

**framatome**

# RODLINE

世界上最常用的数字化棒控系统





# 原理

一个完整的棒控系统包含控制模块、逻辑控制单元、电源模块以及机柜

棒控系统旨在进行控制棒束的插拔，以调节反应堆功率，并在反应堆关闭时提供负反应性裕量。

棒控系统主要由控制柜和多个电源柜组成。

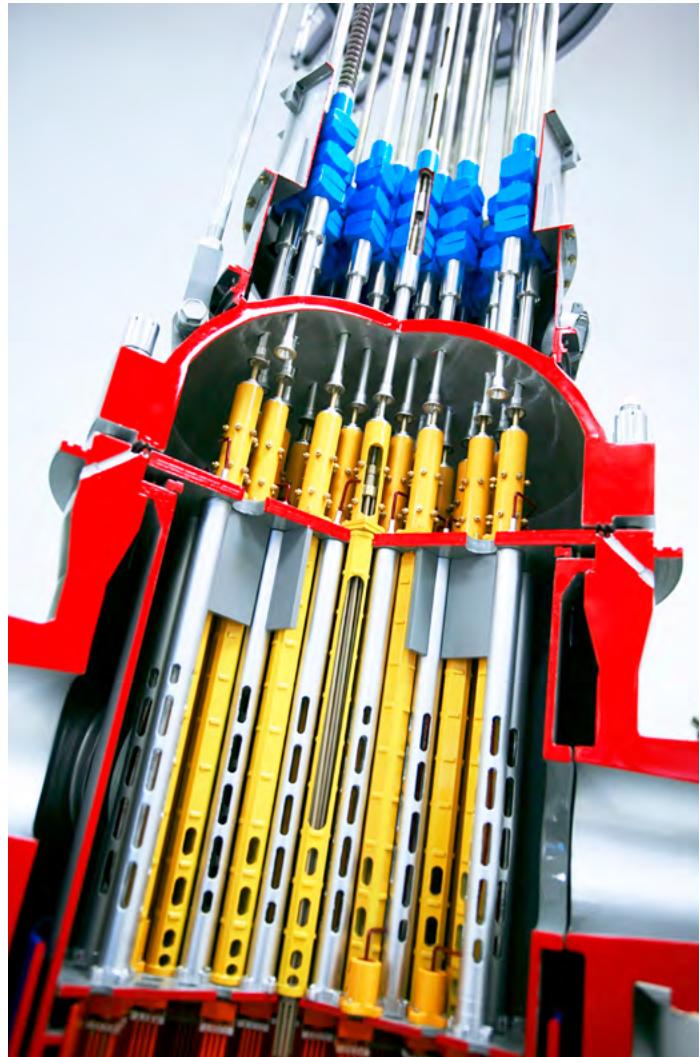
控制柜根据输入信号、棒位闭锁、预设参数和叠步程序来控制每个子棒组的移动，它向电源柜每个子棒组提供每一步的提插脉冲指令，这些命令的频率与运动速度相对应。

根据控制柜的移动命令，每个电源柜为其控制的CRDM线圈产生适当的电流，从而使棒束保持在合适的位置或使其移动，它们代表系统设备的主要部分。例如，61个控制棒束划分为16个子组，每个子组对应一面19英寸的电源柜。

Rodline是40多年来，从超过80个核反应堆的应用经验中得出的成果。Rodline是一种强大且可靠的数字技术，易于操作和维护。

Rodline 已被世界各地的主要项目选中，例如中国 18 座 CPR1000 反应堆建设项目，法国 20 多座反应堆的现代化改造项目（1300MW 反应堆群）。

一种稳健、标准化且经过验证的技术



# 架构

架构简单，易用、高效

控制柜接收多个信号：控制室的操作模式选择和手动控制信号、过程仪表系统的温度控制速度信号和反应堆保护系统的授权信号。

每个电源柜包括一个逻辑控制单元（cycler）和一组电源转换器。

逻辑控制单元为转换器产生逻辑设定值，可随时对每根线圈所需的电流进行编码。存在移动命令时，逻辑控制单元将生成预定的设定值序列做为响应；若没有移动命令，逻辑控制单元将会为静止勾爪的转换器生成一个静态半电流定值。

