CEPC 触发研究

陈博平

高能所 TDAQ 团队

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

蒙卡截面更新

```
! Automatically generated set of cuts
! Process bhabha:
!    e a-e ->   e a-e gamma
!   16   8 ->   1   2     4
process bhabha
cut M of    3      within  1.00000E+01  1.00000E+99
cut M of    5      within  1.00000E+01  1.00000E+99
cut M of    6      within  1.00000E+01  1.00000E+99
cut M of   17      within -1.00000E+99 -1.00000E+01
cut M of   20      within -1.00000E+99 -1.00000E+01
cut M of   10      within -1.00000E+99 -1.00000E+01
cut M of   12      within -1.00000E+99 -1.00000E+01
```

- 之前使用的 MC 是用 Whizard 产生， bhabha 过程 higgs 只有 25pb, ~2Hz; Z: 59pb
  - 产生时添加了能量 cut，两个粒子的能量差要大于 10GeV

Process	$Luminosity[ab^{-1}]$	Final states	X-sections(fb)
$e^+e^- \to e^+e^-$	5.6	e^+e^-	24770.90

- 上周用 babayaga，去掉能量差的 cut，要求加探测器覆盖范围 8 度到 172 度
  - 要求出射正负电子及光子都在 8 度到 172 度得到： Higgs: 652 pb; Z: 4031pb，～ 2kHz
  - 只要求出射正负电子在 8 度到 172 度得到： Higgs: 1000 pb，～ 100Hz; Z: 6593pb，～ 3kHz
- 用 Whizard 计算 bhabha 过程：
  - 要求出射正负电子及光子都在 8 度到 172 度得到： Higgs: 743 pb; Z: 13147pb，～ 6kHz
  - 只要求出射正负电子在 8 度到 172 度得到： Higgs: 5782 pb; Z: 27778pb，～ 13kHz
- 对比 BesIII： 800Hz

蒙卡截面更新

- 文章： Large-angle Bhabha scattering, Link
  - 10 度 <θ<170 度（ CEPC: 8-172 度）
  - Z pole 截面 ~6000pb=6nb，接近 babayaga 结果
- 对比 BesIII： bhabha 事例约 800Hz，对应 800nb
  - Babayaga 计算 bhabha 事例约为 700nb
- 对 ZH，按照树图计算的截面： σ~1/CoM^2.
  - ZH pole bhabha 截面 =Z pole bhabha 截面 *91*91/240/240

    =Z pole bhabha 截面（ ~6nb ） *0.144~0.9nb

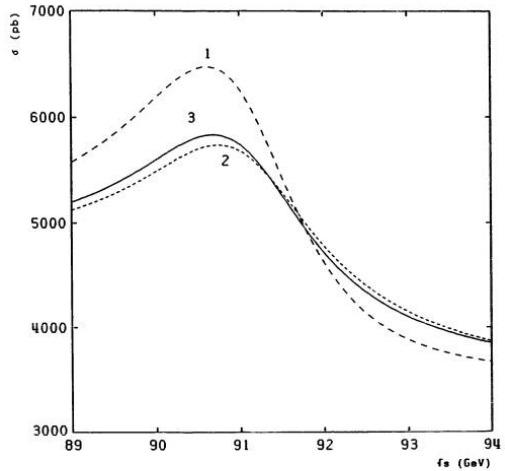
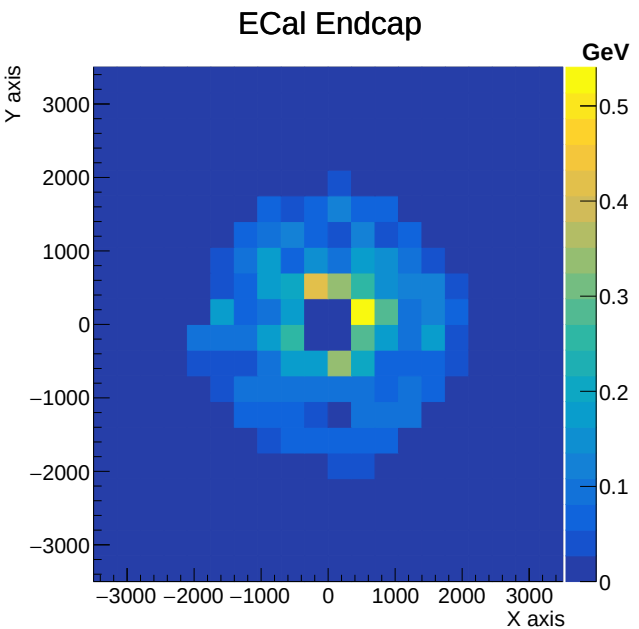


