



隔热套管磨损

法马通 (Framatome) 公司凭借其积累的经验与解决方案可提供最有效的检修策略, 减少核电站停机时间及总成本。



挑战

最近的产业事件揭示了隔热套管磨损问题是由流体诱导振动造成的。隔热套管端头磨损的表现是隔热套管相对于压力容器顶盖位置降低。在某些情况下,磨损会导致隔热套管端头干扰控制棒驱动机构(CRDM)的运动,最终导致隔热套管失效。

隔热套管事件



法马通 (Framatome) 解决方案： 恰到好处的解决方案

法马通 (Framatome) 的临时性和长期性隔热套管检修维护方案,可以帮助核电运营方处理磨损问题。同时,提供定制化的修复更换组合方案,预计大修计划,显著降低成本。

独家永久性解决方案

全球独一无二的综合解决方案

工程分析与安全	检查	永久解决方案	修理与更换
<ul style="list-style-type: none">• 定义磨损评价标准• 提出缓解措施• 通过法马通 (Framatome) 和法国电力集团 (EDF) 的安全研究, 支持与核安全监管机构沟通	<ul style="list-style-type: none">• 高度检查(带有测高功能的管道镜、摄影测量、激光扫描仪)• 超声波测厚(UT)• 用管道镜检查管座和隔热套管的表面状态	<ul style="list-style-type: none">• 通过安装法马通 (Framatome) 生产的垫块, 停止磨损• 对控制棒驱动机构 (CRDM) 非必须的隔热套管, 可取出且不作替换	<ul style="list-style-type: none">• 从压力容器顶盖下方修复和更换隔热套管• 从压力容器顶盖上方修复和更换隔热套管

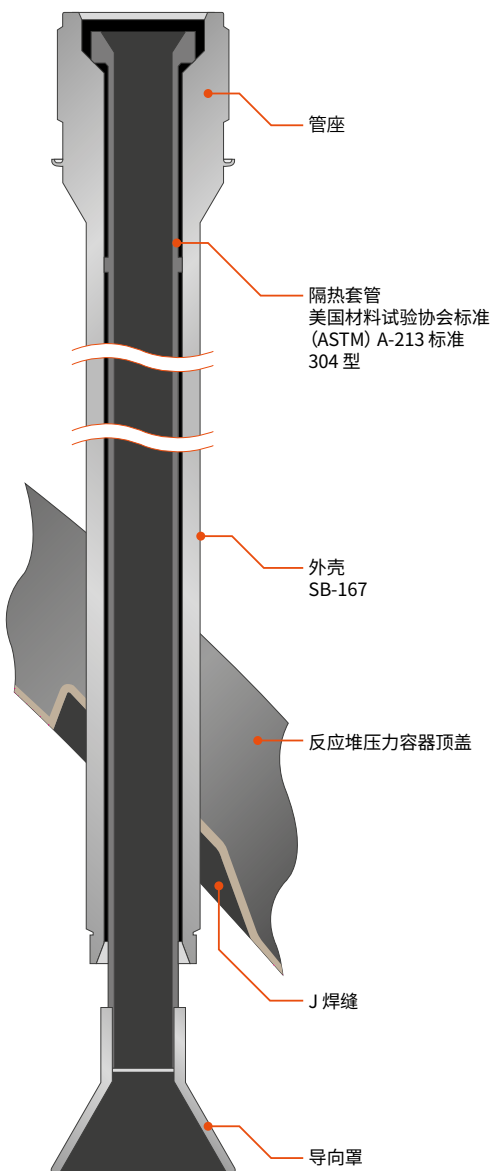
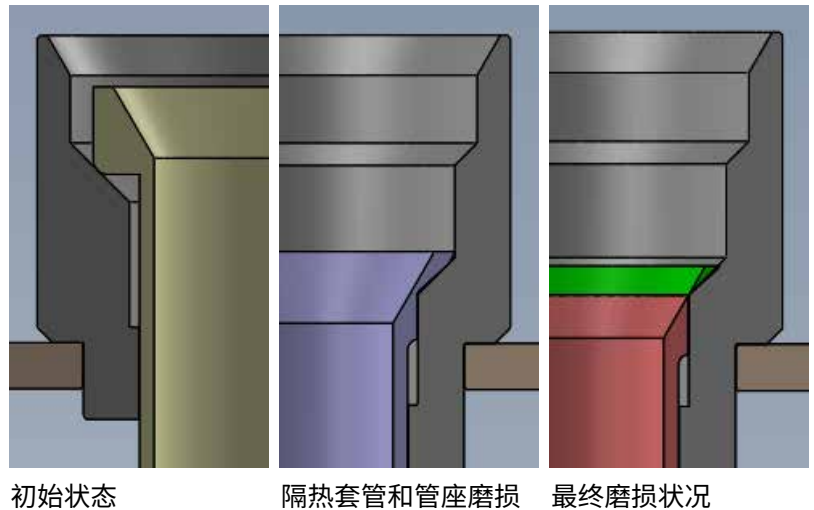
反应堆重启管理和取证