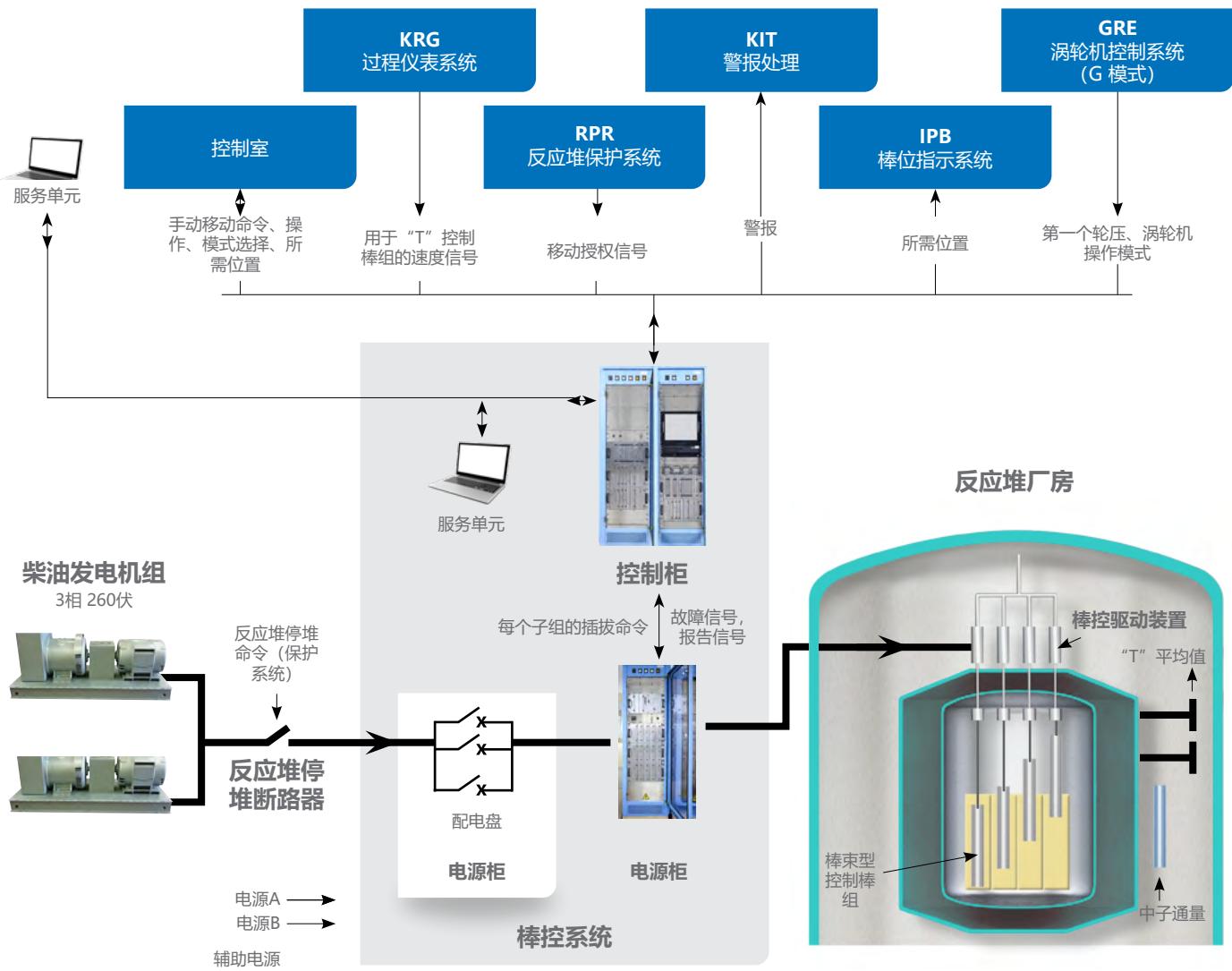
Rodline 系统的功率转换器采用三相半波晶闸整流器，电源采用锯齿形耦合交流发电机，可以承受由该转换器拓扑产生的电流瞬态的高同极直流分量。

