



# 华龙一号典型经验反馈

报告单位：中广核工程有限公司

2022年7月·浙江宁波



**一、本质安全设计提升核电工程安全**

**二、RBS工具量化管控调试风险**





# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值

# 01 背景概述



## 1.1开展本质安全设计，是保障产品质量的前提

安全性是构成产品质量最重要和最基本的属性，提升产品安全性是保障产品质量的前提。为实现产品功能，设计中可能会引入各种危险源（如有毒物质、易燃易爆物质等），危险源控制不当会产生安全风险。为此，需要从设计源头采取措施控制风险。

## 1.2开展本质安全设计，符合国家发展战略

习近平总书记提出“从根本上消除事故隐患，坚守发展决不能以牺牲人的生命为代价这条不可逾越的底线红线”。2020年4月国务院安委会印发《全国安全生产专项整治三年行动计划》，提出始终把安全生产摆在重要位置，把安全生产贯彻到设计、建设、管理和企业生产经营活动全过程。

## 1.3开展本质安全设计，是法律法规的要求

《安全生产法》等法律法规提出“从源头上防范化解重大安全风险”，要求设计单位考虑施工安全操作和防护的需要，对涉及施工安全的关键部位和环节在设计文件中注明，并对防范生产安全事故提出指导意见。

## 1.4开展本质安全设计，是核电行业的必然要求

“核电无小事”，不管是核安全还是工业安全，核电行业都将安全提升到至高无上的地位，要求各单位坚决扛起守护核安全的政治责任，强化工程建设本质安全质量水平，守住不发生重大风险底线。

## 1.5开展本质安全设计，是履行设计职责的基本要求

由于缺少安全知识、经验与技能，设计人员从满足产品功能出发，往往会忽视产品的安全性，甚至牺牲安全性来实现产品的功能，由此导致的安全事故会对设计人员进行追责，影响个人发展。



# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

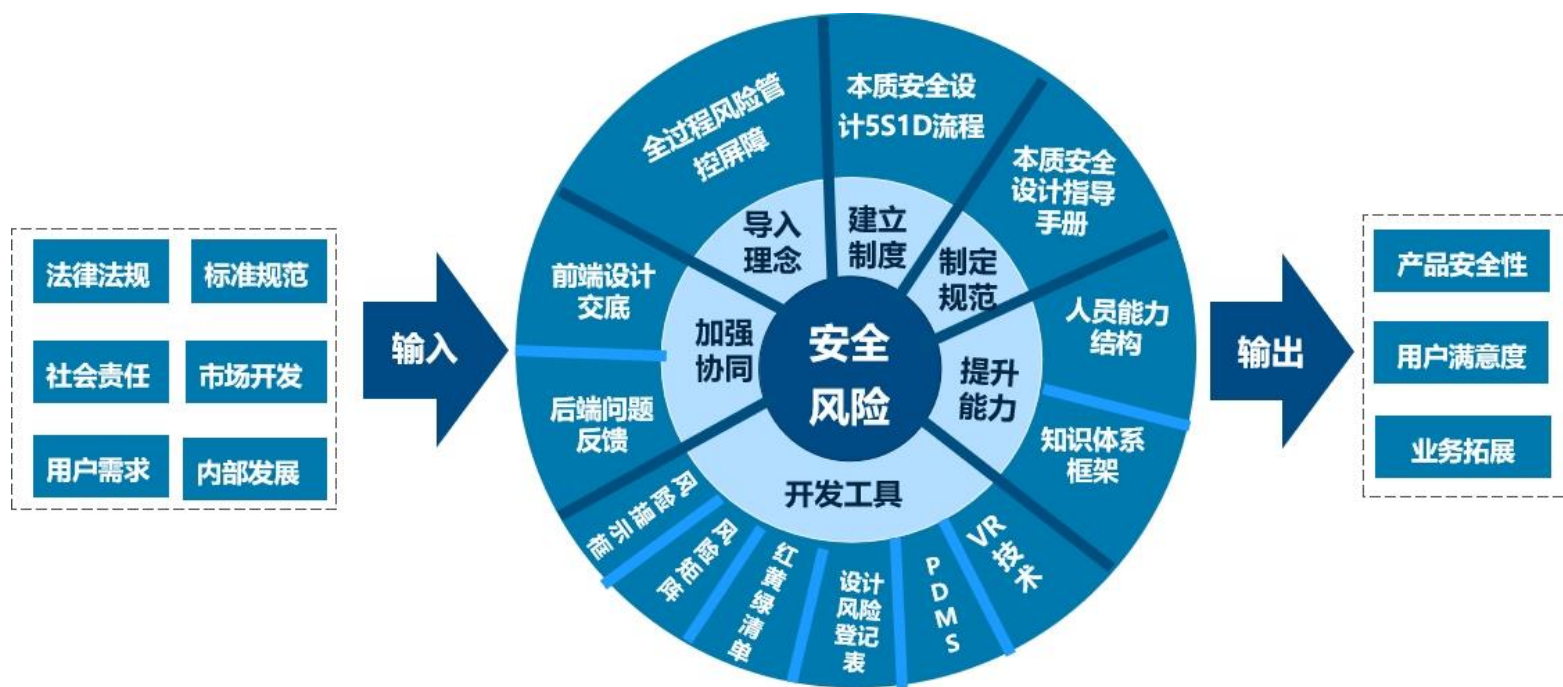
**03** 实施效果

**04** 推广价值

## 02 过程描述

### 本质安全设计管理模型综述

公司围绕法律法规、标准规范、社会责任、国际市场开发、用户需求、内部发展，通过导入安全理念、建立管理制度、制定技术规范、提升人员能力、开发应用工具、加强上下协同六个方面，建立了本质安全设计管理模型。通过近几年工作实践，提升了设计产品安全性，增加了下游用户满意度，为公司开拓国际业务奠定了基础。本质安全设计管理模型如下图。



