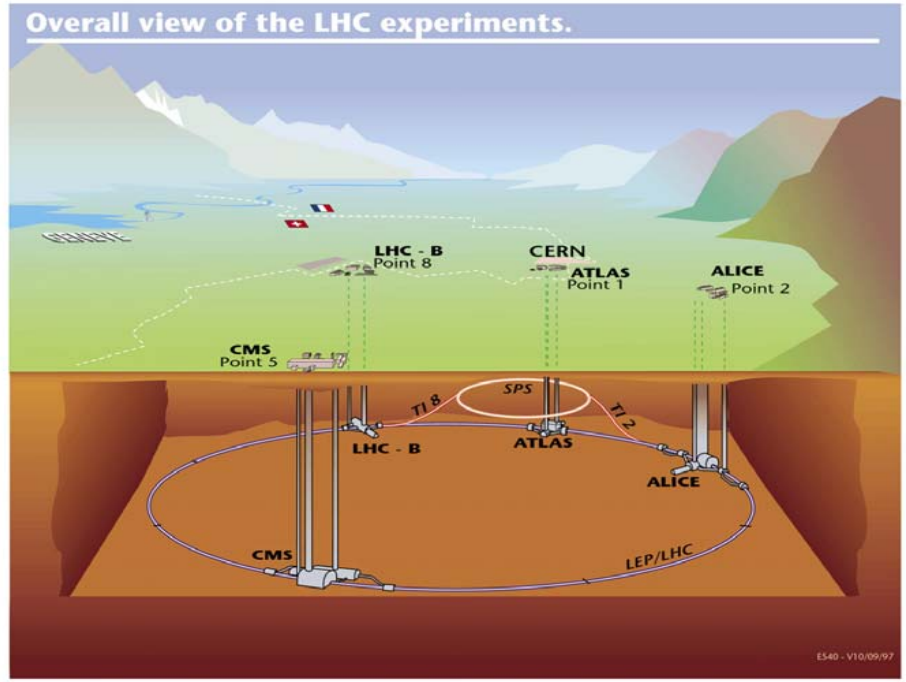
（3）各种高能物理实验中心

- 在欧洲
  - 欧洲原子能研究中心（CERN）（欧洲离子物理实验室）
  - 欧洲同步辐射研究机构（ESRF）
  - 德国加速器研究中心（DESY）
- 在美国
  - 斯坦福加速器中心（SLAC）
  - Fermi国家加速器实验室（FNAL）
- 日本
  - 高能加速器研究机构（KEK）；
- 中国
  - 中科院高能物理研究所


HI 00




P7
P8
P6
P1
P5
P2
LEP/LHC
P4
P3


Overall view of the LHC experiments.
LHC - B
Point 8
CERN
ATLAS
Point 1
ALICE
Point 2
CMS
Point 5
SPS
TI 8
TI 2
LHC - B
ATLAS
ALICE
CMS
LEP/LHC
E540 - V10/09/97

（4）几个缩写词的意义

- 环形正负电子对撞机LEP（Large Electron Positron Collider，
- 超导强子加速器LHC（Large Hadron Collider）
- 直线加速器CLIC（Compact Linear Collider）
- 环形质子加速器PS（Proton Synchrotron）
- 粒子储备环ISR（Intersecting Storage Ring）
- 超质子加速器SPS（Super Proton Synchrotron）

14.2 离子加速器的测量工作

（1）工作特点

- 介于工程测量学与工业计量学之间
- 微型大地测量血
- 大型工业计量学

14.2 离子加速器的测量工作

（2）测量工作内容

- 工程设计阶段
  - 参考椭球体的设计
  - 大地水准面设计与模型的建立（大地水准面模型和离差模型）
  - 工作水准面的测量与模型的建立（垂线偏差模型）
  - 仪器检校实验室建立
- 工程施工阶段
  - 建立地面测量控制网（平面和高程）
  - 建立地面与隧道的联测网
  - 建立地下测量控制网
  - 建立隧道变形监测控制网
  - 隧道掘进和质量控制的有关测量工作

14.2 离子加速器的测量工作

（2）测量工作内容

- 设备安装阶段
  - 建立地下精密测量控制网（平面和高程）
  - 设备的定位测量（平面位置、高程位置和横向倾斜状态）
  - 设备的预组装测量
  - 设备的组装测量
- 设备服役阶段
  - 加速器的状态的检查测量（平面和高程）
  - 隧道的变形测量
  - 其它日常的测量工作

