

CEPC accelerator design plan in 2019 with key issues and milestones

Chenghui Yu

2019.3.2

重视ILC在120GeV能量点的竞争

	CEPC	ILC
En [GeV]	120	120
Length [km]	100	20.5
Luminosity [10^{34}]	6.0 (2 IPs)	1.35
Construction cost	300亿	~300亿
Operation cost	10亿/年 270MW*6000h*7年	? 125MW*20年

已启动亮度 $3.6 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}/\text{IP}$ @ 30MW 方案研究：发射度
 $1.21\text{nm} \rightarrow 1.0\text{nm}$ ；单束团粒子数 $15\text{E}10 \rightarrow 16.5\text{E}10$

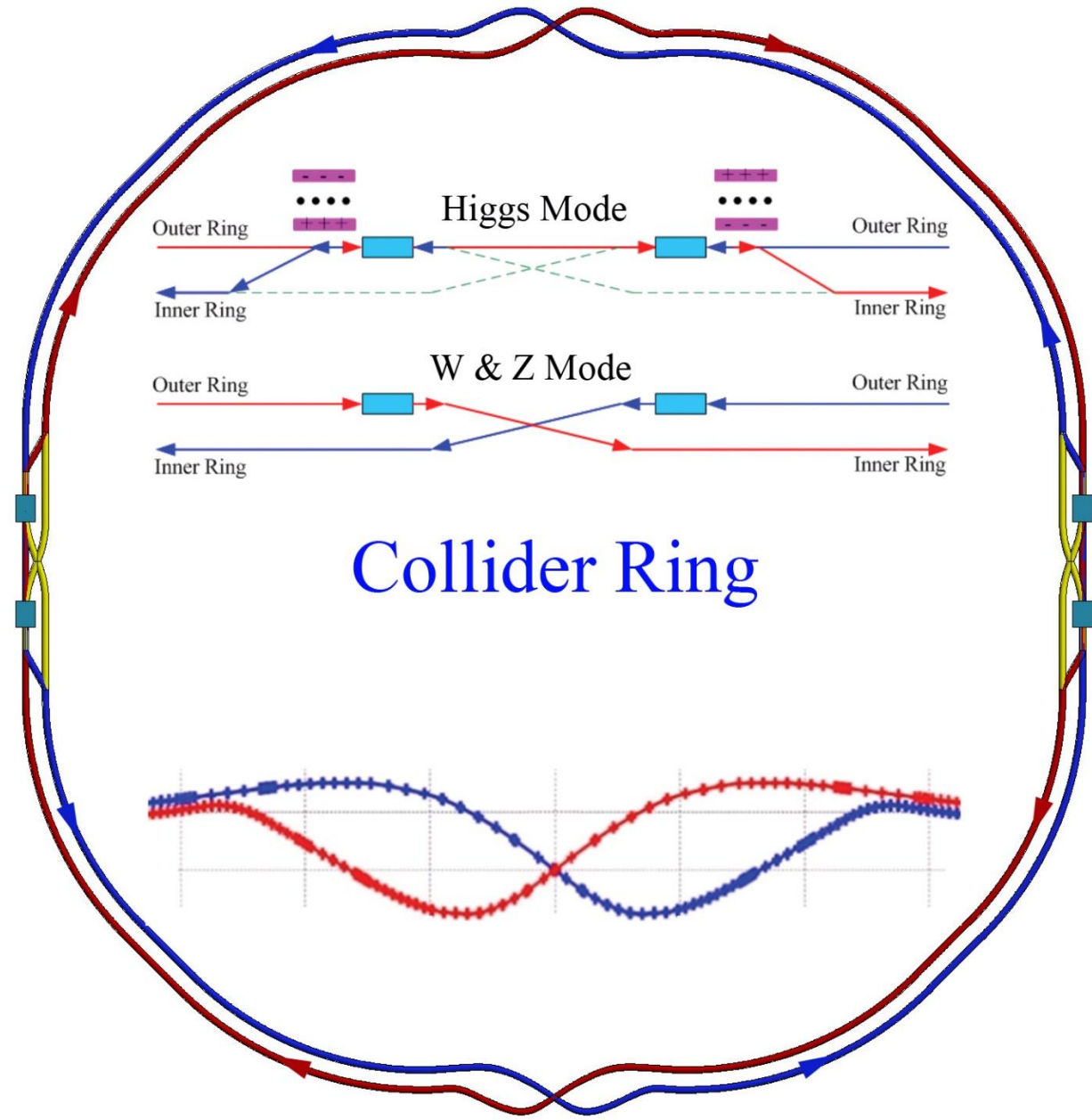
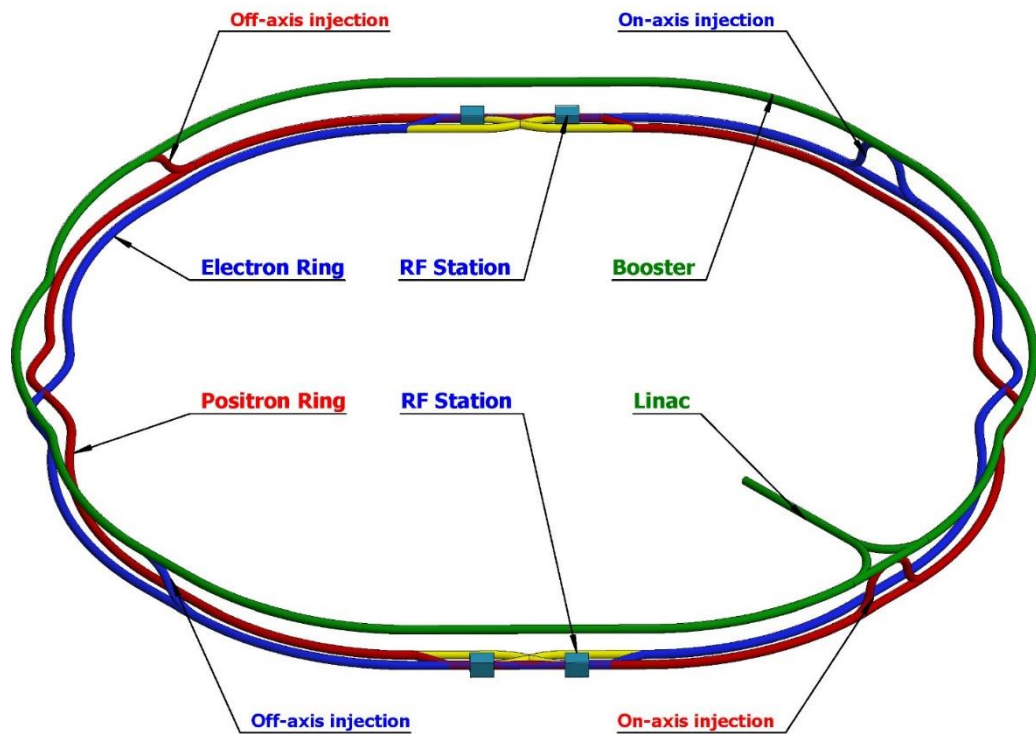
应对FCC在120GeV能量点的竞争