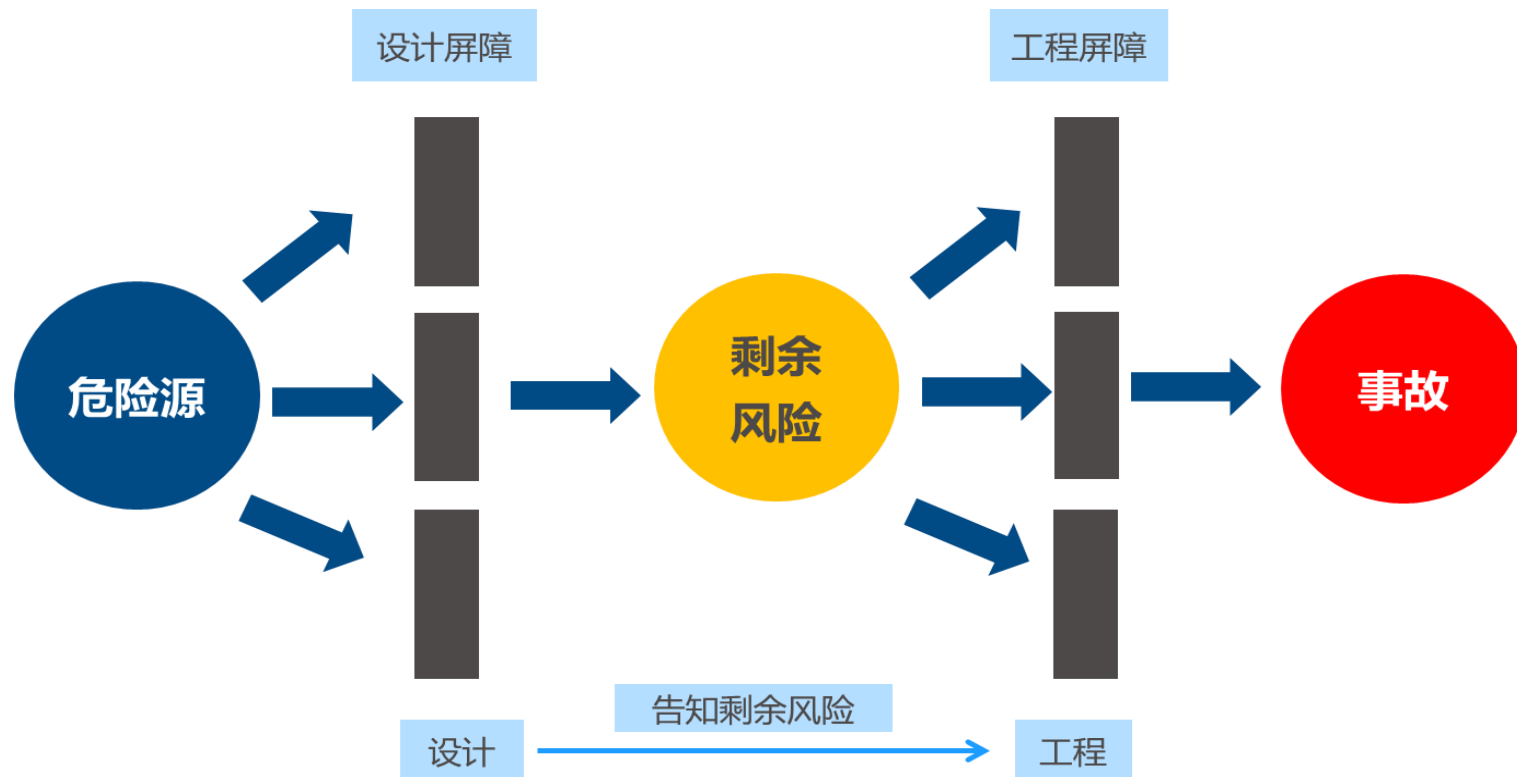
本质安全设计管理模型

## 02 过程描述



### 2.1 导入安全理念，构建全过程风险管控屏障

传统的安全风险管控是在后端施工阶段采取一系列的措施，如工程安全措施、个人防护等。这些措施往往是被动的去应对风险。通过建立全过程风险管控屏障，将设计阶段引入的安全风险尽可能在前端的设计环节中消除或降低，对无法消除的风险，通过在设计文件标识风险及技术交底等措施去告知和提醒下游施工单位，更加有效地防止安全事故。全过程风险管控屏障示意图如下。



