

中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics, CAS

江门中微子实验探测器监 控值班系统

谢小川，刘生辉，黄生恒，叶梅

中国科学院高能物理研究所

第21届全国科学计算与信息化会议

2025.08.27

主要内容

01 江门中微子实验

02 探测器监控值班系统

03 快速Phoebus页面生成

04 关键技术

05 报警系统

06 值班系统安全策略

07 总结

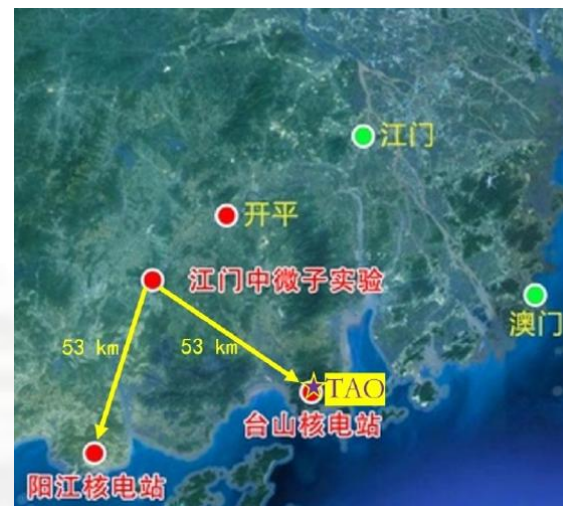
01 江门中微子实验

➤ 江门中微子实验 (JUNO)

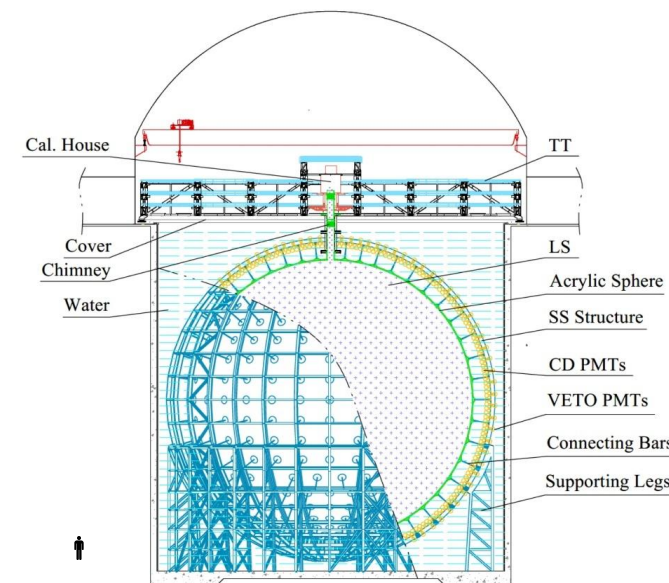
- 确定中微子质量顺序
- 精确测量中微子振荡参数

➤ 中心探测器:

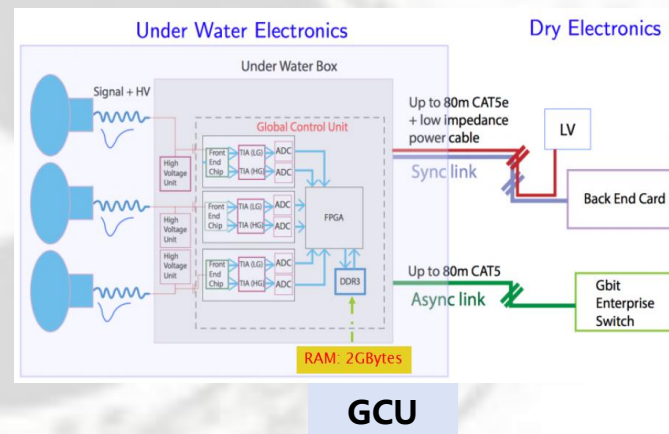
- GCU(Global Control Unit)-电子学设备: ~7000
- LPMT(20英寸光电倍增管): ~18000
- SPMT(3英寸光电倍增管): ~25600
- LVP(低压电源): 320