	<i>CEPC</i>	<i>FCC</i>	<i>Lum. factor</i>	<i>Upgrades Plan</i>
Piwinski angle	3.48	5.8	0.6	
N_e/bunch (10^{10})	15	18	1.44	Beam-beam effect, sigmaE
Bunch number	242	328	1.35	Beam SR power
Beam current (mA)	17.4	29		
SR power /beam (MW)	30	50		
β_{IP} x/y (m)	0.36/0.0015	0.3/0.001	1.34	DA, IR magnets
Emittance x/y (nm)	1.21/0.0024	0.63/0.0013	1.88	Cell length of M & B, lifetime, cost
Energy acceptance (DA) (%)	1.35	1.7		
Energy acceptance by RF (%)	2.06	2.3		
Beamstrahlung/quantum lifetime (min)	80/80	18		
Lifetime (min)	26	12		Injection, Backgroud
L_{max}/IP ($10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	3	8.5	2.9	

拟启动亮度 $4 \sim 5 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}/IP$ @ 30MW 方案研究:

核心变动参数 β_{IP} x/y (IR/DA) & Emittance (Everything)

CEPC和FCC会不会变得一样？



- 独一无二的高频区结构
 - 独一无二的对撞区结构
 - 大发射度弧区结构
 - 独一无二的注入区结构
- CEPC更加容易：灵活、寿命高、DA需求小、误差容忍度高、本底低、注入易调试；参数不够激进，缺点？**

