



北京大有科能科技有限公司



# 目录大纲

C O N T E N T

**01**  
关于我们

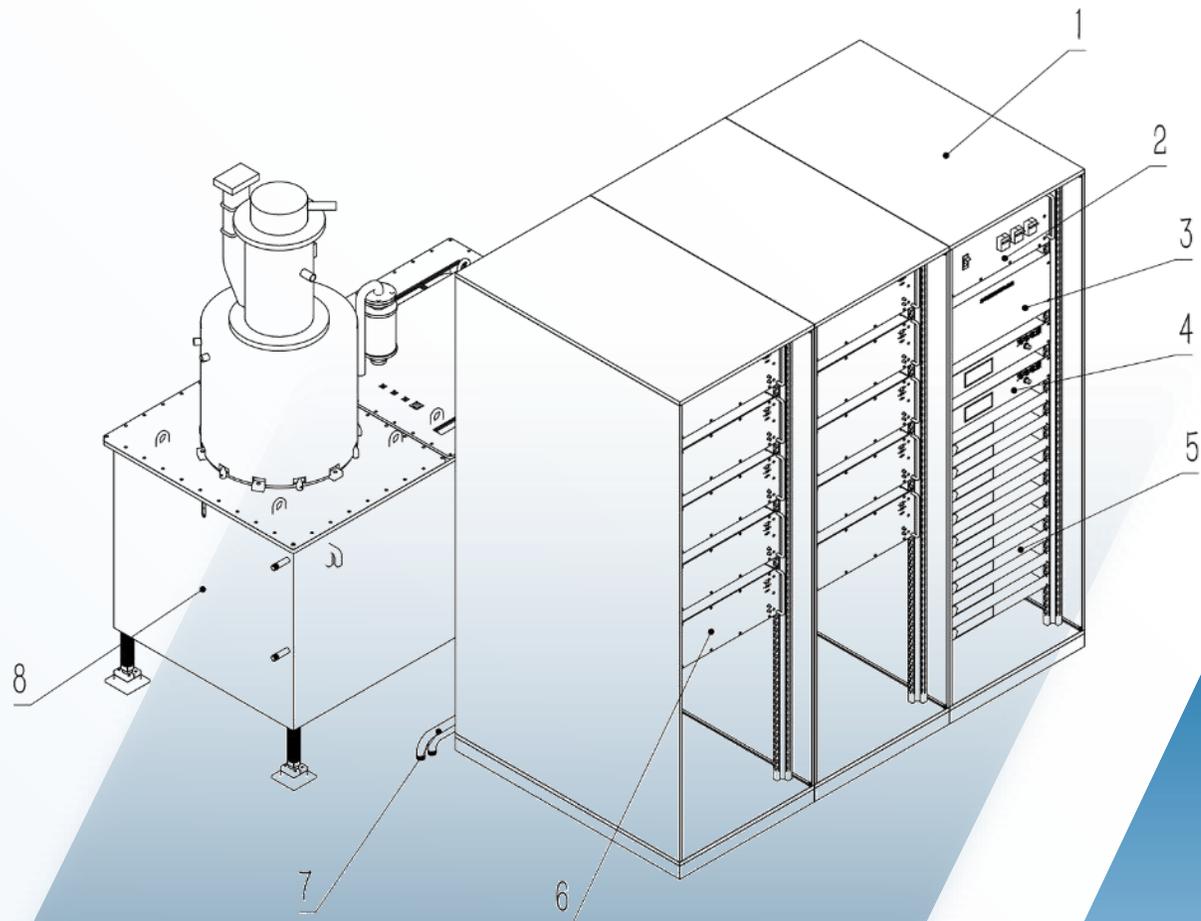
**02**  
产品介绍

**03**  
关键技术

**04**  
联锁控制

PART  
ONE

# 关于我们



# PART ONE 关于我们

公 司 简 介

## 大有科能

北京大有科能科技有限公司是从事固态调制器及加速器其他设备的生产、研发、销售为一体的高新技术型企业，主营产品为大功率固态脉冲调制器、磁铁、机械支撑等产品。可根据客户需求提供专业技术研发和服务，包括设备研制、产品加工和系统集成等。公司服务于基础科学设施、医疗加速器、工业辐照等领域，秉承“创新、超越”的企业精神以及“诚信为本”的经营理念，为客户提供专业、优质、放心的服务。



专业

优质

放心

# PART ONE

## 关于我们

### 近几年加速器设施配套项目>>>>>>>>



#### 北京正负离子对撞机 电子枪电源研制项目

2020-2021，承建北京正负电子对撞机电  
子枪电源研制项目。



#### HEPS高能同步辐射 光源固态调制器与 电子枪脉冲电源

2021-2022承建高能同  
步辐射光源（HEPS），直  
线加速器固态调制器与电  
子枪脉冲电源（涵盖6套固  
态调制器和1套电子枪脉  
冲电源）。



