

核电焊接设计制造标准 及焊接材料研制成果

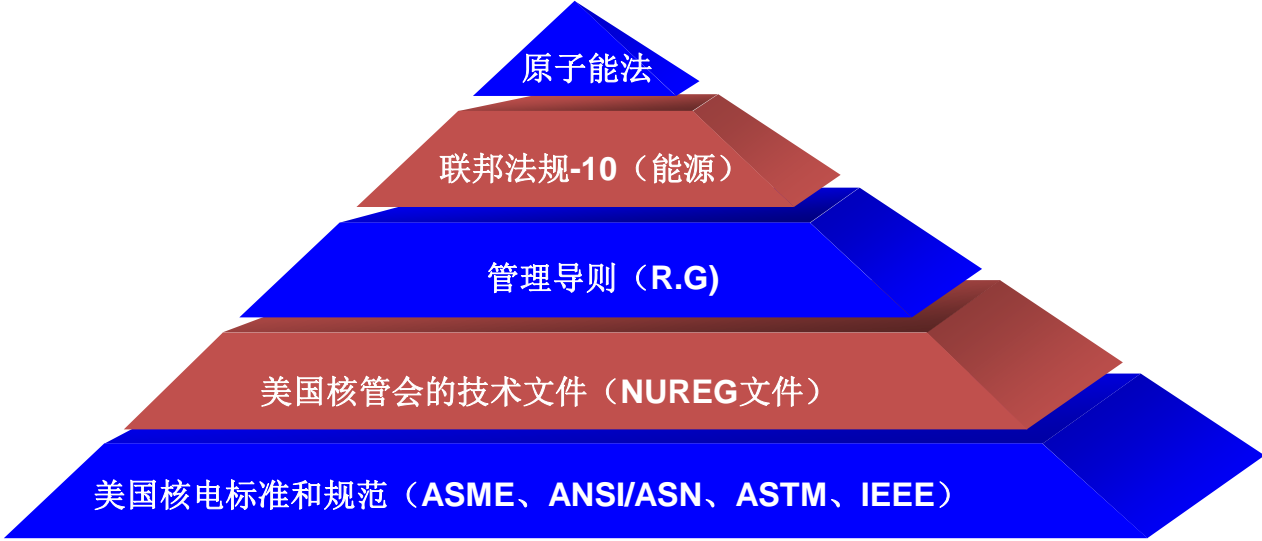
黄逸峰 余燕

2020.11

一、概述

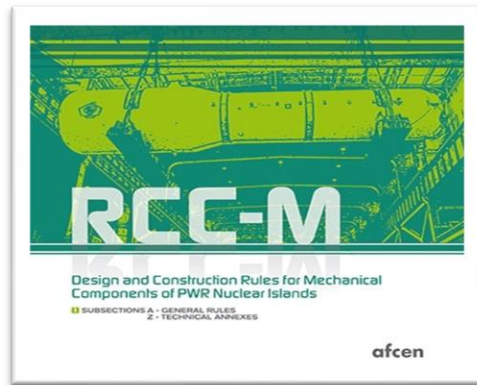
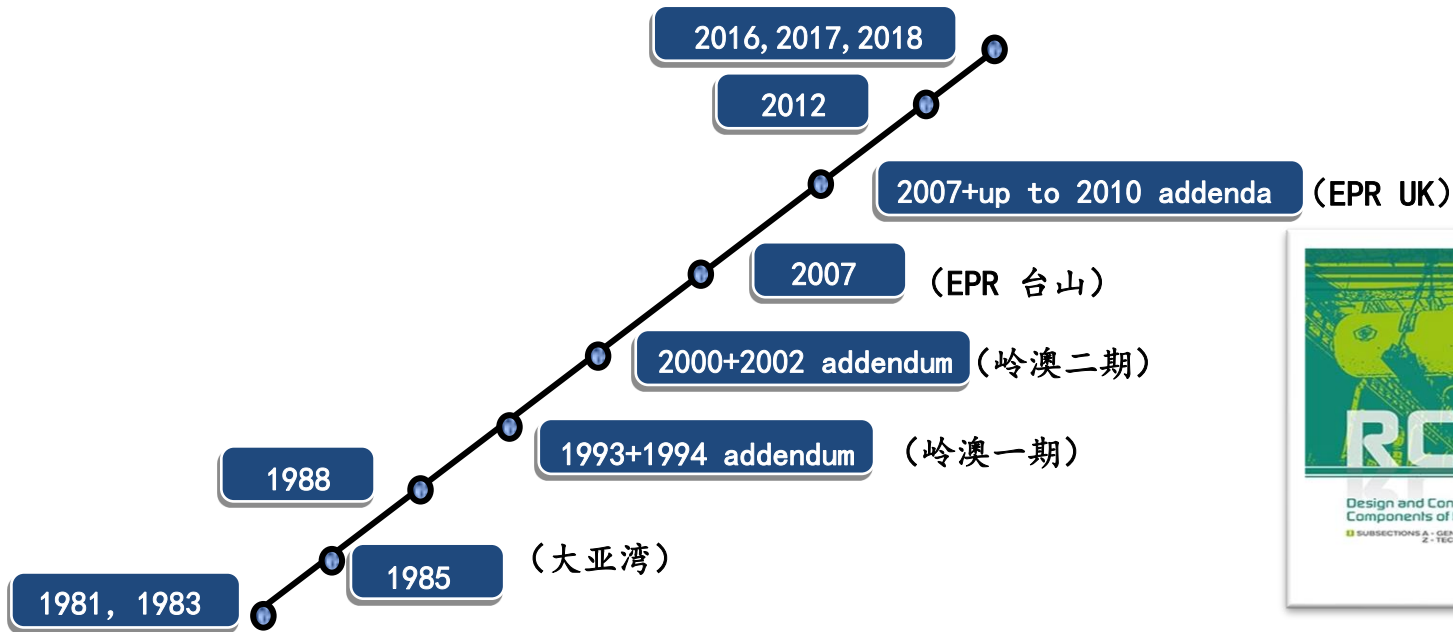
美国核电标准体系

美国核电法规体系的五个层次



一、概述

RCCM版本及应用



二、标准差异示例

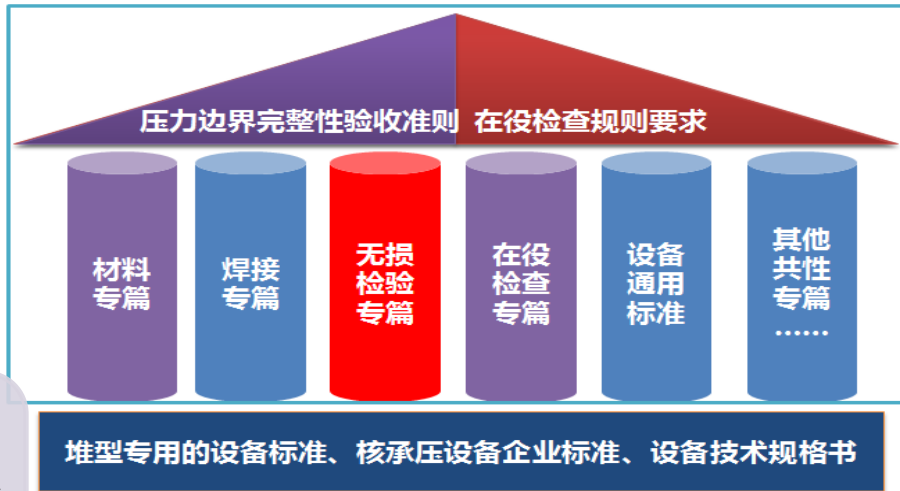
焊缝与接头

1. ASME和GB/T 3375关于焊缝、焊接接头的划分和分类是一致的；而ISO 15614标准中角焊缝（fillet welds）与T-joint视为相同，把角焊缝（fillet welds）分为全焊透角焊缝、部分焊透角焊缝和角焊缝。两者分类原则完全不同。
2. 设计计算、焊接工艺评定和无损检测等要求都是根据焊缝形式确定的，而不是接头形式。焊工技能评定除了与焊缝形式有关外，焊接位置是非常重要的，焊接位置与接头形式有密切的关系。因此，正确区分焊缝形式和接头形式是非常重要的。