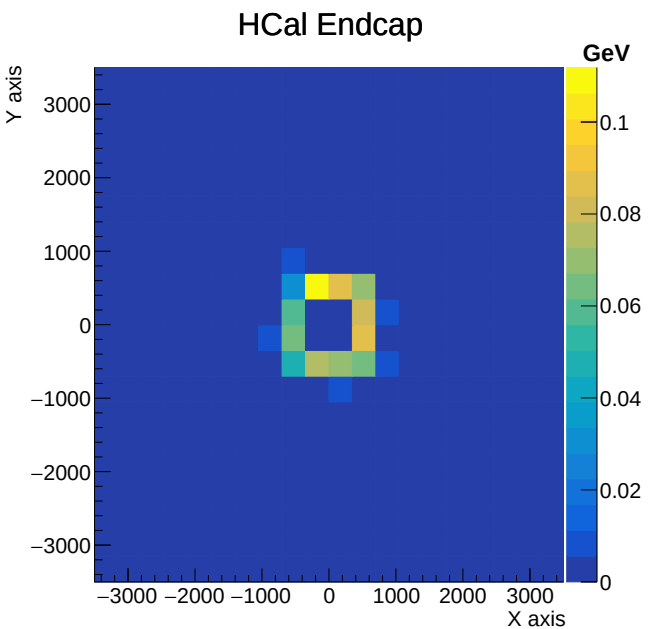
Fig. 3. The total cross section as a function of the energy, using an angular cut of 10° and an energy cut of 10 GeV. The conventions are the same as in fig. 2.

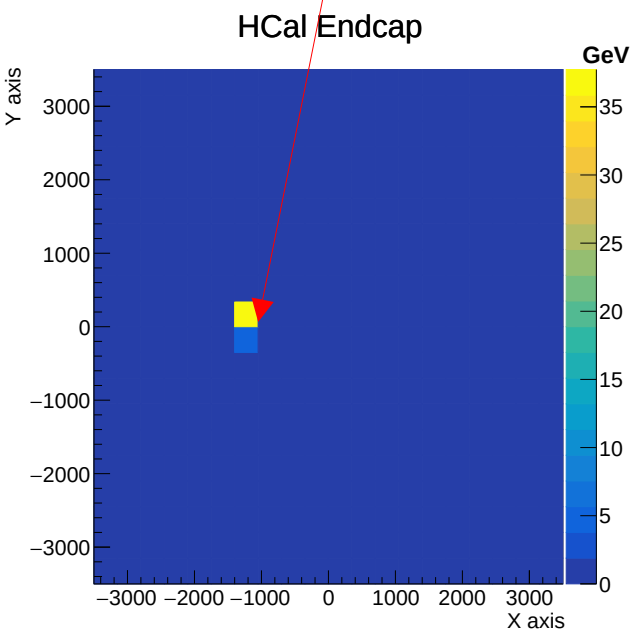
$$\frac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}(\cos\theta)} = \frac{\pi\alpha^2}{s}\left(u^2\left(\frac{1}{s}+\frac{1}{t}\right)^2+\left(\frac{t}{s}\right)^2+\left(\frac{s}{t}\right)^2\right)$$