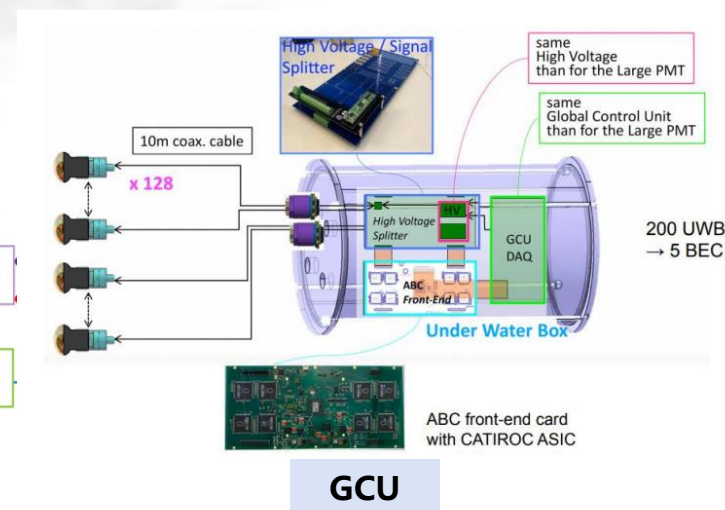
JUNO选址示意图



JUNO探测器



GCU

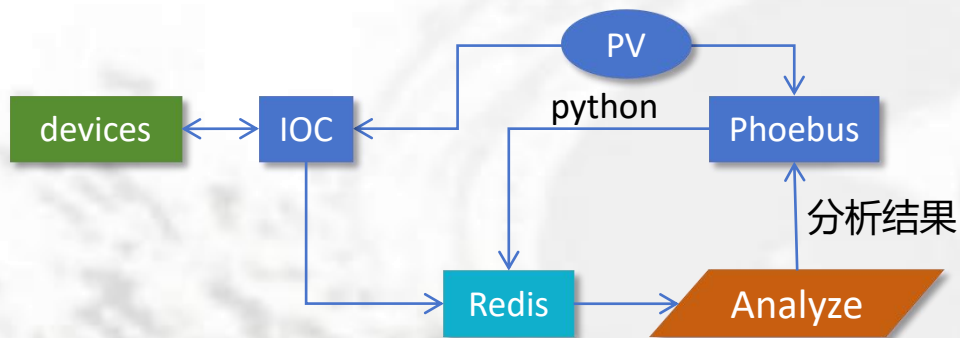


GCU

02 探测器监控值班系统

➤ 需求:

- 便于值班人员掌握探测器总体状态
- 便利的全局控制功能
- 快速定位到具体的设备



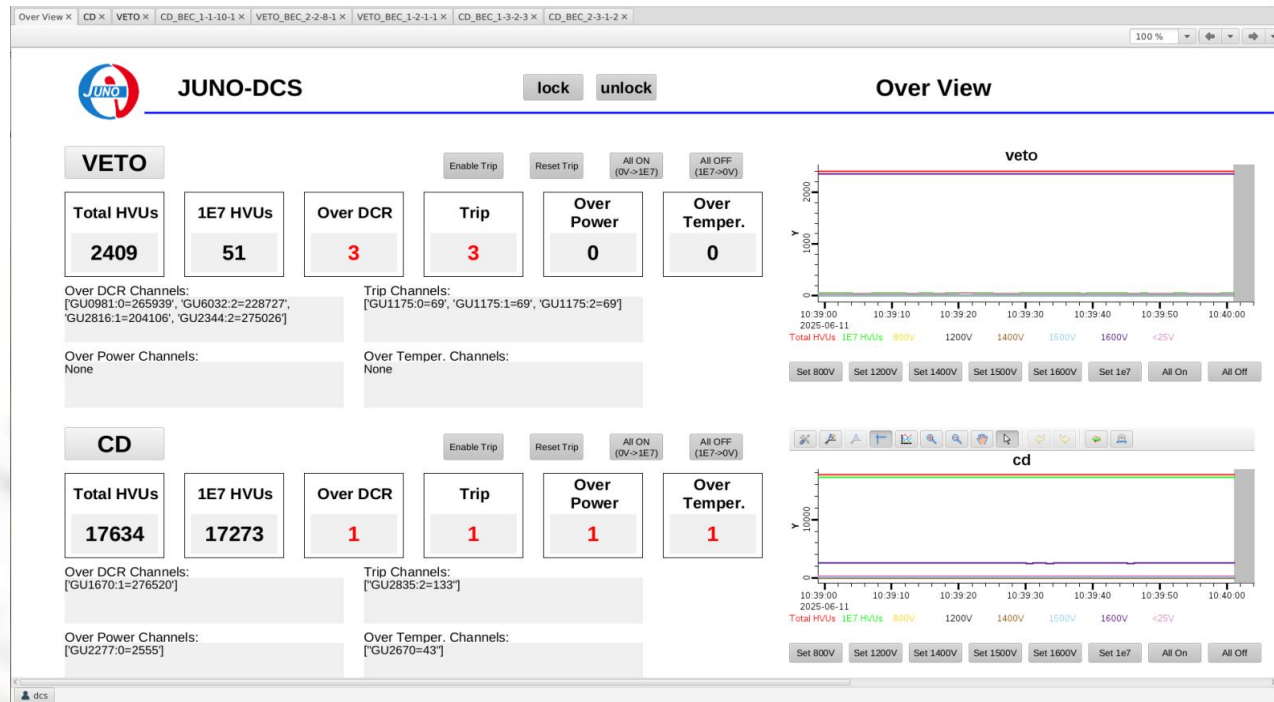
IOC, 负责与设备通信和本地控制任务
PV, 用于实现IOC与程序之间数据交换

