

2025年4月考核报告

报告人：刘 栋

导 师：刘振安

CONTENTS

01 BESIII时钟扇出板升级

- ◆ 性能测试

02 CEPC触发模拟

- ◆ 径迹算法扩展
- ◆ 簇团查找算法探索

03 CEPC触发通用板设计

- ◆ 硬件架构设计
- ◆ 器件选型与功耗评估
- ◆ 原理图设计



BESIII时钟扇出板升级



■ 升级流程



■ 功能测试

- ◆ 器件对地阻抗未见异常
- ◆ 供电正常
- ◆ 16路输出电平均符合预期

■ 性能测试

- ◆ period mean: 24.01ps
- ◆ period jitter : 18.55ps
- ◆ C2C jitter : 19.11ps

■ 总结

电平，周期抖动，周期间抖动，均**符合预期，已基本具备联合调试条件。**

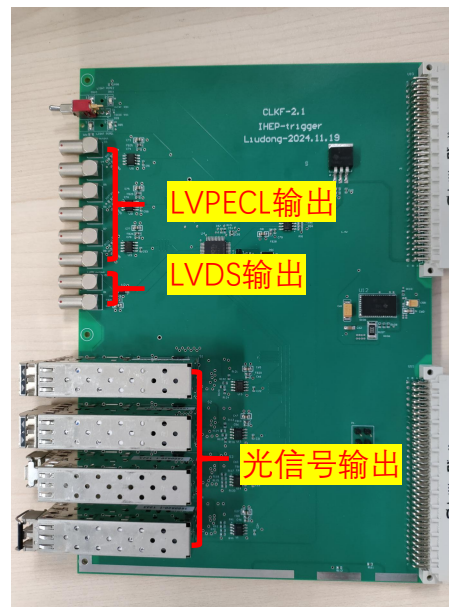


图1 时钟扇出板升级后的板卡

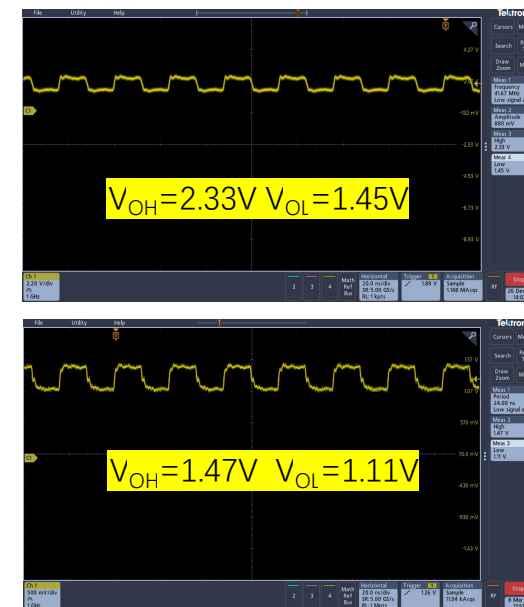


图2 输出端口测试波形

CEPC触发模拟--径迹触发模拟



■ 筛选条件

- ◆ 使用ITK+OTK击中信息
- ◆ 限定区域内的击中层数 N
- ◆ 区域限定 $\Delta R = \sqrt{(\Delta\eta)^2 + (\Delta\phi)^2}$

