

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。

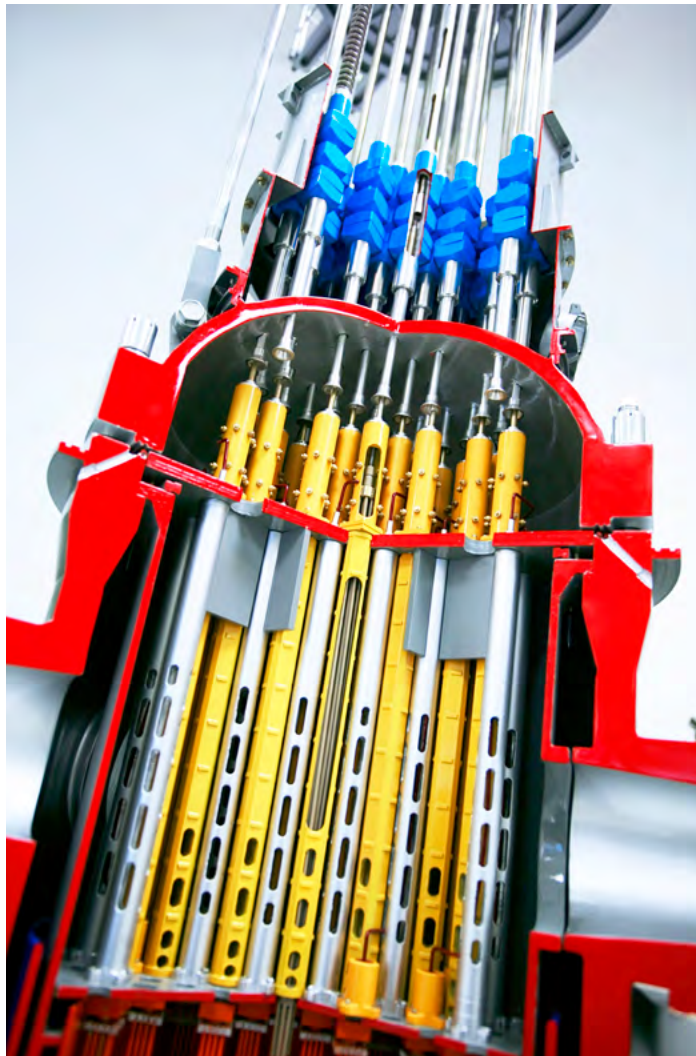
控制柜根据输入信号、棒位闭锁、预设参数和叠步程序来控制每个子棒组的移动，它向电源柜每个子棒组提供每一步的提插脉冲指令，这些命令的频率与运动速度相对应。

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（cyclor）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设定值。