武汉大学  
WUHAN UNIVERSITY

#### 武汉先进光源1.0Gev 电子直线加速器 110MW调制器项目

2022-2023年承建武  
汉先进光源1.0Gev电  
子直线加速器110MW调  
制器项目（涵盖12套固  
态调制器）。



#### 北京大学超导射频实 验室升级改造项目

2022-2023年承接北  
京大学射频超导实验室升  
级改造项目，（涵盖FEL  
新束线中的磁铁，真空  
室，调整支架等）。

# PART ONE

## 关于我们

### 近四年加速器设施配套项目>>>>>>>>



#### BEPCII固态调制器项目

2024年BEPCII升级改造项目。



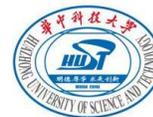
#### L波段和S波段(PWFA)速调管调制器

2024年承建高能物理研究所等离子尾场加速(PWFA)项目。



#### 大连化学物理研究所固态调制器项目

2024年承建大连性能提升改造项目。

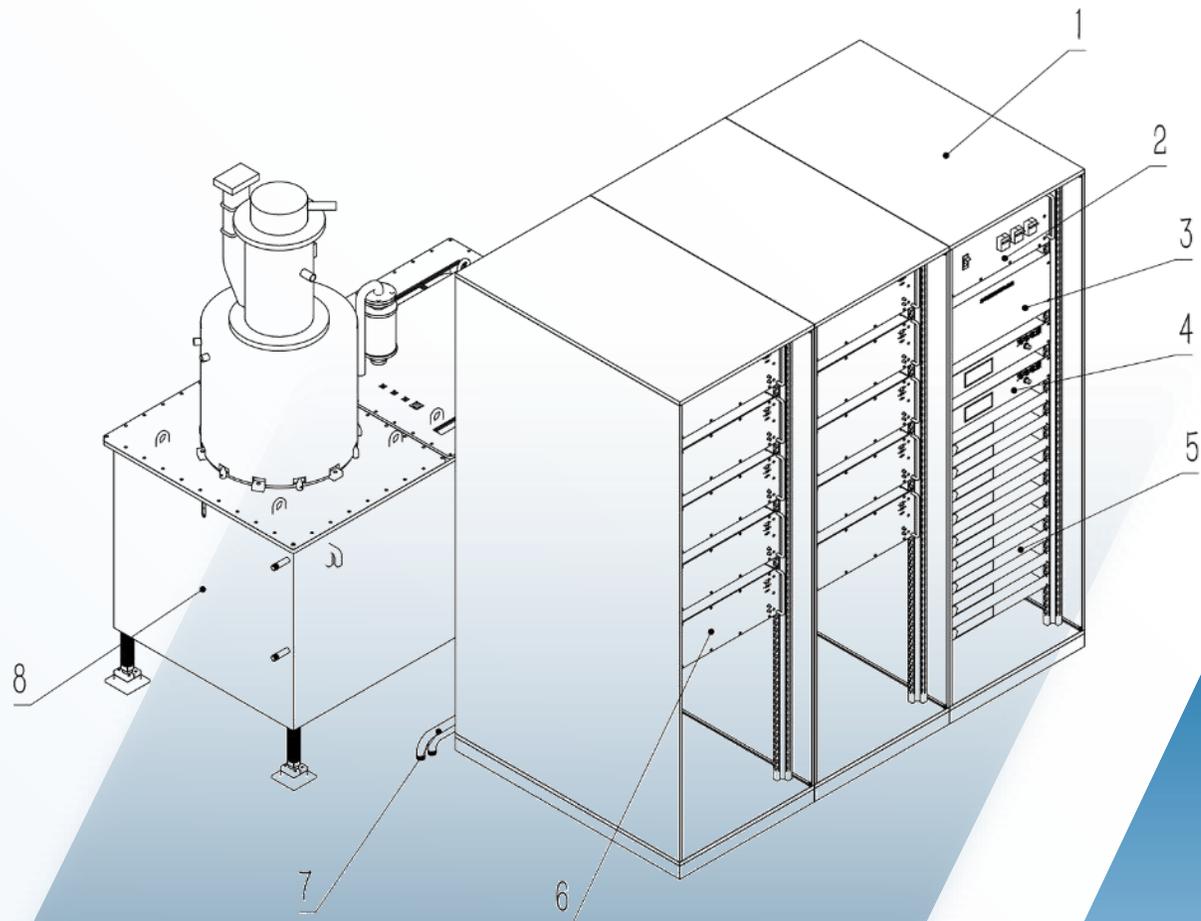


#### 华中科技大学脉冲多极注入磁铁配套脉冲电源

2024年承建华中科技大学脉冲多极注入磁铁配套脉冲电源项目。

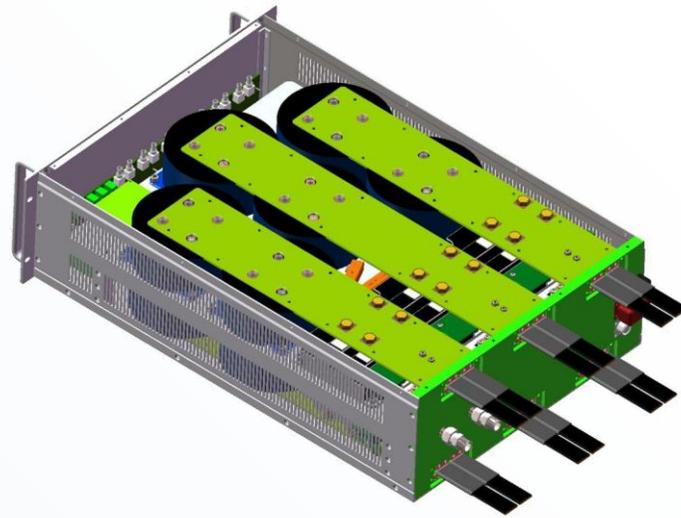
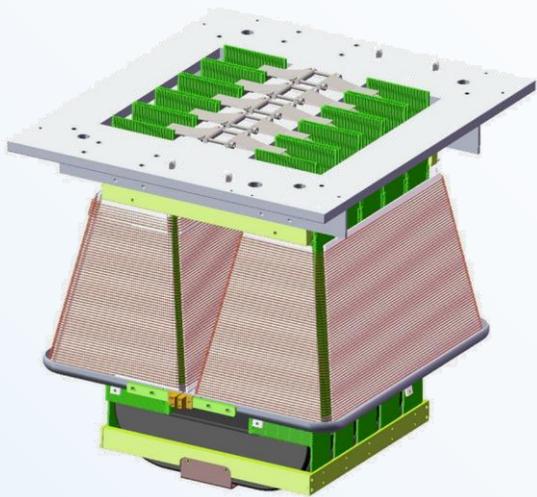
PART  
TWO

# 产品介绍



# PART TWO 产品介绍

## 固态调制器基本设计线路

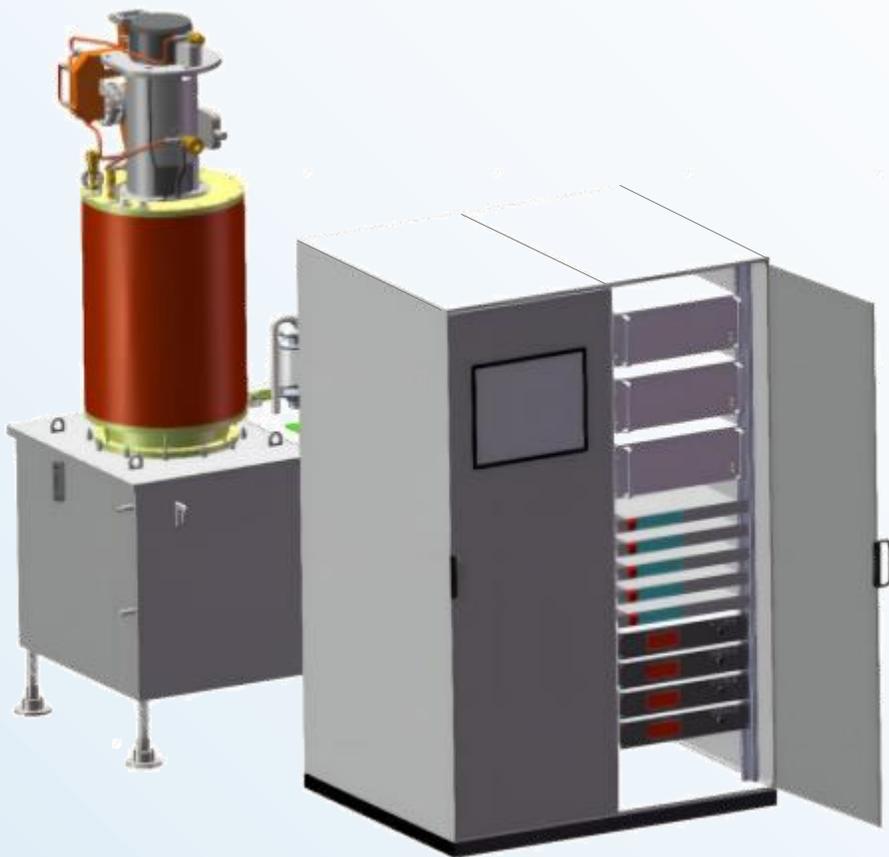


### 固态调制器基本技术路线：

- 1.采用标准的4U机箱承载放电单元，机箱内部共集成6路的放电回路，散热方式为水循环冷却，机箱内部嵌有散热水管。
- 2.IGBT为开关元件，搭配我公司自主研发的驱动板，驱动板具有短路保护功能。
- 3.放电回路通过机箱的分发板进行统一控制，内部通信全部采用光纤连接有效隔绝因电路信号带来的干扰，光纤通过PLC集成到控制面板与上层局域网连接统一进行控制。
- 4.每路放电回路可以输出理论值1-1500A的脉冲电流。
- 5.变压器采用的为双绕组的脉变结构，变压器变压比可依据客户参数进行定制。

# PART TWO 产品介绍

## DYSSM-1系列固态调制器



### DYSSM-1系列基本参数

脉冲电压	脉冲电流	脉冲电流	上升沿
1-100KV	1-500A	$\leq 1\mu\text{s}$	$\leq 1\mu\text{s}$
重复频率(可调)	脉冲宽度(可调)	放电回路	重复稳定性
1-500Hz	1-20 $\mu\text{s}$	18路	0.02%

DYSSM-1系列固态调制器，采用3-4台放电机箱，水冷结构

。

\*双绕组脉冲变压器

\*配套PLC联锁控制系统

\*配套水冷散热油缸

\*依据指标提供充电电源及辅助电源

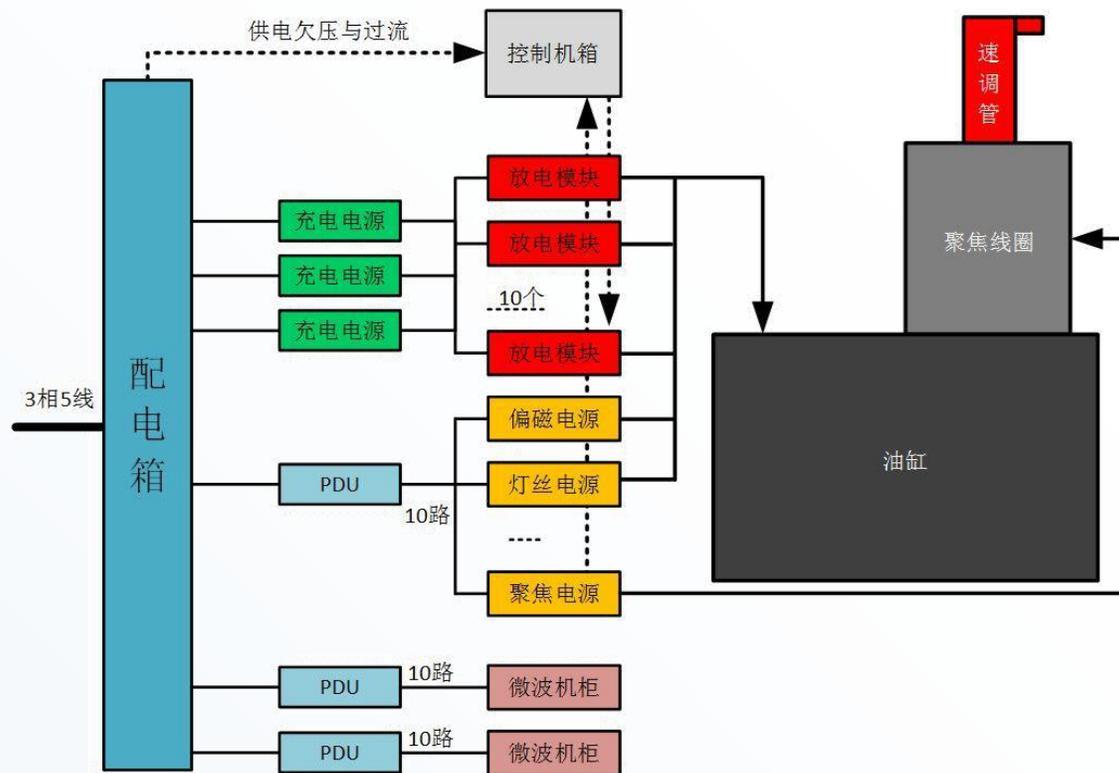
\*机柜尺寸采用1800MM高X600MM宽X1000深的定制机柜，控制面板集成在机柜门板之上。