全过程风险管控屏障

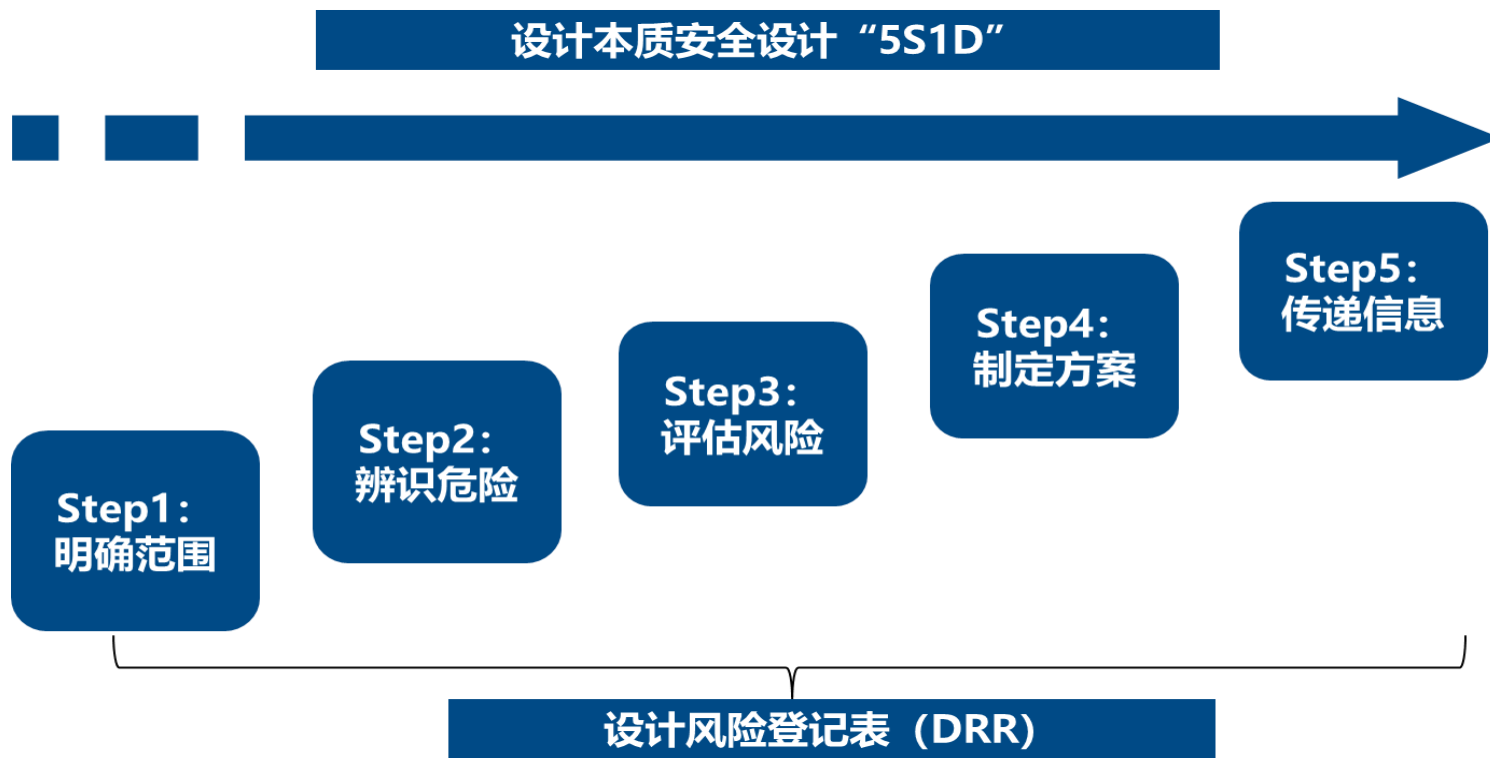
## 02 过程描述



2022年度  
核电工程建设经验交流会议

### 2.2 建立管理制度，规范本质安全设计流程

为规范本质安全设计过程管控要求，指导设计人员开展安全风险识别、制定设计防范措施和风险信息传递工作，从设计源头消除或减少安全风险，保障现场人员安全。公司开发并完善“5S1D”本质安全设计流程，包括明确范围、辨识危险、评估风险、制定方案、传递信息5个步骤，用以指导设计人员开展本质安全设计。“5S1D”本质安全设计流程如下图。



“5S1D”本质安全设计流程



## 02 过程描述



### 2.3制定技术规范，形成本质安全设计指导手册

由于设计人员对现场作业活动不了解，可能无法辨识现场安全风险，为指导设计人员开展本质安全设计工作。公司聚焦核电安全设计关键问题，将本质安全设计中涉及的风险类型分为高处坠落、高温烫伤等12种类型，梳理形成192项风险，编制形成《设计院本质安全设计指导手册》。

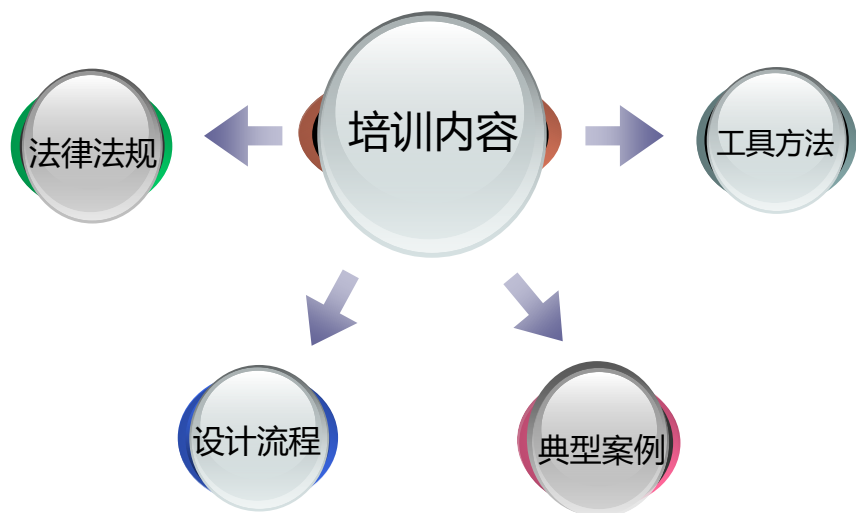
单位	专业	风险项	单位	专业	风险项
核岛系统所 (103)	布置	103	土建所 (25)	结构	11
常规岛与公用 设施所 (32)	布置	6		水工结构	6
	机务	18		建筑	5
	暖通	4		厂址	2
	水工工艺	2		总图	1
电气所 (15)	化学水	2	核岛设备所 (17)	设备设计	15
	电气	9		反应堆结构	2
	通信	6			

《设计院本质安全设计指导手册》参与专业及梳理风险数量

## 02 过程描述

### 2.4提升人员能力，建立知识体系框架

本质安全设计属于新理念，与传统的设计工作存在较大的区别，设计人员缺乏相关的知识和技能。公司在安全质量理论基础上，初步开发编制本质安全设计培训教材，内容包括法律法规要求、事故致因理论、风险管理原理、国外良好实践及核电工程典型案例、本质安全设计理念、流程及工具方法。



