

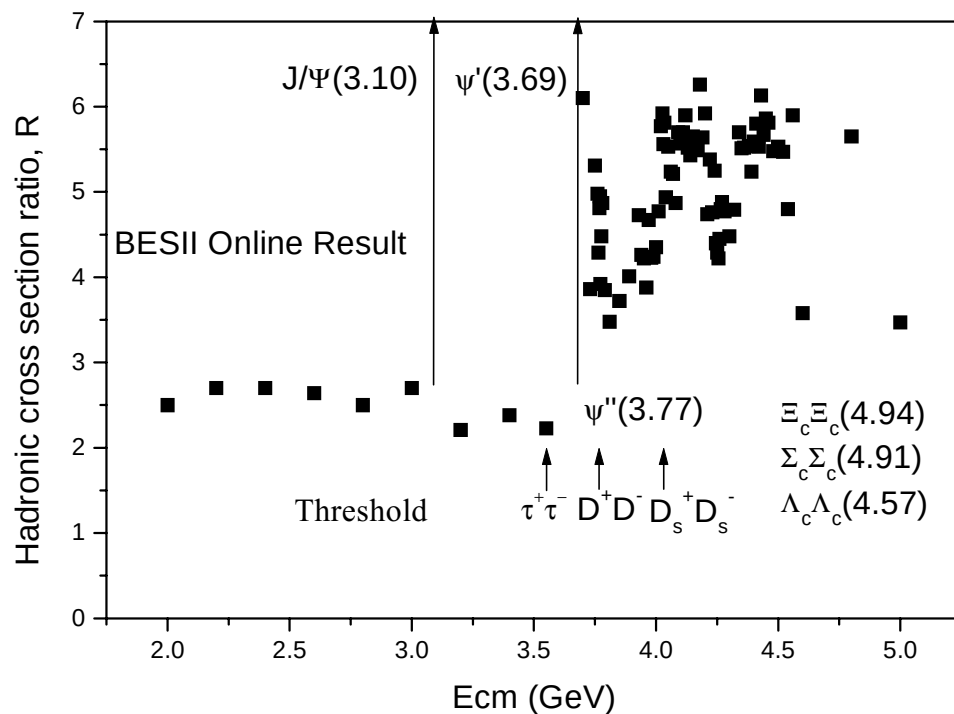
北京谱仪和运行值班

李小南

北京谱仪和运行值班

- BES物理和数据采集
- BEPC简介
- 北京谱仪
- BES运行组织形式
- 运行值班的主要工作
- 值班人员的要求
- 值班记录，表格，图

BES物理



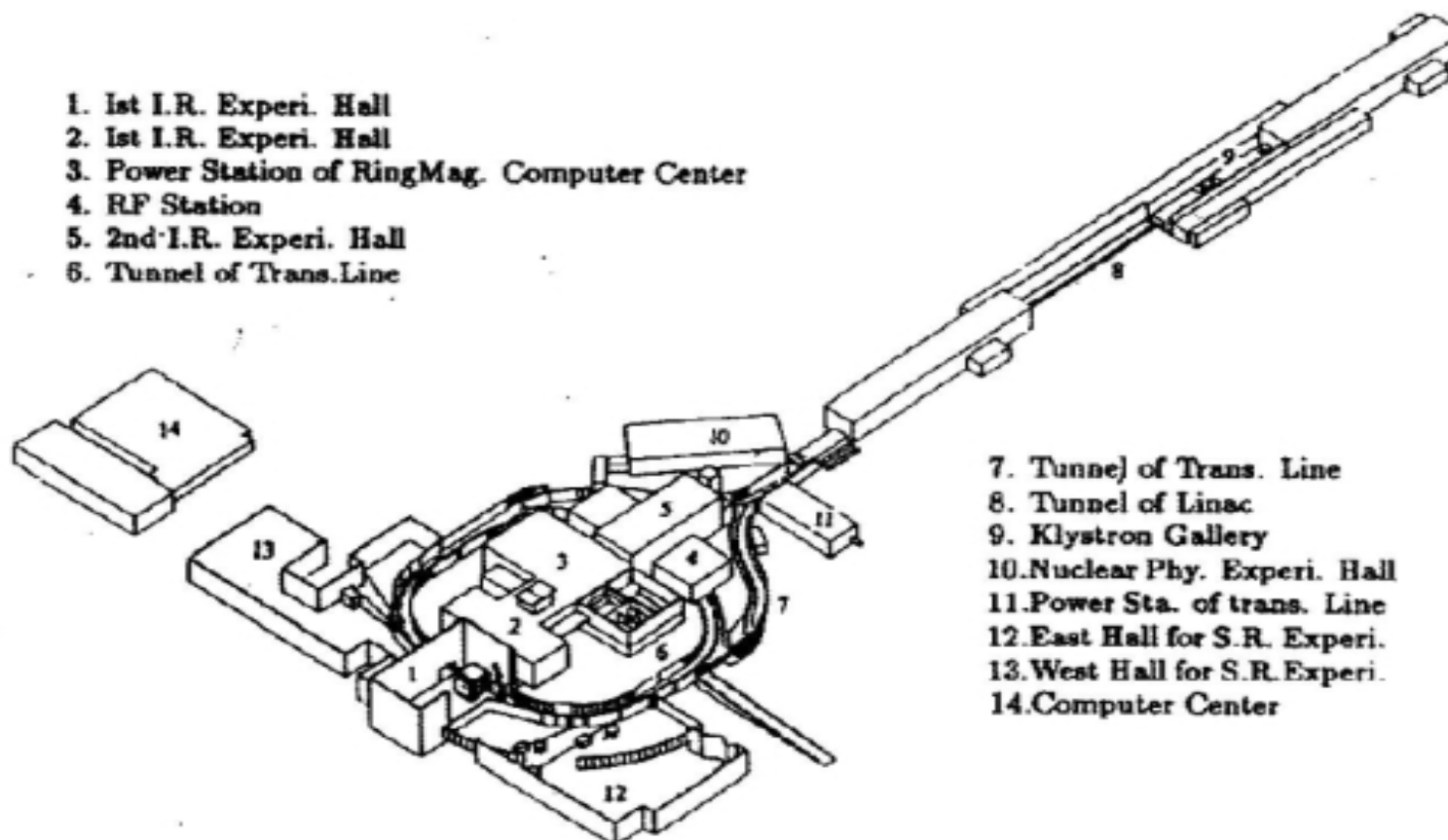
- BEPC为 $\epsilon^+\epsilon^-$ 对撞机,主要工作在质心能量2—5GeV, 目前为世界上运行在该能区的唯一对撞机。
- BES为通用探测器。
- 在2—5 GeV能区, 截面大, 有多个产生阈, 事例多重数少, 粒子动量低, 粒子鉴别相对容易。
- 主要物理有
 - 粲偶素, J/ψ, ψ', η_c
 - 胶球, 奇异态
 - τ物理, τ质量测量
 - 粲介子D_s, D
 - 粲重子
 - QCD, R值测量