如果发生可能导致棒脱落的故障，则电源柜为其控制的 CRDM 两个勾爪通电，避免反应堆意外停堆，即夹持功能。

电源柜还具有维护功能，允许反应堆运行期间进行故障排除和修理。

标准电源通常为 400 kVA。

当电源通过电缆而不是通过母线连接到电源柜时，需要采用配置断路器的配电盘来保护这些电缆。



Realignment Mode

Realignment 008LA

Rod 1

Normal  
Inhib  
001CC

Rod 2

Normal  
Inhib  
002CC

Rod 3

Normal  
Inhib  
003CC

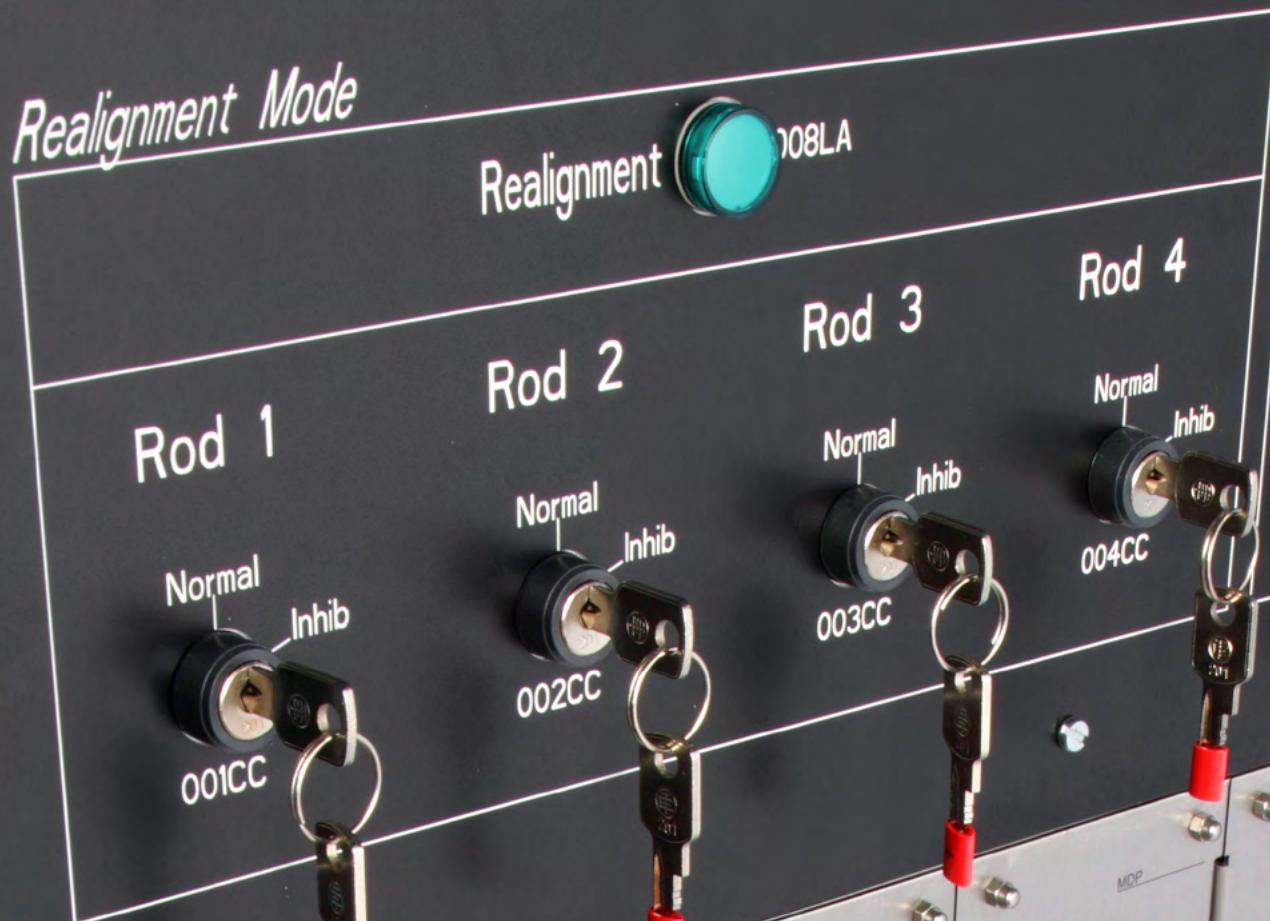
Rod 4

Normal  
Inhib  
004CC

AL/SYN

A or B source fault  
Output voltage fault  