### 目录 contents

- 一、本质安全设计概述
- 二、法律法规及对标成果
- 三、安全管理基本理论
- 四、国外经验及良好实践
- 五、设计院工作实践及要求

本质安全设计培训内容

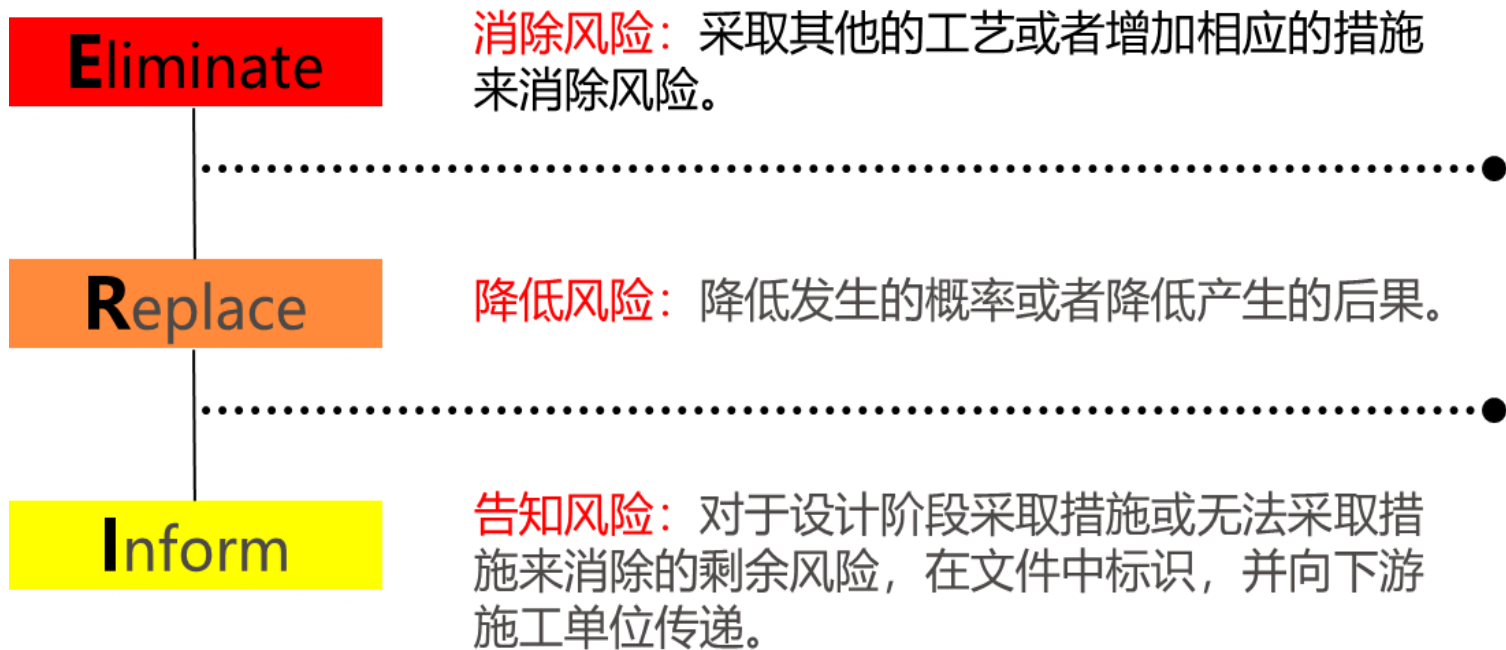
## 02 过程描述



### 2.5开发应用工具，指引风险识别与控制

#### ■ “ERI” 风险控制层级（消除-降低-告知）

针对识别出的风险及风险评估等级，设计人员需在设计阶段采取相应的应对措施。公司建立了“消除-降低-告知”（简称“ERI”）风险控制层级原则，设计人员按照相关法规标准、技术规范、良好实践，制定设计阶段安全防范措施。“ERI”原则如下图。



“ERI” 风险控制层级

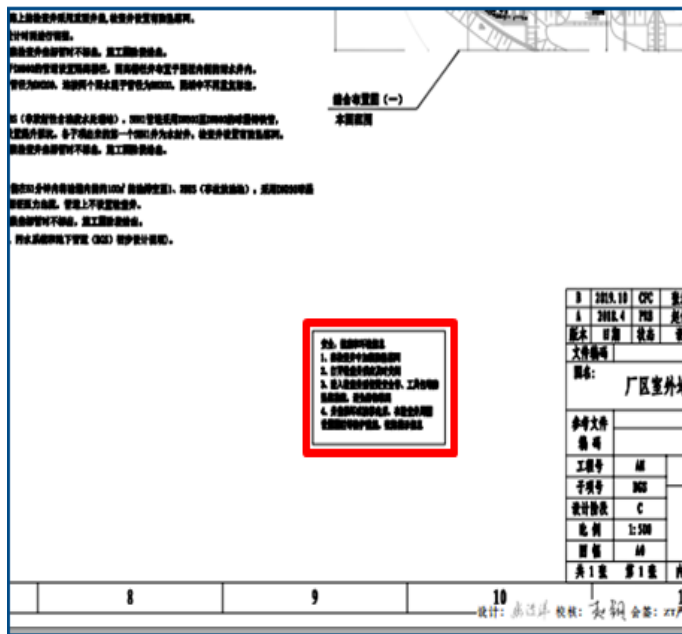
# 02 过程描述



## 2.5开发应用工具，指引风险识别与控制（SHE：安全、职业健康与环境）

### ■ SHE Box（风险提示框）

对于在设计阶段无法去消除而遗留的剩余安全风险，公司创新的采用“SHE BOX”风险提示框（如下图），在设计文件中标识安全风险，将安全风险显性化。同时，在设计交底时，重点向施工单位提示剩余风险，以便施工单位通过后端的安全管理措施来控制风险，保证了风险控制的无缝衔接。



布置图中提示HSE信息

- 安全，健康和环境信息
- 1、在检查井中加装防坠落网
  - 2、打开检查井后应及时关闭
  - 3、进入检查井后使用安全带、工具包等防坠落措施，避免持物攀爬
  - 4、井盖损坏或被移走后，在检查井周围设置围栏等防护措施，张贴提示信息

“SHE BOX” 风险提示框

## 02 过程描述



### 2.5 开发应用工具，指引风险识别与控制

#### ■ 设计风险登记册

公司开发形成设计风险登记表，用于跟踪、管理、记录设计过程风险，内容包括设计活动、初始风险描述、风险等级、受影响阶段、设计阶段采取的措施、剩余风险等级、风险状态（打开/关闭）、传递信息及载体。