数据采集

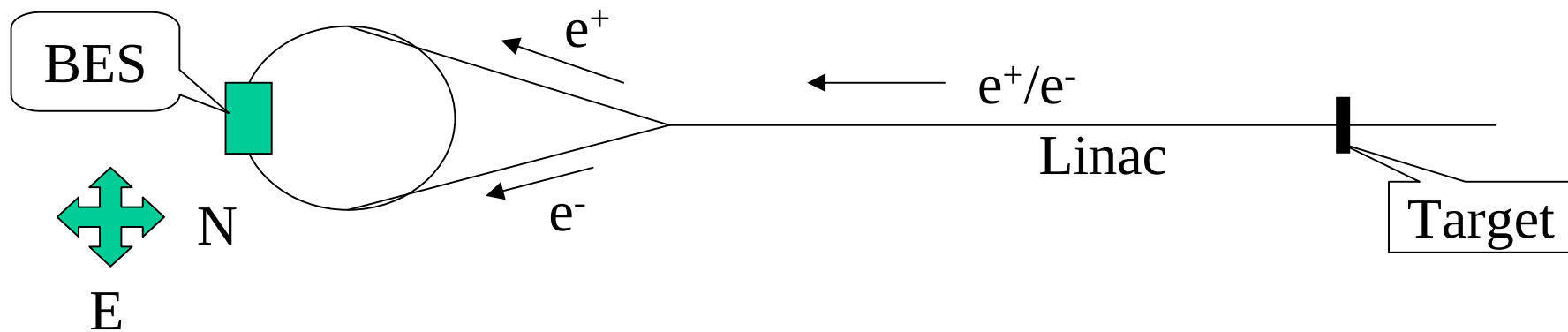
- BES至今获得的成果和以后的物理成果都来自各有关单位的通力合作，加速器室，电子学室，通用运行室，计算机室，理论室等都作出了应有的贡献。
- 数据获取为获得好的物理成果的重要一环。需要每个值班人员兢兢业业，正确操作，保证安全运行。取好数，多取数。值班人员比较辛苦，责任也大。
- 参加值班取数是作为合作组成员应尽的义务，是作为文章署名的必要条件，这是国际实验组通行的惯例，说明对此的重视。
- 值班人员的任务不仅取好数，多取数，还要保证设备的安全。
- 今年取数的主要任务：

J/ψ 取数，目标在2—3年内取5000万事例

BEPC实验室全图



BEPC简介



- Linac 全长: 205m, Storage 周长: 240.4m
- 在BES对撞区, e^- 由东至西, e^+ 由西至东
- BEPC运行程序: e^+ 注入(1.3 – 1.5GeV) $\rightarrow$ e^- 注入 $\rightarrow$ 束流能量升至预定能量(ramp up) $\rightarrow$ 对撞 $\rightarrow$ 打掉束流 $\rightarrow$ 重新注入
- 正电子由负电子打靶产生