系统框架

➤ 方案

- 基于EPICS+Phoebus实现
 - EPICS 平台提供了一套软件工具和应用程序, 用于构建分布式控制系统
 - Phoebus 是一款开源的、EPICS数据可视化工具
 - 使用phoebusgen库编写Phoebus页面生成工具
- 实行分级分组管理
 - 按照子系统、设备连接关系进行分组
- 减少Phoebus访问PV的数量
 - IOC底层实现了redis, 从redis中读取最新值
 - 提起统计信息
- 减少Phoebus中组件的使用数量
- 调用Python实现特殊功能
 - 使用pyepics库实现命令的发送

02 探测器监控值班系统



首页



二级界面

		JUNO-DCS														VETO_BEC_1-2-1-1																												
CU channel	RealValue	SetValue	HiTemp	Switch	Trip	TripCode	DCR	Power	CU channel	RealValue	SetValue	HiTemp	Switch	Trip	TripCode	DCR	Power	CU channel	RealValue	SetValue	HiTemp	Switch	Trip	TripCode	DCR	Power	CU channel	RealValue	SetValue	HiTemp	Switch	Trip	TripCode	DCR	Power									
GU0000	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	GU0001	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	GU0002	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	GU0003	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006									
28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006	28.5	1673.1	1673.1	21.1	OK	84	72894	3006					
28.5	1669.0	1669.0	20.0	OK	84	84862	1842	28.5	1669.0	1669.0	20.0	OK	84	84862	1842	28.5	1669.0	1669.0	20.0	OK	84	84862	1842	28.5	1669.0	1669.0	20.0	OK	84	84862	1842	28.5	1669.0	1669.0	20.0	OK	84	84862	1842					
28.5	1662.1	1662.6	22.7	OK	84	83083	1881	28.5	1662.1	1662.6	22.7	OK	84	83083	1881	28.5	1662.1	1662.6	22.7	OK	84	83083	1881	28.5	1662.1	1662.6	22.7	OK	84	83083	1881	28.5	1662.1	1662.6	22.7	OK	84	83083	1881					
GU1122	30.4	1712.0	1712.0	26.2	OK	84	84514	1846	GU1123	30.4	1712.0	1712.0	26.2	OK	84	84514	1846	GU1124	30.4	1712.0	1712.0	26.2	OK	84	84514	1846	GU1125	30.4	1712.0	1712.0	26.2	OK	84	84514	1846	GU1126	30.4	1712.0	1712.0	26.2	OK	84	84514	1846
28.5	1704.4	1707.0	26.7	OK	84	80380	1862	28.5	1704.4	1707.0	26.7	OK	84	80380	1862	28.5	1704.4	1707.0	26.7	OK	84	80380	1862	28.5	1704.4	1707.0	26.7	OK	84	80380	1862	28.5	1704.4	1707.0	26.7	OK	84	80380	1862					
28.5	1710.4	1710.4	22.2	OK	84	81239	1796	28.5	1710.4	1710.4	22.2	OK	84	81239	1796	28.5	1710.4	1710.4	22.2	OK	84	81239	1796	28.5	1710.4	1710.4	22.2	OK	84	81239	1796	28.5	1710.4	1710.4	22.2	OK	84	81239	1796					
GU2094	28.4	1697.7	1698.0	20.0	OK	84	72890	1856	GU2095	28.4	1697.7	1698.0	20.0	OK	84	72890	1856	GU2096	28.4	1697.7	1698.0	20.0	OK	84	72890	1856	GU2097	28.4	1697.7	1698.0	20.0	OK	84	72890	1856	GU2098	28.4	1697.7	1698.0	20.0	OK	84	72890	1856
28.5	1787.6	1786.0	22.7	OK	84	83805	1869	28.5	1787.6	1786.0	22.7	OK	84	83805	1869	28.5	1787.6	1786.0	22.7	OK	84	83805	1869	28.5	1787.6	1786.0	22.7	OK	84	83805	1869	28.5	1787.6	1786.0	22.7	OK	84	83805	1869					
28.5	1782.0	1781.76	21.8	OK	84	83514	1859	28.5	1782.0	1781.76	21.8	OK	84	83514	1859	28.5	1782.0	1781.76	21.8	OK	84	83514	1859	28.5	1782.0	1781.76	21.8	OK	84	83514	1859	28.5	1782.0	1781.76	21.8	OK	84	83514	1859					
GU2547	28.4	1620.9	1620.9	21.8	OK	84	72893	1859	GU2548	28.4	1620.9	1620.9	21.8	OK	84	72893	1859	GU2549	28.4	1620.9	1620.9	21.8	OK	84	72893	1859	GU2550	28.4	1620.9	1620.9	21.8	OK	84	72893	1859	GU2551	28.4	1620.9	1620.9	21.8	OK	84	72893	1859
28.5	1671.7	1671.7	21.8	OK	84	84611	1813	28.5	1671.7	1671.7	21.8	OK	84	84611	1813	28.5	1671.7	1671.7	21.8	OK	84	84611	1813	28.5	1671.7	1671.7	21.8	OK	84	84611	1813	28.5	1671.7	1671.7	21.8	OK	84	84611	1813					
28.5	1722.1	1724.8	22.7	OK	84	86022	1833	28.5	1722.1	1724.8	22.7	OK	84	86022	1833	28.5	1722.1	1724.8	22.7	OK	84	86022	1833	28.5	1722.1	1724.8	22.7	OK	84	86022	1833	28.5	1722.1	1724.8	22.7	OK	84	86022	1833					
28.5	1712.9	1712.9	19.3	OK	84	87170	1800	28.5	1712.9	1712.9	19.3	OK	84	87170	1800	28.5	1712.9	1712.9	19.3	OK	84	87170	1800	28.5	1712.9	1712.9	19.3	OK	84	87170	1800	28.5	1712.9	1712.9	19.3	OK	84	87170	1800					
GU3008	28.0	1689.0	1689.0	21.8	OK	84	72890	1856	GU3009	28.0	1689.0	1689.0	21.8	OK	84	72890	1856	GU3010	28.0	1689.0	1689.0	21.8	OK	84	72890	1856	GU3011	28.0	1689.0	1689.0	21.8	OK	84	72890	1856	GU3012	28.0	1689.0	1689.0	21.8	OK	84	72890	1856