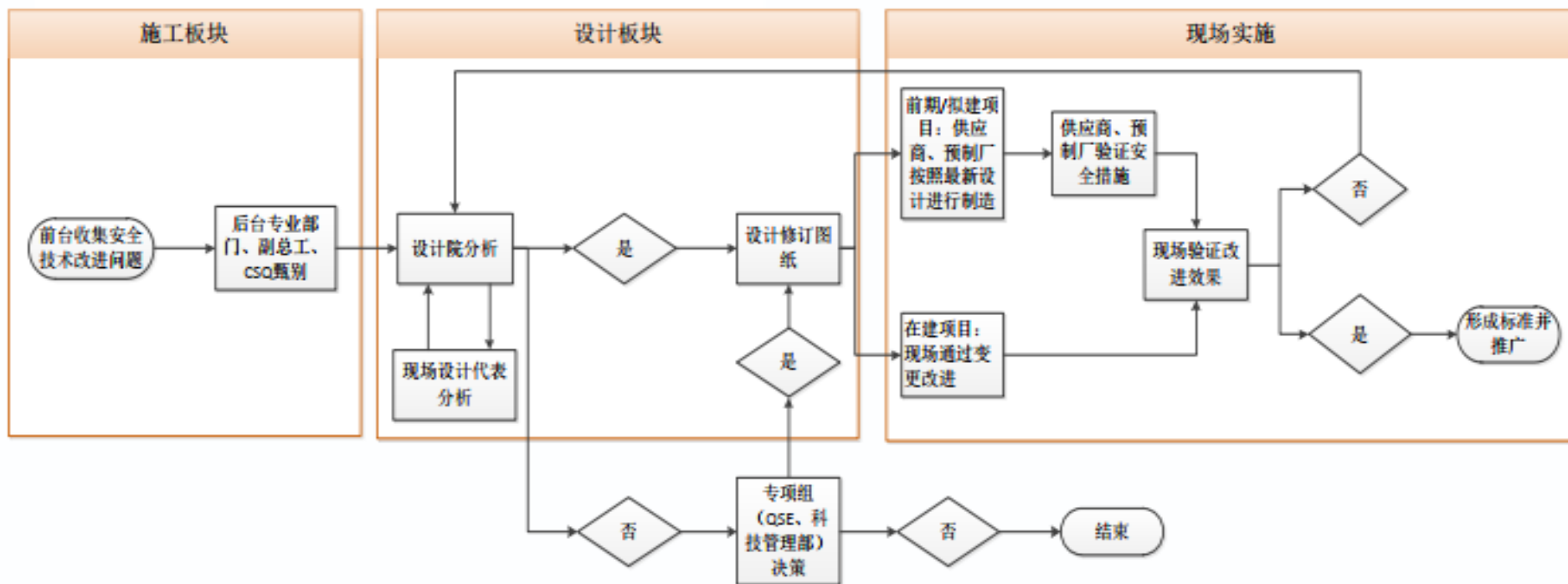
序号	设计活动	初始风险描述	风险等级	受影响阶段	设计阶段采取措施	剩余风险等级	风险状态 (打开 / 关闭)	传递信息及载体
1	鼓网区设置专用楼梯	【高处坠落】鼓网区高差有17.4米，早期CPR项目-9.4米的进水流道没有设置人员通道，细格栅施工时，施工人员进出不方便，存在坠落的风险。	高	土建、安装	在设计阶段调整平面布置，在鼓网区设置专用楼梯间，方便现场人员进入鼓网及进水流道区域进行检修作业。	低	打开	楼梯间长期处于潮湿环境，进入人员易摔倒。现场应设置警示牌提醒人员摔倒和滚落。详见《联合泵房平面图》
2	电动给水泵组吊装、检修路径优化	【起重伤害】电动给水泵组安装路径为通过零米层主大门附近设置的吊装孔吊入负一层后，通过牵引的方式达到泵组的布置区域。该方案牵引路径长，路径宽度要求高，现场施工难度极大，容易造成人员伤害和设备损坏风险。	高	土建、安装	初步设计阶段在0米层C排处设置侧门，厂房内设中转平台。电动给水泵组可从侧门进入厂房后通过辅助行车直接吊入基础。	低	关闭	吊装过程中存在起重伤害，需对调整方式进行计算，对设备进行有效绑扎。详见《常规岛厂房±0.00m层平面布置图》。
3	运转层增设人员通道，避开主行车吊装区域	【起重伤害】在安装期间，运转层大片区域处于主行车吊装范围内。主行车吊装频率高，运转层人员众多，在主行车吊装运行区域人员通行存在较大安全隐患。	高	土建、安装	初步设计阶段在运转层南山墙位置增设人员通道，避开主行车吊装区域，消除起重伤害风险。	低	关闭	在入口设置标示标牌，提醒人员按照人员通道行走。详见《常规岛厂房9.50m层平面布置图》
4	低压加热器抽汽逆止阀位置优化	【高处坠落】低压加热器抽汽管道逆止阀位置位置较高（10米以上），安装、调试过程中容易发生人员高处坠落。	高	土建、安装、调试	在布置设计时，将抽汽逆止阀布置在厂房0.0m层。阀门安装、调试工作不需要设置平台、不需要登高作业，在设计源头消除了高处坠落风险。	低	关闭	详见《常规岛厂房±0.00m层平面布置图》
5	常规岛化学加药系统优化	【职业健康】早期CPR项目的化学加药系统采用人工搬运和卸料进行药品（氨水）的配置，存在运行人员接触危化品氨水造成皮肤和呼吸系统损伤的风险。	中	土建、安装、调试	设计阶段改进化学加药方案，采用储罐自动卸配药方案实现自动配药，避免现场人工搬运及配药，也避免危化品对运行人员的安全风险。	低	关闭	作业人员佩戴好个人防护用品，详见《1/2号机常规岛化学加药系统流程图》及《常规岛加药和取样系统设备平面布置图》。
6	常规岛汽机平台增加弹簧检修平台	【高处坠落】安装、调试过程中汽机基础的弹簧需要进行锁紧、释放以及检修工作，部分弹簧由于管道原因无法增加，给弹簧施工作业带来不便，存在安全风险。	高	土建、安装	汽机基础设计时在PDMS三维模型中建立弹簧作业平台，管道结合平台进行优化布置，使得每一组弹簧支座均设置作业平台，消除高处坠落风险。	低	关闭	攀爬作业平台的过程中佩戴安全带，详见《汽机基础弹簧平面布置图》
7	常规岛屋架安全绳装置	【高空坠落】钢结构屋架高空作业，安全绳不方便悬挂存在高风险隐患	高	土建、安装	在钢结构设计图纸中增加专门用于安装生命绳立柱固定底座，通过设计优化钢结构留孔或支座，钢结构二次深化设计中增加立柱支座与H型钢上翼缘焊接等措施，降低高空作业安全隐患	低	打开	提醒作业人员高处作业采取防坠落措施，详见《常规岛主厂房屋面1~4-4剖面》