束流本底更新

- 之前： HCal 端盖有非常大的能量沉积，导致触发比较困难
  - 左： ECal 端盖；中： HCal 端盖一端；右： HCal 端盖另一端，有一个非常大的亮斑

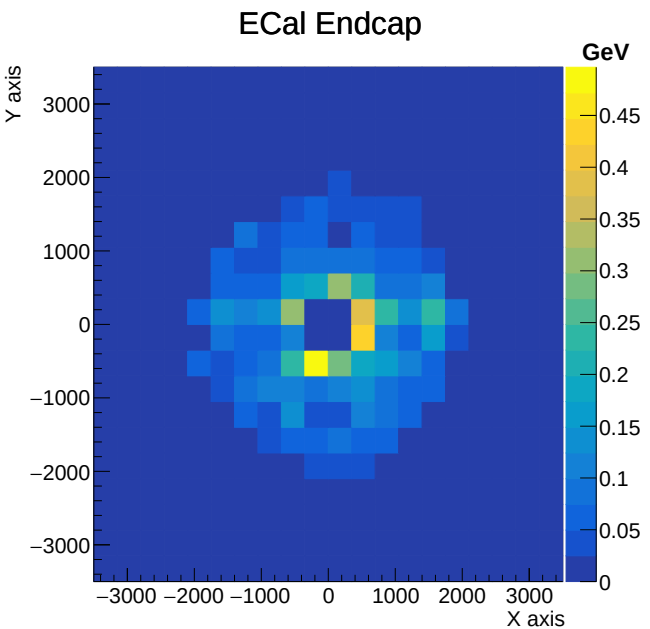


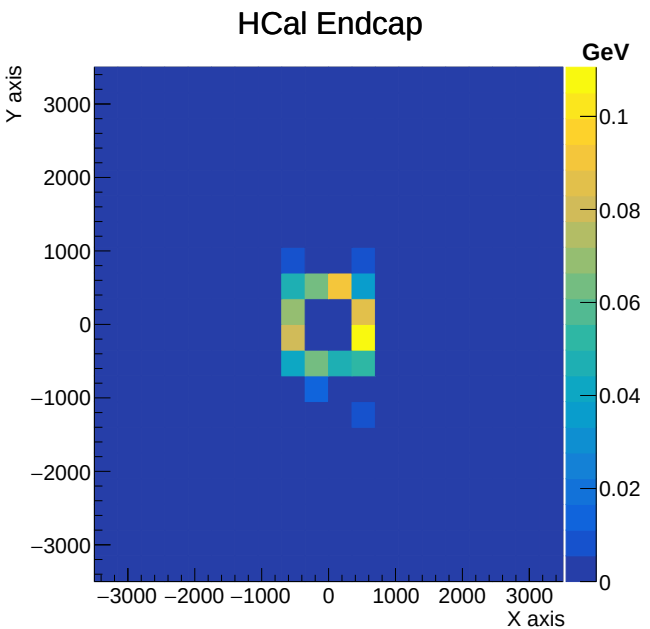


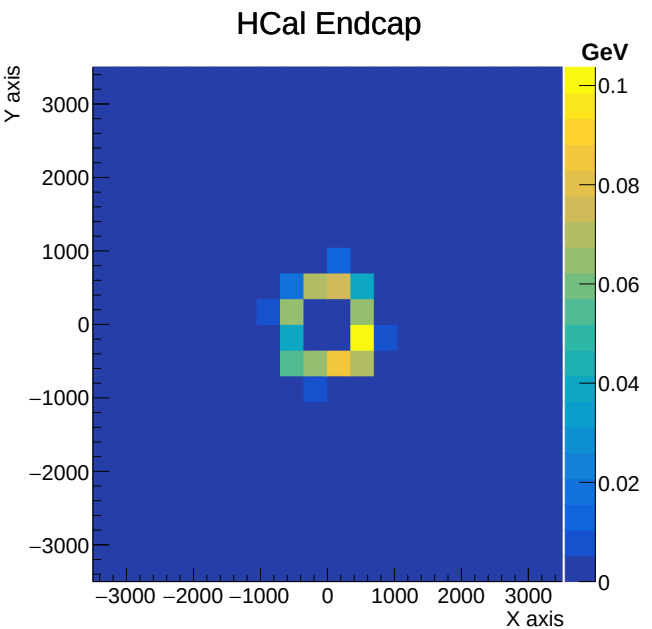


束流本底更新

- 现在：这周发现亮斑是个 bug，去掉后端盖没有亮斑了
  - 触发相对容易许多，简单的能量阈值就能去掉大于 99% 的束流本底

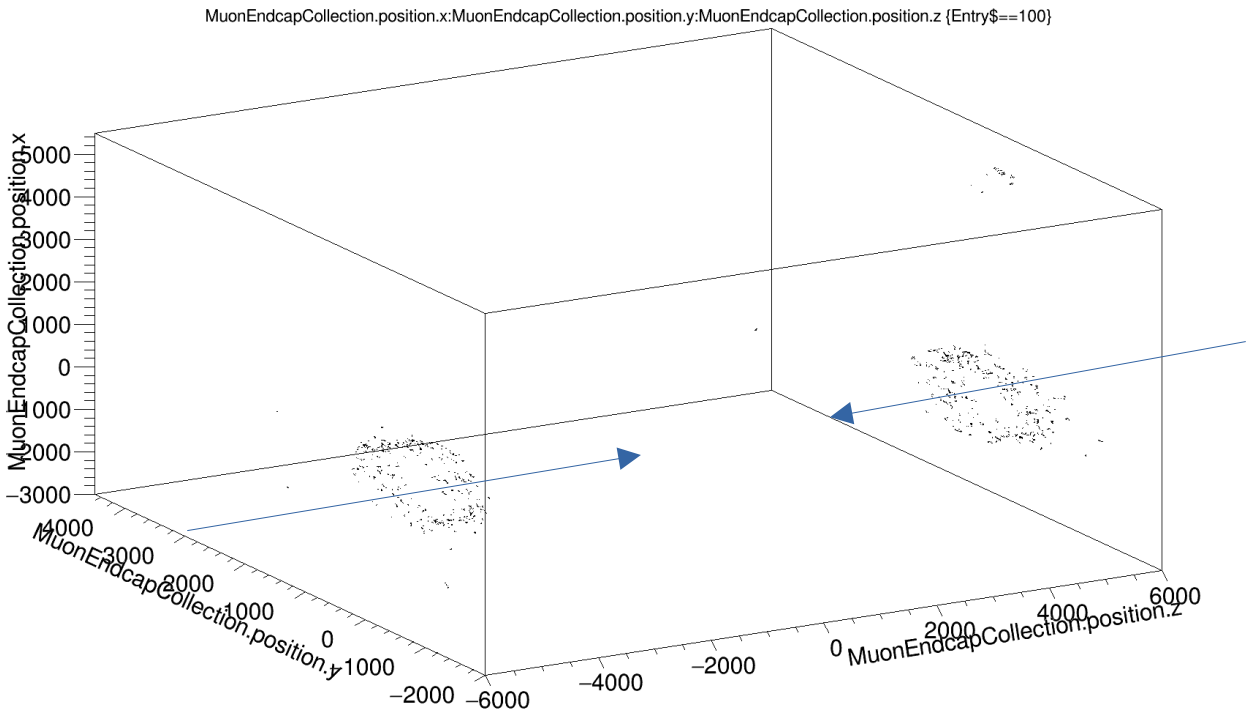






Muon 径迹