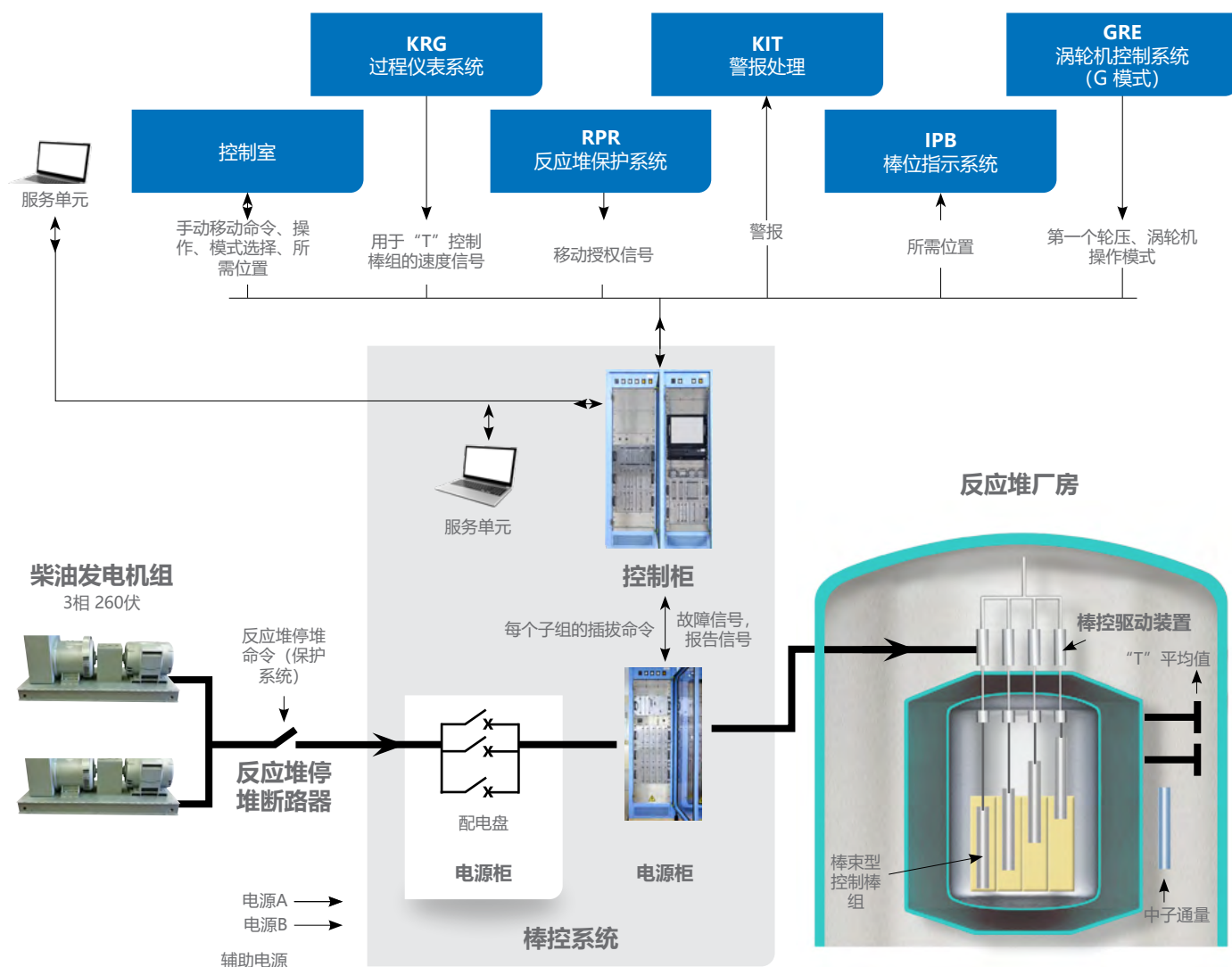
Rodline 系统的功率转换器采用三相半波晶闸整流器，电源采用锯齿形耦合交流发电机，可以承受由该转换器拓扑产生的电流瞬态的高同极直流分量。

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

Normal
Fault In
005CC

ALSYN

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

Double hold
Setpoint change
Full Current
Reduced Current
Zero Current
FC max
FC min
RC max
RC min
ZC max
ZC min
On
Output
Gnd

Double hold
Setpoint change
Full Current
Reduced Current
Zero Current
FC max
FC min
RC max
RC min
ZC max
ZC min
On
Output
Gnd

