

# 辽宁红沿河核电一期工程3、4号机组 评优经验介绍

2019年12月29日





目录  
CONTENTS

1

工程概况

2

工程建设特（难）点

3

质量管理特色及亮点

4

科技创新与新技术应用

5

节能、环保及绿色施工

6

存在问题

7

创优对工程质量的提升

# 1

## 工程概况



## 1 工程基本情况

辽宁红沿河核电站位于辽宁省大连市瓦房店红沿河镇，是东北地区首座核电站，是“十一五”期间国家首个核准开工的核电项目，规划建设6台采用中国自主品牌百万千瓦级二代改进型压水堆（6 x 1118.79MW）核电机组。

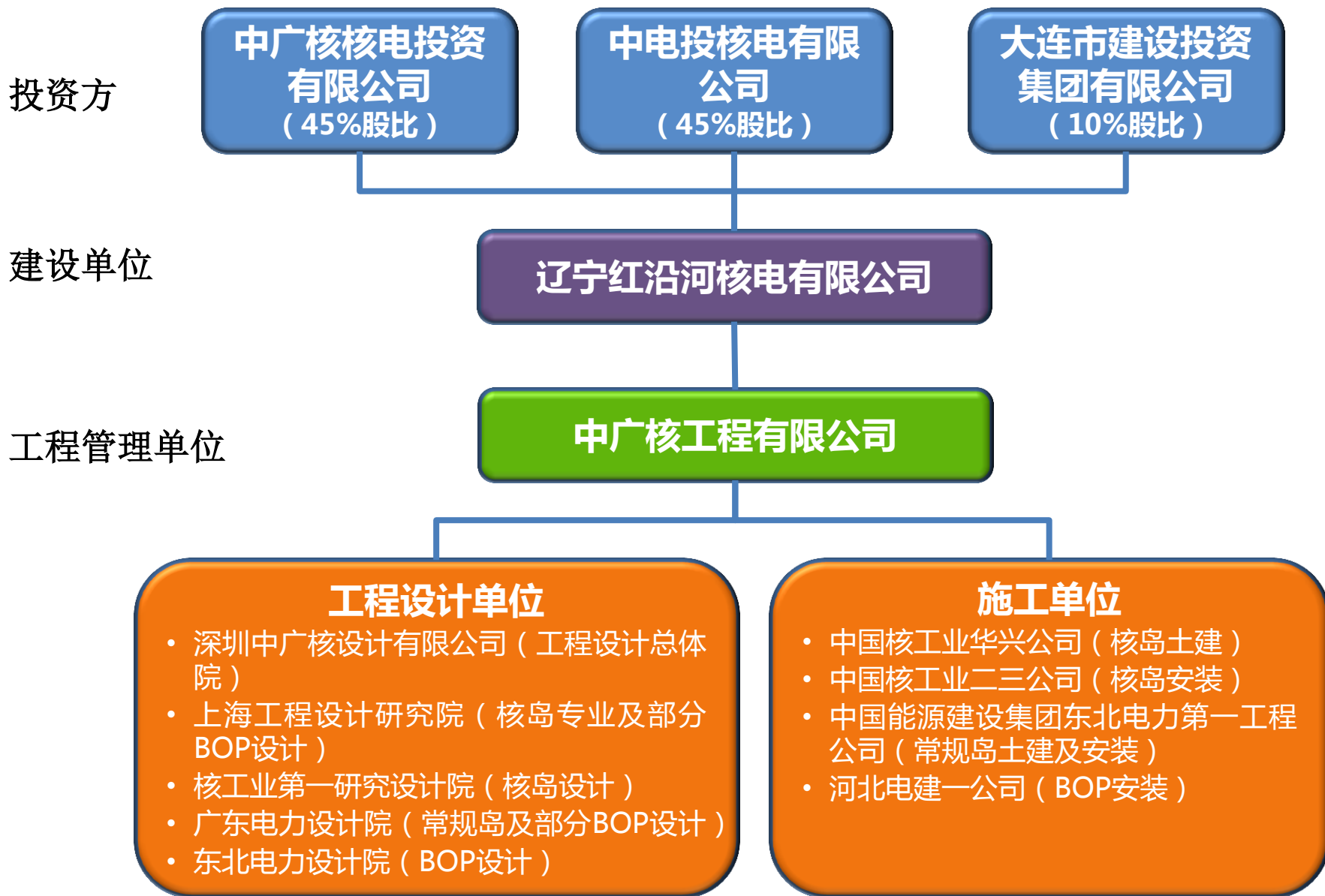


### 一期工程3、4号机组





## 工程基本情况





## 工程基本情况

3号机组：2009年3月7日开工  
2015年8月16日商运  
4号机组：2009年8月15日开工  
2016年6月8日商运





# 工程基本情况

## 3、4号机组主要设备情况

设备名称	生产厂家	产品型号	技术特色
反应堆压力容器	中国第一重型机械股份公司(3号机组) 东方电气(广州)重型机器有限公司(4号机组)	无	规范等级为1级(RCCM B册及RCC-P); 安全等级为1级(RCC-P),质量等级为1级(RCC-P);抗震类别为抗震1类。关键原材料为大型锻件。
蒸汽发生器	东方电气(广州)重型机器有限公司	55/19B	每个机组由3个环路组成,每个环路1台蒸汽发生器。设备本体包括的主要组件有:下封头组件、传热管束组件、二次侧壳体组件、上部内部构件等。
汽轮发电机组	东方电气股份有限公司	ARABELLE	高压汽水分离中间再热三缸四排汽凝汽冲动式半速(1500rpm)汽轮机
DCS	日本三菱电机株式会社与北京广利核系统工程联合体	MELTAC-N HOLLIAS MACS V6	运用DCS技术实现电厂的控制。