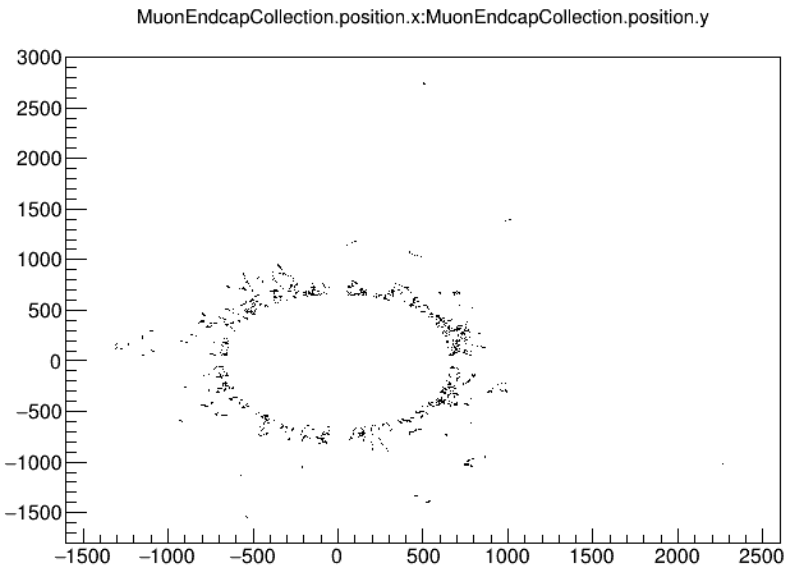
- 之前：没有数字化，端盖有大量束流本底的能量较低的 hit ，重建非常困难

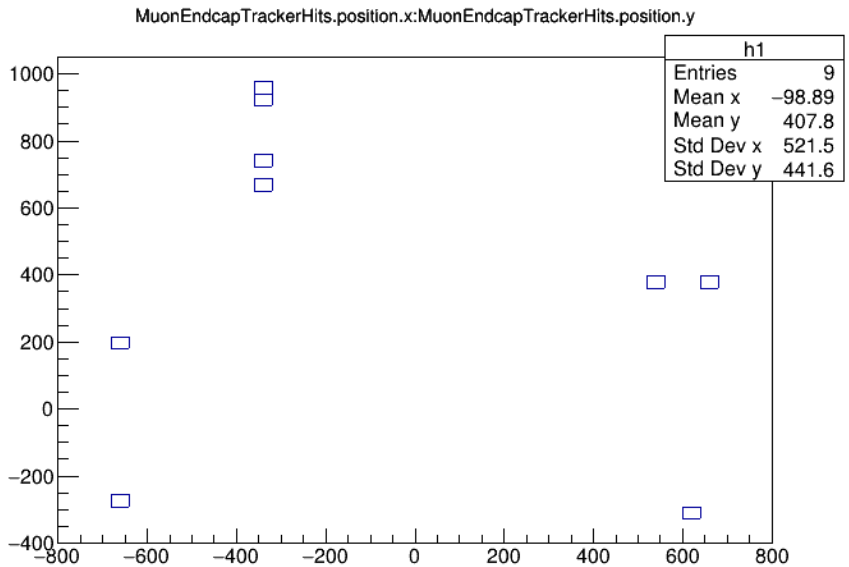


Muon 径迹

- 最近 CEPCSW 加入了 Muon 端盖数字化
  - 加了沉积能量的 cut，去掉大量本底的 hit
  - 左：数字化前；右：数字化后，方块代表一个 hit

```
288        // loop over all cells
289        for (const auto& item1 : map_cell_edep)
290        {
291          key1 = item1.first;
292          cellid1 = key1[0];
293          Edep = map_cell_edep[key1];
294          if ( Edep < 0.0001 ) continue;
295          int anotherlayer_cell_num = 0;
296
297          ADC = map_cell_adc[key1];
298          layer1 = map_cell_layer[key1];
299          slayer1 = map_cell_slayer[key1];
300          strip1 = map_cell_strip[key1];
301          Fe1 = map_cell_fe[key1];
```