# 产品介绍

## DYSSM-4H系列固态调制器

### ·参数

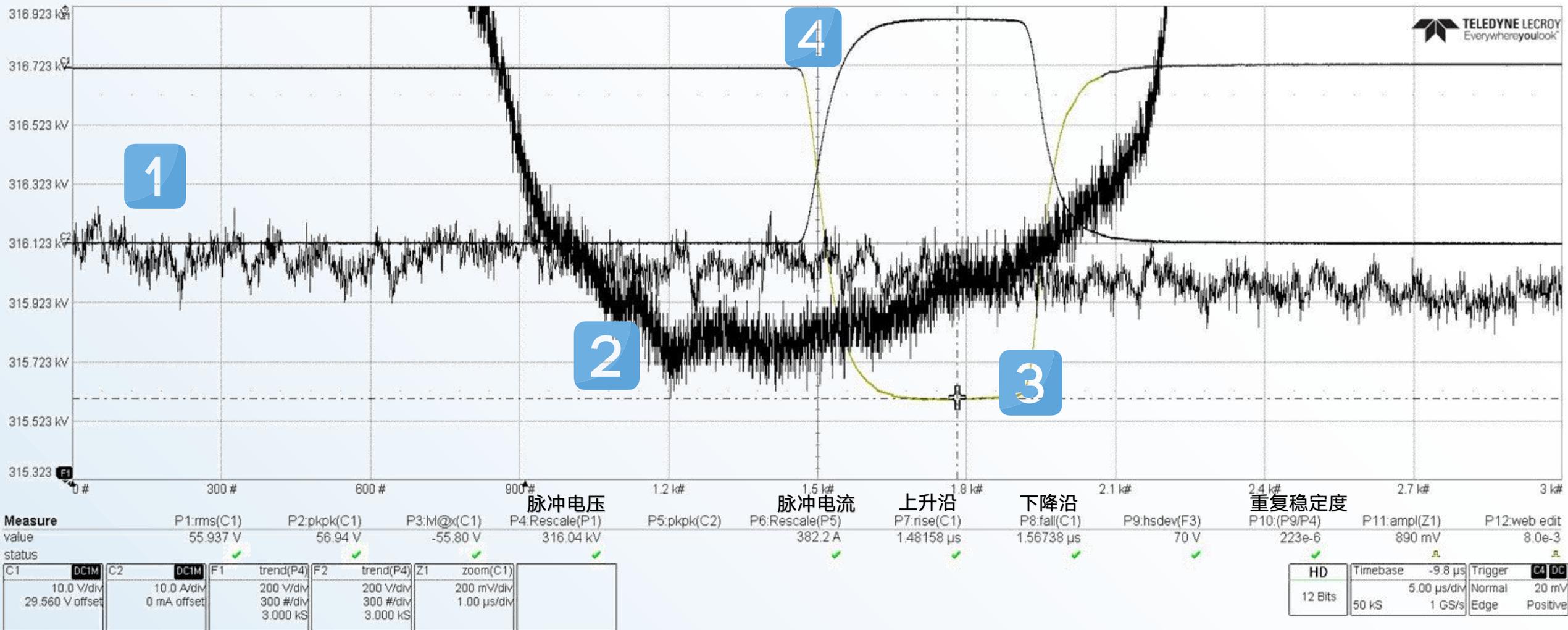
序号	技术指标	技术参数
1	脉冲电压峰值, 脉冲电流峰值等	脉冲电压 $\geq 315\text{kV}$ 、脉冲电流 $\geq 380\text{A}$ 、重复频率 $50\text{Hz}$ 、脉冲宽度 $4\mu\text{s}$
2	脉变结构	5幅铁芯, $0.05\text{mm}$ 厚取向硅钢片, 60放电模块, 放电电压 $\leq 1\text{kV}$ , 高压锥形绕组;
3	脉冲顶部平顶度	优于 $1\%$ , ( $ U_{A\text{Max}} - U_{A\text{Min}} /2U_A \leq 1\%$ );
4	脉冲重复稳定度	优于 $0.1\%$ , (3000个脉冲 $U_A$ 的标准差值);
5	#脉冲上升沿时间	$\tau_r \leq 2\mu\text{s}$
6	#脉冲下降沿时间	$\tau_f \leq 2\mu\text{s}$



·调制器组成: 配电箱、充电电源、放电模块、脉冲变压器及油缸、冷却水、机柜

# PART TWO 产品介绍

## DYSSM-4H固态调制器测试波形



①脉冲电压重复稳定度

②脉冲电压顶部放大

③脉冲电压

④脉冲电流

# PART TWO 产品介绍

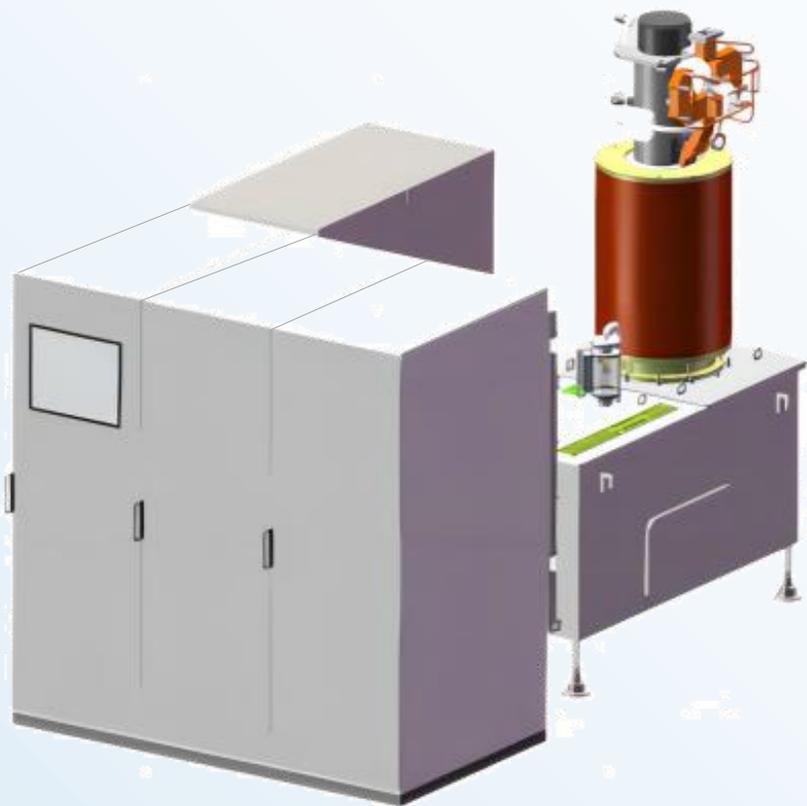
交付至HEPS的五台固态调制器



# PART TWO 产品介绍

## DYSSM-4W固态调制器

### ·示意图

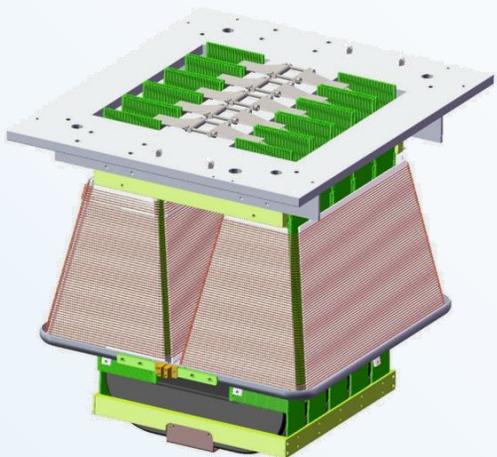


### ·参数

序号	技术指标	指标要求
1	脉冲电压	$\geq 325\text{kV}$
2	脉冲电流	$\geq 400\text{A}$
3	脉冲功率	$\geq 110\text{MW}$
2	重复频率	10Hz (充电电源按照10Hz配置, 其余所有柜体结构、放电机箱水冷结构、放电连接电缆、油缸水冷结构、脉冲变压器容量等按照100Hz设计, 预留后期升级为100Hz空间)
4	脉冲平顶宽度	$\geq 4\mu\text{s}$
5	脉冲顶部平顶度	$\leq \pm 0.3\%$
6	脉冲重复稳定度	小于等于0.025% (5分钟内的rms)
7	脉冲上升沿时间	$\tau_r \leq 2\mu\text{s}$
8	脉冲下降沿时间	$\tau_f \leq 2\mu\text{s}$
9	输出脉冲前沿抖动 (rms)	$\leq 5\text{ns}$
10	长期运行可靠性要求	连续满功率运行 $\geq 168$ 小时不出现故障