BEPC几个参数 流强, 亮度L和事例率

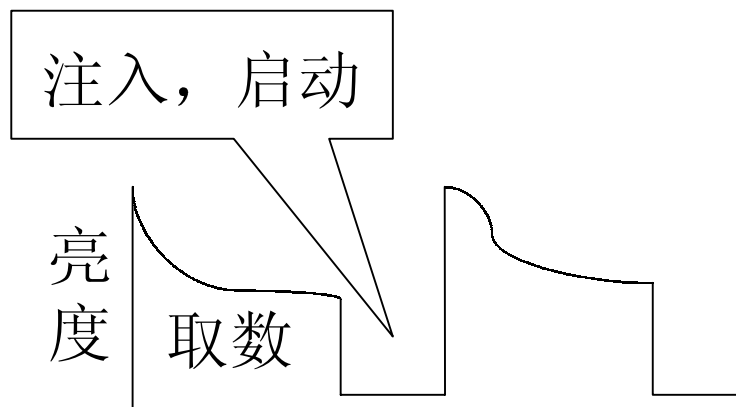
- 事例率 = $l \cdot \sigma$;
l: 瞬时亮度, $\text{nb}^{-1}\text{s}^{-1}$ or $\text{pb}^{-1}\text{s}^{-1}$; σ : 反应截面, nb or pb;
barn: 10^{-24}cm^2 , nb: 10^{-33}cm^2 , pb: 10^{-36}cm^2 ;
积分亮度 $L = \sum l \cdot t$, nb^{-1} or pb^{-1}
- 在J/ ψ 峰: $\sigma \sim 2500\text{nb}$, 如 $l = 2 \cdot 10^{30}/\text{cm}^2/\text{s}$, 好事例率 = $2500\text{nb} \cdot 10^{-33} \cdot 2 \cdot 10^{30}/\text{cm}^2/\text{s} = 5/\text{s}$ (5 Hz)
- 瞬时亮度 $l = fN^+N^-/4\pi\sigma_x\sigma_y = CfI^2/\sigma_x\sigma_y$
 $C \sim 3.11 \cdot 10^{36}$; N^+ , N^- 为 e^+ , e^- 数; $I(\text{A})$ 为流强: σ_x , σ_y 为束团在对撞点 x, y 方向的大小; f 为两束(e^+ , e^-)对撞频率 = 1.25MHz, 对撞周期为 802ns
- 根据BEPC经验, 峰值亮度与束流能量的关系: $l \sim E_b^4$
在J/ ψ 处, $l \sim I^2$ ($\sum I < 20\text{mA}$), $l \sim I$ ($\sum I > 20\text{mA}$)

BEPC几个参数

束流能量(能散度),束流长度

- 束流能量对物理分析很重要，能量不准对 J/ψ , ψ' 截面影响很大，束流能散度也影响 J/ψ , ψ' 截面。
- 束流能量以BEPC给出的经轨道校正的能量为准，但加速器的能量绝对定标不太准，须经 J/ψ , ψ' 峰扫描确定峰位来标定束流能量。峰扫描时，加速器最小可调能量为0.2MeV，应单向扫描。
- 束流长度随流强低而变短，影响TOF时间分辨率

BEPC几个参数 束流寿命



束流在储存环中有一定寿命, 即流强会随时间下降,

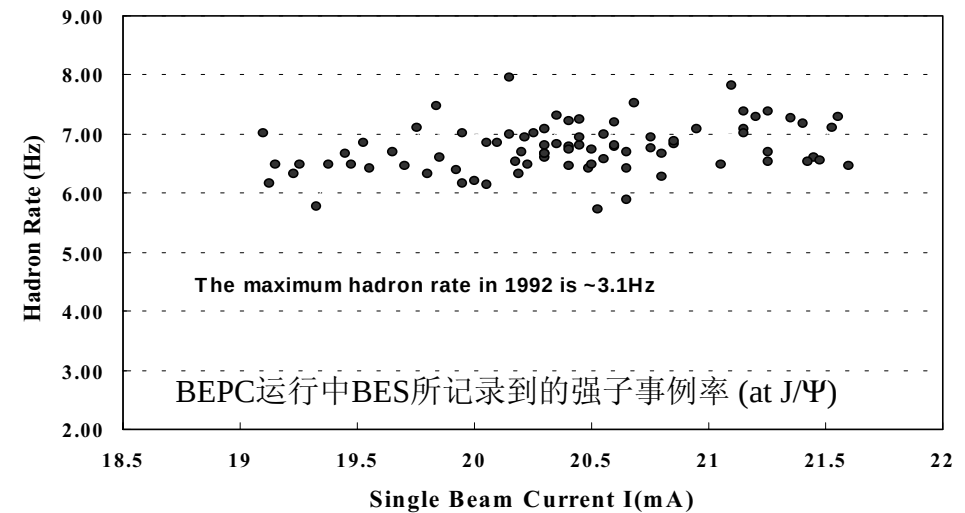
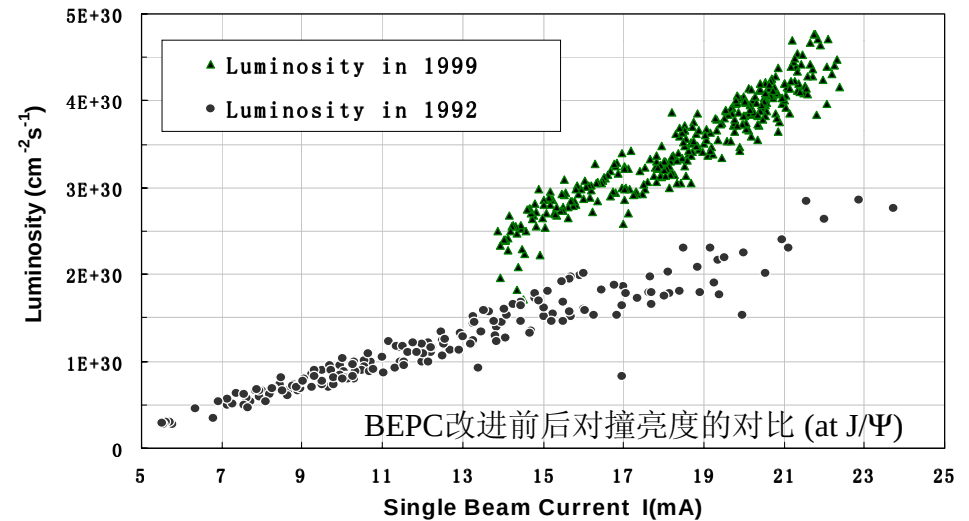
$$I = I_0 e^{-t/\tau}, \tau \text{ 为寿命, 约几小时。}$$