Muon 径迹

- 以 Muon 探测器前三层的 hit 为 seed, 寻找其他 hit 满足 $\Delta R(\text{seed, hit})<0.05$
  - 要求 barrel 和 endcap 的 hit 的总个数大于 3
  - 对 $Z(\nu\nu)H(\mu\mu)$，效率为 98.6%；对束流本底，效率为 1.8%。可以继续优化

TDR： 事例率

- 多加了一个表格总结各种过程的事例率
  - ZH 的各种过程正在产生中，之后能给出更细致的结果
  - Z 用的是 low lumi Z 之前 1/5 的亮度，需要等加速器那边更新具体的亮度后再重新计算

12.2.2 Event rate & background rate estimation

The event rates of the CEPC trigger system for ZH and Z modes are summarized in Table 12.1 and 12.2.

Processes	Event rate (Hz)	After L1 (Hz)	After HLT (Hz)
ZH	0.017	0.017	0.017
Two Fermions background (exclude Bhabha)	5.3	5.3	5.3
Four Fermions background	1.6	1.6	1.6
Bhabha	80	80	80
Beam background	$> 10^6$	~13,000	~1,000
Total	$> 10^6$	~13,000	~1,000

Table 12.1: Expected trigger rate at the ZH mode for 50 MW

Processes	Event rate (Hz)	After L1 (Hz)	After HLT (Hz)
qq	11,648	11,648	11,648
Bhabha	2,505	2,505	2,505
$\mu\mu$	584	584	584
$\tau\tau$	579	579	579
Beam background	$> 10^7$	~120,000	~12,000
Total	$> 10^7$	~120,000	~25,000

Table 12.2: Expected trigger rate at the Z mode for 10 MWneed to update with the latest low lumi Z luminosity, now using 1/5 high lumi Z

TDR： 本底率

- 本底率这个表格数据太多（下图 table 12.3 ）
  - 超过页宽，有一个警告（不是 error, 不影响编译）
  - 另外一种方法，旋转 90 度，如右图

Processes	Event rate (Hz)	After L1 (Hz)	After HLT (Hz)
qq	11,648	11,648	11,648
Bhabha	2,505	2,505	2,505
$\mu\mu$	584	584	584
$\tau\tau$	579	579	579
Beam background	$> 10^7$	~120,000	~12,000
Total	$> 10^7$	~120,000	~25,000

Table 12.2: Expected trigger rate at the Z mode for 10 MWneed to update with the latest low lumi Z luminosity, now using 1/5 high lumi Z

	Vertex	Pix(ITKB)	Strip (ITKE)	OTKB	OTKE	TPC	ECAL-B	ECAL-E	HCAL-B	HCAL-E	Muon
Channels per chip	512*1024	512*128	1024	128		128	8*16				
Data Width /hit	32bit	42bit	32bit	48bit		48bit	48bit				
Avg. data rate / chip	0.18Gbps/chip, 1Gbps/chip inner	3.53Mbps /chip	21.5Mbps /chip	2.9Mbps /chip	38.8Mbps /chip	~70Mbps /module Inmost	10kHz /ch	10kHz /ch	5kHz /channel	5kHz /channel	10kHz /channel
Detector Channel /module	1882 chips @Stch &Ladder	30,856 chips 2204 modules	23008 chips 1696 modules	83160 chips 3780 modules	11520 chips 720 modules	492 Module	0.96M chn ~60000 chips 480 modules	0.39M chn	3.38M chn 5536 aggregation board	2.24M chn 1536 Aggregation board	43,176 chn, 288 modules
Avg Data Vol before trigger	474.2 Gbps	101.7 Gbps	298.8 Gbps	249.1 Gbps	27.9 Gbps	34.4 Gbps	460.8 Gbps	187 Gbps	811.2 Gbps	537.6 Gbps	24 Gbps
Occupancy(%)	0.022	0.025(Strip)		0.35(Strip)		0.0028	0.58		0.002		0.038
Sum	3.2 Tbps = 400GB/s										

Table 12.3: Background rate