# 2

## 工程建设特（难）点







## 工程建设特（难）点

### 2.1 设计先进性

以提升CPR1000核电站的安全性为主要目标，全面反馈各CPR1000型机组的经验，同时考虑新的寒冷厂址防冻要求，以及应对日本福岛核事故工况等，本工程在设计过程中实施96项重要改进，具备三代核电机组特征。





## 工程建设特（难）点

### 2.2 厂址适应性设计及应对福岛事故改进

- 针对“厂址极端最低气温为 $-31.6^{\circ}\text{C}$ ，厂址海水历史极端最低水温为 $-2.5^{\circ}\text{C}$ ”气候特点，需要制定“寒冷厂址核电厂防寒防冻设计要求”和“核电厂防冻安全分析和设计的一般方法”，在“翻版加改进”原则基础上，在防冻设计方面需要进行全面的全新设计，以保障寒冷工况下机组的核安全。
- 为有效应对福岛核事故，需要进行抗震裕量评价、全范围概率安全分析、防水淹、事故工况下供电安全等改进，以提高应对超设计基准事故能力。



## 工程建设特（难）点

### 2.3 设备国产化

- 作为设备国产化依托项目，承担着提升核电设备制造自主化，实施重大设备及关键零部件国产化战略的任务。
- 设备国产化面临诸多问题和困难，包括：设备设计水平不健全，设备制造技术不稳定、制造能力不足，制造商设备质量监督体系不完整，生产管理水平有待提高。



## 工程建设特（难）点

### 2.4 冬期施工

- 项目每年冬施期超过4个月，低温条件下土建、安装作业面临较大的防冻风险，尤其是室外土建作业，如何在保障施工质量的前提下，同时保障施工进度是项目面临的重大难题。
- 为应对冬季施工，在冬季混凝土浇筑、冬季厂房防寒与临时供暖、室外设备系统安装运维、冬期物资管理等方面通过科研攻关和不断的现场实践，创新施工措施，确保工程质量和进度。