电厂收益



法马通 (Framatome) 可以同时解决 隔热套管端头和管座的磨损问题

在严重的情况下，管座和隔热套管的磨损会产生松动部件，最终导致卡棒事件。右图所示的磨损轮廓图是通过
对法国核电站中磨损的管座进行详细
检查而确定的。



隔热套管设计功能

- 隔热套管由不锈钢制成。
- 反应堆正常运行，控制棒无动作期间，隔热套管限制顶盖区域高温一回路水流向控制棒驱动机构。
- 压力容器顶盖关盖吊装期间，隔热套管导向罩对驱动杆有导向的作用。同时，隔热套管引导驱动杆顺利进入控制棒驱动机构。
- 控制落棒情况下，水流从下方流向控制棒驱动机构顶部，抬起隔热套，增加流动面积，从而优化落棒时间。
- 当控制棒被提起时，管座顶部的冷水通过隔热套管向下移动，以保护贯穿件焊缝。

法马通 (Framatome) 的修复技术
保留了所有的隔热套管设计功能

工程分析与安全

法马通 (Framatome) 和法国电力集团 (EDF) 凭借其丰富的经验为核电站运营商提供预测性维护策略, 从而延长其组件的磨损寿命。这对核电站的长期高效运行至关重要。

隔热套管的维护策略可以通过检查和分析来管理, 并根据问题进行预防性维护。

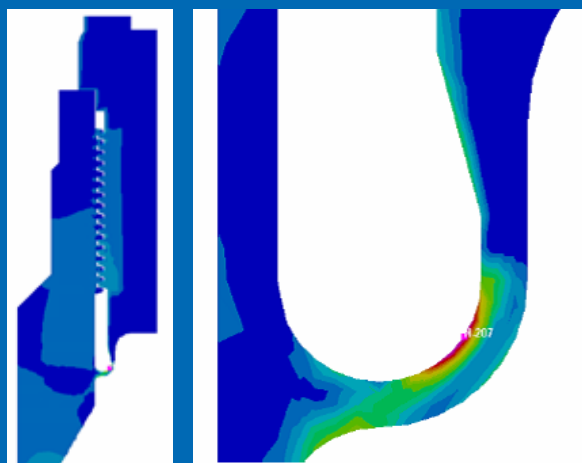
可以通过比较多次大修期间获得的数据, 初步分析后用于损坏检测。磨损标准的定义是基于对损坏的隔热套管的检查, 并适应于特定的核电厂设计。比利时、中国、法国、日本、南非共和国 (RSA)、韩国、西班牙和英国的几家核电站已经制定了磨损标准。磨损标准包括规定了最小可接受的壁厚 (按照要求, 根据RCC-M或者ASME标准), 并确定相应的隔热套管降低量。

可以对电厂后续运行(包括继续运行, 额外检查和/或更换)提出建议。

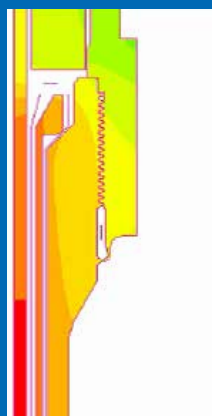
论证反应堆重新启机, 以及采取预防性维修解决方案的理由。

根据当地的安全要求协助获得许可。

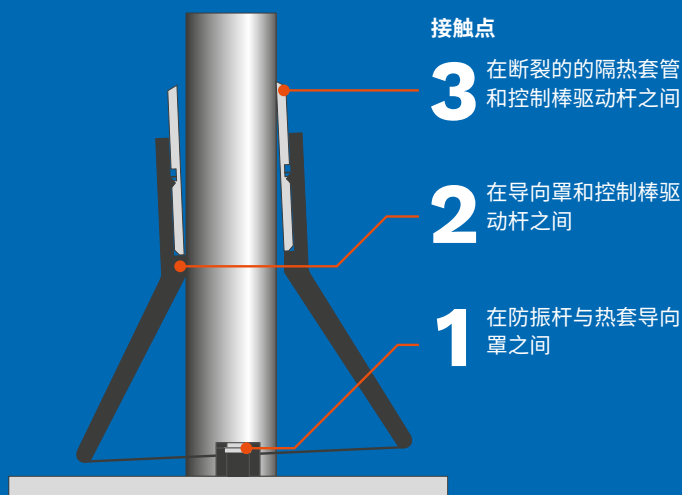
世界各地(比利时、中国、法国、日本、南非共和国(RSA)、韩国、西班牙和英国)的核电运营商已经在进行和/或需要进行工程研究。