## 02 过程描述



### 2.6加强上下协同，建立设计与施工双向联动机制

以往项目设计院与下游施工单位在安全方面的协同不够，现场往往等到出现安全问题才反馈给设计院，造成问题既成事实和工作的被动。为加强设计院与下游施工单位的联动，公司建立设计与施工双向联动机制，包括前端进行设计交底及后端问题反馈连线机制。施工板块向设计院提出安全技术改进建议，设计院评估后，对部分内容进行设计优化改进，从设计源头消除或控制安全风险。



施工板块与设计院问题反馈机制



# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值



## 03 实施效果



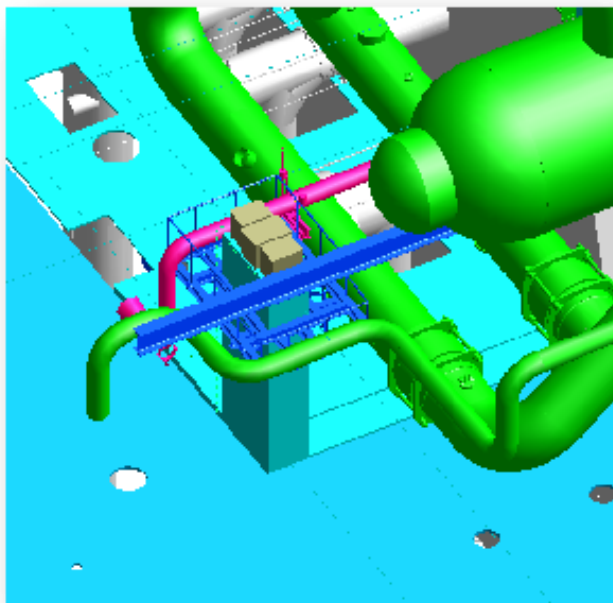
2022年度  
核电工程建设经验交流会议

### 3.1 安全效益方面

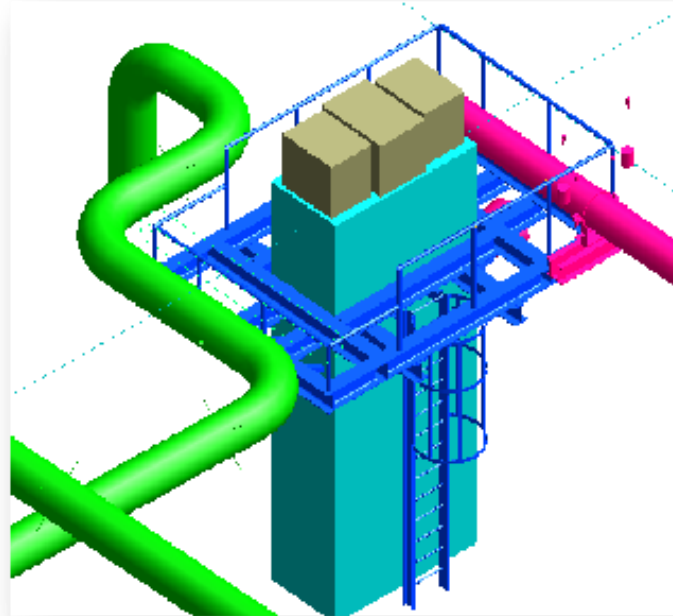
经过近几年工作实践，公司进行了一系列本质安全设计改进，形成了很多典型案例，消除或减少了施工过程中的安全风险，保障了作业人员生命健康安全。举例如下：

#### ■ 设计汽机弹簧检修平台，施工人员在安全可靠的平台上面作业，消除高处坠落风险

汽机基础的弹簧隔震器在安装时存在较大的安全风险。某项目设计人员基于PDMS三维设计平台结合管道布置和检修需求，进行优化布置，为每一组弹簧支座均设计作业平台，保障了人员工作的安全。



汽机弹簧检修平台俯视图

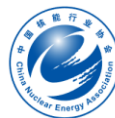


平台图

汽机基础弹簧平面布置图



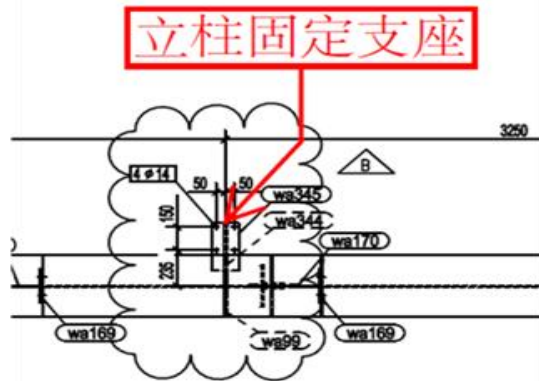
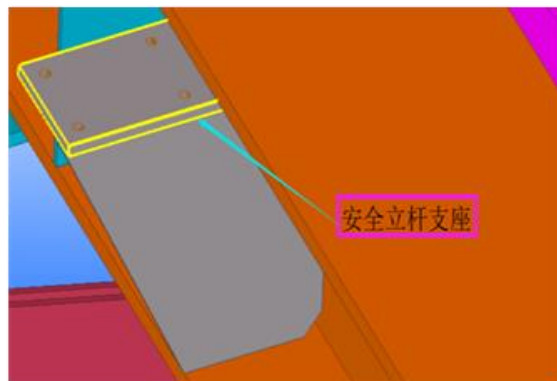
# 03 实施效果