# PART TWO 产品介绍

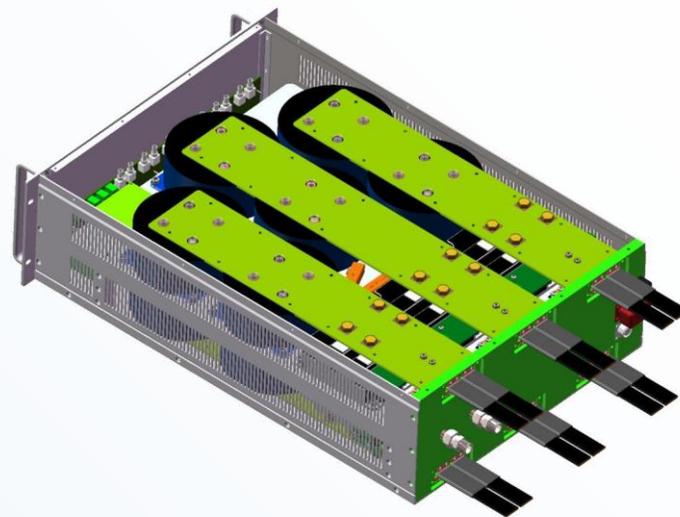
武汉先进光源项目针对性改动



放电单元的设计可以保证调制器在10Hz到600Hz区间运行，但考虑到放电单元与油缸之间的连接电缆承受的电流增大，因此将放电单元与油缸变压器顶盖的连接线缆端子由一个改为两个，10Hz运行时使用单根线缆，100Hz时使用两根线缆。



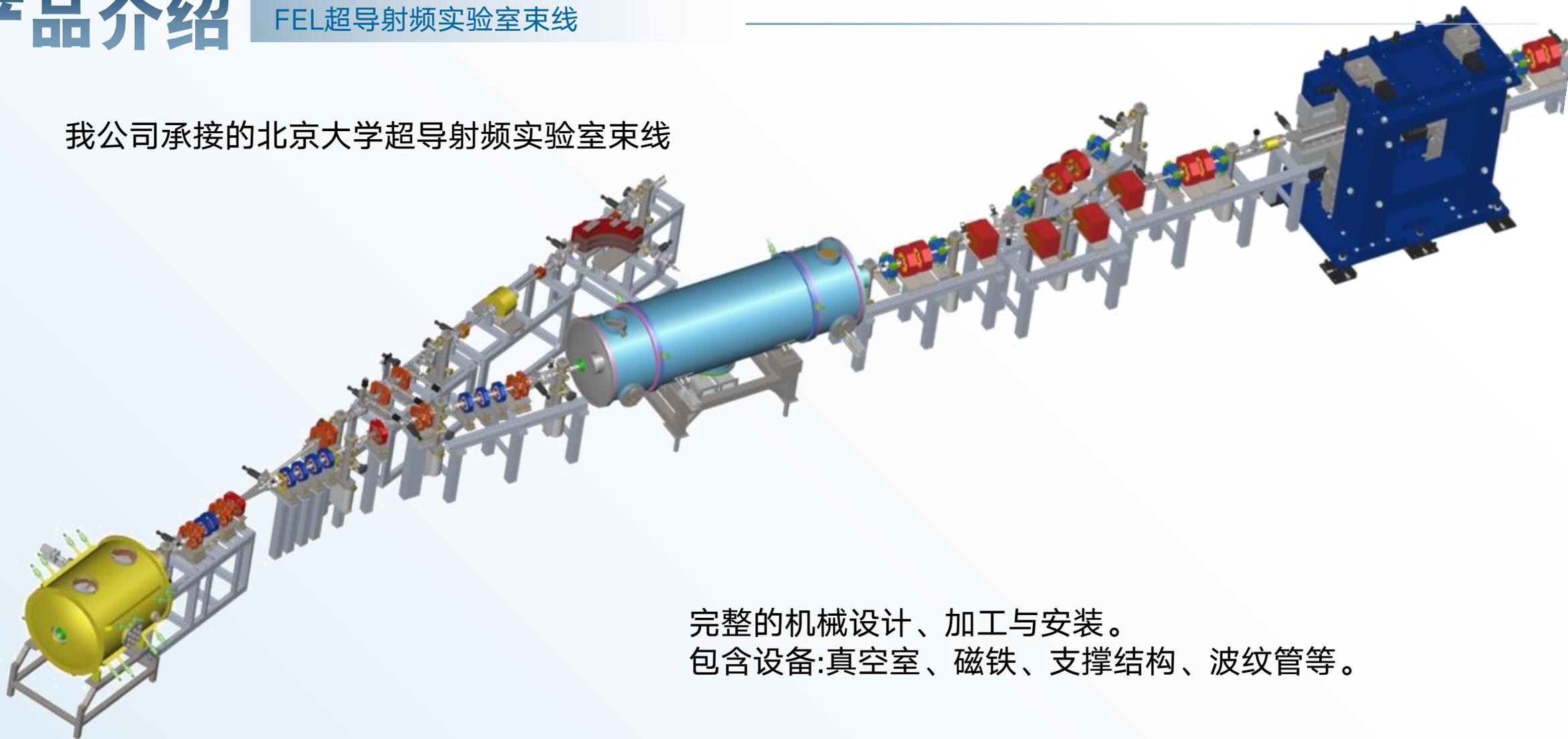
脉冲变压器高压绕组匝数增大，将脉冲变压器低压绕组连接油缸的等效引线改为两组，满足需求的同时较好的提升了调制器的性能。