N, ΔR 阈值的选取依赖模拟结果的分析

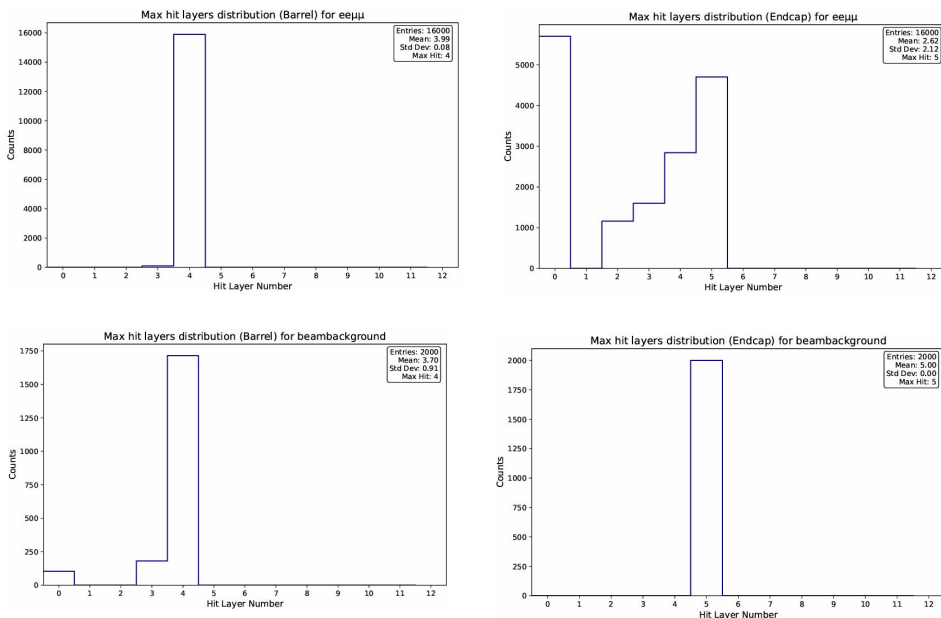


图5 内层径迹探测器 (ITK+OTK) 击中层数分布

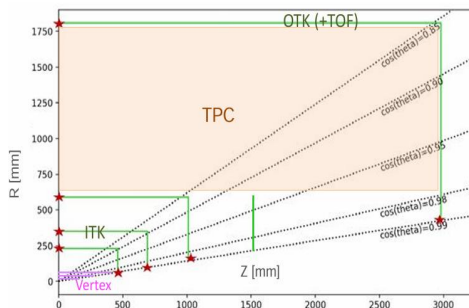


图3 CEPC径迹探测器

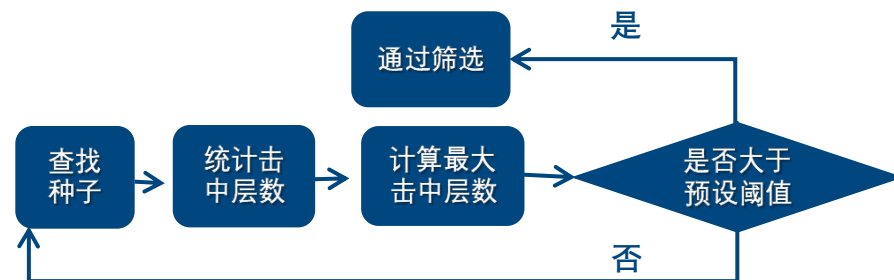


图4 径迹算法流程

表1 三个过程效率比较

(Barrel=4 Endcap=5)& $\Delta R=$	vbb	eeμμ	beambkg
0.01	0.8809	0.8938	0.9995
0.02	0.9534	1	0.9995
0.03	0.9869	1	1
0.04	0.9976	1	1
0.05	0.9994	1	1

muon径迹算法扩展至内层探测器，区分束流本底与信号过程不明显

CEPC触发模拟--簇团查找算法探索



参考ATLAS簇团查找算法，设置两个阈值
(种子阈值与成员阈值)