# 3

## 质量管理特色及亮点



# 3 质量管理特色及亮点

## 3.1 实体质量的基本情况



## 3 质量管理特色及亮点

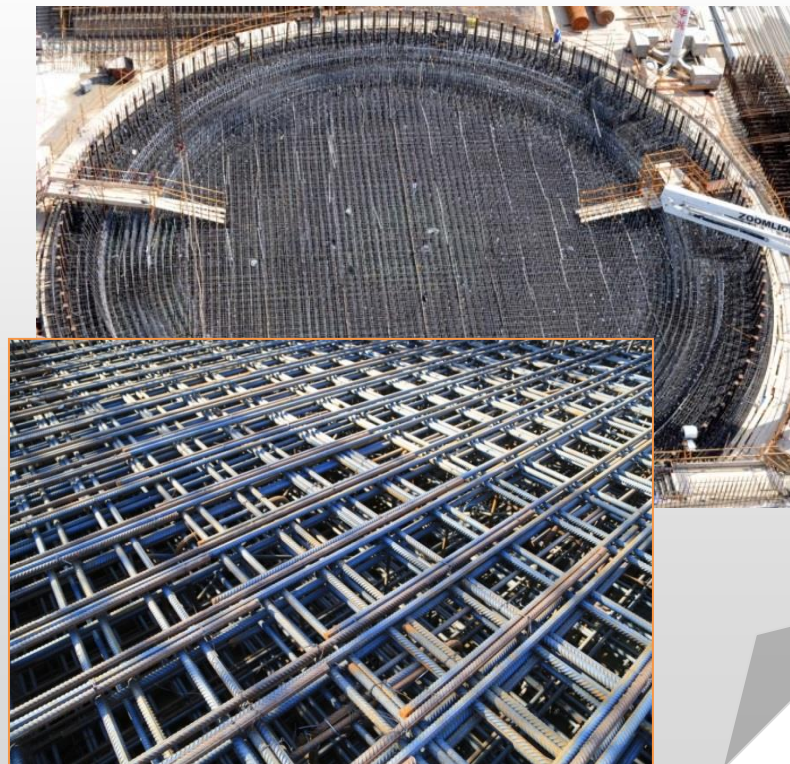
### 3.2 质量特色与亮点

#### (1) 隐蔽工程

反应堆厂房基础保护良好



反应堆厂房筏基钢筋绑扎规范



## 3.2 质量特色与亮点

### (2) 设备管理

反应堆压力容器，设备制造、运输、吊装管理严格



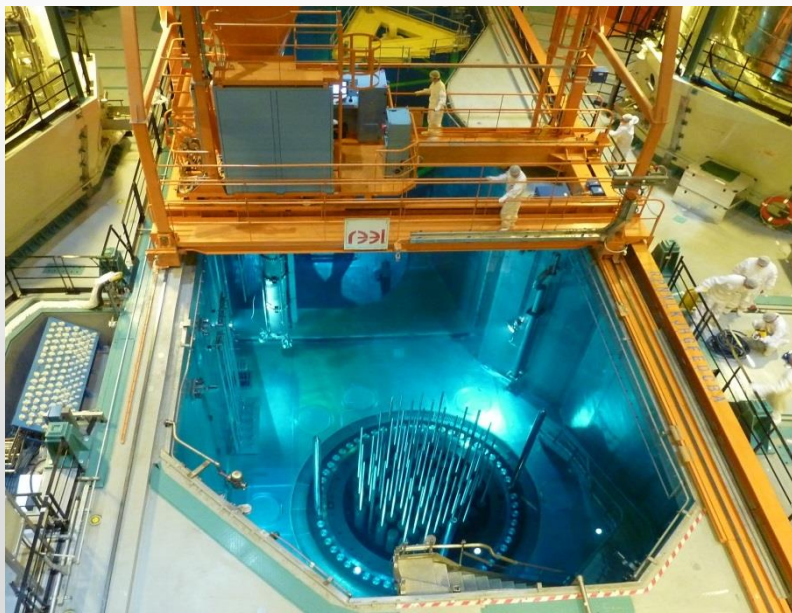


## 3 质量管理特色及亮点

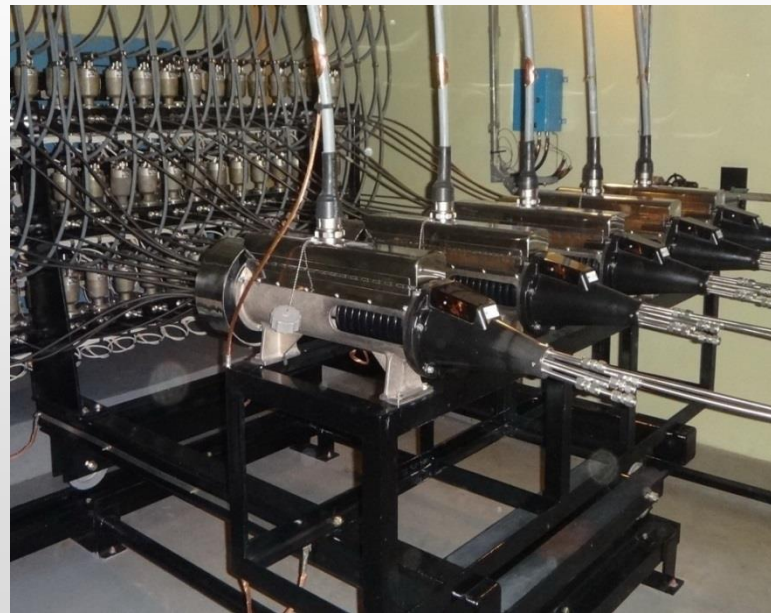
### 3.2 质量特色与亮点

#### (3) 现场管理——核岛

反应堆厂房20米运转层，场地清洁，  
管理有序



核岛堆芯测量系统设备及电缆，  
精细美观的施工



### 3.2 质量特色与亮点

#### (4) 现场管理——常规岛

常规岛厂房，清洁整齐，施工工艺良好



## 3 质量管理特色及亮点

### 3.2 质量特色与亮点

#### (5) 技术创新——核岛主管道自动焊

工艺先进，确保质量，成形美观



## 3 质量管理特色及亮点

### 3.2 质量特色与亮点

#### (6) 精益施工——4号机组反应堆厂房安全壳穹顶吊装

周长偏差1mm，创  
国内最好水平



# 4

## 科技创新与新技术应用

## 1 设计优化和改进

- 为响应法规标准的新要求、厂址适应性以及经验反馈等要求，同时为应对突发的日本福岛核事故暴露的新问题，红沿河一期工程依靠科技攻关，通过技术引进、消化、吸收、再创新，共研发、实施了**96项**设计改进，包括：18项安全性提升改进、针对福岛核事故进行了17项改进、针对防寒防冻进行了26项改进，同时增加机组出力、核电厂首次应用海水淡化、DCS设备国产化以及其它适应性改进35项。获得中施企协绿色建造设计水平评价二等成果，核工业部级优秀工程设计一等奖。



### 2 寒冷厂址的设计

- 红沿河项目是国内首个在“极端低温-36.1°C”、“海水极端低温-2.5°C”的厂址气候环境下建设运行的CPR1000机型核电站。没有系统的防寒防冻设计文件指导，缺少成熟的核电经验作为参考。防寒防冻的设计成为影响核电厂安全性、可靠性的首要问题。