# PART TWO 产品介绍

## FEL超导射频实验室束线

我公司承接的北京大学超导射频实验室束线



完整的机械设计、加工与安装。  
包含设备:真空室、磁铁、支撑结构、波纹管等。

# PART TWO 产品介绍

FEL超导射频实验室束线



我公司提供的北京大学超导射频实验室FEL束线（磁铁，支撑结构，真空室，波纹管等）



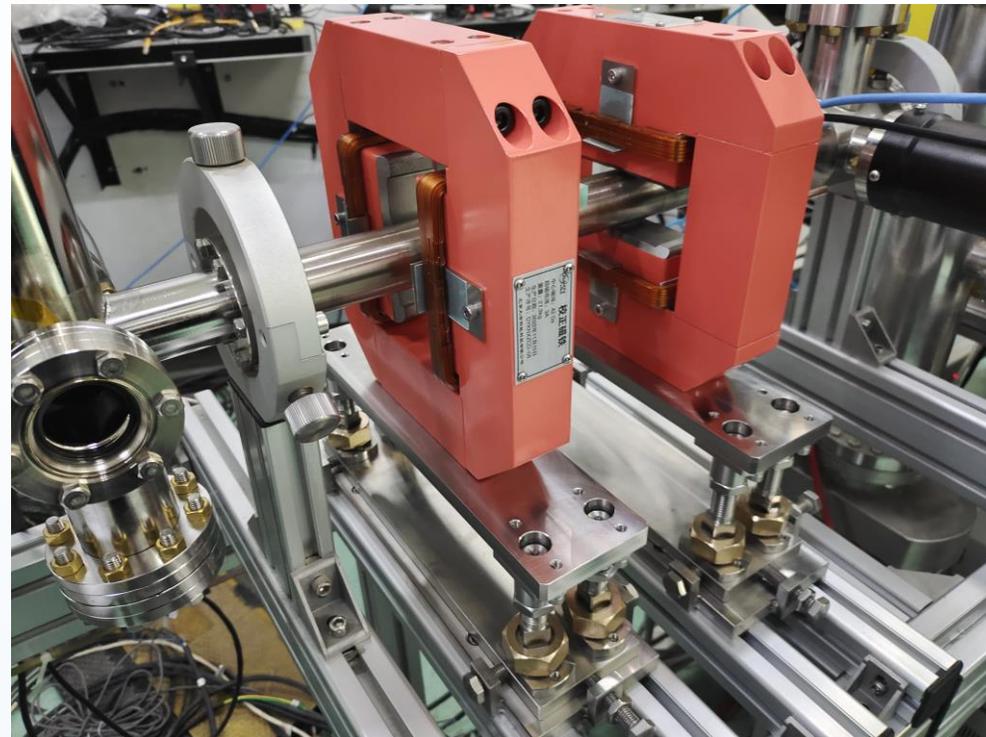
我公司提供的机械支撑（北京大学超导射频实验室FEL束线）

# PART TWO 产品介绍

## 机械支撑及束流磁体



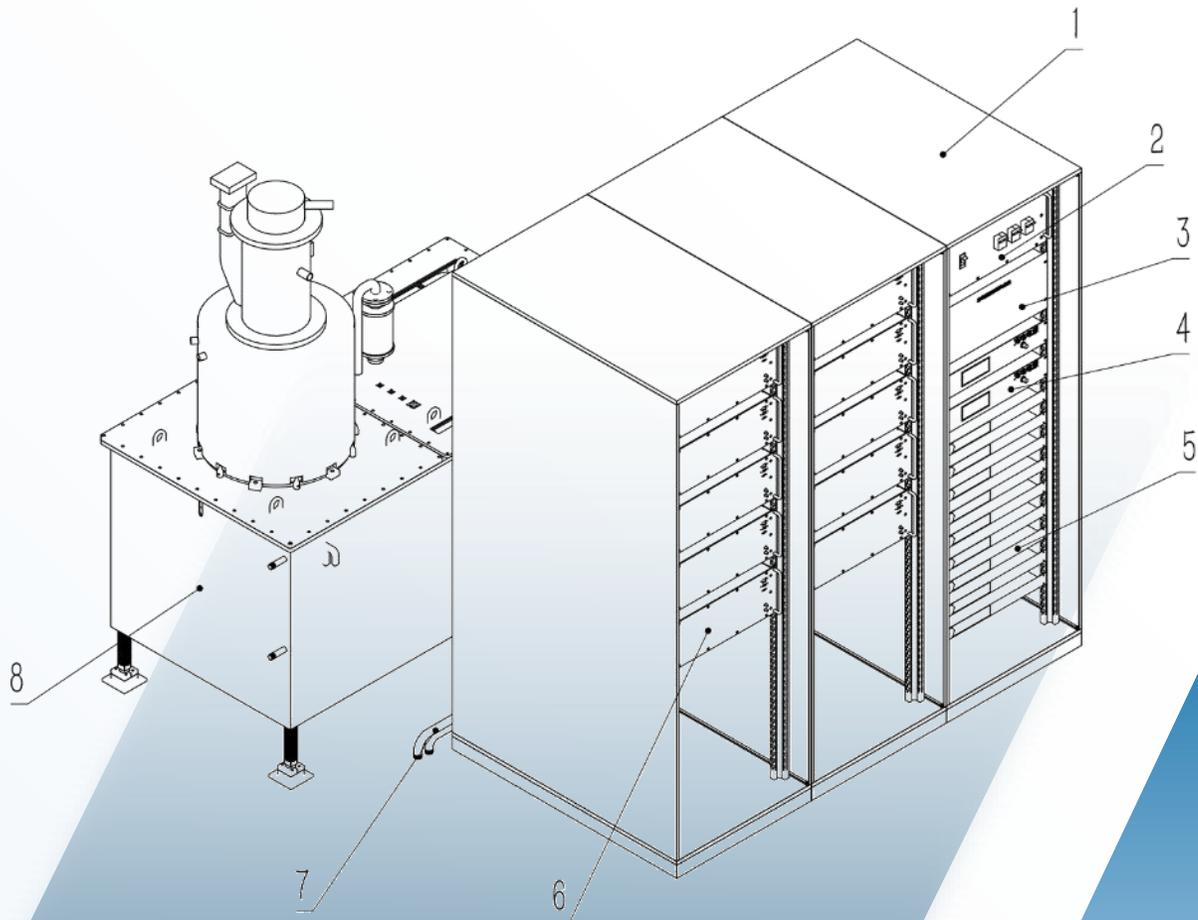
我公司提供的机械支撑（HEPS直线隧道）



我公司提供的束流磁铁（北京大学超导射频实验室FEL束线）

PART  
THREE

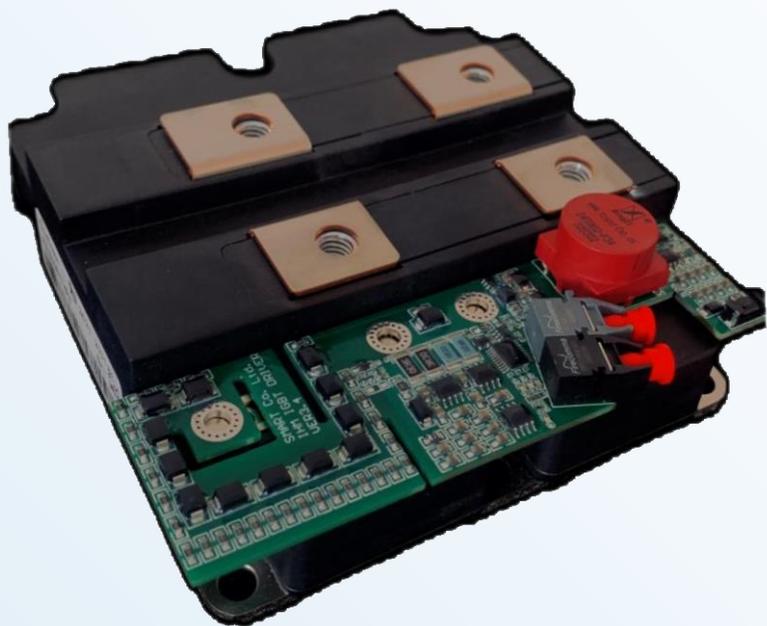
# 关键技术



# PART THREE 关键技术

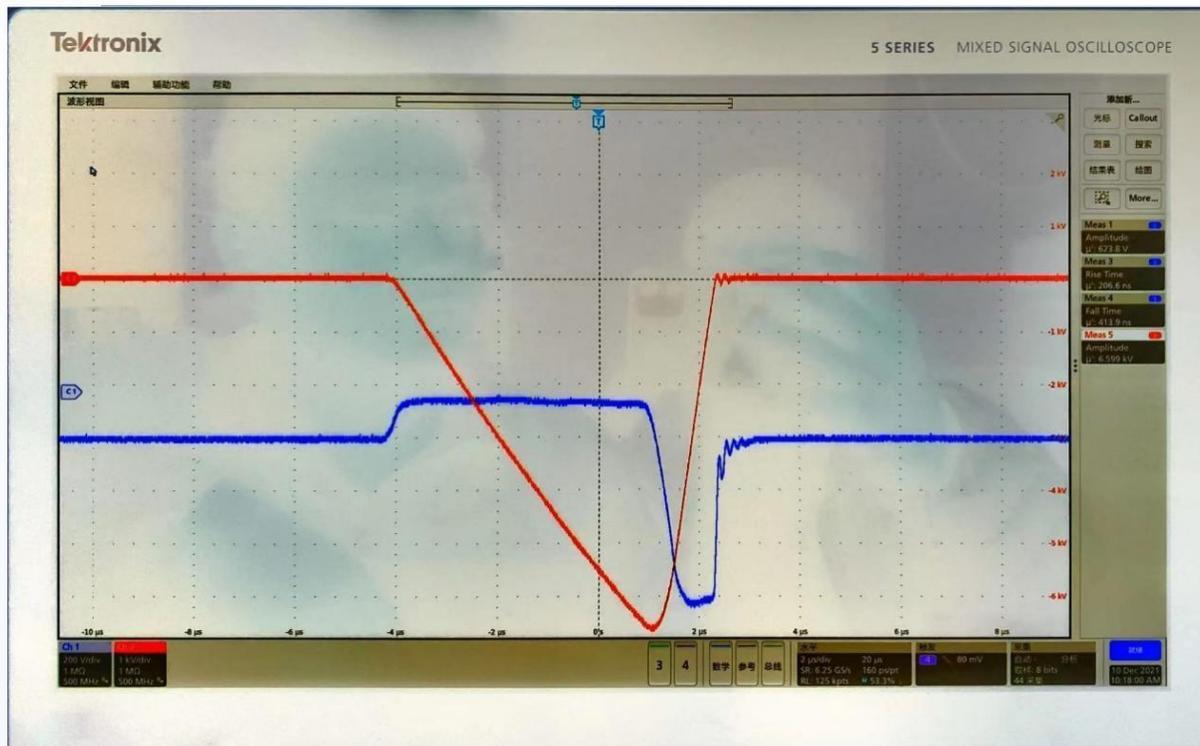
放电脉冲时间抖动控制工艺

我公司自主研发的超快开关驱动板



脉冲前沿时间抖动控制工艺

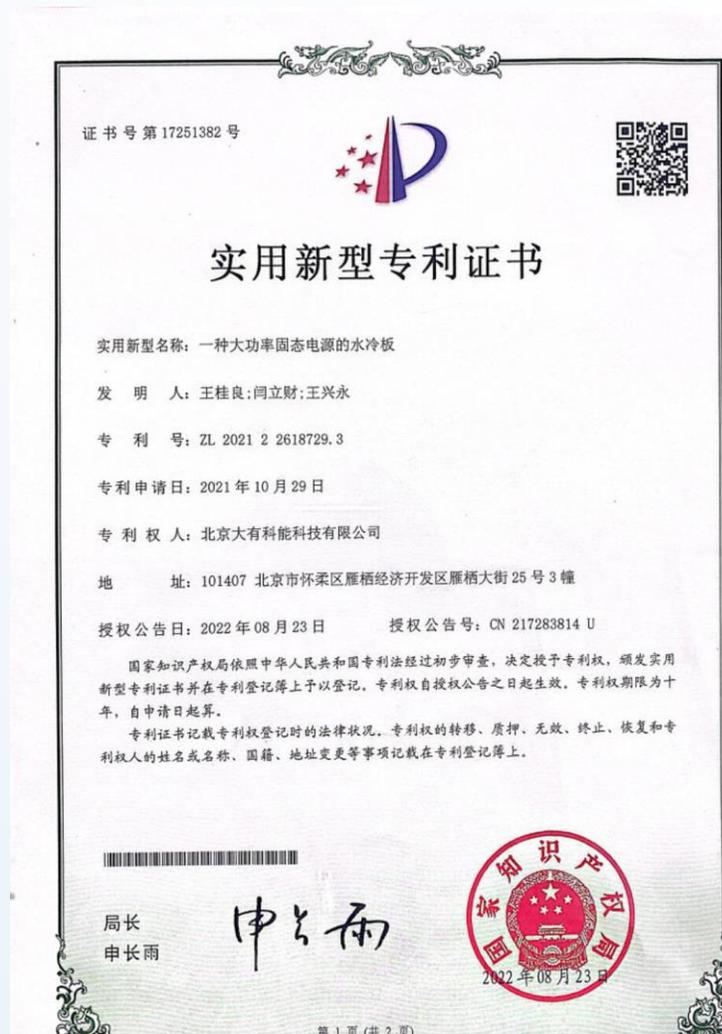
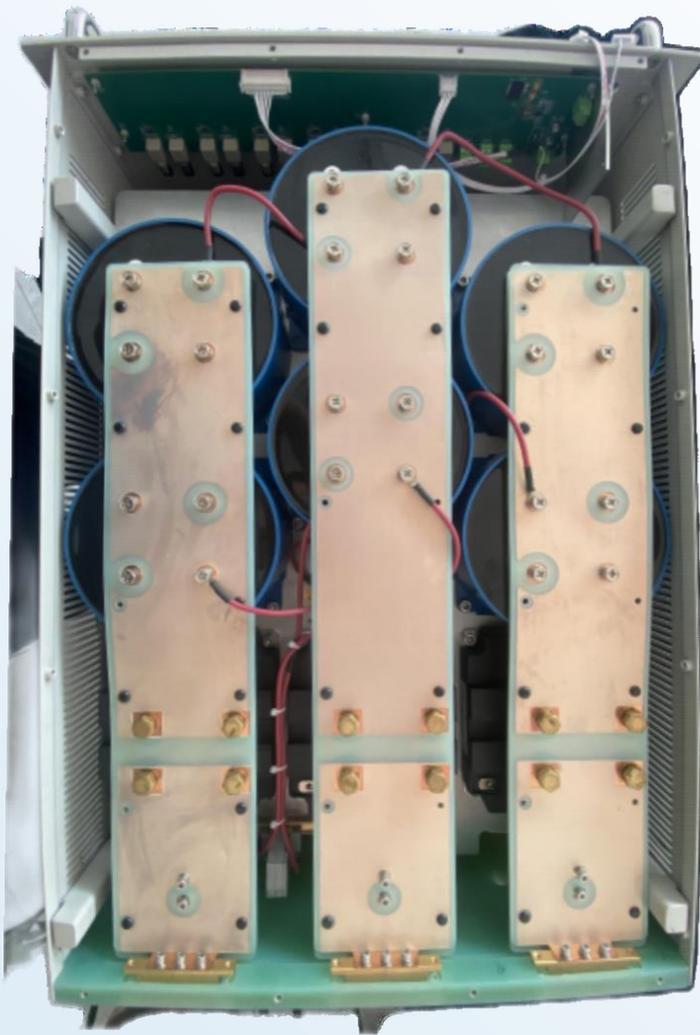
高压脉冲放电时，因IGBT器件导通延迟时间的抖动、驱动板导通时间抖动和脉冲变压器放电时间抖动等因素，会造成负载脉冲前沿时间抖动。通过专有设计的IGBT驱动板，驱动板全部为光信号进行触发及关断，使得驱动板不受电路信号干扰，降低脉冲前沿时间抖动，同时具有短路保护功能。脉冲变压器设计全部进行应力复核，避免因绕组振动变形超标而产生的脉冲时间抖动，工艺集成后输出**高压脉冲前沿时间抖动 < 4ns**