簇团查找算法思路

◆ 种子查找与合并

- 标记大于种子阈值的模块，相邻的种子模块合并到一个簇团

◆ 簇团拓展

- 以种子为起点，查找连续相邻的成员模块

◆ 冲突解决

- 依据质心位置到冲突模块距离，决定冲突模块归属

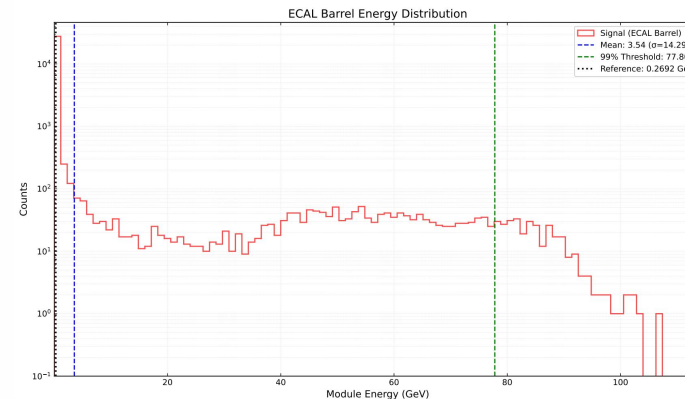
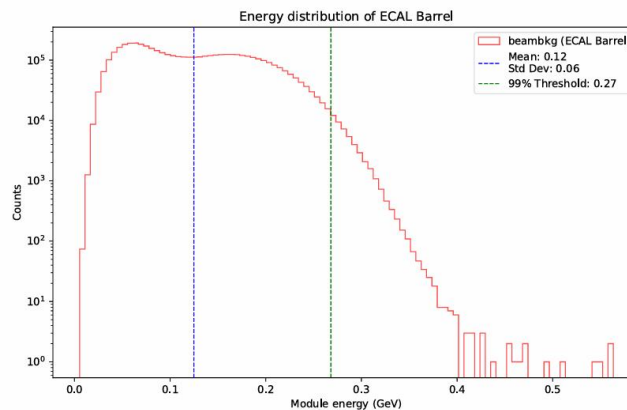
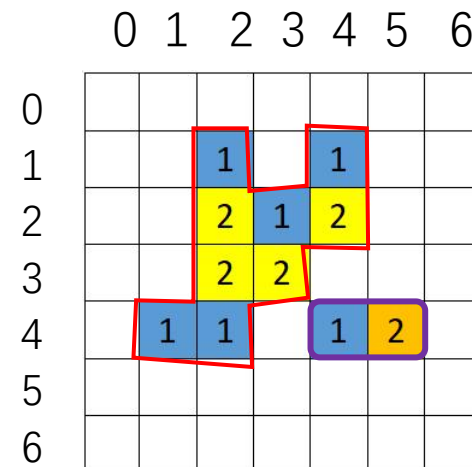
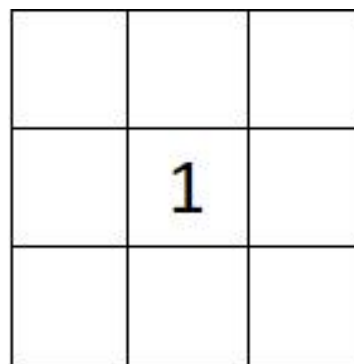


图6 ECAL单个模块能量沉积分布，左边为束流本底，右边为 $H \rightarrow \gamma\gamma$



种子：标记为2
成员：标记为1

图7 簇团查找示意图

CEPC触发模拟--簇团查找算法探索



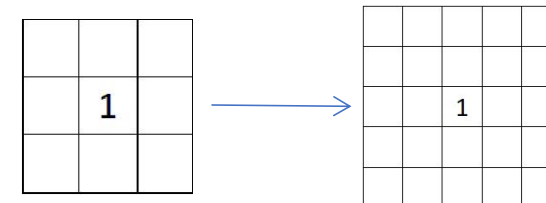
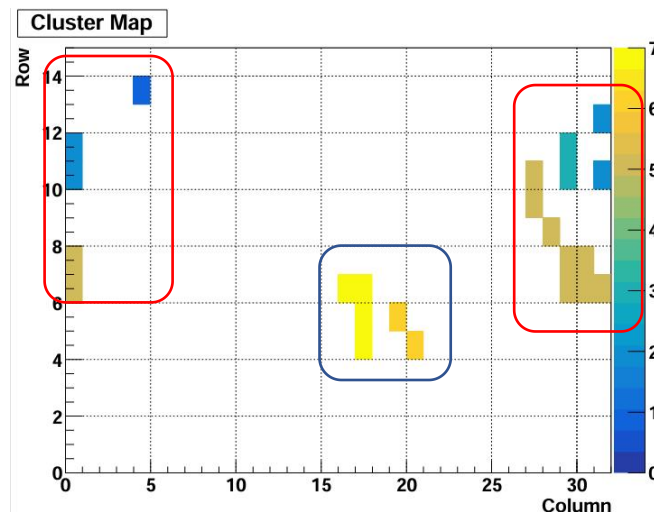
■ 簇团查找算法结果分析