260V-source phase fault  
  
A source on  
B source on  
±15V control on  
±15V monitoring on

SG Rack



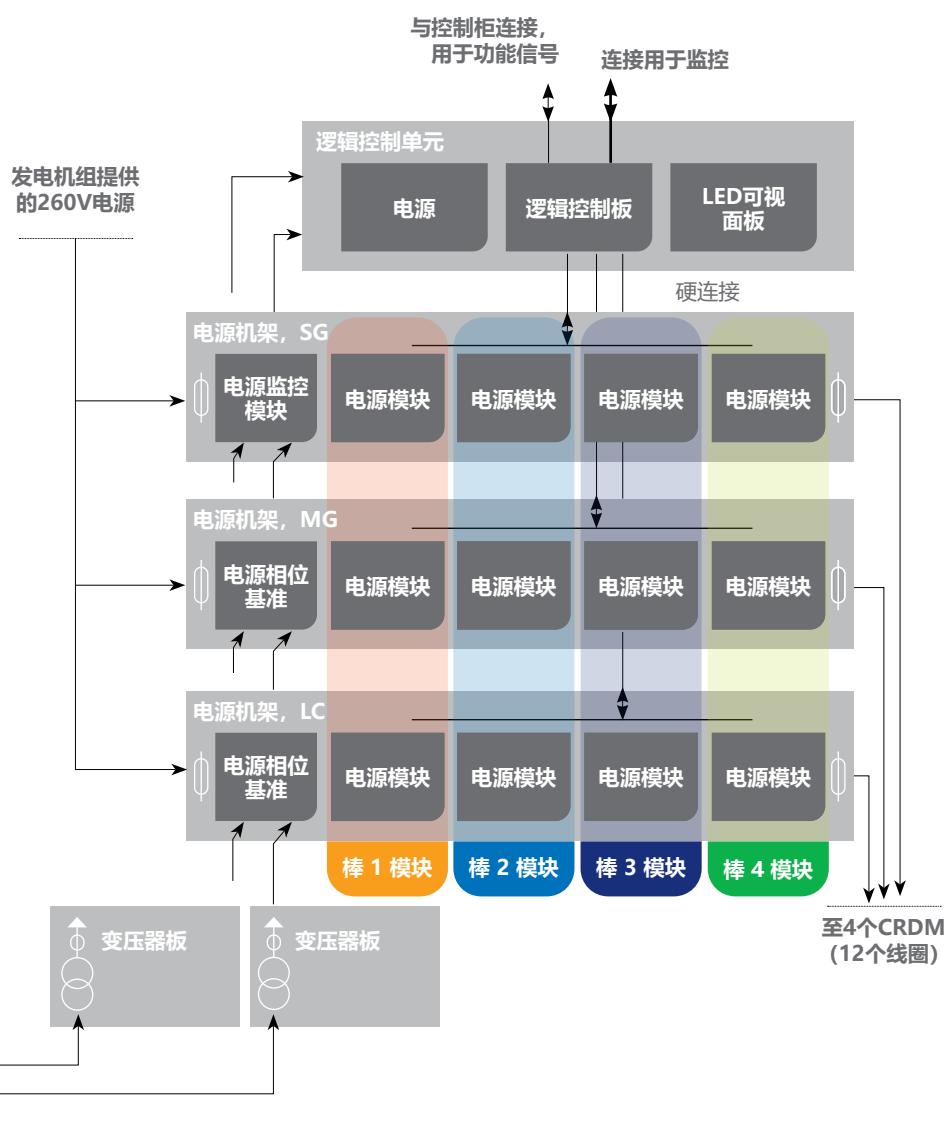
# Rodline电源柜

得益于Rodline的设计，不需要额外的直流保持柜

Rodline 电源柜通常由1部逻辑控制机架、3部电源机架和2块变压器模块组成，也可以使用单个功率模块（即 1 个棒束控件）构建机柜。



电源 A  
电源 B  
辅助电源



# Rodline 电源模块

电源模块是标准化的：同一模块可用于所有线圈类型

Rodline 技术包括两种电源模块类型：MDP 电源模块和 ALSYN 模块。MDP 模块通过为相关线圈供电来驱动 CRDM；ALSYN 模块为电源模块的电流控制部分和监控部分提供单独的电源。