三、构建先进核电标准体系

“总体”、“通用”、“专用” 三层结构

压水堆承压部件标准体系



第一层

- 核承压边界完整性技术准则
- 与压力边界完整性相关的基本要求，这些基本要求是保证压力边界完整性，保证核岛机械设备安全运行的必要条件，是设计方及安全评审方所应遵守的底线准则
- 还包括在役检查部分的总要求（暂不在本次团标中申报）

第二层

- 共性专篇和各设备通用标准
- 共性专篇为设备材料、焊接、无损检测等的**工业级核电共性要求**
- 对于各设备的个性化要求，体现在与设备通用标准要求中
- 为设备设计人员编制设备专用的规范书、规格书、制造加工要求、材料采购技术要求提供标准的支撑和依据

第三层

- 堆型专用标准
- 不具备普遍适用性，暂不在本次团标中申报
- 为采购方的设备、材料采购提供标准化的技术附件，有利于实现同一堆型产品的标准化制造，标准化检验，方便统一管理，节省制造成本

四、核电焊接材料研发成果

成果种类

完成了8大类19种26个牌号焊接材料的国产化研制。

SA-508
Gr.3 Cl.1
钢用焊接
材料研制

上海核工院、
四川大西洋

RV、CMT、
ACC、正常余
排等

SA-508
Gr.3 Cl.2
钢用焊接
材料研制

上海核工院、
四川大西洋

SG、PZ、
PRHR等

钢安全
壳用焊
接材料
研制

上海核工院、
四川大西洋

CV、人员闸门、
设备闸门等

奥氏体
不锈钢
堆焊焊
接材料
研制

上海核工院、
哈焊院

RV、SG、PZ、
CMT、PRHR
等

堆内构
件奥氏
体不锈
钢焊接
材料研

上海核工院、
哈焊院

RVI
其他设备

主管道
316L型
焊接材
料研制

上海核工院、
四川大西洋

主管道
其他设备

双相不
锈钢焊
接材料
研制

上海核工院、
四川大西洋

模块等

690镍基
合金焊
接材料
研制

上海核工院、
哈焊院

RV、SG、PZ、
CMT、PRHR
等

覆盖AP/CAP核岛关键焊接材料种类（红圈所示为AP/CAP核电厂首次应用材料种类）
同时包络华龙一号及二代加压水堆核电厂堆型焊接材料种类

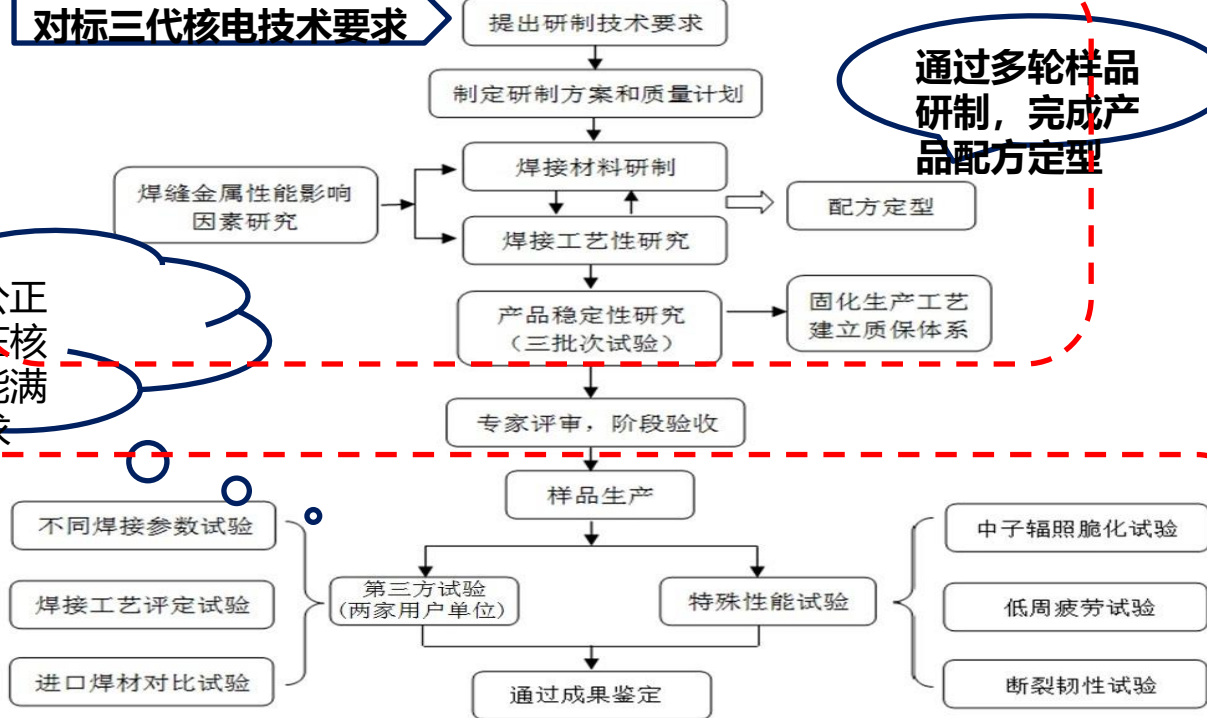
四、核电焊接材料研发成果