- ✓ 相同的静电分离器组合铁
- ✓ 相同的双孔径弧区二、四极磁铁

物理系统设定的初值 → 技术通知单

	<i>Higgs</i>	<i>W</i>	<i>Z (3T)</i>	<i>Z (2T)</i>
Number of IPs	2			
Beam energy (GeV)	120	80	45.5	
Circumference (km)	100			
Synchrotron radiation loss/turn (GeV)	1.73	0.34	0.036	
Crossing angle at IP (mrad)	16.5×2			
Piwinski angle	3.48	7.0	23.8	
Number of particles/bunch N_p (10^{10})	15.0	12.0	8.0	
Bunch number (bunch spacing)	242 (0.68μs)	1524 (0.21μs)	12000 (25ns+10%gap)	
Beam current (mA)	17.4	87.9	461.0	
Synchrotron radiation power /beam (MW)	30	30	16.5	
Bending radius (km)	10.7			
Momentum compact (10^{-5})	1.11			
β function at IP β_x^* / β_y^* (m)	0.36/0.0015	0.36/0.0015	0.2/0.0015	0.2/0.001
Emittance ϵ_x/ϵ_y (nm)	1.21/0.0024	0.54/0.0016	0.18/0.004	0.18/0.0016
Beam size at IP σ_x/σ_y (μm)	20.9/0.06	13.9/0.049	6.0/0.078	6.0/0.04
Beam-beam parameters ξ_x/ξ_y	0.018/0.109	0.013/0.123	0.004/0.06	0.004/0.079
RF voltage V_{RF} (GV)	2.17	0.47	0.10	
RF frequency f_{RF} (MHz) (harmonic)	650 (216816)			
Natural bunch length σ_z (mm)	2.72	2.98	2.42	
Bunch length σ_z (mm)	4.4	5.9	8.5	
HOM power/cavity (2 cell) (kw)	0.46	0.75	1.94	
Energy spread (%)	0.134	0.098	0.080	
Energy acceptance requirement (%)	1.35	0.90	0.49	
Energy acceptance by RF (%)	2.06	1.47	1.7	
Photon number due to beamstrahlung	0.082	0.050	0.023	
Beamstrahlung lifetime /quantum lifetime* (min)	80/80	>400		
Lifetime (hour)	0.43	1.4	4.6	2.5
F (hour glass)	0.89	0.94	0.99	
Luminosity/IP L ($10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	2.93	10.1	16.6	32.1