每个机柜均包括 12 个 MDP 模块和 3 个 ALSYN 模块。

## 标准化电源模块

同种模块可用于 3 种类型的线圈：SG、MG、LC。

电源模块包括 3 组参数，通电后，模块会根据安装的机架自动选择一组参数。

参数：控制部分的电流设定值，监控部分的电流阈值和超时设定。

这些模块也可用于具有 3 种以上线圈的装置。

## 热插拔电源模块

当电源机架（例如 SG）上的模块解锁时，将切断相应的输出电流，以避免底板连接器形成电弧。

然后，可用机架（如 MG）对棒执行保持操作，机架则处于双保持状态。

开始操作之前，操作员应启动双保持功能，否则系统将自动触发该功能。

在系统层面，控制柜将收到电源柜是否可用于远程操作的通知。



MDP 模块



ALSYN 模块

减少备件类型，优化运行和储存成本，减少维护。

# Rodline 逻辑控制

提供大量满足客户需求的功能

每个电源柜包括一个逻辑单元(cycler)，为转换器生成逻辑设定值，可随时对每个线圈所需的电流进行编码。逻辑单元会生成预定的设定值序列作为对移动命令的响应；若没有移动命令，将生成夹持半电流设定值并提供给相应勾爪。

Rodline 逻辑单元通过已针对 Rodline 电源模块进行优化的法马通技术实现，它包含3个标准化模块：电源 (ALIC)、逻辑控制板 (UCC) 和HMI 板 (IHMC) 。

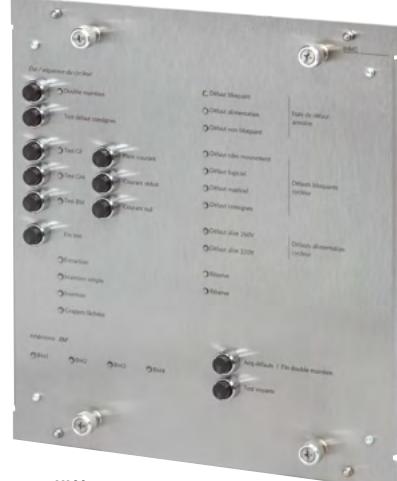
逻辑单元也可以使用通用 PLC 替代，接口和大小保持不变。

## 逻辑控制装置的主要功能

- 管理电源机架：
  - 为下列电源机架生成逻辑设定值信号：FC、RC、ZC
  - 状态/序列：单保持、提升、下插、双保持
  - SG 测试、MG 测试、LC 测试，第一步提升、释放 (ATWT)
  - 管理电源机架故障
  - 如果需要，生成双保持命令，即故障安全信号
  - 为 LC 机架生成 LC 闭锁信号，以便重新调整
  - 在棒被另一个可用机架保持时对电源机架的测试进行管理，该测试在 HMI 板 (IHMC) 上使用按钮执行
- 与控制柜和计算机化的 HMI 通信
- 机架故障管理
- 备用故障输入
- I/O 到本地 HMI (IHMC)