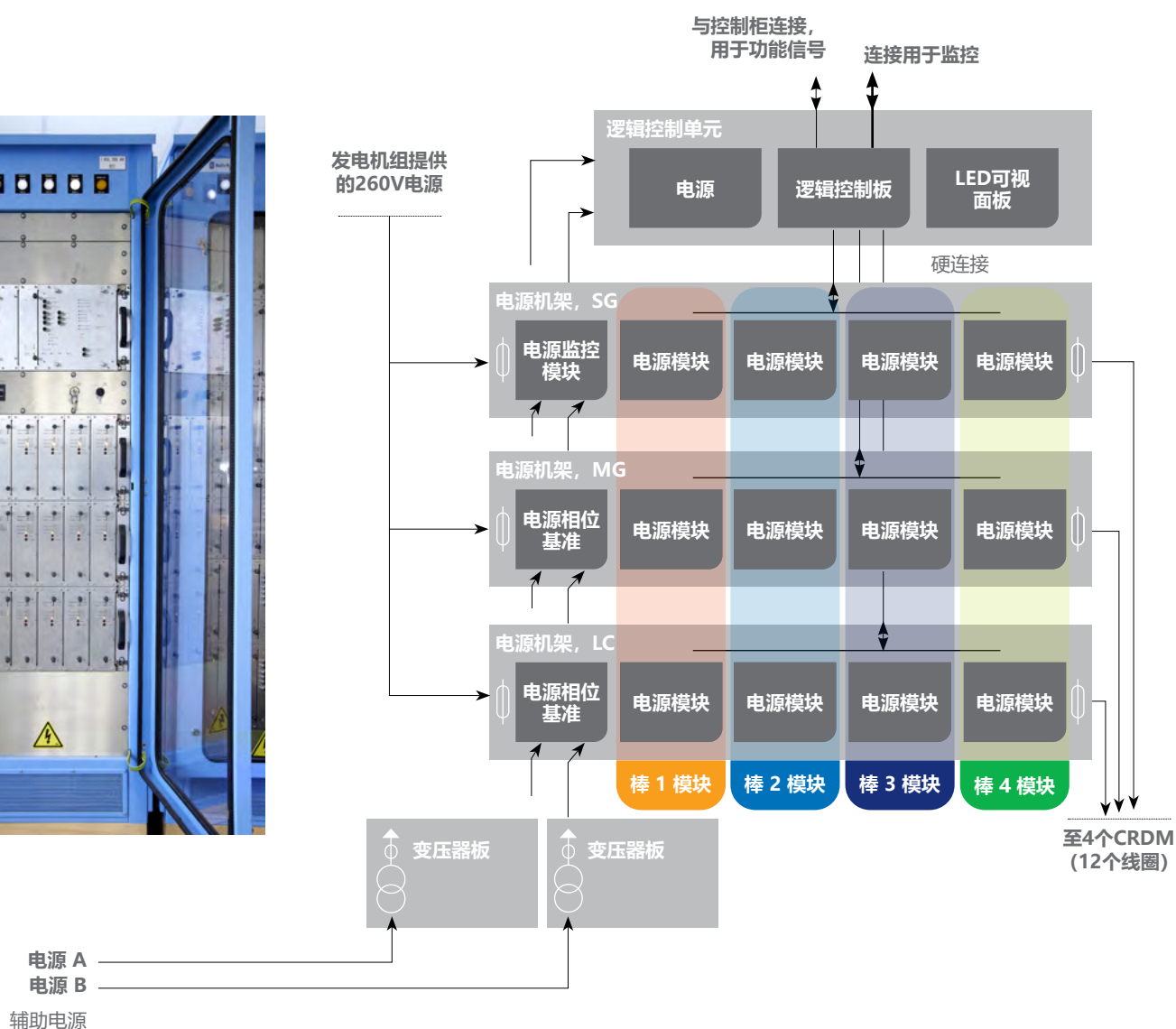
Double hold
Setpoint change
Full Current
Reduced Current
Zero Current
FC max
FC min
RC max
RC min
ZC max
ZC min
On
Output
Gnd

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。



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，机柜则处于双保持状态。

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
- 机柜故障管理
- 备用故障输入
- I/O 到本地 HMI (IHMC)



UCC 模块



IHMC 模块



ALIC 模块

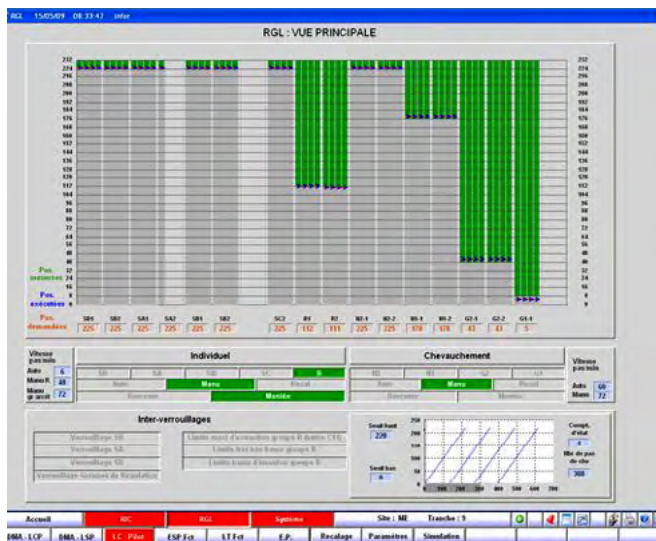
Rodline 控制柜

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 — Spline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。

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

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

成熟的现代化技术的可靠性和安全性，可满足客户需求 and 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

截至今日，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Spline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, 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