IGBT短路测试波形图（放电电压1000V，保护钳位电压1250V，最大短路电流6599A）

# PART THREE 关键技术

## 自主研发标准化放电单元



我公司自主研发的全固态的放电单元，可以进行模块化的维护，通过水冷散热保证机箱的稳定工作，放电单元通过独有的打火吸收回路保护IGBT 稳定工作。

此项技术为我公司关键技术专利。

# PART THREE 关键技术

## 多种降低电感工艺

### 低感叠层母排



1: 在IGBT和储能电容组成的放电单元回路中, 采用叠层母排设计, 将放电单元回路分布电感控制在10nH以下

### (武汉大学首套) (采用两组连接端子)



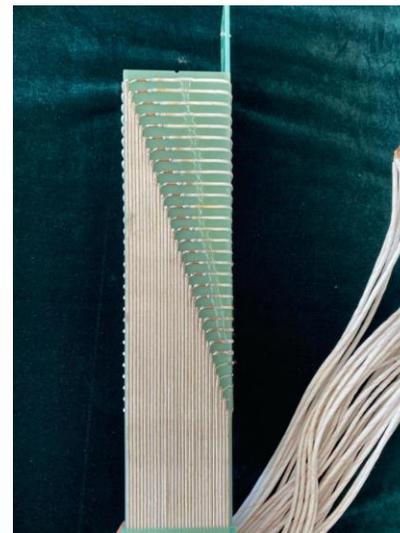
2: 从放电单元至脉冲变压器油缸采用我公司研发的连接端子技术将分布电感控制在30nH以下

### 脉冲变压器连接油缸顶盖



3: 从油缸顶盖至脉冲变压器的引线采用我公司特殊的线缆设计工艺使得放电单元等效引线分布电感控制在10nH以下

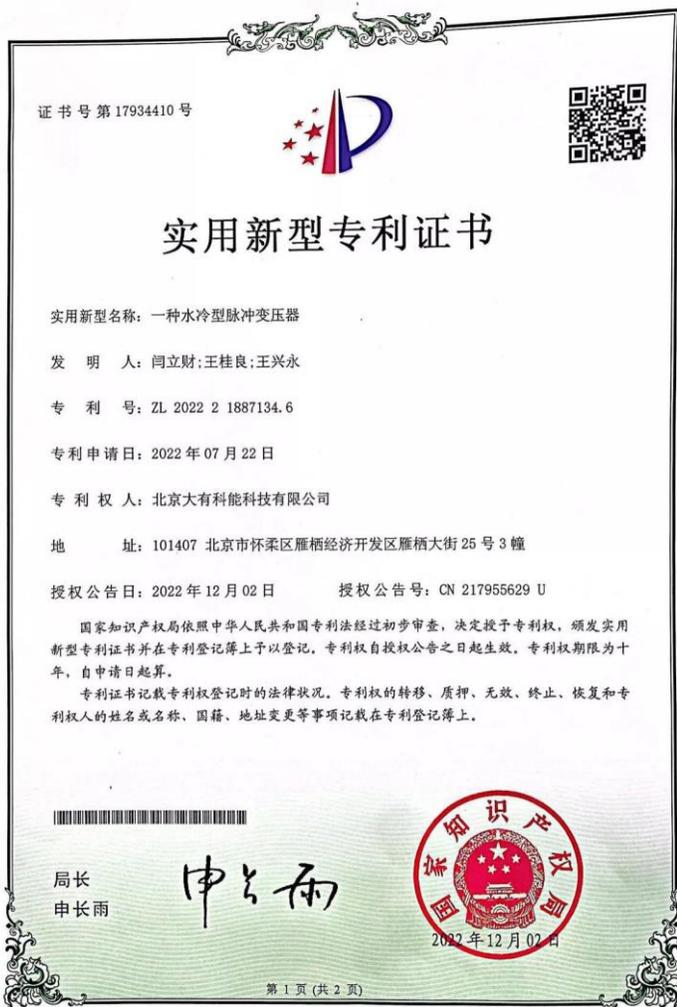
### 脉冲变压器低压绕组



4: 独特的低压绕组绕制技术将放电单元等效的绕组分布电感控制在10nH以下。

# PART THREE 关键技术

## 脉冲变压器技术



其他事项参见背面

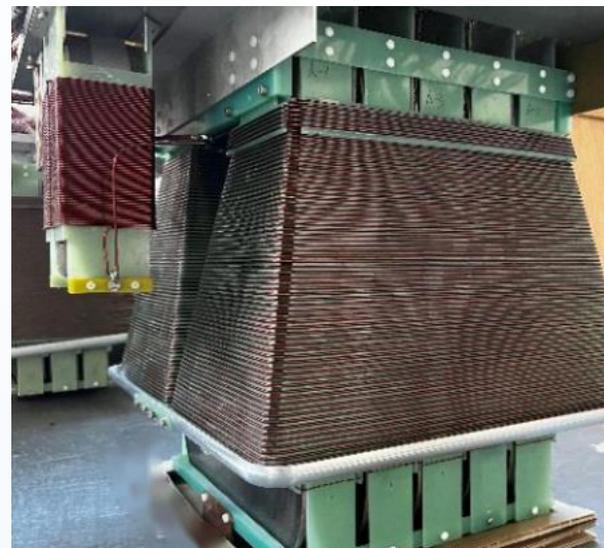
### 高压绕组绝缘工艺

采用本公司**标准化高压绕组加工工艺**：

最大程度减少高压绕组装配过程中绝缘层的破损，避免高压局部短路对设备可靠性的影响，**真空浸胶技术**保证高压绕组匝间绝缘电压强度高于5kv采用数控绕线机绕制，避免人工绕制造成高压绕组匝间的不一致性；变压器高压绕组匝间电压最大**5kV**，工艺集成后使得**匝间复合绝缘电压达到17KV**。