- BES取数, 应尽可能达到最大积分亮度, 一般来说束流刚注入后, 亮度高但本底较大。

- 要提高总的积分亮度
 - 尽量缩短对撞后系统启动时间, 熟悉操作(加HV, 取台阶, **Begin RUN**), 不出错, 少出错。出错时尽快解决。
 - 根据注入时间和束流寿命确定束流打掉时间。理想情况时, 有最佳取数时间, 实际情况, 根据经验而定。

BEPC主要参数

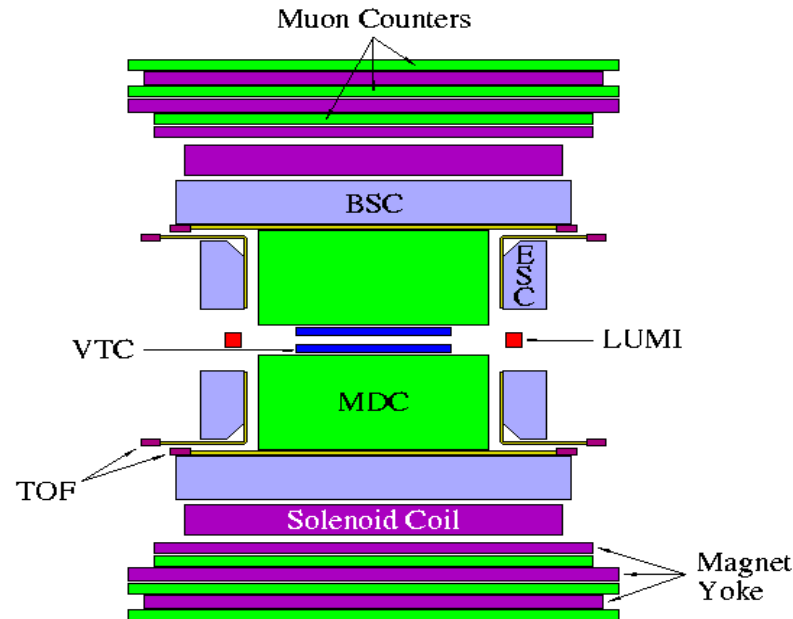
参 数	自 测
注入能量	1.5479 GeV
正电子注入速率	~2.2 mA/min 最大 4 mA/min
电子注入速率	~50 mA/min 最大 100 mA/min
对撞能量	1.5483 GeV
总流强	最大 45.4 mA
束束频移	最大 112 kHz
强子事例率	最大 7.7 Hz
闭轨	$X_{\text{RMS}}=1.83 \text{ mm}$ $Y_{\text{RMS}}=1.69 \text{ mm}$
束流截面 (对撞前)	$\sigma_y/\sigma_x \sim 1.13/1.78(\text{mm})$
束流截面 (对撞后)	$\sigma_y/\sigma_x \sim 1.15/1.79(\text{mm})$
横向振荡频率	$f_x=228.0 \text{ kHz}$ $f_y=315.0 \text{ kHz}$
β_y^*	~5.5 cm (单束)
高频电压	~600 kV
束流寿命	6~7 小时



和加速器有关的一些事情

- 值班人员需多了解加速器运行状态，需多与中控室电话联络。
- 为保护探测器，注入和束流打掉时，BES HV处于预备状态。
 - 需确认加速器对撞后，再加工作HV
 - 在束流打掉前，HV退回预备状态
 - 联锁系统确保谱仪处于工作HV时不能注入。
- 为下一次注入作准备，在束流打掉前30–40分通知中控室作准备。
- 为照顾加速器同志就餐，适当注意避免在中餐，晚餐时间，让加速器注入。
- 进厅，加速器运行时，谱仪大厅内剂量很大，当打掉束流后，进输运线用的偏转铁（TCB1）不工作时，大厅内剂量很快下降，15分钟后可进入。但需测剂量。
- 需学习安全知识
 - 万一锁在厅内怎么办？
 - 进厅程序，运行负责人有权决定，填写停机表格(在中控室)。