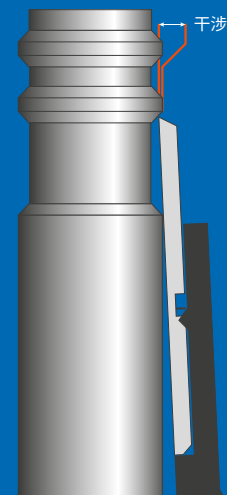
对于磨损的管座进行力学分析
(包含Canopy焊缝)



反应堆压力容器 (RPV) 管座和隔热套管的热力学分析



反应堆压力容器 (RPV) 管座底部隔热套管破裂时的松动部件分析



高度检查和专业技术

三种测量方法,精度控制到 +/- 0.3 到 2 毫米

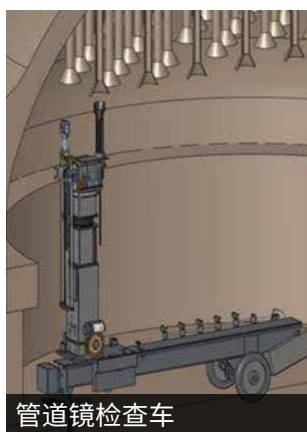


激光扫描数据

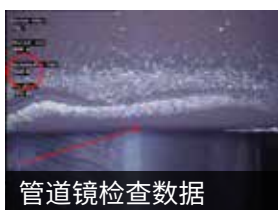


激光扫描

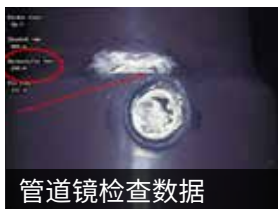
- 使用激光扫描技术进行间接测量以确定可能的磨损位置
- 测量隔热套管罩底部相对于反应堆压力容器顶盖密封面高度
- 比较测量数据和设计数据来识别端头磨损
- 压力容器顶盖放置在存放架后可以开始测量
- 参考信息:2018 年至 2019 年完成了超过 15 个激光扫描测量项目。2020年期间,在美国和南非,有14个项目计划中。



管道镜检查车



管道镜检查数据



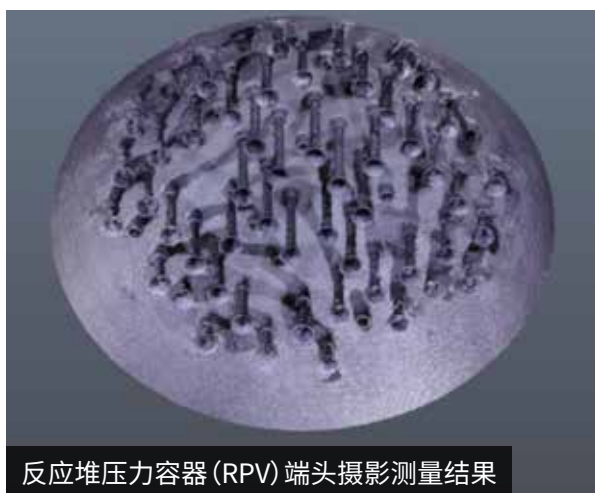
管道镜检查数据

管道镜测高检查

- 测量隔热套管高度,与每个套管的原始设计高度进行比较
- 参考信息:在 2018 年至 2019 年,完成了超过 45 个管道镜检查项目

摄影测量法

- 用激光跟踪仪测量封头顶盖存放架外密封面上的参考点
- 使用特定目标,在反应堆容器封头(RVCH)下面测量参考点
- 用相机拍下反应堆容器封头(RVCH)下面的隔热套管照片
- 在反应堆厂房外,通过创建顶盖三维点云进行分析
- 用特定的软件和方法在点云上测量隔热套的高度
- 参考信息:2018 年至 2019 年,法国完成了超过 30 多个摄影测量项目



反应堆压力容器 (RPV) 端头摄影测量结果

超声波探伤(UT)和无损检测 (NDE) 技术

- 超声波探伤(UT)技术可用于厚度测定
- 需要时可进行管道镜检查,以检查表面状况(管座和/或隔热套管表面)