脉冲变压器前后经过7次设计的重大改进，历时4年，最终研制成两种高性能、高可靠性的成熟产品。

此设计为我公司技术专利。



# PART THREE 专业设备

## 脉冲变压器工艺专用设备

我公司针对于脉冲变压器绕制所用的专业设备，高精度自动化线材切割机、高压绕组专用自动化绕线机、真空浸胶工艺的固化烤箱。



高精度自动化线材切割机



高压绕组专用自动化绕线机



真空固化烤箱

# PART THREE 专业设备

专用自动化数控设备

我公司针对于高精度加工件采用专机专用进行加工，使得各种部件获得高精度和高一致性。



高精度四轴加工中心，加工高精度零部件



精雕设备加工一般精度部件



特殊部件加工用高精度数控车床

# PART THREE 专业设备

测试专用仪器

## 测试设备



调制器信号发生器



数字电桥



调制器信号发生器

# PART THREE 专业设备

测试专用示波器

测试设备



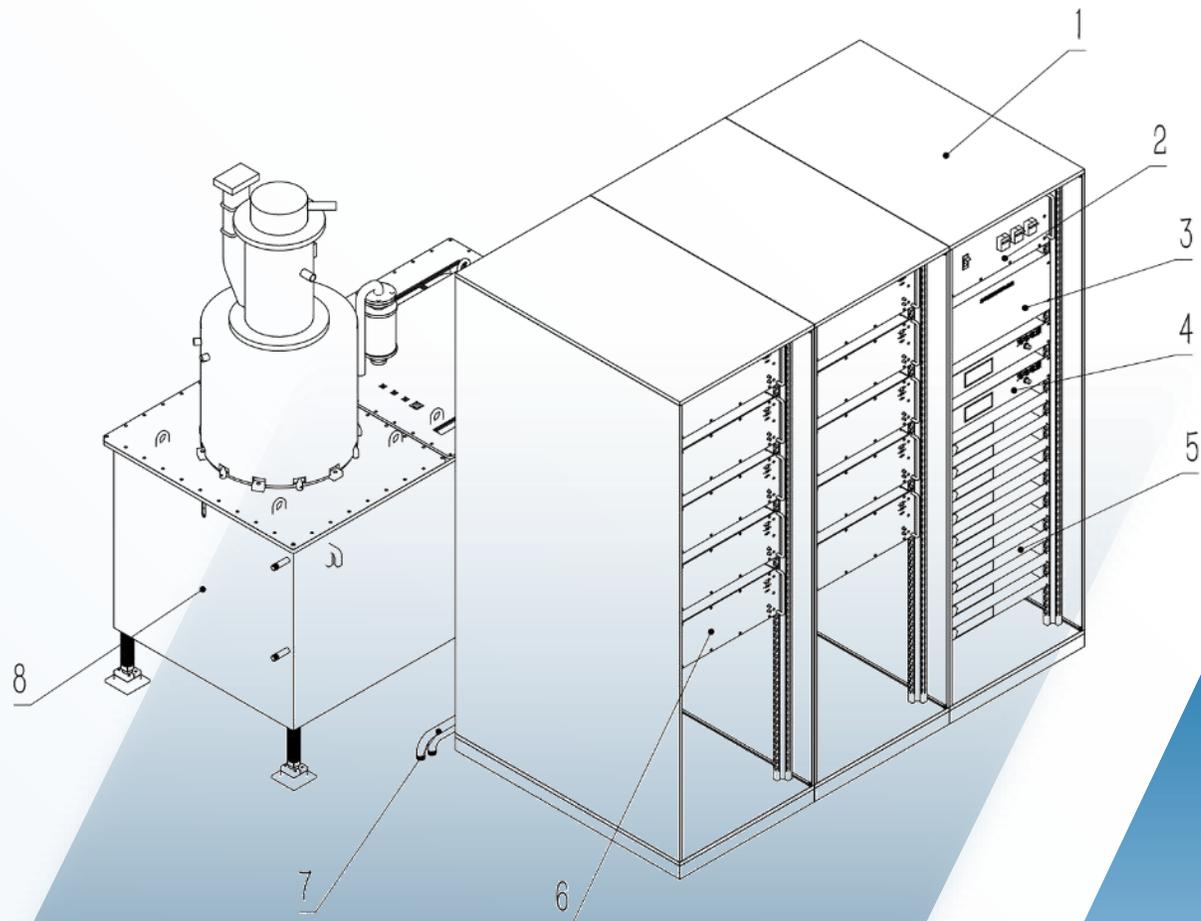
示波器



12位高精度示波器

PART  
FOUR

# 控制与联锁

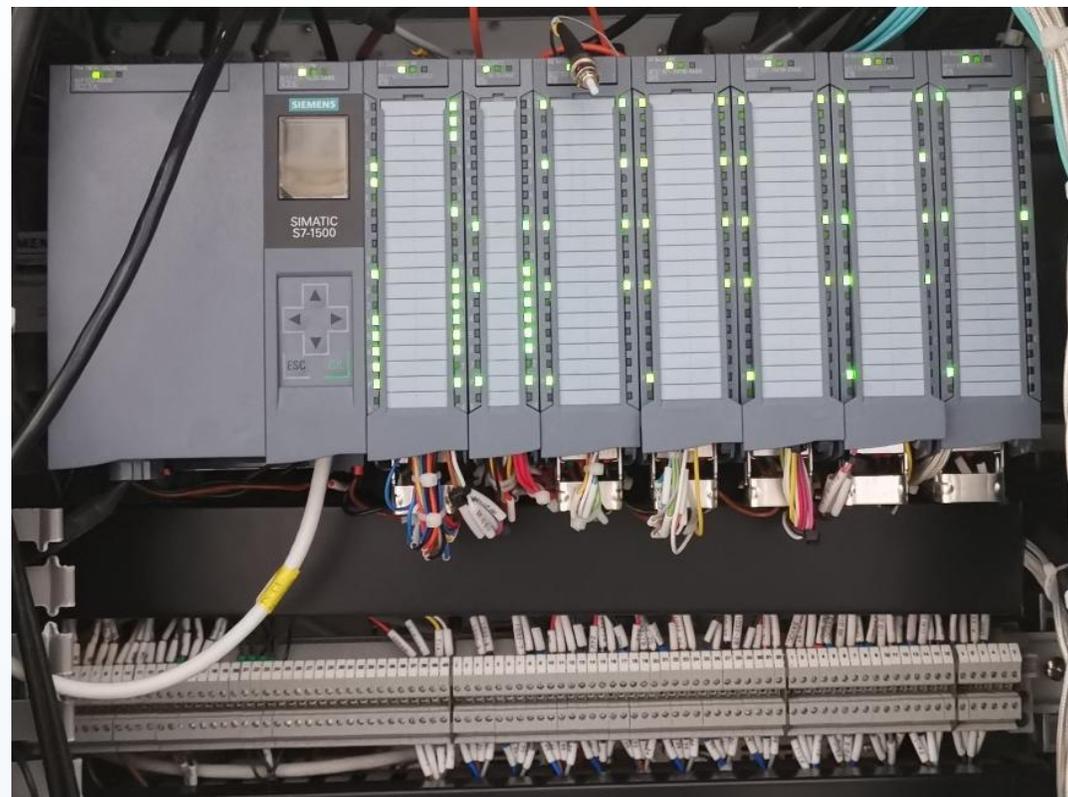


# PART FOUR 控制与联锁

## 本地监测与控制采集

### • 联锁设计控制与采集

- 采用主流工业PLC，具有光信号输入输出模块、状态量输入模块、模拟量采集模块、通讯模块。
- 监测真空、调制器电流、温度、水流量、充电电源、辅助电源、反射微波功率等联锁信号。
- 光信号输入输出模块接收定时触发信号。