北京谱仪BES-II

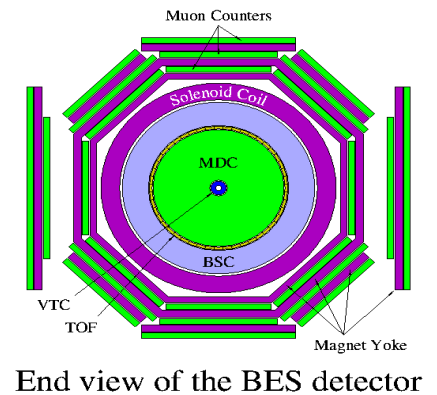


Side view of the BES detector

长：6米，直径：7米
重：480吨

- 电子学系统
- 触发系统
- 数据获取系统

- 高压系统
- 气体系统
- 磁铁电源系统
- 环境监测系统
- 报警系统
- 水、电、风系统



End view of the BES detector

BES各系统作用

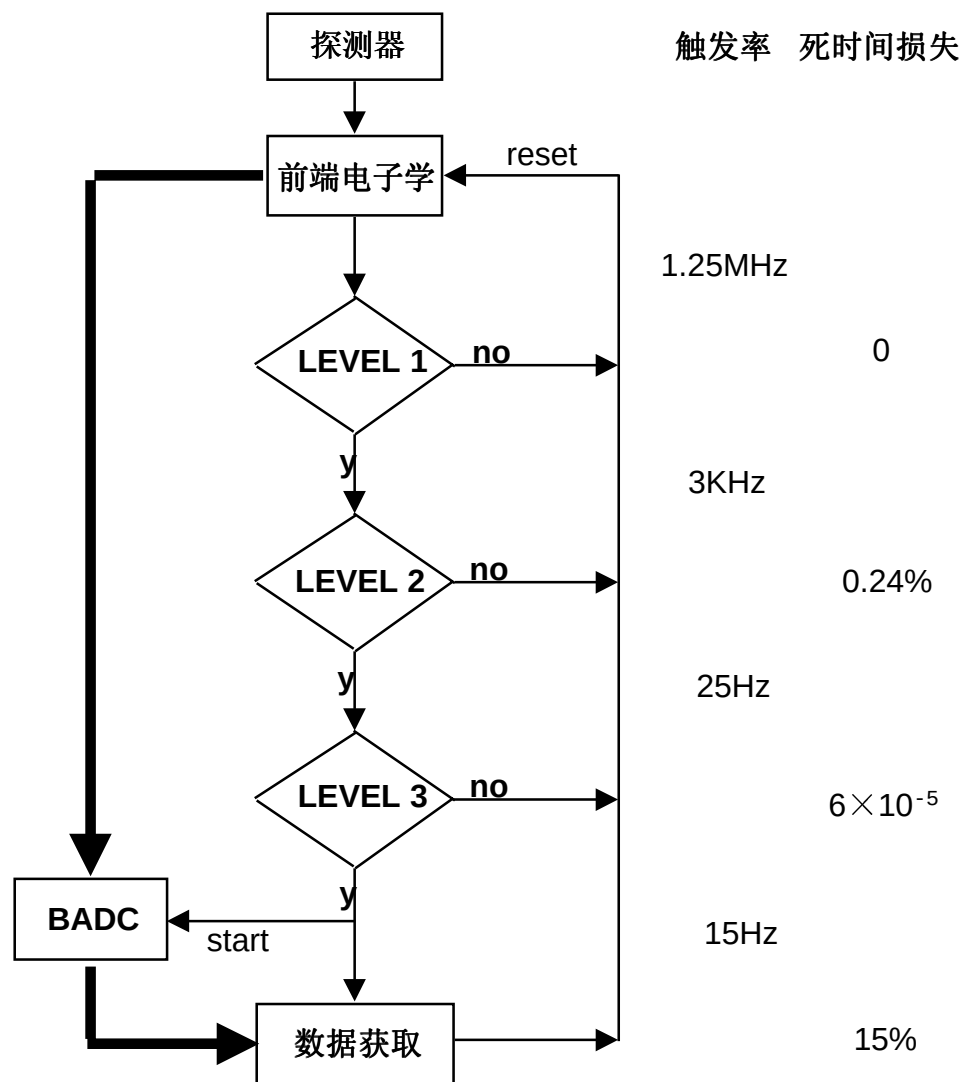
磁铁	产生 4 KG 磁场
VC	测径迹(r, θ, ϕ)
MDC	动量 P , dE/dx , 鉴别强子 π, K, P
TOF(Endcap, Barrel)	测飞行时间 t , 鉴别强子 π, K, P
BSC, ESC	测能量 E , 位置(r, θ, ϕ), 鉴别光子和电子
Muon Counter	测 Muon 位置(r, θ, ϕ), 鉴别 Muon
轭铁(Magnet Yoke)	磁场回路, Muon 探测器吸收层
LUM(亮度)	测量亮度, 信噪比