## 3.1 安全效益方面

### ■ 屋架及钢平台上设计安全绳立柱支座，降低高处坠落风险

在某核电项目常规岛屋架及钢平台高空作业时，施工单位搭设的临时水平安全绳容易移动、不够牢固，存在较大的高处坠落风险。经过现场实地踏勘，设计人员在屋架及钢平台上设计安全绳立柱支座，解决了施工人员安全带无挂点、挂点不牢固等问题。



安全绳立柱支座设计改进效果图

## 03 实施效果



2022年度  
核电工程建设经验交流会议

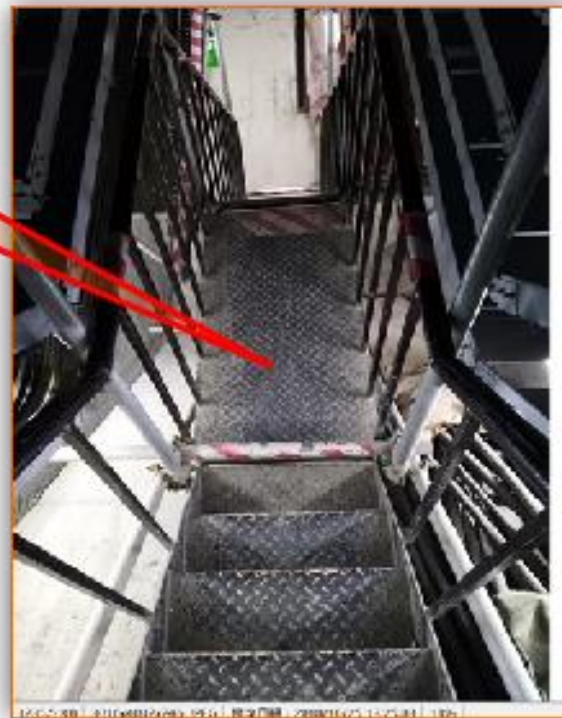
### 3.1 安全效益方面

#### ■ 优化钢梯设计，提升设计安全性、舒适性

针对核电厂部分钢梯倾角大、梯段长的问题，设计人员对钢梯进行系统优化，如倾角控制在 $38^{\circ}\sim 42^{\circ}$ 、控制单段钢斜梯的梯高不超过5m、部分设置休息平台等安全设计改进措施，显著提升钢梯安全性能和通行的舒适性，降低安全隐患。



钢斜梯梯中段  
增加休息平台



钢梯优化设计示意图

## 03 实施效果

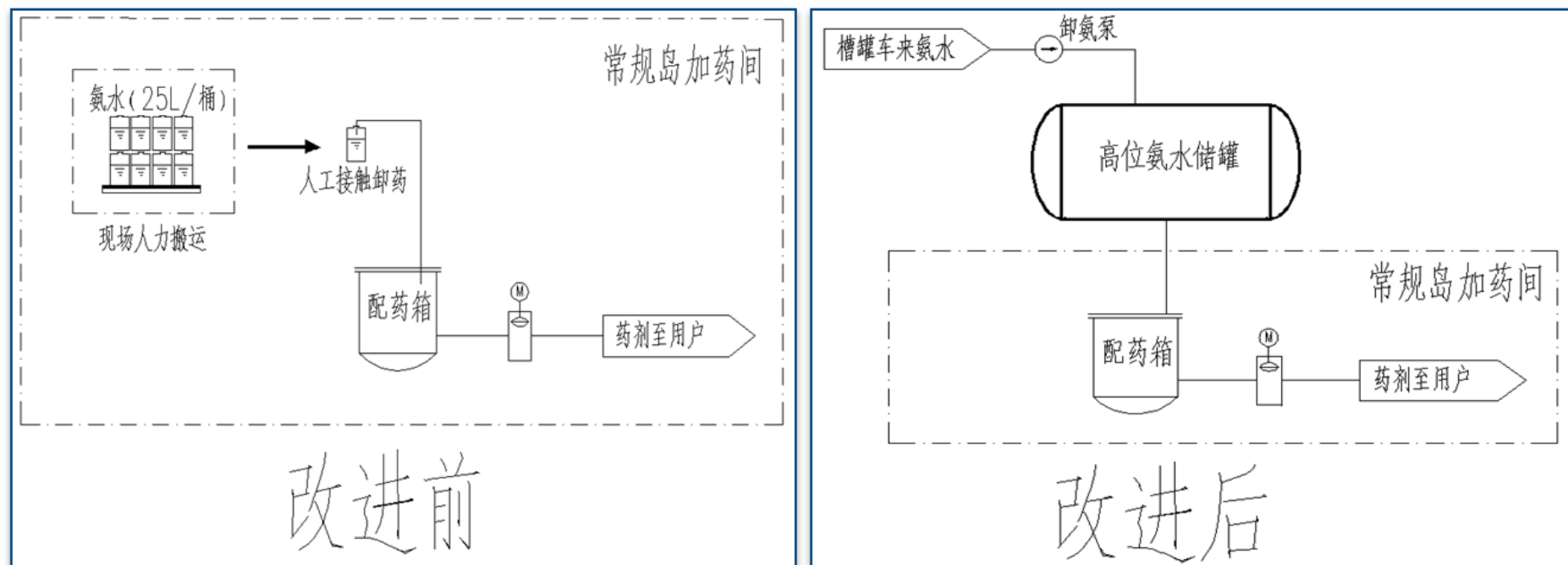


2022年度  
核电工程建设经验交流会议

### 3.1 安全效益方面

#### ■ 改进加药工艺，消除危险化学品风险

氨水是具有挥发刺激性气味毒性化学品，在某核电系统运行过程中必须用到氨水。为实现产品功能，设计人员无法从根本上消除氨水的风险，所以应采取措施降低风险。在设计过程中，通过改变配药工艺，将人工加药改为自动加药，降低了氨水对人员造成的风险。