28.5	1623.0	1624.70	21.8	OK	84	81213	1813	28.5	1623.0	1624.70	21.8	OK	84	81213	1813	28.5	1623.0	1624.70	21.8	OK	84	81213	1813	28.5	1623.0	1624.70	21.8	OK	84	81213	1813	28.5	1623.0	1624.70	21.8	OK	84	81213	1813					
28.5	1620.3	1624.70	21.8	OK	84	83653	1759	28.5	1620.3	1624.70	21.8	OK	84	83653	1759	28.5	1620.3	1624.70	21.8	OK	84	83653	1759	28.5	1620.3	1624.70	21.8	OK	84	83653	1759	28.5	1620.3	1624.70	21.8	OK	84	83653	1759					
GU3026	30.5	1764.0	1765.90	23.2	OK	84	86336	1804	GU3027	30.5	1764.0	1765.90	23.2	OK	84	86336	1804	GU3028	30.5	1764.0	1765.90	23.2	OK	84	86336	1804	GU3029	30.5	1764.0	1765.90	23.2	OK	84	86336	1804	GU3030	30.5	1764.0	1765.90	23.2	OK	84	86336	1804
28.5	1712.7	1712.6	19.8	OK	84	86576	1803	28.5	1712.7	1712.6	19.8	OK	84	86576	1803	28.5	1712.7	1712.6	19.8	OK	84	86576	1803	28.5	1712.7	1712.6	19.8	OK	84	86576	1803	28.5	1712.7	1712.6	19.8	OK	84	86576	1803					
GU3036	30.5	1698.0	1697.90	23.8	OK	84	83390	1812	GU3037	30.5	1698.0	1697.90	23.8	OK	84	83390	1812	GU3038	30.5	1698.0	1697.90	23.8	OK	84	83390	1812	GU3039	30.5	1698.0	1697.90	23.8	OK	84	83390	1812	GU3040	30.5	1698.0	1697.90	23.8	OK	84	83390	1812
28.5	1717.3	1716.8	19.3	OK	84	84868	1828	28.5	1717.3	1716.8	19.3	OK	84	84868	1828	28.5	1717.3	1716.8	19.3	OK	84	84868	1828	28.5	1717.3	1716.8	19.3	OK	84	84868	1828	28.5	1717.3	1716.8	19.3	OK	84	84868	1828					
28.5	1623.7	1623.70	16.8	OK	84	84047	1761	28.5	1623.7	1623.70	16.8	OK	84	84047	1761	28.5	1623.7	1623.70	16.8	OK	84	84047	1761	28.5	1623.7	1623.70	16.8	OK	84	84047	1761	28.5	1623.7	1623.70	16.8	OK	84	84047	1761					
GU3173	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3174	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3175	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3176	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3177	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805
28.5	1719.1	1719.1	26.2	OK	84	84263	1816	28.5	1719.1	1719.1	26.2	OK	84	84263	1816	28.5	1719.1	1719.1	26.2	OK	84	84263	1816	28.5	1719.1	1719.1	26.2	OK	84	84263	1816	28.5	1719.1	1719.1	26.2	OK	84	84263	1816					
28.5	1692.2	1693.00	20.0	OK	84	83067	1818	28.5	1692.2	1693.00	20.0	OK	84	83067	1818	28.5	1692.2	1693.00	20.0	OK	84	83067	1818	28.5	1692.2	1693.00	20.0	OK	84	83067	1818	28.5	1692.2	1693.00	20.0	OK	84	83067	1818					
GU2094	28.7	1690.1	1689.80	22.2	OK	84	83882	1813	GU2095	28.7	1690.1	1689.80	22.2	OK	84	83882	1813	GU2096	28.7	1690.1	1689.80	22.2	OK	84	83882	1813	GU2097	28.7	1690.1	1689.80	22.2	OK	84	83882	1813	GU2098	28.7	1690.1	1689.80	22.2	OK	84	83882	1813
28.5	1747.4	1746.70	23.2	OK	84	86299	1806	28.5	1747.4	1746.70	23.2	OK	84	86299	1806	28.5	1747.4	1746.70	23.2	OK	84	86299	1806	28.5	1747.4	1746.70	23.2	OK	84	86299	1806	28.5	1747.4	1746.70	23.2	OK	84	86299	1806					
28.5	1697.4	1697.4	21.8	OK	84	84730	1810	28.5	1697.4	1697.4	21.8	OK	84	84730	1810	28.5	1697.4	1697.4	21.8	OK	84	84730	1810	28.5	1697.4	1697.4	21.8	OK	84	84730	1810	28.5	1697.4	1697.4	21.8	OK	84	84730	1810					
GU2024	28.6	1696.4	1696.60	21.8	OK	84	72874	1856	GU2025	28.6	1696.4	1696.60	21.8	OK	84	72874	1856	GU2026	28.6	1696.4	1696.60	21.8	OK	84	72874	1856	GU2027	28.6	1696.4	1696.60	21.8	OK	84	72874	1856	GU2028	28.6	1696.4	1696.60	21.8	OK	84	72874	1856
28.5	1674.4	1674.60	18.8	OK	84	82674	1756	28.5	1674.4	1674.60	18.8	OK	84	82674	1756	28.5	1674.4	1674.60	18.8	OK	84	82674	1756	28.5	1674.4	1674.60	18.8	OK	84	82674	1756	28.5	1674.4	1674.60	18.8	OK	84	82674	1756					
28.5	1666.0	1666.00	18.3	OK	84	84124	1732	28.5	1666.0	1666.00	18.3	OK	84	84124	1732	28.5	1666.0	1666.00	18.3	OK	84	84124	1732	28.5	1666.0	1666.00	18.3	OK	84	84124	1732	28.5	1666.0	1666.00	18.3	OK	84	84124	1732					
GU3173	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3174	30.7	1697.7	1698.0	24.7	OK	84	29594	1805	GU3175	3																									