14.2 工程设计阶段的测量工作

（1） 计算基准的确定

- 是否需要采用参考椭球体作为计算基准；
- 如果需要应该怎样确定其参数和进行椭球体的定位。

（2）大地水准面设计与模型的建立

- 精确地知道大地水准面与参考椭球体在任意一点的相对位置；
- 精确确定垂线与法线偏差的分布 。

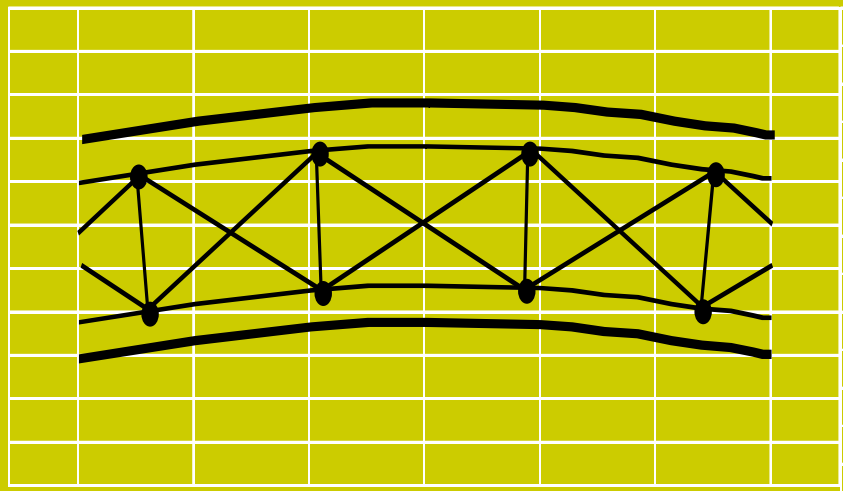
（3）测量仪器检校实验室建立

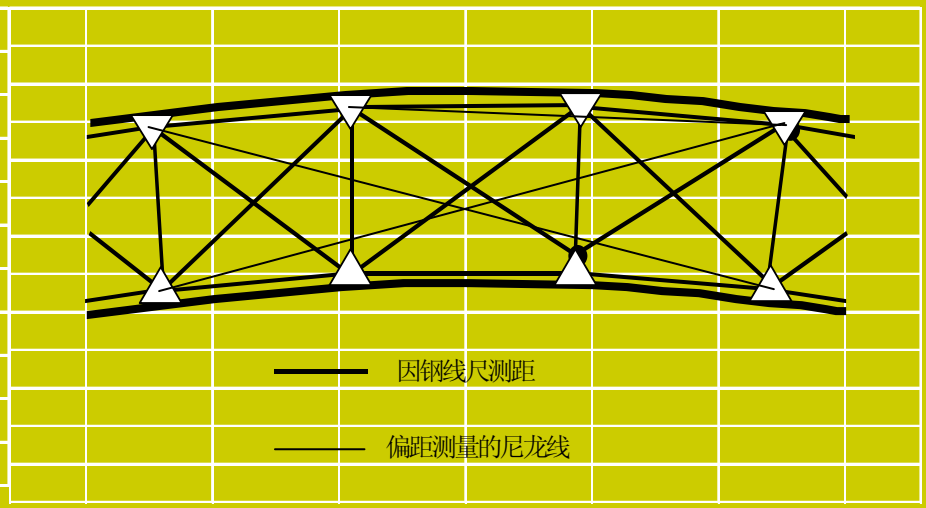
室内检校场和室外检校场，它的功能主要有三个方面：

- 对所有的测量仪器进行精度、稳定性等各项性能的鉴定，评估仪器的精度，建立测量值计算模型；
- 实验所设计的测量方法能否达到设计的精度要求；
- 标定自行研制的测量仪器 。