◆ 电磁簇团

- 尺寸不超过5，单个nnrr事例簇团个数不超过3，符合预期。

◆ b jet

- 尺寸分布较广，单个nnbb事例簇团个数（算法输出）可能大于5，**不符合预期**。



- 放松对相邻的限制**
- 优化种子阈值**

图8 H->bb簇团查找

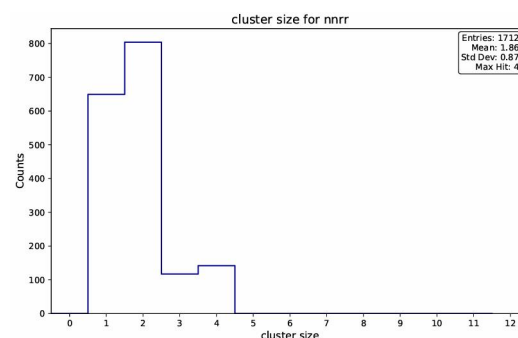
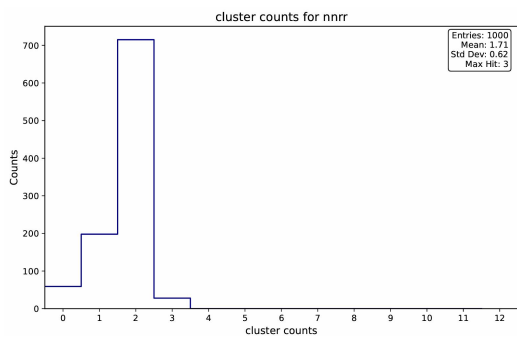


图9 H->rr簇团个数及大小分布

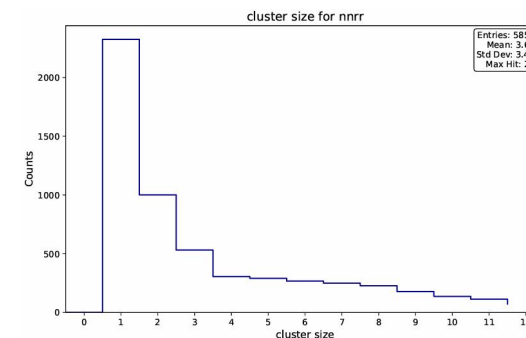
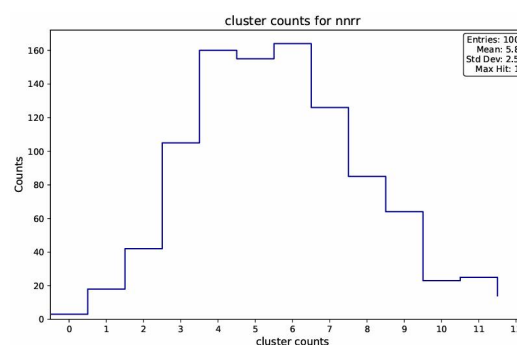


图9 H->bb簇团个数及大小分布

CEPC触发通用板设计



■ 功能

- ◆ 触发系统核心部件，算法性能测试，带宽测试的平台。

■ 需求

- ◆ 高速数据传输与处理
- ◆ 数据缓存
- ◆ 通用性及可拓展性

■ 技术实现调研

- ◆ 高速数据传输
 - Rocket IO +光电转换 (QSFP ,firefly,minipod)
- ◆ 高速数据处理
 - 高性能FPGA
- ◆ 数据缓存
 - DDR以及FPGA自带RAM