- 针对厂址的气候特点，制定了国内首个“寒冷厂址核电厂防寒防冻设计总体要求”，通过工程实践形成了一整套防寒防冻设计规范（企业内部），“红沿河核电厂一期工程供暖系统设计”获核工业部级优秀工程设计二等奖。



### 3 福岛核事故后改进

- 红沿河项目建设期间，正逢日本福岛事故。各个国家和整个社会对核安全问题及其敏感、高度关注。项目要继续建设，必须在短时间内了解、分析福岛事故的原因，尽快给出相应的应对措施和设计改进。
- 针对福岛事故超设计基准事故工况，进行了“抗震裕量评价”、“全范围概率安全分析”、“全范围严重事故管理导则研究”等6项分析研究，实施了防水淹、临时补水、临时供电、在线补油等11项重大实体改进，“福岛事故后在役在建二代加核电站安全性能改进技术方案研发与应用”获得中国核能行业协会科学技术二等奖。





## 4 科技创新与新技术应用

### 4 全厂数字化仪控设计

- 本项目作为全厂数字化仪控系统的深入自主化设计和国产化制造的依托项目，核电数字化仪控设计经验不丰富，技术水平不成熟。同时实施多项设计改进，与DCS自主设计交织，设计更复杂。国内厂家首次制造，生产技术能力不足。
- 首次将国产非安全级数字化控制系统平台（NC-DCS）硬件系统“HOLLiAS-N”应用于核电站正常运行控制系统，打破了国外厂商垄断国内核电站主要控制系统的格局，同时首次完成了基于国产非安全级DCS平台特征的仪控总体方案设计和先进主控设计，部分设计指标达到国际先进水平。“自主知识产权CPR1000核电非安全级数字化控制系统研制应用”获得中国核能行业协会科学技术二等奖。





## 4 科技创新与新技术应用

### 5 核岛设备及专用工具设计

- 在核岛设备自主化设计方面，持续开展技术创新，形成了完备的设计文件体系，涵盖了设备设计过程分析、制造、安装以及在役检查的内容。其中：
  - 反应堆压力容器（RPV）设计：结合我国重型装备制造能力，提出了材料优化、整体锻件、辐照监督等八项设计优化和改进，在百万千瓦级RPV设计中采用有限元法建立密封结构与载荷的三维仿真数学模型，有效推动核岛关键设备国产化进程。
  - 堆内构件（RVI）设计：实现了我国百万千瓦级压水堆核电机组反应堆堆内构件的自主化设计，各项性能指标达到国外同类技术先进水平。
  - 研制“集成式SG二次侧役前水压试验装置”，填补国内该领域的空白，有效提高了试验效率，且性能稳定可靠。
  - 首次实现了百万千瓦核电站核岛重型设备安装工具包的自主设计、集成供货及设备安装一体化管控，提高了工具的可共用性，大大降低了核电工程成本。