14.3 工程施工阶段的测量工作

- 两个目的：
  - 满足加速器精密工程测量的需求服务
  - 能为加速器有关的基础设施的土木工程服务。
- 典型网形

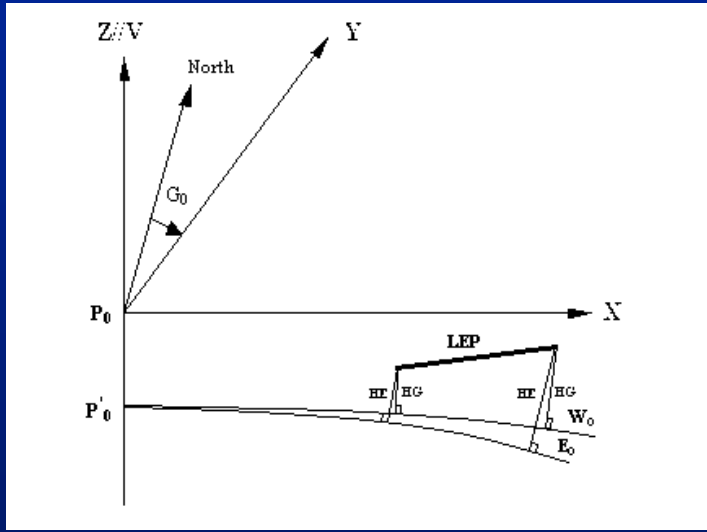




14.3 工程施工阶段的测量工作

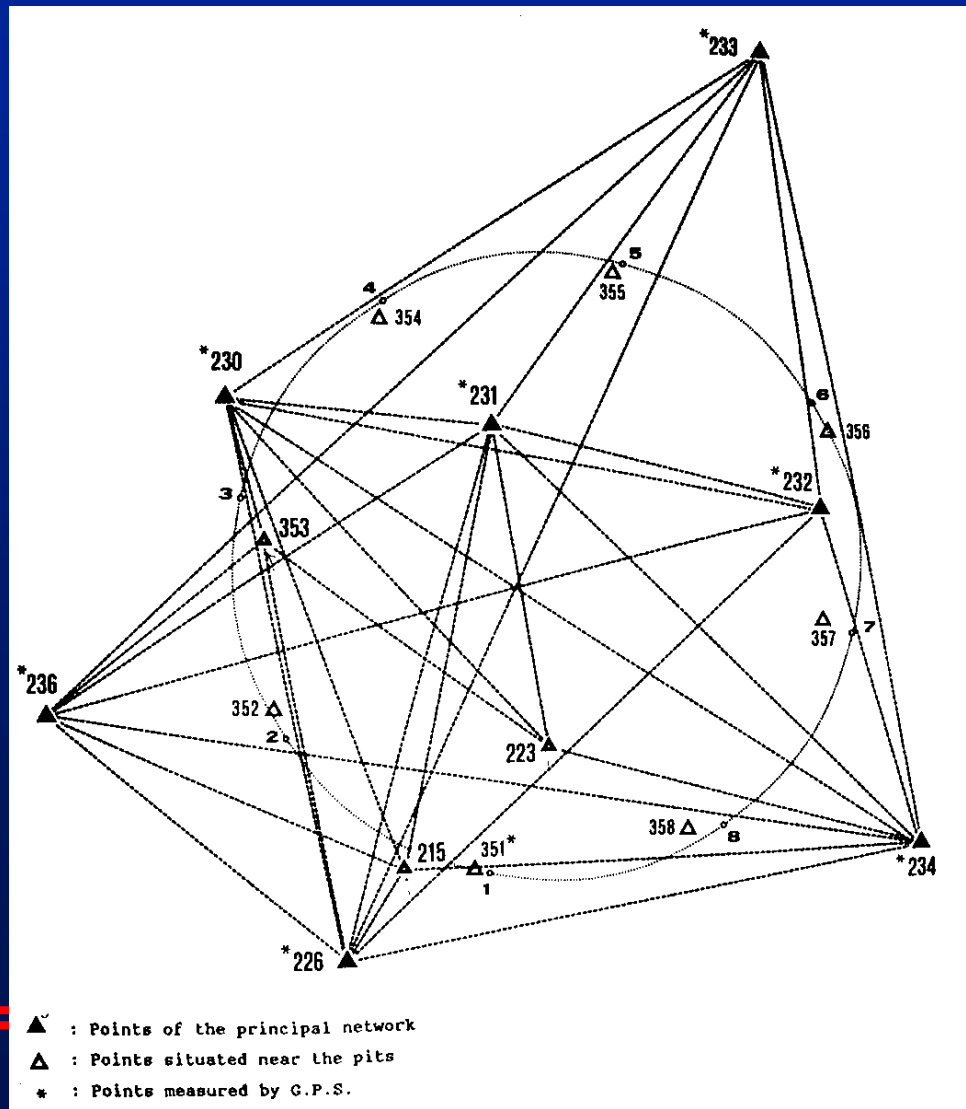
（1）地面测量控制网的建立

- 测量坐标系的确定



- 地面平面控制网

- 地面高程控制网
  （考虑垂线偏差）

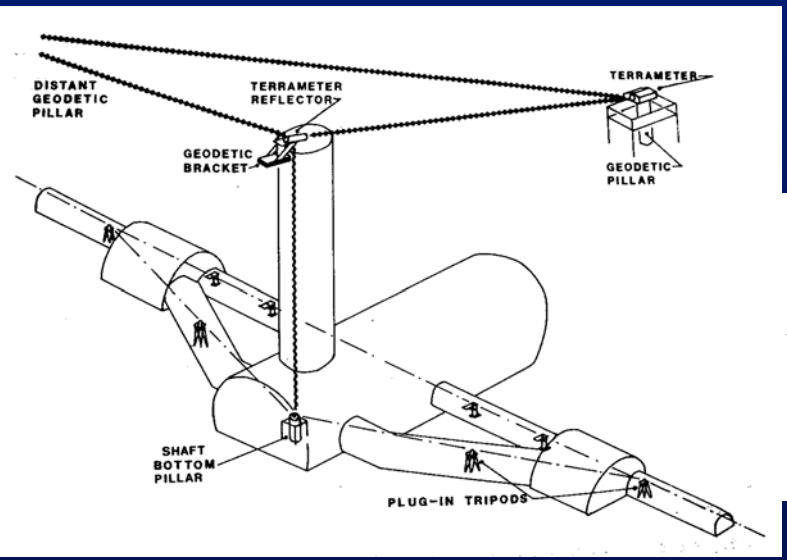


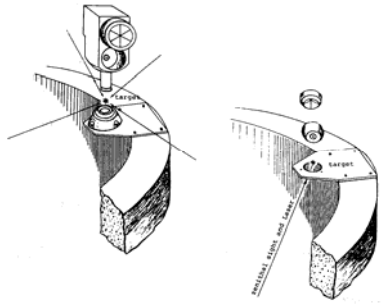
14.3 工程施工阶段的测量工作

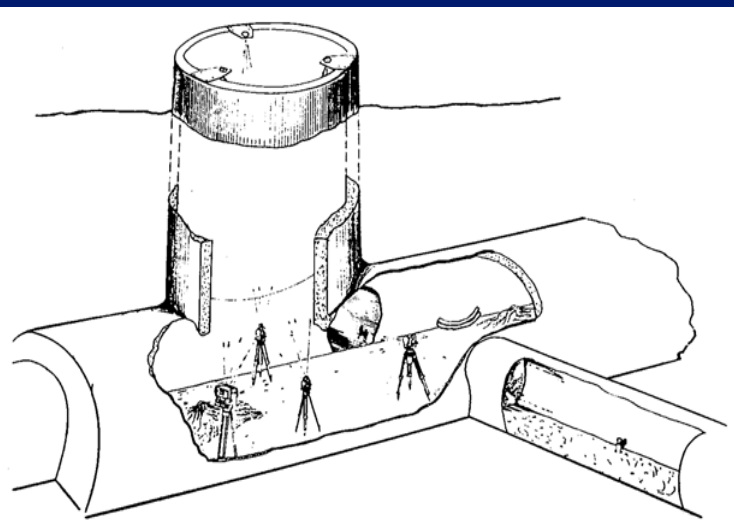
（2）地面与隧道的联系测量

- 连接点位于井筒上沿，井上、井下可以通视
- 3个连接点相互成120度；
- 其结构是在井沿上固定一个带有圆孔的金属板，圆孔内可以安装CERN的球形站标和为井下观测设计的专用站标和反射镜坐标传递精度为