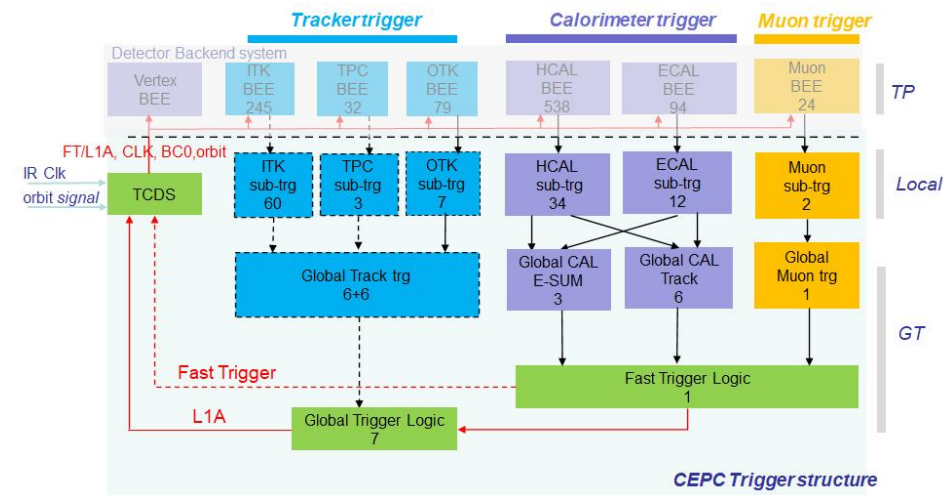
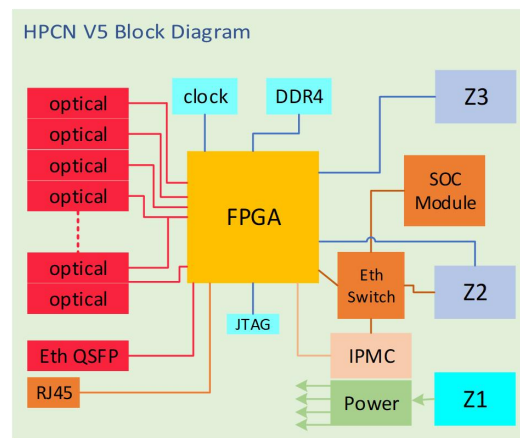


图10 CEPC触发架构



- FPGA
- Optical channel: 10-25 Gbps/ch
- Channel number: 36-80 channels
- Optical Ethernet port: 40-100GbE
- DDR4 for mass data buffering
- SoC module for board management
- IPMC module for Power management

图11 CEPC触发通用板硬件架构

CEPC触发通用板设计



■ 器件选型

- ◆ FPGA: Xilinx XCVU13P or XCVU9P
- ◆ QSFP: 36-48路, 使用10个(单个四路)
- ◆ 以太网交互: 6个及以上端口, 拟选用KSZ9897R (7 ports)
- ◆ 时钟扇出: 10路以上, ZL30274*2(8*2)

■ 功耗评估

- ◆ FPGA:
 - 0.85V, 3.3V, 1.8V, 1.2V, 0.9V
- ◆ QSFP: 3.3V*1.2A*10
- ◆ 以太网交互: 3.3V*2A
- ◆ 时钟扇出: 3.3V*0.5A*2