## 科技创新与新技术应用

### 6 关键设备首次实现国产化

- 作为设备国产化依托项目，承担着提升核电设备制造自主化，实施重大设备及关键零部件国产化战略的任务。但设备国产化面临诸多问题和困难，包括：设备设计水平不健全，设备制造技术不稳定、制造能力不足，制造商设备质量监督体系不完整，生产管理有待提高。
- 项目推动以国内制造企业为主导的国产化机制，对于国内已掌握制造技术的设备，均在国内采购；对于没有掌握制造技术的设备，通过“市场换技术”、“对外引进技术”、“与国外制造商合作”等多种方式支持，并利用工程管理单位的技术经验和管理体系，向制造厂提供技术帮扶和管理提升帮助。
- 最终项目国产化率达到80%，其中压力容器、堆内构件、蒸汽发生器、稳压器、中间再热器、主泵、主汽轮机、发电机、主管道、NC级DCS等大型主体设备，一些核二、三级设备及常规岛设备，以及核二、三级无缝钢管等均已实现国内制造和生产。



### 7 创新核电站主控室后备盘报警方法及其系统技术

创新核电站主控室后备盘报警方法及其系统技术，解决了我国核电站主控室后备盘报警系统难以同时满足纵深防御、多样性、可靠性及人因工程综合要求这一技术难题，提升了核电站运行的安全性和经济性，获“中国专利优秀奖”。

### 8 首次应用改进型McWill无线通信系统

首次应用改进型多载波无线信息本地环路（McWill）无线通信系统，使无线通信系统工作频率达到1800MHz，经过模拟仿真、计算和设计优化，实现了红沿河核电厂专用无线通信信号全厂有效覆盖，获国家发明专利。



## 科技创新与新技术应用

### 9 汽轮机背压选取及冷端优化设计

汽轮机背压选取及冷端优化设计方案。根据厂址条件变化，汽轮机首次选用四缸六排汽方案，并进行了凝汽器真空泵容量优化等配套改进。背压：冷却水温为 $13^{\circ}\text{C}$ 时，设计背压 $0.036\text{bar}$ ，提高汽轮机组出力 $3\%$ 。

### 10 取水口拦网设计优化

取水口拦网设计优化，在核电领域首次使用拦网来抵御海生物，投运后成功抵御了多次水母和海藻侵袭，避免了停机停堆事件，保障了核电厂安全。

 4 科技创新与新技术应用

## 11 研发并应用安全壳钢衬里自动焊工艺

- 核岛土建安全壳钢衬里焊接为土建高空焊接作业，以往项目采取手工焊接，焊接质量一次合格率不高，质量不稳定，占用较多的焊接资源，而且焊接工期较长。
- 本项目核岛土建安全壳钢衬里自动焊接工艺及相关创新，提高了焊接质量，降低了劳动强度，一次射线探伤合格率达到98%以上，单座核岛可节约焊接工期2个月，同时减小焊接变形。
- 该工艺荣获中国施工企业管理协会科学技术奖一等奖和国家级工法，以该工艺申请的《核电站钢衬里壁板现场焊装方法》获得国家发明专利。

# 5

## 节能、环保及绿色施工

## 节能

- 资源节约效果：结合本工程环境特点，3/4号机临建区域和施工区域冬季供暖采用汽机抽气集中供暖。

### 3.7.8.2 系统流程及描述

热水生产系统流程图见附图 7.3.7.8-1。

本系统为全厂共用系统，在常规岛一号机厂房 C 排柱外设置有全厂供热厂房，为建筑物的供热通风空调系统提供热源。厂房总面积约为 120m<sup>2</sup>，拟采用双层布置。在换热站中制备 110℃（回水温度为 70℃）和 125℃（回水温度为 80℃）两种参数的热水，其中 110/70℃的热水通过热网供厂区内空气加热器和热水采暖系统。而 125/80℃的热水将通过布置在生活区换热站内的水-水换热器为生活区提供 95℃的热水。换热站中换热器的热源在一号机组正常运行时取自该机组的去三号低压加热器的抽汽，在一号机组低负荷或停机情况下，采用二号机组的抽汽作为热源；当一、二号机组中一台机组大修，另一台机组故障停机的情况下，热源则取自辅助蒸汽，在这种工况下，三、四号机组蒸汽转换系统将处于较高工作负荷。凝结水将回到二号低加出口凝结水管路。