永久解决您的控制棒驱动机构 (CRDM) 隔热套管磨损问题

为了应对一级事件，法马通在提供创新测量、检测和修复技术解决方案方面处于行业领先地位，以解决隔热套管端头和管座的磨损问题。

法国核电站现状

- 法国电力 (EDF) 在 2018 年 2 月 14 日发布了一级事件
 - 卢瓦尔河畔贝尔维尔核电站二号反应堆重启过程中观察到的控制棒卡棒
 - 分析证实，卡棒是由隔热套管磨损引起的
 - 圣阿尔邦一号、二号反应堆、诺让二号反应堆和帕吕埃尔三号和四号反应堆的封头容器也受到了影响
- 贝尔维尔核电站更换过反应堆顶盖，满负荷运转不到 18 年
- 法国电力集团 (EDF) 决定对所有反应堆进行检查，以确定哪些反应堆可能在下一次大修期间受到影响
- 58 项初步检查已全部完成，并已开始进行在役检查
 - 磨损量可通过对隔热套管进行测量确定

自 2018 年以来，法马通 (Framatome) 在法国已经成功更换了 30 多个隔热套管

贝尔维尔2号机组 (换料大修)

- 从顶部中央位置更换隔热套管 (包括控制棒驱动机构 (CRDM) 的拆卸/安装)
- 更换作业成功，法国电力集团 (EDF) 很满意此次操作

在法国 12 家核电站进行顶盖上方维修更换隔热套作业

- 更换了 20 个隔热套管，以了解全局的磨损情况，并确定正确的维护策略
- 更换了一根或两根严重磨损的隔热套管
- 计划外事件，更换一根隔热套管

在没有控制棒组件 (Rod Cluster Control Assembly) 的情况下，从压力容器顶盖下方移除隔热套管——2019 年 5 月在一家法国核电站完成了该操作，并计划进行新的操作



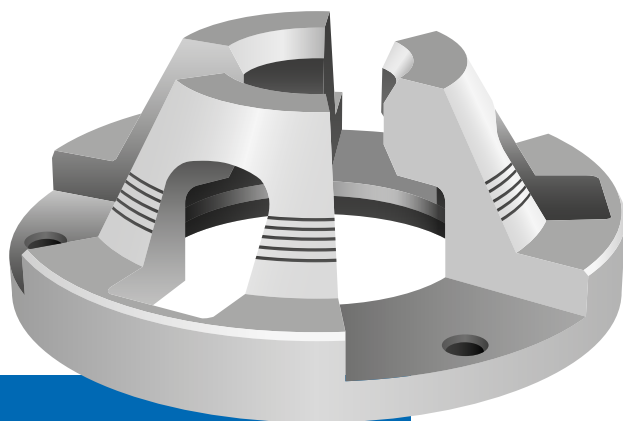
选项 1: 安装隔热套管垫块以消除磨损

法马通专门开发的垫块

避免和防止隔热套管大面积损坏

- 安装简便
- 法国一些核电站已安装此类垫块,且很多法国电力集团管理的(EDF)核反应堆计划在2020年进行安装此类垫块
- 符合压水堆核岛机械设备设计和建造规则(RCC-M)规范,适用美国机械工程师协会标准(ASME)规范
- 预防性和先见性方案

卓越的隔热套管修复方案



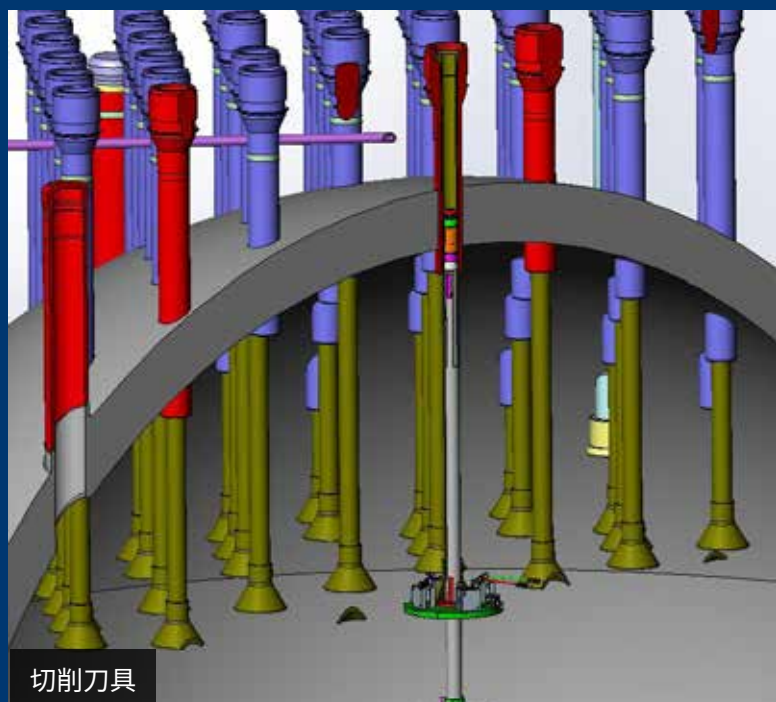
最有效的解决方案

- 保持隔热套管初始设计的功能
- 避免不必要的更换
- 对大修计划的影响小:每个垫块的安装只要几个小时(关键路径)
- 非破坏性操作,对压力容器区域无影响
- 使人员接受放射剂量率最小化