加速器设计在不同的阶段关注点大不相同

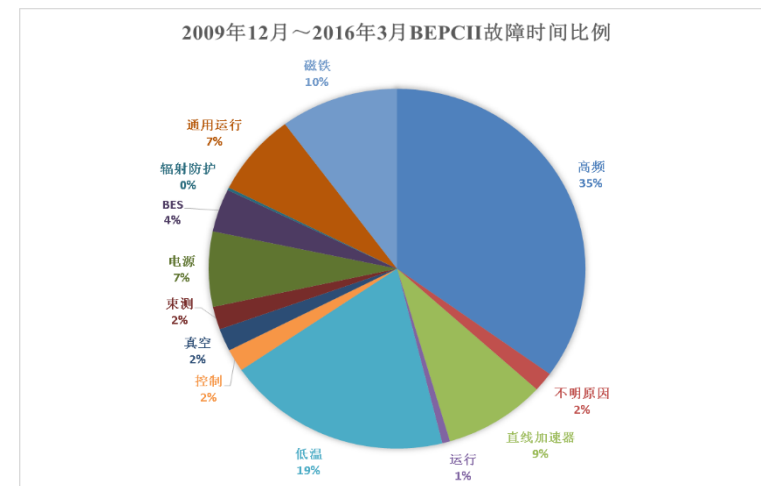
CDR: 偏概念, 追求指标: 高频、功率源、亮度

TDR: 由纸面工作转向工程

工程设计: 关注的核心是薄弱系统

机器无法运行: 验收

运行无法稳定: 取数



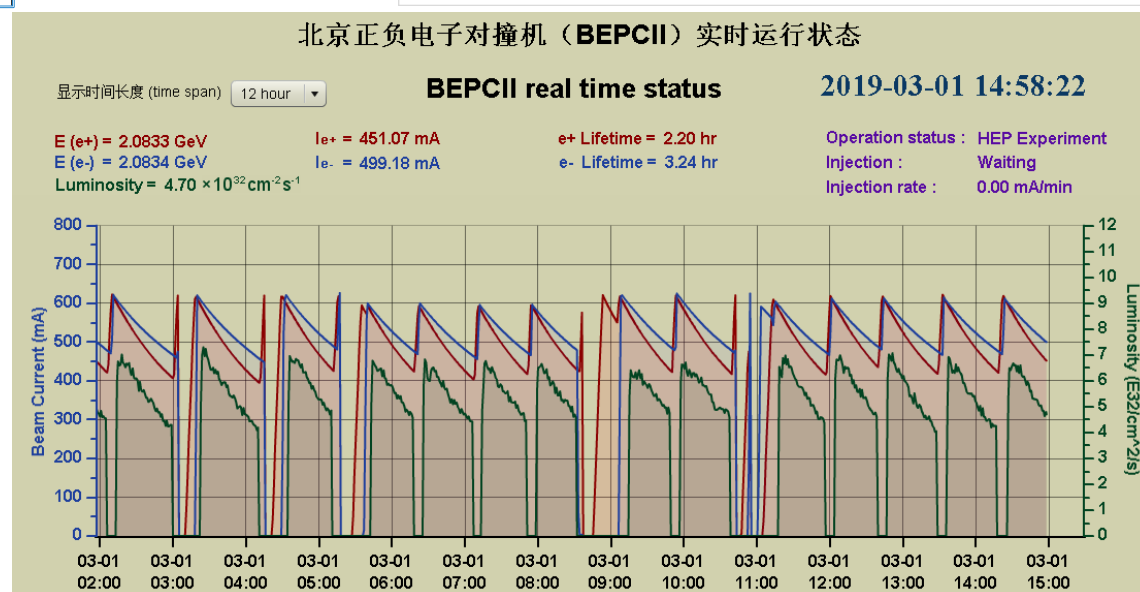
	运行年度	高频	低温	直线加速器	控制	电源	束测	真空	通用运行	磁铁	BES	不明	运行	总计
故障次数统计	2009/2010	130	11	45	73	65	6	2	2	2	21	0	1	358
	2010/2011	64	25	63	56	67	40	2	4	2	22	80	3	428
	2011/2012	91	9	70	60	57	43	3	4	0	21	35	8	401
	2012/2013	232	6	66	36	103	26	11	7	4	27	168	2	688
	2013/2014	171	13	47	47	83	15	5	3	1	22	35	5	447
总计	2014/2015	99	7	34	43	80	28	15	8	10	49	40	17	430

性能 = 技术指标 + 稳定性

BEPCII从建成至今, **年平均故障率14%**

以我们目前的水平, 240m → 100km, 个人认为: 不现实!

如果不能做到了解自己, 纯粹追求指标, 严重后果是无法承受的



TDR研究核心当锁定薄弱环节！谁是薄弱环节？

常规机械

RF系统

电源

常规磁铁

注入

对撞物理

IR机械

真空

反馈系统

本底

SPPC超导二极铁

IP超导磁铁

造价、运行费、建造周期、养护成本

束流动力学

30Gaus磁铁

亮度、束流寿命、本底、束流测控、阻抗、运行效率

安装准直

静电分离器

超长组合B铁

Booster传输效率

辐射防护

涡流

基建

低温

功率源

Plasma加速

常规束测

控制系统

诸如能量、发射度等等全局参数，牵一发而动全身→主动性改变和被动性改变两个策略

加速器物理对撞环部分2019年主要任务

保证或提升高亮度（Luminosity）指标



（在建设成本、运行成本约束下的）

强聚焦、低色散 → 强非线性对束流动力学性能的制约

特殊条件下公差对束流动力学性能的制约

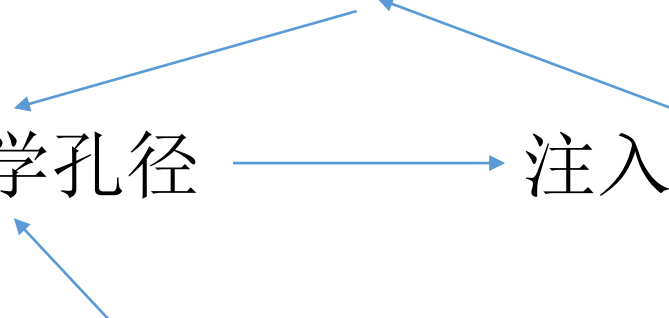


机器性能指标迭代

$10\sigma_x \times 19\sigma_y$ & 0.015

动力学孔径

注入方式



Higgs	DA requirements
On-axis	$8\sigma_x \times 15\sigma_y \times 1.35\%$
Off-axis	$13\sigma_x \times 15\sigma_y \times 1.35\%$

QD、Booster优化、DA&MA优化、大型环参数校正

（自主开发程序MODE、new CODEs）

2019~2022年CEPC物理系统研究计划

2019年：提高带公差的束流动力学性能，给出较可信的公差要求。

完成Higgs注入工况、TT能量、Z能量、W能量对撞环本底模拟。

寻找动力学孔径最优值与束流寿命最优值两种六极铁状态不一致的根本原因。

对撞区设计二次迭代。

对撞环、Booster布局与设计二次迭代。

2020年：对撞区与对撞环布局、Booster设计三次迭代。

高亮度TT和Z、W升级方案的物理设计。

带公差的束流动力学性能研究及其它束流动力学工作。

2021年：对撞区设计与对撞环设计、Booster四次迭代。

全面评估对撞环二极铁B+S磁场工况研究。

2022年：完成高亮度TT和Z、W升级方案的物理设计（含本底、SR防护）。