03 快速Phoebus页面生成

Phoebus--提供可扩展、灵活和易用的控制系统操作界面

优点：编辑界面简单、无需代码，通过拖拽组件的方式创建界面

使用phoebusgen库编写Phoebus页面生成工具

主要解决：

1. 大规模场景下，编辑效率低下的问题
2. 随设备的改动，可以快速生成新界面并部署

```
gp_info = phoebusgen.widget.widgets.TextUpdate(componentName+"_gp_"+str(idx)+"_info", "loc://"
+componentName+"_"+str(idx), 9, 62, 130, 60)
gp_info.font_style_bold()
gp_info.font_size(32)
gp_info.horizontal_alignment_center()
gp_info.vertical_alignment_middle()
gp_info.precision(0)
if(StatisticStr in ["Over DCR", "Trip","Over Power", "Over Temper.']):
    gp_info.rule("changeFontColor", "foreground_color", {'loc://' +componentName+"_"+str(idx): "true"},
    {"pv0>0":(255,0,0,255)}),)
gp_info.tool_tip("")
group.add_widget(gp_info)
```

页面生成工具

↓ + 配置文件

```
<widget type="textupdate" version="2.0.0">
  <name>veto_gp_0_info</name>
  <x>9</x>
  <y>62</y>
  <width>130</width>
  <height>60</height>
  <pv_name>loc://veto_0</pv_name>
  <font>
    <font family="Liberation Sans" size="32" style="BOLD"/>
  </font>
  <horizontal_alignment>1</horizontal_alignment>
  <vertical_alignment>1</vertical_alignment>
  <precision>0</precision>
  <tooltip/>
</widget>
```