电子学系统

系 统	路 数	BADC/TDC 数
VC	640	7
MDC (T & Q)	3232+3232	6+6
TOF	336	3
BSC	6720	8
ESC	5520	6
MU	1520	2
BES-II	21200 (3 KB/evt)	31 BADC+7 TDC

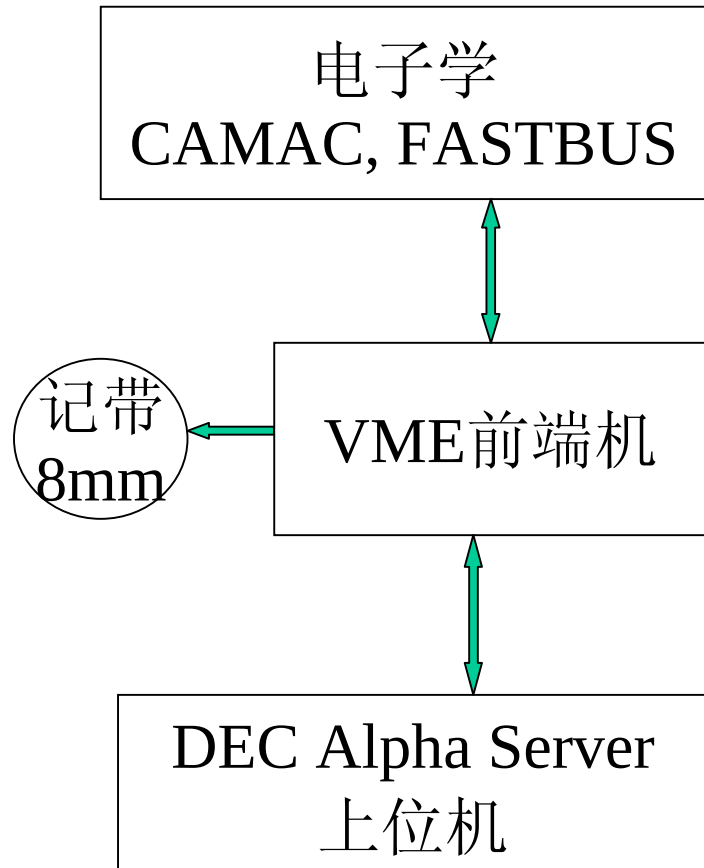
- 接受各种探测器信号，进行高速度，高精度处理，将处理结果暂存，并将部分信号送入触发判选电路
- 按照触发判选电路判选结果，或复原，或进行数字化和数据预处理，请求计算机读出
- 对电子学系统进行校准
- 接受对撞机的时间参考信号，以便系统有序地工作

触发判选系统



- 快速实时事例选择和控制
- 压缩本底，宇宙线，丢失电子，Beam Gas，同步辐射，其他。
- 时标，以对撞时间为基准，这个时间由谱仪两侧束流管上的Pickup信号给出。东端用于TOF电子学，西边用于其他系统。
- 触发条件表，决定取数条件。只允许触发系统Oncall人员及运行负责人修改

数据获取系统



- 数据获取控制及在线分析。
- VME前端机，实时控制，记带。
- 上位机，在线系统各任务调度，
 - 触摸屏
 - 事例分析
 - 直方图计算
 - 图形显示
 - 亮度计算及显示
 - 定时监测
 - BEPC参数记录
 - 高压控制
 - 电子学刻度
 - 状态及报错信息
 - 打印

BES气体系统

子系统	气体成分
VC	50%Ar+50%C ₂ H ₆ +少量水蒸气
MDC	89%Ar+(10.0±0.5)%CO ₂ +(1.0±0.2)%CH ₄
BSC	80%Ar+(20.0±1.0)%CO ₂ +N-C ₅ H ₁₂
ESC	34%Ar+(66.0±3.3)%CO ₂
Muon	90%Ar+(10.0±0.5)%CH ₄