$$\sigma_{xy} \le 2mm \quad \sigma_H \le 1mm$$





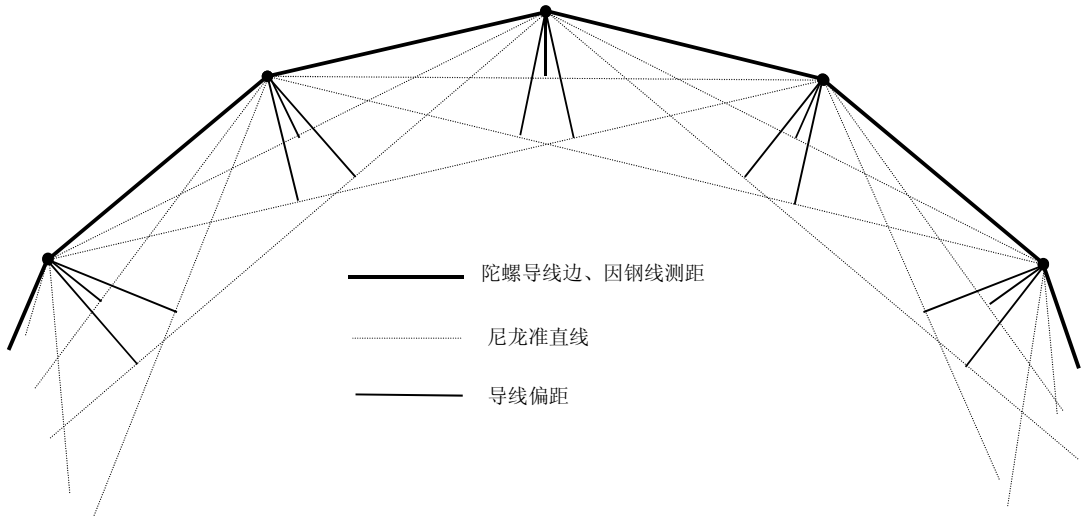


14.3 工程施工阶段的测量工作

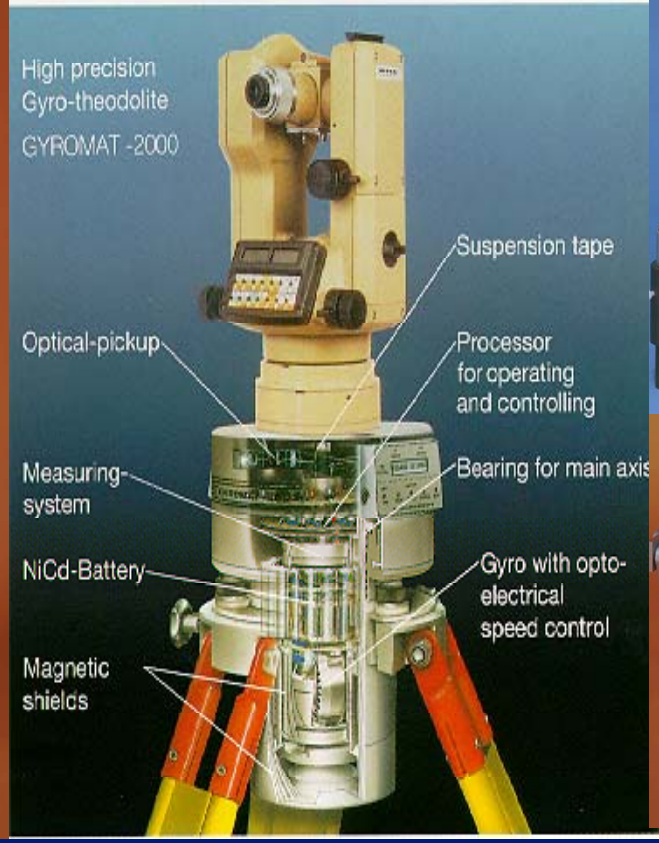
（3）建立地下测量控制网

导线是唯一可以用于井下控制网的方案，为了尽可能提高其图形的强度又增加了偏距多余观测值，形成了所谓的复杂导线，又称交叉偏距导线。

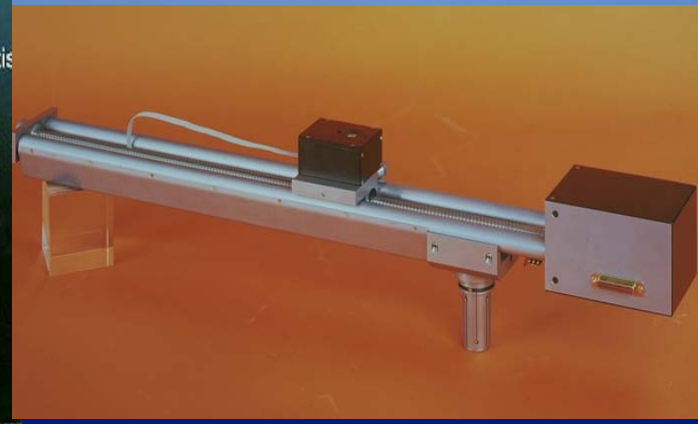
- 陀螺经纬仪定向
- 导线边长测量和高程测量
- 导线偏距测量

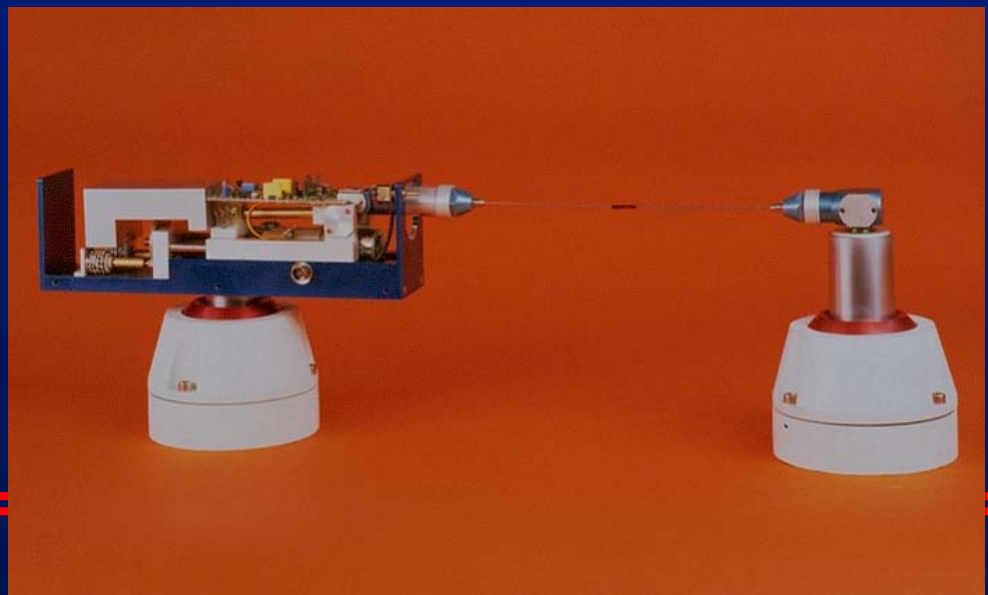





High precision
Gyro-theodolite
GYROMAT -2000
Suspension tape