Performance		Power
SFP transceiver type *	Fiber optic	Power consumption (typical) 4 W
Maximum data transfer rate *	100000 Mbit/s	
Interface type *	QSFP28	
Single-mode fiber (SMF) supported	✗	
Multi-mode fiber (MMF) supported	✓	
Fiber optic connector	MPO-12	
SFP transceiver standard	SR4	
Maximum transfer distance	100 m	
Wavelength	850 nm	
Ethernet LAN	✓	
Ethernet interface type	100 Gigabit Ethernet	
Fiber ethernet cabling technology	100GBASE	
Digital Diagnostics Monitoring (DDM)	✓	
Features		Certificates
Product colour	Silver	Compliance certificates
Housing material	Metal	TÜV mark, UKCA, UL, US FDA, REACH, Federal Communications Commission (FCC), RoHS, CE
Plug and Play	✓	Certification
Hot-Plug support	✓	Doesn't contain Lead
Hot-swap	✓	
Easy to install	✓	
Brand compatibility	Arista Networks	
Power		Operational conditions
Input voltage	3.3 V	Minimum operating temperature
Maximum voltage	3.5 V	Maximum operating temperature
		Operating temperature (T-T)
		Storage temperature (T-T)
		Operating relative humidity (H-H)
		Storage relative humidity (H-H)
Weight & dimensions		Packaging content
Width	13.5 mm	Quantity per pack
Depth	72.4 mm	1 pc(s)
Height	18.4 mm	
Weight	100 g	
Packaging data		Logistics data
Package type	Box	Country of origin
		United Kingdom