- 质量流配气系统
- 顶点室气体系统
- 色谱分析
- 正戊烷红外检测仪

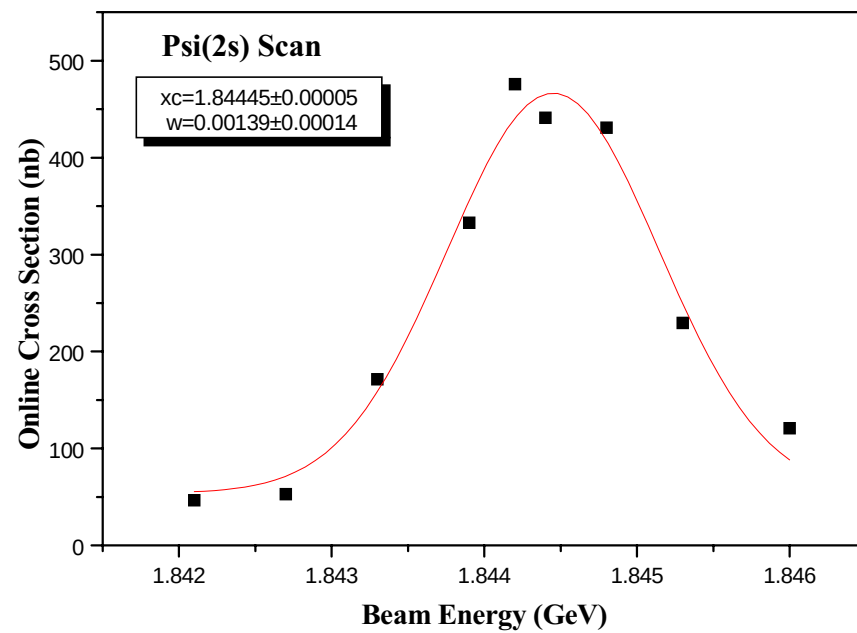
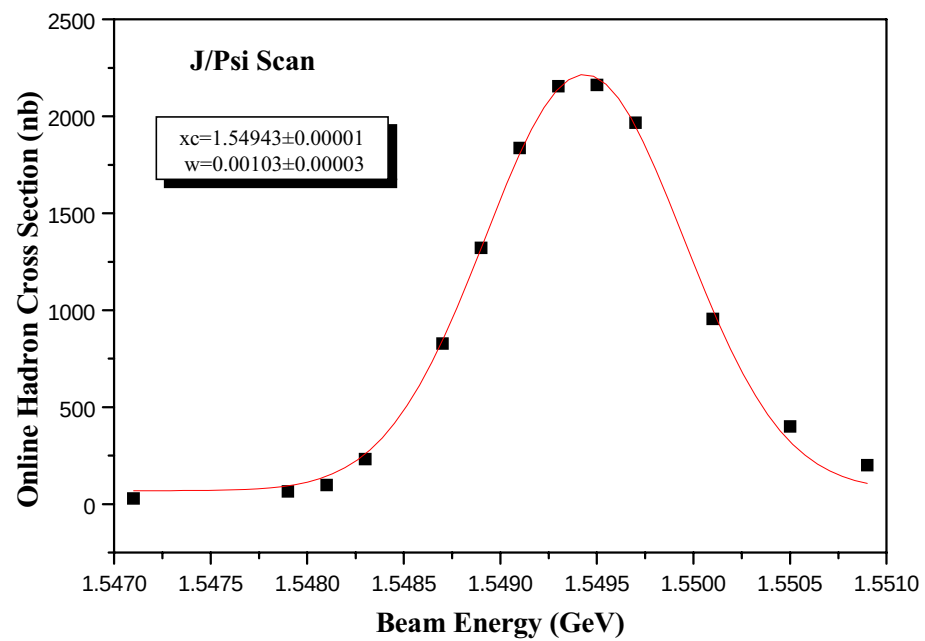
Slow Control 系统

- HV系统
 - CAEN SY127
 - 十个机箱，分成14组
 - MDC HV由PC机控制，其他由VME控制
- 磁铁电源系统
 - 磁场电流值
 - 电源间室温
 - 磁铁电源冷却水进，出口温度
- 冷却水，风系统
 - 冷却水，线圈，水套，磁铁电源，电子学电源
 - 风，电子学间风，大厅风(除湿)，大厅电子学机架风
- 报警系统
 - 可燃气体报警
 - 火灾报警
 - 大厅跑水报警
 - 高压报警
 - 气体报警
 - 磁铁线圈及磁铁电源报警
- 环境监测系统
 - 大厅温，湿度
 - 电子学机箱温度
 - 谱仪子探测器温度
- 磁场
 - 核磁共振仪
 - 霍尔探头

取数模式

- 对撞取数
 - J/Ψ 取数，应确保在峰上取数，看截面，强子事例率。
 - J/Ψ ， Ψ' 峰位扫描，确定峰位，标定束流能量
- 宇宙线取数，调试探测器。
- 其他特殊条件取数，触发效率取数，等。

J/ Ψ , $\Psi(2s)$ 峰扫描



BES运行组织形式

- 国家实验室有专人负责协调各部分关系，每周一次运行例会，张闯负责工程运行，平时由罗小安，奚基伟协调加速器中心，BES，同步辐射之间工作。
- BES运行总负责人，在所，国家实验室和一室室务会领导下，负责BES运行，维修，取数，组织每周一次运行例会，确定本周的主要工作。
- 周运行负责人，根据运行例会确定的工作内容，具体实施一周工作，和加速器协调，组织人员排除有关故障，决定是否取数，是否停机，是否进行维修，检查取数质量，重大问题须报告总负责人再决定。每天记录运行状况，运行例会上作一周总结汇报。
- OnCall_人员，为各子探测器，各系统负责人或指定的人员。当有关系统发现问题，值班人员排除不了时，需随叫随到，排除故障。
- 值班人员，BES合作组成员，一室，二室，电子学室及其他合作单位。每天三班制。每班安排3-4人，每班第一人为值班长，值班长不值班时须指定负责人。
- 谱仪气体系统由总体组负责值班，每班一人。
- 电子学有一人与BES一起值班，有关电子学问题与电子学子系统Oncall人员联系。
- 由总体组组长负责值班安排，工地安全，消防，临时人员调动。
- 由总体组负责运行环境及后勤磁带，资料，表格，控制室，休息室条件。