Optical-pickup
Processor
for operating
and controlling
Measuring-
system
Bearing for main axis
NiCd-Battery
Gyro with opto-
electrical
speed control
Magnetic
shields







14.3 工程施工阶段的测量工作

（4）巷道日常测量工作

- 给定掘进方向
  - 采用AGA140全站经纬仪联测激光指向仪
- 巷道的横断面测量
  - 摄影断面测量
  - 激光断面扫描仪FEN2000

（5）巷道变形测量工作

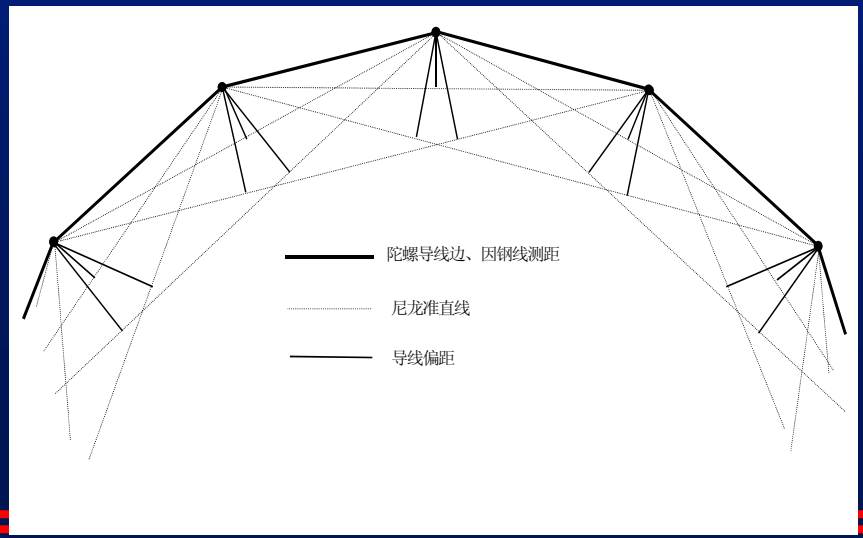
- 变形观测点均设在地板上。这些变形点的测量均采用水准测量对其相对的垂直移动进行监测
- 结果表明有三个不稳定区域，其中一个区域垂直变形较大，另外两个区域有整体内倾的移动