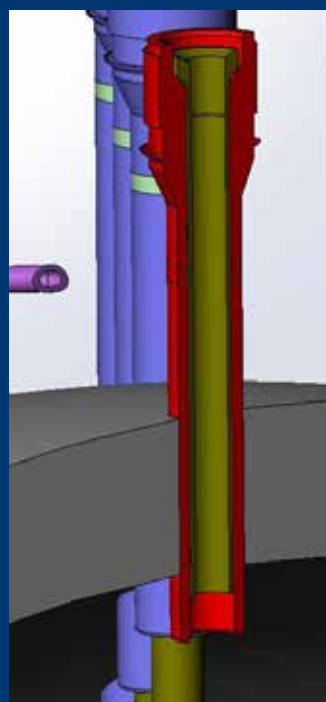


安装在卡特农核电站上的垫块

选项 2: 切除隔热套管, 无控制棒位置无需更换



切削刀具

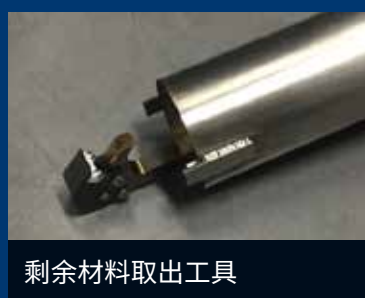


流程

- 用电火花机 (EDM) 处理隔热套管端头
- 除去隔热套管及其残余物
- 用科学有效的工具拆卸大量隔热套管

对于没有控制棒的位置采用最简单的解决方案

- 进行合理的快速干预
- 对停机计划的影响小: 每个位置(关键路径)用时少于一天即可恢复



剩余材料取出工具



取出操作



抽提后弯曲的剩余材料

选项 3: 从压力容器顶盖下方更换隔热套管



电火花加工

流程

- 通过用电火花机 (EDM) 处理端头来拆卸现有的套管
- 在控制棒驱动机构 (CRDM) 管口加工 (EDM) 出一个新的管座表面
- 对新管座表面进行目视检查
- 从端头下面安装新的两件式隔热套管, 并用焊接进行固定

特征

- 采用了相似的设计, 并保留了所有的热保护
- 解决所有类型的隔热套管磨损

最具性价比的维修和更换解决方案

- 更换隔热套管, 压力容器顶盖上方无作业
- 对停机计划产生影响不大: 每个位置(关键路径) 估计 2 天时间恢复

选项 4： 从压力容器顶盖上方更换隔热套管

流程

- 移除控制棒驱动机构 (CRDM)
- 抬高并去除旧的隔热套管
- 加工管座, 在较低位置恢复原始管座内部表面
- 从上面安装装有垫块的新隔热套管, 补偿因磨损和加工带来的影响



操作现场

合格可靠的解决方案

- 远程工具
- 对大修计划影响适度: 移除控制棒驱动机构 (CRDM) 后, 每个位置(关键路径)只需两天的时间恢复
- 应对任何意外事件备份解决方案
- 参考信息: 在 12 个法国核反应堆中修复和更换了 30 多个管座和隔热套管

法马通是核能领域的国际领导者，因其为全球核能舰队提供的创新解决方案和增值技术而受到认可。凭借在全球范围内的专业知识和可靠性能的良好记录，该公司为多家核电厂提供设计、维修和安装组件、燃料、仪表和控制系统等服务。法马通的 14000 多名员工全心全意为客户提供更清洁、更安全、更经济的低碳能源。请访问我们的网站 www.framatome.com，并在推特 (Twitter) 上关注我们: @Framatome_ and LinkedIn: 法马通 (Framatome)

法国电力集团 (EDF Group) (75.5%)、三菱重工 (MHI) (19.5%) 和 艾西斯腾 (Assystem) (5%) 共同拥有法马通。

您的平稳发展
是我们每日的奋斗目标

framato**me**

法马通 (Framatome)
Tour AREVA, 1 Place Jean Millier
库尔贝瓦, 法国, 92400

component-repair-replacement@framatome.com
www.framatome.com