技术路线

对标三代核电技术要求

由用户单位对国产焊接材料作出公正合理的评价，验证国产焊接材料在核设备制造厂的生产条件下焊接性能满足AP1000及CAP1400的技术要求

通过多轮样品研制，完成产品配方定型



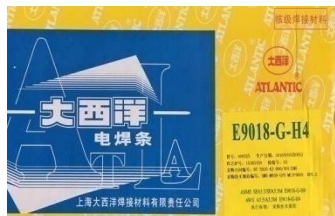
五、技术难点及创新点

难点及创新点

钢安全壳焊接材料



- 攻克了低温冲击的技术难点;
- 钢安全壳焊接材料填补了国内空白;
- 在国际上率先研发了埋弧横焊焊丝焊剂和气体保护焊焊丝;
- 已在国和一号 (CAP1400) 和AP1000系列工程应用



五、技术难点及创新点

难点及创新点

低合金钢焊接材料

SA-508 Gr.3 Cl.1钢用焊接材料:

- 稳定的低温冲击韧性;
- 焊态和长时间PWHT态下优良的力学性能;
- 耐60年寿期中子辐照脆化性能

SA-508 Gr.3 Cl.2钢用焊接材料:

- 高强度与低温冲击韧性的良好综合性能;
- 焊态和长时间PWHT态下优良的力学性能

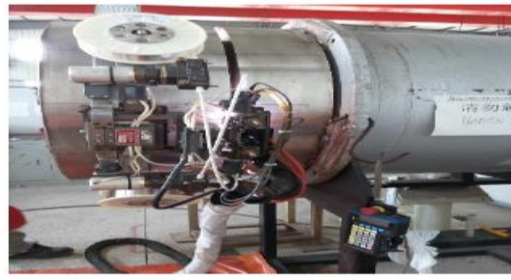


五、技术难点及创新点

难点及创新点

不锈钢及镍基合金焊接材料

- 提高熔敷金属室温及高温抗拉强度
- 改进抗晶间腐蚀性能；
- 工艺和理化性能优于同类产品



六、结束语

1. 核电工程必须是有法可依、有章可循、有据可查，核电标准对核电项目至关重要。
2. 不同体系的核电标准由于工程需求、技术理解等方面存在差异，要形成统一的核电标准存在难度。
3. 构建了《压水堆承压部件》标准体系，提出了一条创新的解决方案，为我国核电标准统一工作提出了有益的尝试，后续将通过工程应用检验其效果。

1. 实现了核岛关键设备焊接材料的自主化，形成了具有自主知识产权的核电专用牌号的焊接材料产品，打破了长期依赖进口的局面，为核电走出去奠定了基础。
2. 自主创新地建立了一条系统完整的核级焊接材料研发及应用技术路线。
3. 建立了“设计院牵头+专业化科研院所研发+规模化生产厂制造+示范工程”的产学研用平台。建成了核电焊接材料研发和创新基地，确保长期、稳定、安全可靠的批量供货。



感谢您的聆听
敬请各位专家批评指正