14.4 设备安装阶段的测量工作

（1）设备定位测量控制网的建立

用偏距测量代替传统的角度测量，即测量一个点与其它相邻点连线的垂直距离—偏距，而不测量导线的转角，以提高导线的结构强度达到高精度的要求。因此，导线的实测内容是：偏距测量、距离测量和高差测量 。

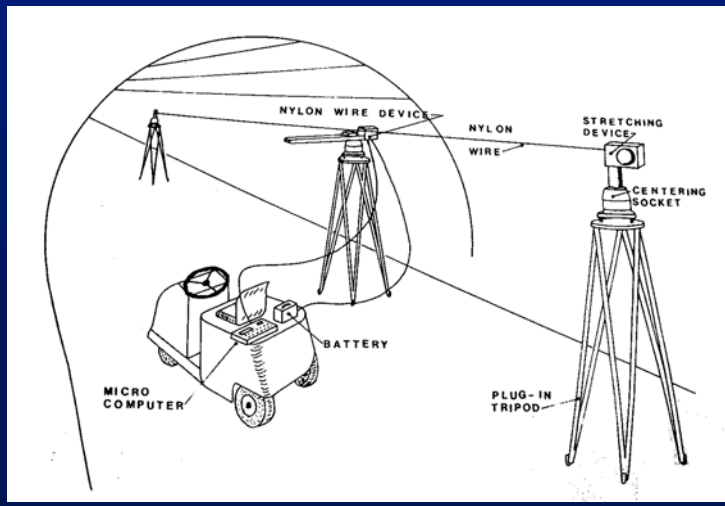




14.4 设备安装阶段的测量工作

（2）磁铁的定位测量

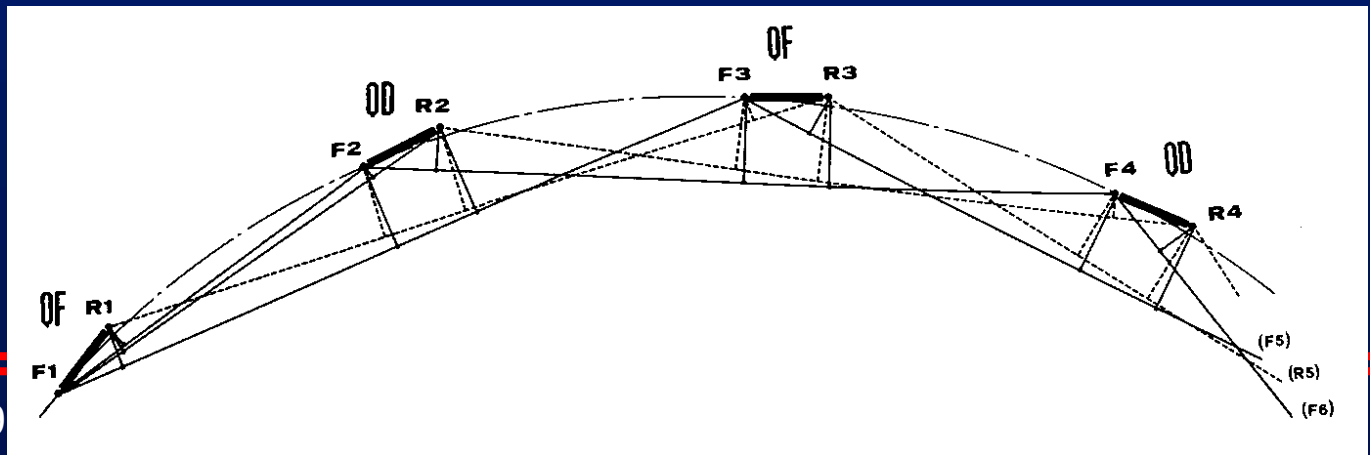
- 根据原控制点和四极磁铁测量标志的标定数据在底板上标出磁铁的粗定位位置
- 磁铁就位后根据定位控制网点的坐标和测量标志点的理论坐标计算标定数据，利用前后定位网点对磁铁进行调整、以实现精密定位。
  - 距离的监视采用自动铟钢线尺
  - 倾斜监视采用电子测斜仪
  - 偏距监视采用自动偏距仪
  - 高度监视采用自动激光水准仪
  - 四极磁铁定位限差为0.1毫米
    两极磁铁为0.3毫米