# PART FOUR 控制与联锁

## 上层控制

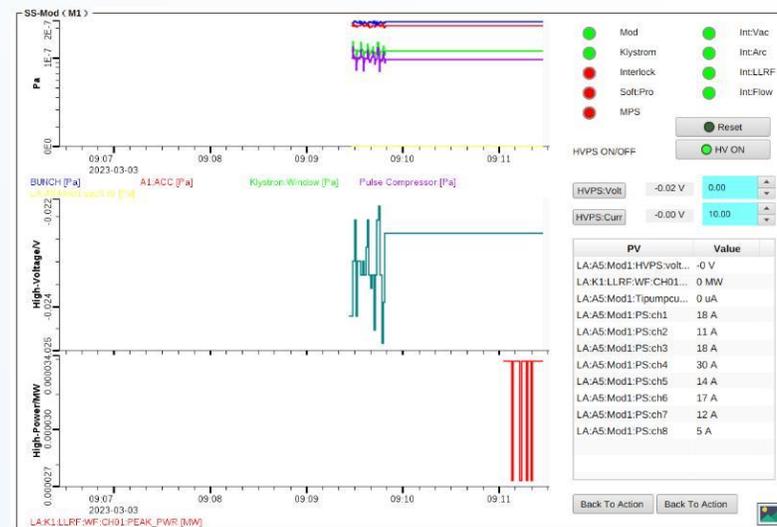
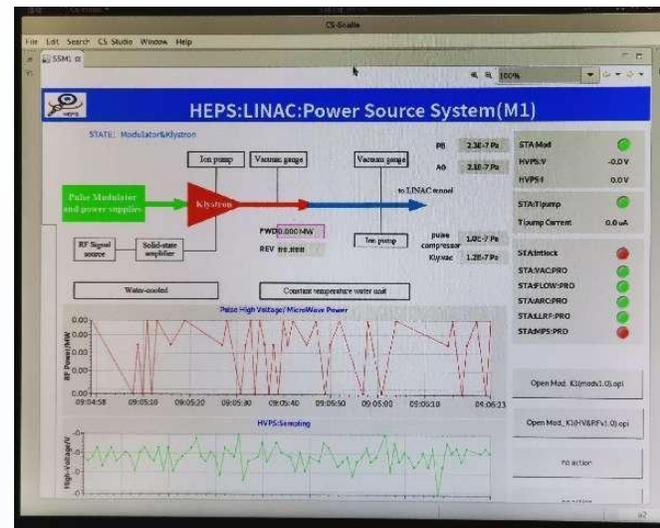
### •本地触摸屏

- 安装于控制机柜柜门上
- 可实现对充电电源、辅助电源、真空等的监控



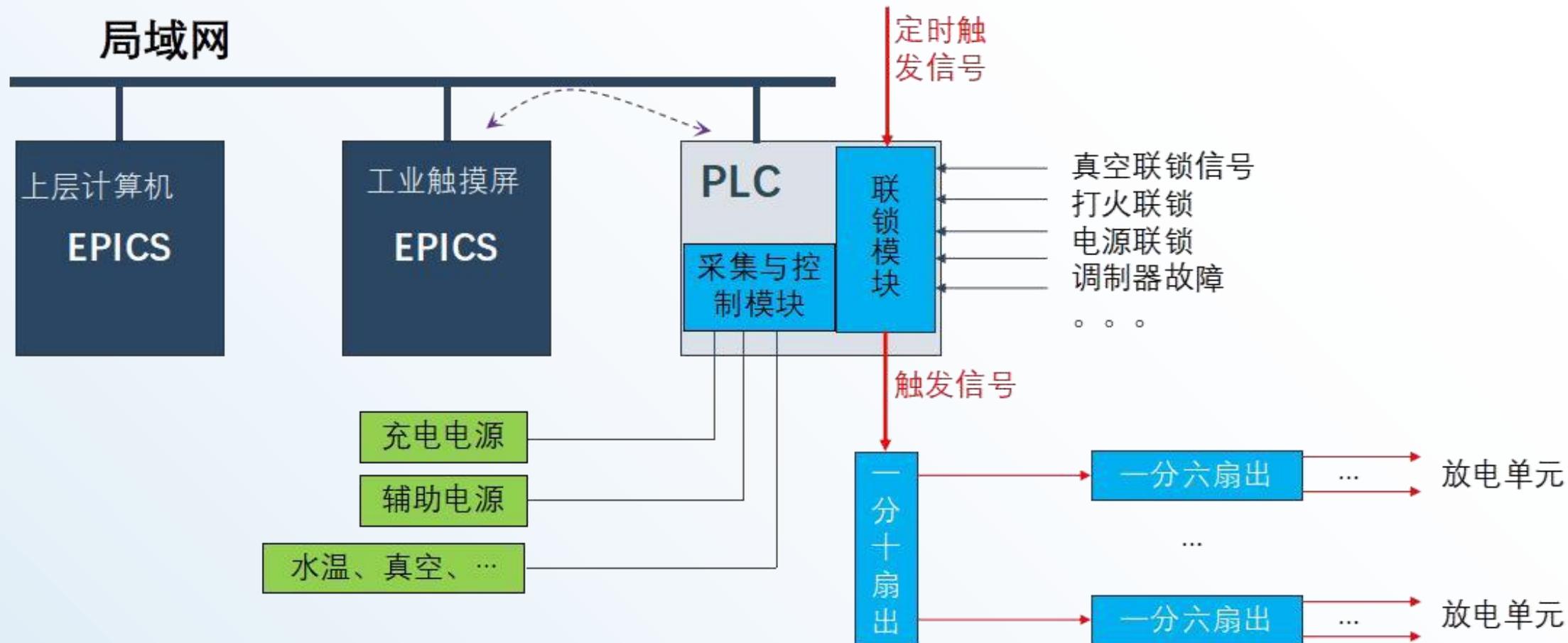
### •远程控制

- 控制局域网内运行EPICS的任意计算机
- 可实现对充电电源、辅助电源、真空等的监控



# PART FOUR 控制与联锁

## 联锁控制



# THE END 产品总结

## • 多项核心技术，革新调制器行业标准



- 在IGBT和储能电容组成的放电单元回路中，采用叠层母排技术，将放电单元回路分布电感控制在 $10\text{nH}$ 以下；从放电单元至脉冲变压器油缸采用扁平电缆，将分布电感控制在 $30\text{nH}$ 以下。



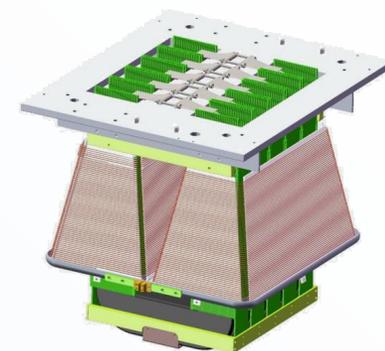
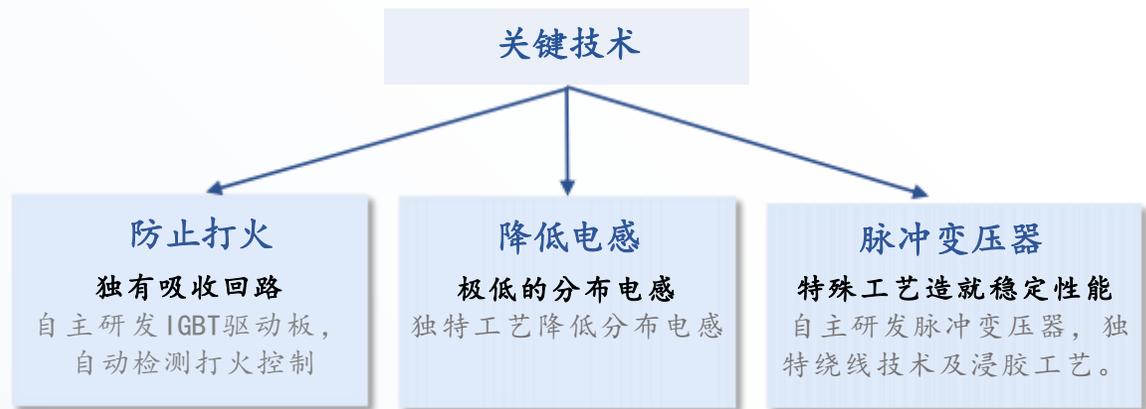
- 本公司研制了针对极快速开关技术的IGBT驱动板。
- 以及针对固态调制器开关稳定性的关键技术。
- 驱动板在检测到大电流关断情况下，能够将IGBT发射极和集电极之间的电压钳位在安全电压以下。



- 标准化高压绕组加工工艺**，减少高压绕组装配过程中漆包线绝缘层的破损；使用**抽真空浸胶工艺**。
- 使用数控绕线机进行编程绕制；相比人工绕制产生高压绕组的不一致性，数控绕制使得绕组性能及可靠性大大提高。



- 完善的联锁保护及控制，保障加速器安全工作和便于控制。齐全的加工设备及检测设备造就调制器的质量稳定。





# 谢谢!



联系邮箱: 976161575@qq.com

联系电话: 18521511776 王聪聪

联系地址: 北京市怀柔区科学城雁栖大街25号