供热厂房包括换热器、升压水泵、阀门以及调节控制装置。循环水及补水为除盐水，由常规岛除盐水分配系统提供（SER）。四台机组核岛、常规岛以及 BOP 部分的采暖负荷约为 34880kW，办公生活区的采暖负荷约为 12061kW。采暖热





## 5 节能、环保及绿色施工

### 节电

- 资源节约效果：现场使用10kV施工电源和节能变压器。

#### 新产品新技术鉴定验收证书

陕机投鉴字[ 2000 ] 021 号

产品(技术)名称： ( XBW□-10型箱式变电站 )

YBM3A-12/0.4 高压/低压预装式变电站

完 成 单 位： 西安西电高低压电器设备制造厂

鉴 定 类 别： 批试鉴定

鉴 定 方 式： 会议鉴定

鉴定组织单位： 陕西省机械工业局  
陕西省电力工业局



## 节地

- 资源节约效果：合理安排施工场地，做到了临时占地不影响正式工程，加快了场地的周转使用。



## 5 节能、环保及绿色施工

### 环境保护

- 环境保护效果：施工中危化品及有毒物品的管理有效。



## 5 节能、环保及绿色施工

### 水土保持

- 资源节约效果：本工程设立了水土保持专项监理。深基坑进行边坡支护，防止水土流失，符合设计要求。

#### 辽宁红沿河核电有限公司文件

辽红核〔2015〕12号

签发人：石亮民

#### 关于辽宁红沿河核电一期工程2014年 水土保持监理、监测年报的报告

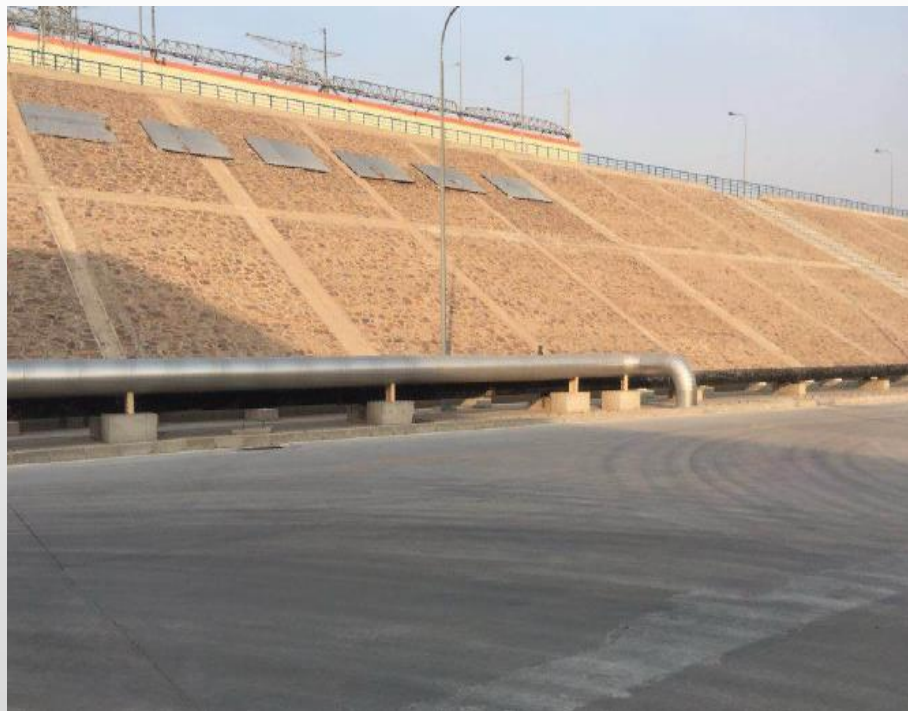
水利部松辽水利委员会：

按照水利部2007年6月14日《关于辽宁红沿河核电站一期工程四台机组水土保持方案的复函》（水保函〔2007〕163号）的要求，现将辽宁红沿河核电站2014年水土保持监理、监测年报呈报贵委，请审阅。