页面源码

显示效果

Total HVUs
2409

04 关键技术--使用内置PV

➤ Phoebus通过读取PV，接收传入的数据

- 真实PV（来自IOC的PV）

- Phoebus内置PV

- **虚拟PV**：loc://前缀

- 用于传递参数

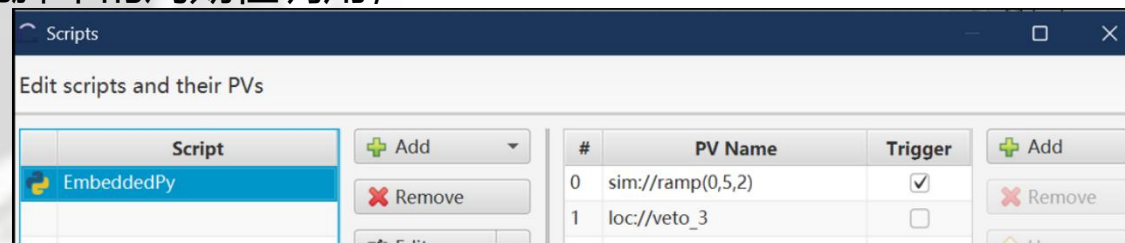
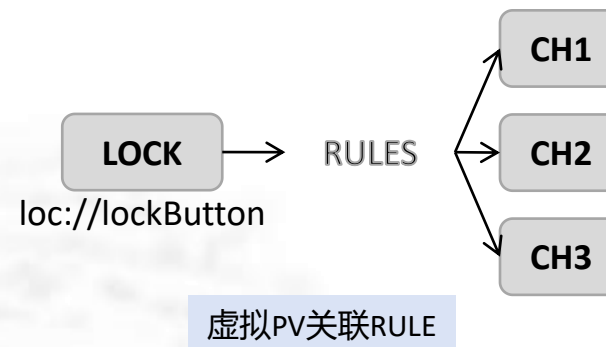
- 模拟PV：sim://ramp(min,max, update_time), sim://sine(min,max,update_time)。

- 因为Phoebus中调用脚本，需要有按钮点击动作或者pv发生改变才能触发，并且没有直接提供周期调用的机制，可以利用这些pv的周期刷新机制，实现脚本的周期性调用；

➤ 使用python可以修改虚拟pv

➤ **处理内置PV的效率远好于访问IOC的PV**

- **将redis存储的最新值传入虚拟PV V.S. 读取IOC中的PV**

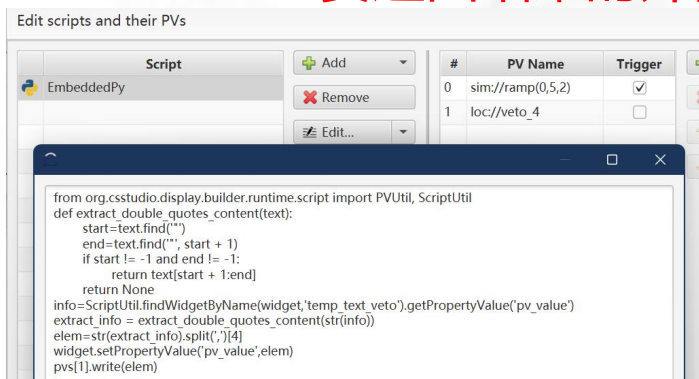


模拟PV实现周期调用

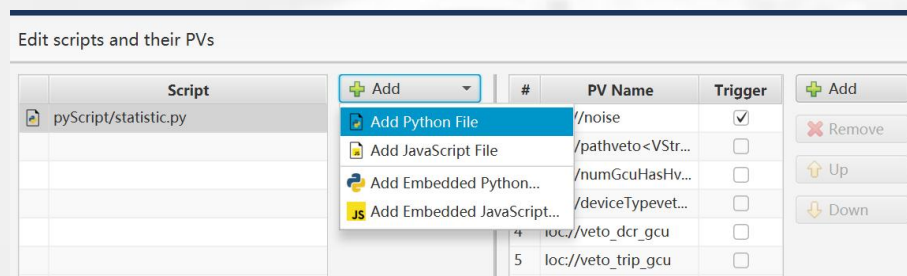
04 关键技术--Python调用

➤ Phoebus使用Python有三种方式:

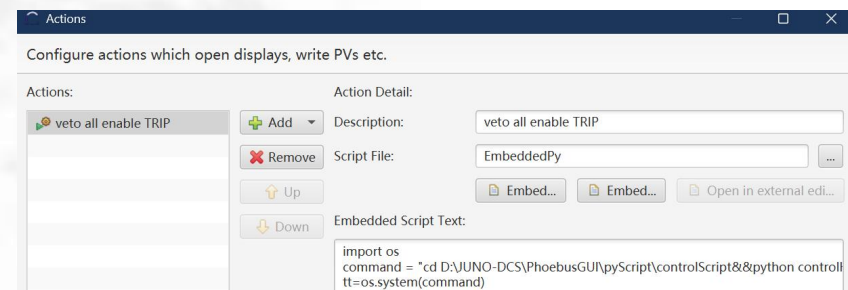
- 内嵌式: 只针对单个组件的**显示效果修改**, 输入量只与界面中组件相关
- 直接调用外部Python: 需要通过外部python实现数据的处理, 并有返回值。**用于需要传递参数的场景下**
- 插入shell语句调用外部Python: 外部独立运行的python, 无需返回值。**用于执行一些不要返回结果的外部操作**