图12.QSFP功耗评估

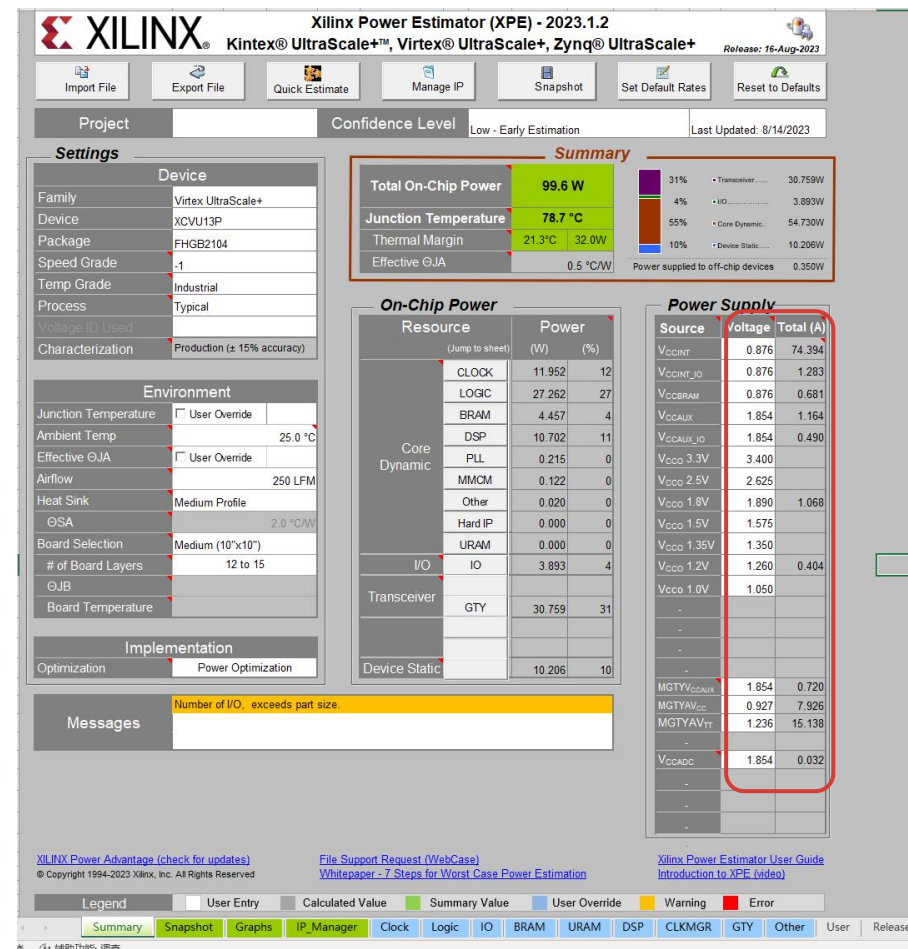


图13.FPGA功耗评估

CEPC触发通用板设计



■ 电源设计

表2 功耗评估汇总

工作电压 (V)	3.3	1.8	1.2	0.9	0.85
评估电流 (A)	20	4	16	8	80
设计最大电流 (A)	30	8	40	15	120

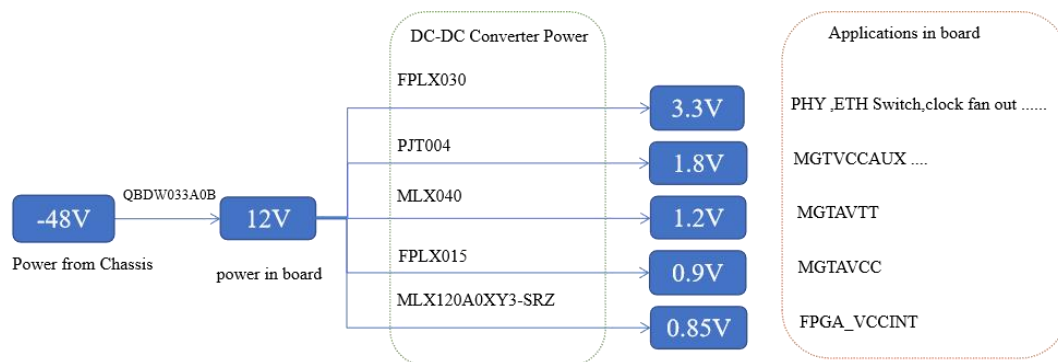


图14.电源结构设计

■ PCB布局

- ◆ FPGA
- ◆ 高速信号
 - QSFP
 - DDR4
 - ETH switch
- ◆ 电源
 - -48V-12V
 - MGT电源

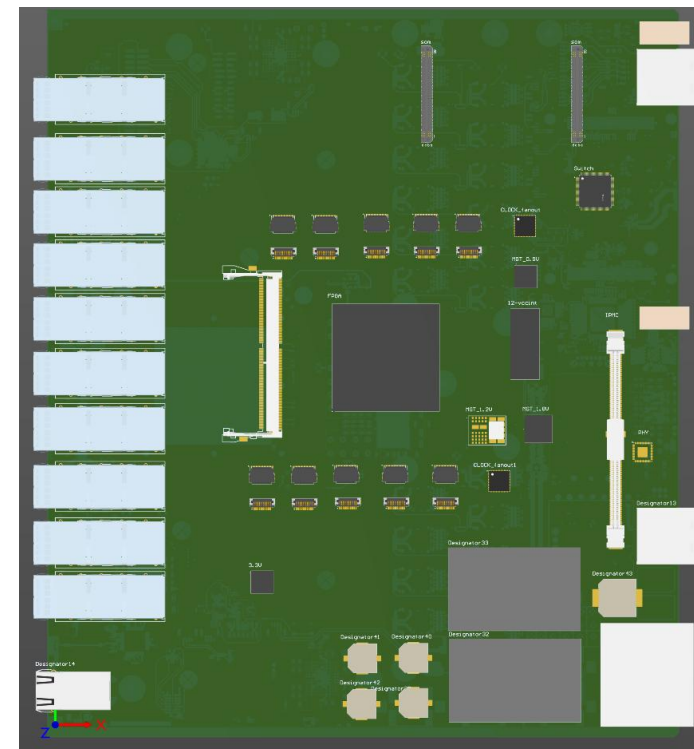
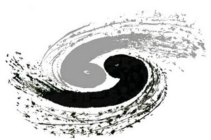


图15.PCB 布局示意图



■ 总结

◆ BESIII时钟扇出板升级

- 完成性能测试，测试结果符合预期。

◆ CEPC触发模拟

- 尝试拓展muon径迹算法至内层探测器，效果不明显。
- 基于簇团大小的初步研究，探索簇团查找算法。
- 需进一步考虑其他末态情况，邻域以及种子阈值。

◆ CEPC触发通用板设计

- 完成硬件架构设计
- 主要器件选型以及功耗评估已完成
- 原理图设计正在进行中，已完成电源部分

请各位老师批评指正