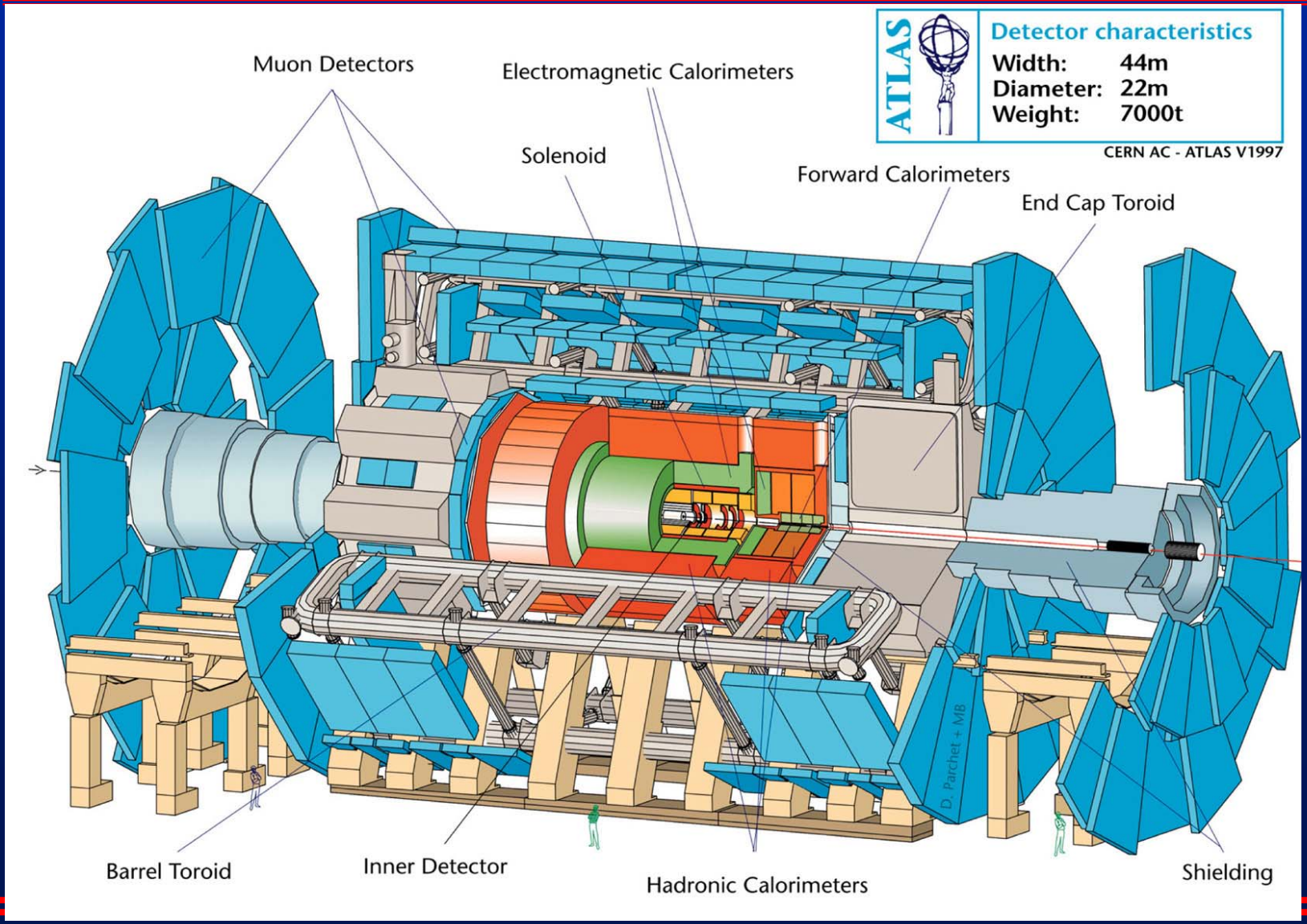
14.4 设备安装阶段的测量工作

（3） 磁铁位置的回归分析与再调整

- 加速器定位精度的优劣表现在两个方面：
  - 实际轨道与理论轨道的偏差
  - 实际轨道自身的圆滑程度
- 在设备精密定位之后，需要对设备定位的精度进行评定，并对粒子束轨道的圆滑程度进行优化，然后对某些磁铁的位置进行再调整。其方法是以磁铁上的测量标志点为导线点重新进行交叉导线的测量



14.5 探测器的组装测量



14.5 探测器的组装测量

（1） 微型大地测量（Micro Geodesy）

采用激光跟踪仪来进行测量 ，测量过程如下：

- 在设备组装现场建立直角坐标系，并根据组装定位的需要选择基线点的位置建立基线网，作为工作点的可靠基础。采用精密边角网对基线网进行施测。
- 在组装部件和框架上根据不同的需要建立不同的标志点，针对不同标志可进行空间距离和角度测量，对归心环和十字线结构形式的点可进行多方向交会测量，对无法设立标志工作点的部件则采用激光经纬仪进行空间交会测量，以确定组装部件的位置，然后有关定位参数对部件进行精确定位和位置检测。

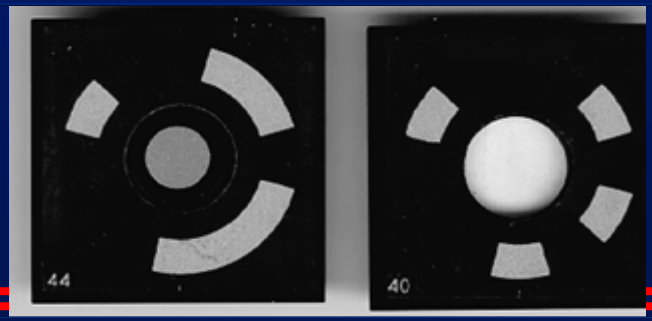
（2）近景摄影测量

近景摄影测量是一种高效率的测量方法，该方法的测量精度可以达到0.3mm到0.5mm，同时可以实现全息纪录。其摄影测量的作业过程如下：

- 在被测设备或是部件上设置摄影测量标志，标志有两种：一是可以与观测目标相配合的立体标志，一是可以粘贴的平面标志。平面标志也分为两种：一种是带有编码图案的，可以实现同名点的自动识别技术，一种是普通的只带有对称图案。
- 从各个角度对设备或部件进行摄影；
- 计算机数据处理，求得个点的空间坐标。