UCC 模块



IHMC 模块



ALIC 模块

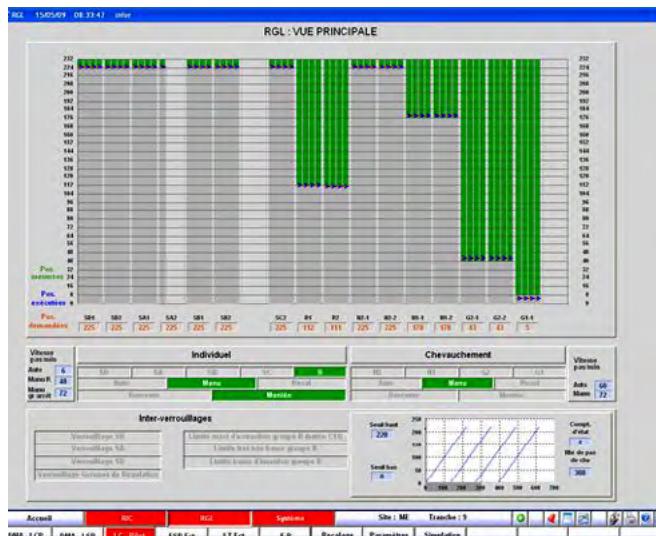
# Rodline 控制柜

逻辑控制可通过法马通技术或第三方PLC来实现

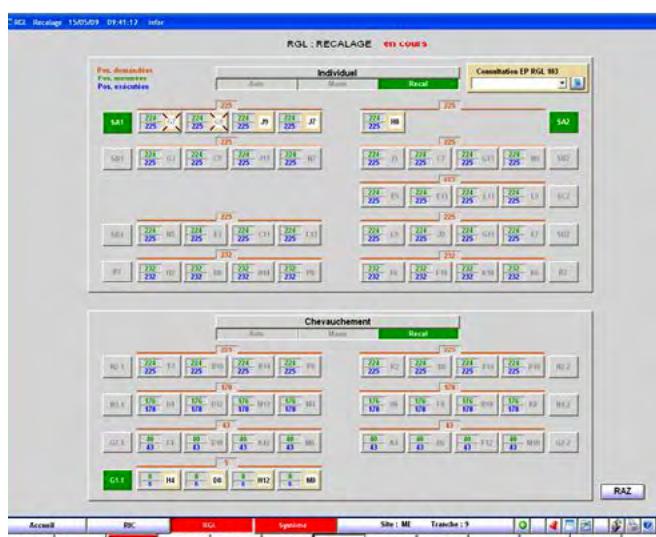
控制柜用于接收多个信号：来自控制室的操作模式选择和手动控制、过程仪表系统产生的棒控速度和反应堆保护系统的授权信号。

控制柜为定制设计，它可以通过法马通安全平台 — Spinline或符合性能要求的现成 PLC 来实现。

HMI 可根据需要进行定制



操作员主界面



重新调整命令



# 优势

在精度、响应时间和可靠性方面提供更好的性能表现

Rodline 是一种可靠、可用、易于操作和维护的数字化技术。

Rodline 是法马通在棒控系统领域超过 40 年的经验结晶，可用于各种使用范围、客户和监管机构。

Rodline 已被安装在法国和中国的许多核电厂，并投入运行。

## 技术优势

- 电源模块的尺寸根据 LC 设计，对于 SG 和 MG 则过大
- 得益于 T°，不同的 CRDM 供应商供应的线圈之间无电流差异
- 无需 LC 闭锁晶闸管 — 简化系统，降低功耗
- 柜内热点较少

## 主要优势

### 轻松排除故障

- 诊断：一旦出现电流故障，操作员将立即知道与其相关的线圈和模块
- 修理：更换电源模块时，会对几乎所有与线圈相关的部件进行更换，如控制和电源功能组件、监控功能组件和电流传感器

### 模块小型化—只有一个线圈

- 电源模块由单块工业制造 PCB 组成
- 手动操作少，无接线

### 备件种类少

- 3 种线圈类型仅使用一种电源模块
- 降低制造成本和库存成本

成熟的现代化技术的可靠性和安全性，可满足客户需求和当地监管机构的要求。



# 业绩

法马通在全球范围内拥有超过40年的棒控系统经验

法马通在全球参与了多种新建和现代化改造项目，在棒控系统领域积累了40多年的经验。



## 中国 - CPR1000新建项目

截至目前，20个在运CPR1000核反应堆正在使用Rodline技术，总共有400个Rodline机柜和800个棒位传感器。

## 法国 - 20 座反应堆 (1300MW) 的整体现代化改造

法马通对 20 座 EDF 1300MW 反应堆进行仪控 (I&C) 系统整体现代化改造，这也是目前全球最大的现代化改造项目。现代化改造项目涵盖反应堆保护系统、中子测量仪表系统、棒控系统、以及与控制室的接口。本项目将提供 1000 个 Spinline 和 Rodline 机柜。

首批安装已于 2015 年 4 月完成，整个安装部署将一直持续到 2023 年。



VD3 1300MW 培训平台

法马通是全球核能市场的领导者，因其为全球核反应堆持续提供创新、数字化和增值解决方案而获得广泛认可。凭借在全球范围内的专业知识以及久经考验的可靠性和性能记录，法马通为核电站提供设计、维护、组件安装、燃料以及仪控系统等服务。

每天，法马通在全球各地的16,000多名员工，都在不断致力于帮助客户提供更加清洁、更加安全和更加经济的低碳能源。

访问网址：[www.framatome.com](http://www.framatome.com), 请关注我们

推特：[@Framatome](https://twitter.com/Framatome) 领英：[Framatome](https://www.linkedin.com/company/framatome/).

法马通由法国电力集团（EDF-75.5%），三菱重工（MHI-19.5%）和Assystem（5%）持有。



扫描二维码，获取更多解决方案

**framatome**

Framatome  
Tour AREVA, 1 Place Jean Millier  
92400 Courbevoie, France

ic@framatome.com  
[www.framatome.com](http://www.framatome.com)