内嵌python



指向外部python



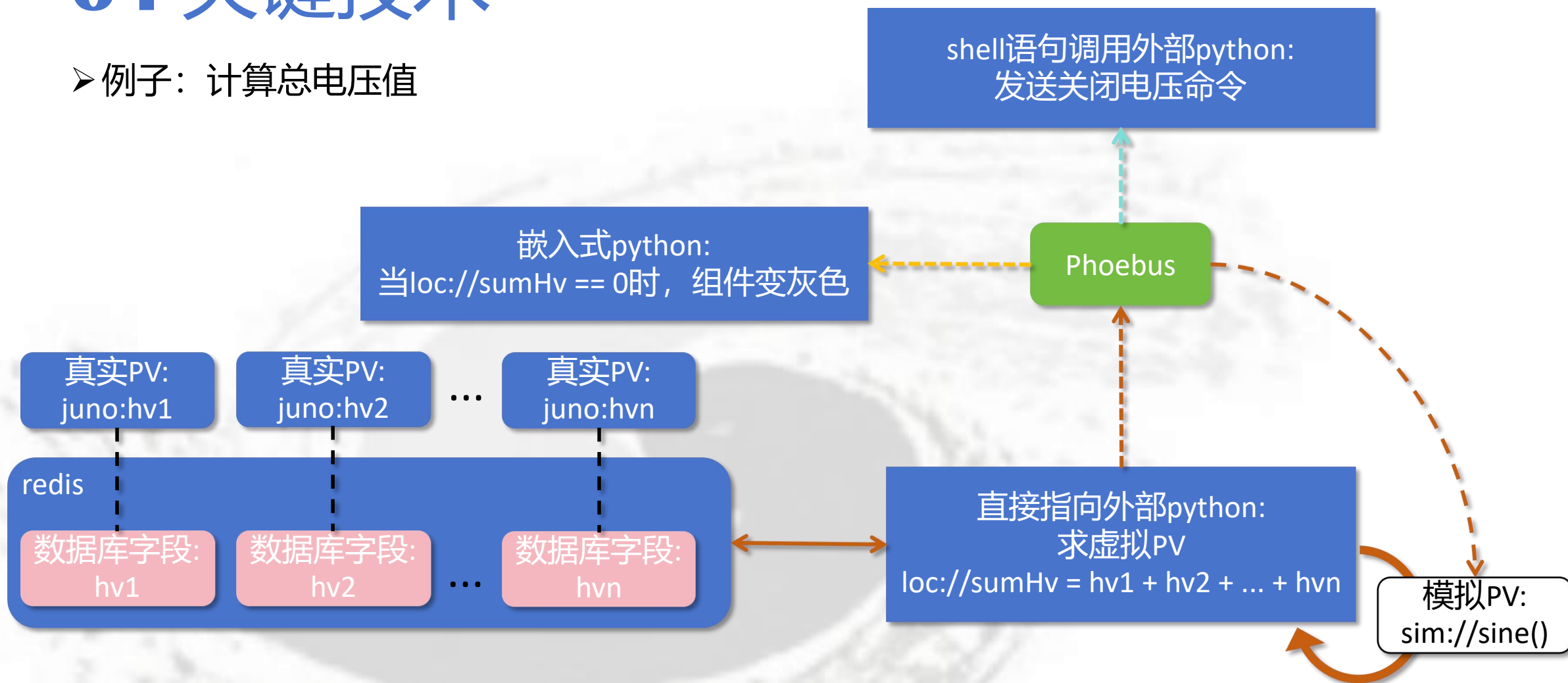
插入shell语句调用外部python

➤ 内嵌和调用外部Python, 实际上**支持的是Jython**。

- 引入外部jar包, 丰富了程序的功能

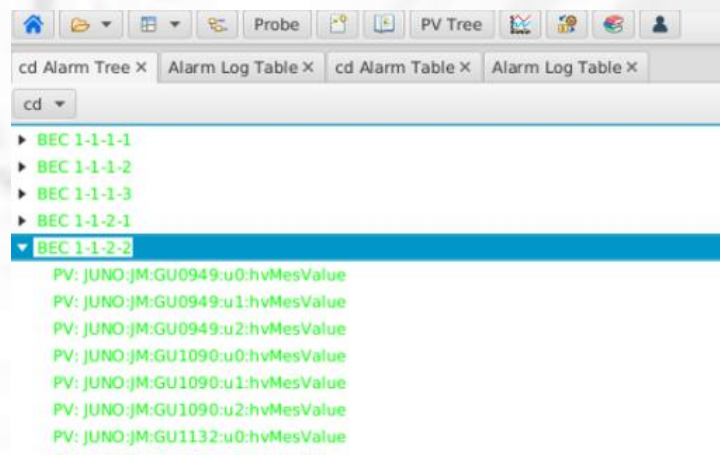
04 关键技术

➤ 例子：计算总电压值



05 报警系统

- Phoebus的alarm-server，需要独立进行部署；
- 依赖Kafka订阅IOC的报警信息，再发布到Phoebus上，报警日志被记录在Elasticsearch中；
- 新版Phoebus已经做了容器化处理，在实际应用中，还需要做适当修改才可以正常运行（网络模式、时区、内存使用）