2007-5-9



14.6 测量实验室介绍

中心测量实验室的主要用途有四个方面：

- 对长度测量器具和仪器进行高精度的标定
- 对偏距测量仪器进行高精度的标定
- 对摄影测量仪器和方法进行鉴定
- 对陀螺经纬仪进行鉴定

实验室在50年测量工作中不断探索，研制成功了一批工业测量仪器，为世界精密工业测量的发展中做出了卓越的贡献。

14.6 测量实验室介绍

（1）长度基线



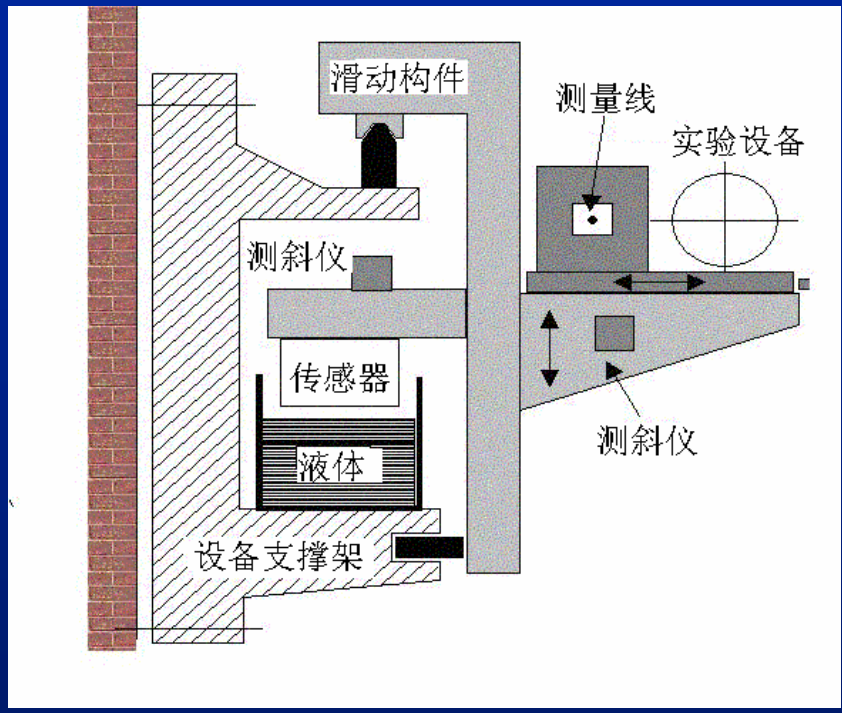


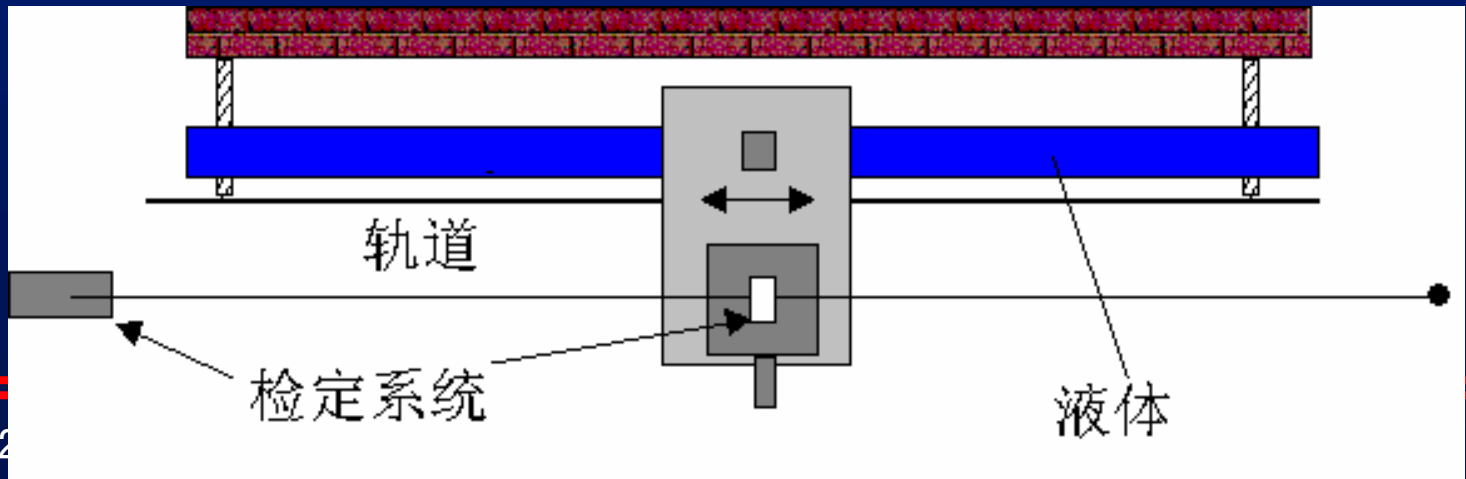




14.6 测量实验室介绍

（2）偏距检定装置





谢 谢 大 家!