感谢贵委对红沿河核电项目水土保持工作的大力支持！

附件：1. 辽宁红沿河核电站水土保持工程监理年报（2014年）

- 1 -



## 5 节能、环保及绿色施工

### 流出物排放与环境监测

《核动力厂环境辐射防护规定》GB6249-2011中对单台机组的排放量也给出了控制值标准，自2013年商运以来电厂流出物（按单台机组计算）统计如下：

通过数据对比可以看出，红沿河核电厂放射性排放水平远低于GB6249-2011第6.2节规定的控制值。

年份	除氚碳	液态氚	液态碳14	惰性气体	卤素	粒子	气态氚	气态碳14
GB6249-2011 控制值	5.00E+10	7.50E+13	1.50E+11	6.00E+14	2.00E+10	5.00E+10	1.50E+13	7.00E+11
2015	9.38E+07	6.68E+12	1.61E+09	2.55E+11	4.83E+06	1.67E+06	1.22E+11	4.90E+10
2016	5.28E+07	1.21E+13	2.00E+09	3.30E+11	2.90E+06	1.73E+06	1.50E+11	8.40E+10
2017	4.35E+07	1.34E+13	2.73E+09	2.60E+11	2.65E+06	1.69E+06	1.91E+11	1.49E+11

# 6

## 存在问题与建议

- 未经过创优过程，按国优和行优的要求收集整理评优资料，按评优标准，部分过程文件如创优规划、实施细则、绿色施工规划和实施细则等缺失。

建议：后续创优项目在项目实施前做好创优策划，将创优目标逐级分解到各参建单位。

- 竣工验收周期长，评优要求项目竣工投产1—4年，竣工验收完成时间制约评优申报的时间窗口。在今年开展行优和国优复查时部分单项验收和整体验收尚未完成。

建议：提前策划开展项目各单项验收，具备条件后立即启动，力争2年内完成项目竣工验收。



## 存在问题与建议

- 工程建设过程未考虑参评优质工程，突出工程质量和工艺的素材过少，给评优资料准备造成一定的困难。

建议：后续创优项目根据创优工艺策划，在工程建设过程中及时收集整理工程亮点照片和视频素材，为后续评优资料的编制做好准备。

- 依托工程取得的科技进步奖等单项奖在工程前期未进行统一策划，以致获奖数量特别是一等奖数量偏少。

建议：提前策划拟申报的科技进步奖、发明专利、工法、QC奖等专项奖，并明确需获得一定比例的省部级及以上一等奖的数量。





## 存在问题与建议

- 工程质量记录文件存在记录不规范、无具体数据等问题，以及国优复查专家对核电质量记录形式（ETF、质量计划）不适应问题。

建议：

- 1、完善核电工程质量记录，尽可能用具体数据和标准代替合格的结论。
- 2、建立并完善核电工程质量评价和复查标准，以及核电系统内的国优评审专家库。

# 7

## 创优对工程质量的提升



## 创优对工程质量的提升

通过协会组织的质量评价、工程复查、创优咨询以及国优工程复查等活动，专家组对工程质量提升方面提出大量宝贵意见，针对这些检查意见，我们组织相关单位开展经验反馈，制定措施，分别对在运机组和在建机组实施整改和改进，有效提升了工程质量。

- 1、开展红沿河核电二期工程创优质总体策划，编制创优实施细则，指导创优工作的开展；
- 2、安全设施改进，对不符合规范要求的爬梯、护笼、栏杆等安全设施进行整改和改进，提升本质安全性；
- 3、厂房外墙涂料材料和工艺改进，解决涂料剥落、开裂等问题；
- 4、提升电缆敷设工艺，严格按照标准、规范施工，避免交叉、不整齐、错位错层等问题；
- 5、提升厂房及系统设备的防腐、保温施工工艺及成品保护；
- 6、改进和完善施工质量记录，有效发挥监理职责，确保施工质量记录完整、规范，为评优工作打好基础。

## 7 创优对工程质量的提升

主变事故放油阀盲板封堵未拆除问题的改进。



## 7 创优对工程质量的提升

进入DCS机柜的测量电缆保护套管从槽盒下部引出问题的改进。



## 7 创优对工程质量的提升

厂房钢结构油漆防护的改进与提升。



## 7 创优对工程质量的提升

常规岛厂房外墙涂料的改进。



## 7 创优对工程质量的提升

厂房窗户上方无滴水线问题的改进。





# 汇报完毕

# 谢谢！