Alarm Tree

The screenshot shows the 'Alarm Log' window in the CS-Studio interface. It displays a table of alarm events. The table has the following columns: Config, PV, Alarm Severity, Alarm Message, Alarm Time, Alarm Log Time, PV Severity, PV Message, and Command. The table contains four rows of data, showing various alarm events and their corresponding details.

Config	PV	Alarm Severity	Alarm Message	Alarm Time	Alarm Log Time	PV Severity	PV Message	Command
state:/cd/BEC 1-1-10-1...	JUNO:JM:GU7109:gcuTemperature	OK	NO_ALARM	2025-07-02 08:29:47.465	2025-07-02 08:29:47.465	OK	NO_ALARM	
state:/cd/BEC 1-1-10-1...	JUNO:JM:GU7109:gcuTemperature	INVALID	UDF_ALARM	2025-07-02 08:29:44.063	2025-07-02 08:29:44.063	INVALID	UDF_ALARM	
state:/cd/BEC 1-1-10-1...	JUNO:JM:GU4175:u2:hvTripDone	OK	NO_ALARM	2025-07-01 20:58:07.485	2025-07-01 20:58:07.498	OK	NO_ALARM	
state:/cd/BEC 1-1-10-1...	JUNO:JM:GU4175:u2:hvTripDone	INVALID	LINK_ALARM	2025-07-01 20:58:04.138	2025-07-01 20:58:04.151	INVALID	LINK_ALARM	

Alarm Log

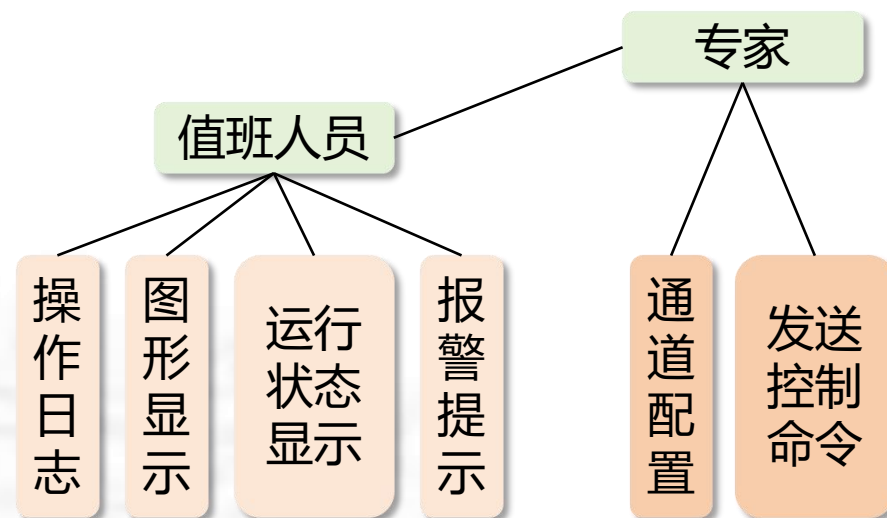
06 值班系统安全策略

➤ 物理安全：内网隔离

➤ 网络安全：防火墙

➤ 权限管理：

- Phoebus 本身不维护用户体系，其安全管理机制与底层操作系统紧密集成
- EPICS没有应对复杂网路攻击的手段，安全还是依赖物理安全和网络安全措施
 - 可以通过在record中添加字段ASG关联PV的安全规则，并在IOC中加入访问安全策略，指定允许访问的机器和用户
- 借助LDAP工具，统一管理服务器中的用户，开放不同身份的用户（expert, shift），分别加载不同的Phoebus控制程序
- 需要分别维护不同用户下的界面



07 总结

- 基于EPICS与Phoebus平台，成功设计并实现了JUNO探测器监控值班系统，具备探测器整体状态显示、设备集中控制、实时报警处理和分级用户管理等核心功能，有效提升了值班人员对探测器运行状态的监控效率和系统控制能力
- 优化了Phoebus在大规模场景下的运行表现

➤ 软件升级及改进：

- EPICS和Phoebus由多个模块构成，需要编写启动脚本以统一管理
- 该方案在权限管理方面，还缺少灵活的创建用户和权限变更方式



谢谢😊