运行值班的主要工作

- 电子学刻度，每天在无束流，无工作高压下作电子学刻度一次，判断电子学是否正常，在对撞束下加工作高压取台阶，出图
- 谱仪取数，在加速器实现对撞后，加高压，取数，观察直方图，判断是否正常
- 监测(Monitor)，每天中班作一次气体Monitor取数，出图
 - 包括MDC，BSC和ESC，加带放射源的监测小室高压，取数，观察峰位是否正常
- 监测，记录亮度，信噪比
- 随时监视触发率及触发各定标器，每次对撞后记录一次触发各定标器
- 正确操作高压，不得在束流注入和打掉时使高压处于工作电压，监视高压参数状态，处理报警。
- 正确启动和操作RUN Control，注意RUN，TAPE号，磁带机状况，磁带更换时做好标记。
- 监测取数是否正常，有无长时间无触发，无亮度记录，报错情况

运行值班的主要工作

- 通过在线例事显示和各子系统的直方图，判断数据是否正常。夜班打一次事例直方图
- 检查RUN SUMUARY检查各截面事例数，亮度等
- 经常通过摄像显示，观察大厅内情况
- 监测磁场电源电流和磁场值，每班一次巡视，记录电源间状况。
- 大厅温，湿度，探测器温度记录，每班一次
- 正戊烷浓度， $(30.0 \pm 0.5)\%$
- 主漂移室温度，漏电流
- 正确判断报警，作出适当处理
- 填写值班记录和各种表格
- 掌握各种紧急事故处理（停电，火警等）

值班人员的要求——纪律

- 服从运行负责人及值班长的工作安排。
- 按时交接班。不得擅自不来值班或调班，有事需要调班或找人顶替需通知值班长，顶替人自己解决不了的，由行政组长帮助解决。
- 佩带工地证和剂量片。
- 不得长时间占用值班室电话打私人电话
- 保持值班室卫生，爱护公用生活设备，微波炉，饮水机等。

值班人员的要求——安全

- 人身安全和探测器安全头等大事，必须遵守一切安全措施，熟悉紧急情况处理，及时向运行负责人报告
- 人身安全。佩带剂量片，了解进厅程序和要求，剂量测量。
- 设备安全。
 - 报警系统，报警处理。为保护探测器，谱仪设有各种报警系统，包括磁场，电子学，可燃气体，烟雾报警等，需学会判断为哪个系统报警，真/假报警，相应处理。须特别对水，电，气，风，磁场电源，主漂移室工作等关注，出故障后有可能严重影响谱仪工作。
 - 正确操作高压，不得在束流注入和打掉时使高压处于工作电压，监视高压参数状态，处理报警。
 - 掌握各种紧急事故处理过程（停电，火警等），紧急事故后，在作出应急处理后，马上报告运行负责人再重新启动。遇到任何无法解决或难以判断的问题及时报告运行负责人。
 - 不得乱动电子学插件，电源，电缆等。
 - 经常通过摄像显示，观察大厅内情况

值班人员的要求——质量

- 值班人员须准确无误地操作，确保谱仪安全，可靠，在保证数据质量前提下多取数。
- 不得擅自改变谱仪运行条件(HV，磁场，触发条件等)，及时处理高压报警，HV如有trip时，可试加一，二次，如多次trip须报告运行负责人或Oncall处理。
- 电子学刻度检查。
- 监测束流状况，束流能量，亮度，信噪比。
- 检查触发判选条件，监视记录触发率。
- 监测磁场电源电流和磁场值，每班两次巡视，记录电源间状况。
- 正确启动和操作RUN Control，注意RUN、TAPE号，磁带机状况，磁带更换，标记。
- 监测取数是否正常，有无长时间无触发，无亮度记录，报错情况。
- 通过在线事例显示和各子系统的直方图，判断数据是否正常。
- 检查RUN SUMMARY，检查各截面，事例数，事例长度，亮度等
- 气体状态，正戊烷浓度的红外测量。

值班人员的要求——高效

- 了解谱仪工作原理，掌握各种操作规程，明确本班任务。
- 与中控室密切联系，要求注入或打掉束流，提前半小时通知中控。
- 及时处理异常问题，无法解决问题，及时通报运行负责人或Oncall人员

值班记录，表格，图

- 根据运行情况，作有关记录
- 值班人员
 - 值班记录本(LOGBOOK)，调试，取数记录
 - RUN FORM表，每RUN一次。
 - 打印RUN SUMMARY，事例长度表
 - 触发计数率表，每次注入后一次
 - 磁铁电源记录表，在电源间，每班一次
 - 环境参数(磁铁，水套，MDC端板外温度，正戊烷)记录，每班一次。
 - 谱仪大厅温，湿度检测，每班一次
 - 打印直方图，夜班早晨。
 - 电子学刻度和台阶图，白班
 - 气体MONITOR图，中班。

值班记录，表格，图

- 值班长填写：
 - 考勤表
 - 运行统计表(两份)
 - 值班小结。
 - VC换气时间
- 离线直方图，数据产生组
- 各子系统状况图表，Oncall人员
- 气体值班
 - 气体记录(由气体值班员记录)，两小时一次
 - 气体成分分析报告，每周两次
- 运行负责人记录
- 收集和运行有关资料(各探测器，各系统)放控制室，便于学习和查找。