化学加药系统流程图

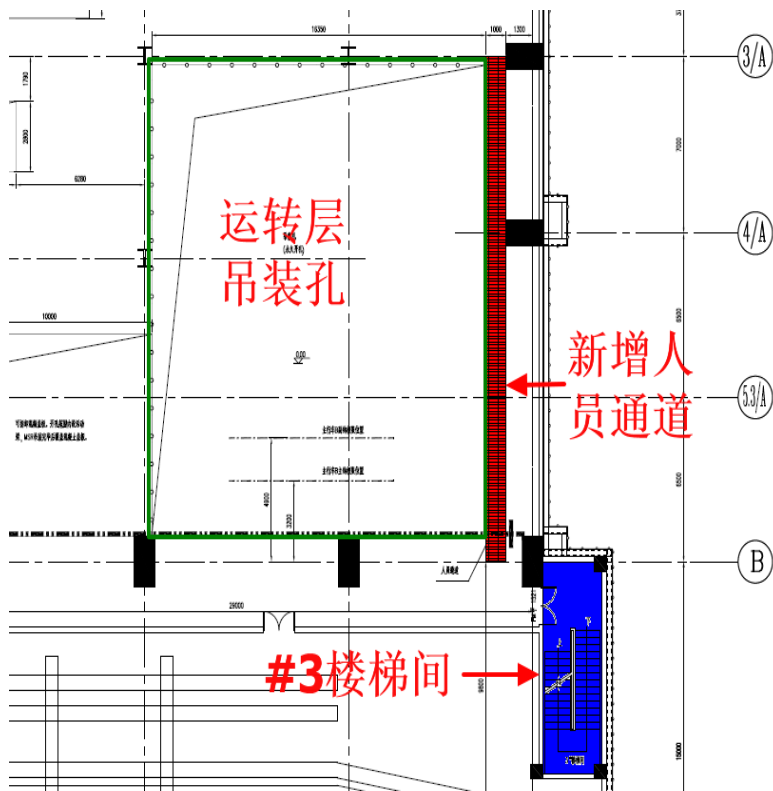
## 03 实施效果



### 3.1 安全效益方面

#### ■ 运转层增设人员通道，消除落物伤人风险

常规岛厂房安装期间，运转层的大部分区域处于主行车吊装区域范围内。运转层人员众多，人员通过吊装区域存在较大风险。设计人员在运转层增设一条人员通道，便于现场人员快速进出，避开吊装区域，消除吊装过程中落物伤人风险。



人员通道布置图

## 03 实施效果



2022年度  
核电工程建设经验交流会议

### 3.2 经济效益方面

通过本质安全设计工作实践，将安全风险从传统的后端向前端设计延伸，在设计阶段消除的安全风险不会对施工单位人员产生危害，施工单位不必投入人力、物力来控制风险，降低了施工过程中的安全投入及风险处置成本。开展本质安全设计工作以来，设计产品的安全性逐步提升。

### 3.3 管理效益方面

公司完善了传统的设计流程，将“5S1D”本质安全设计要求融入到设计过程管理中，从明确范围、辨识风险、评估风险、制定方案、传递信息方面明确要求，弥补了质量管理体系的不足，提升了设计产品的安全性及下游顾客满意度。从设计源头控制安全风险，有效的解决了核电工程建设过程中的重大事故隐患，促进了现场安全管理绩效的提升。



# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值



## 04 推广价值



2022年度  
核电工程建设经验交流会议

本质安全设计工作过程中形成的理论研究、设计流程、规范标准、工具方法等方面的成果，具备向行业内其他设计单位推广的价值。

### 4.1 从传统的后端风险管控向前端设计延伸

传统的安全管理按照事故致因理论，着眼于已经形成的风险，往往在施工阶段才开始考虑，属于风险形成之后的后端控制，并未从设计源头研究如何消除、降低风险。公司经过理论研究及工作实践，建立了全过程风险管控屏障，丰富了安全质量管理理论。

### 4.2 将安全设计要求融入到传统设计流程中

传统设计开发过程控制流程并没有系统考虑安全设计的要求，相关要求零散的出现在不同的程序中。公司系统地研究并开发了“5S1D”本质安全设计流程，从明确范围、辨识风险、评估风险、制定方案、传递信息方面明确要求，使本质安全设计工作体系化、系统化、规范化。

### 4.3 完善了行业安全设计标准

- 在核电工程设计过程中，安全设计的要求分散在各个国家标准或行业标准中，没有形成系统的标准体系，难以指导企业开展系统性的本质安全设计工作。
- 针对与人员生命健康与安全密切相关的风险，公司结合下游施工单位反馈的问题，系统性总结本质安全设计经验和做法，形成了一套系统、完善的本质安全设计指导手册。

### 4.4 创建了一套工具方法

- 传统设计过程中，缺失一套有效的工具来指导本质安全设计，设计人员无法系统、完整地识别风险，无法有效的开展风险评估及应对措施。
- 借鉴国际先进经验，公司创新开发并应用工具方法，为设计人员提供了具体工作指引，可以为行业内其他设计单位借鉴使用。

**一、本质安全设计提升核电工程安全**

**二、RBS工具量化管控调试风险**







# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值

CPR项目自岭澳二期以来产生了大量的有价值的调试领域风险信息，但在CPR1000批量化建设阶段，未建立风险数据库，导致未形成可追溯的记录。对于华龙一号项目，面临新设计、新设备、新集成以及新试验方法，现场调试面临巨大的风险。

为保证项目高质量建设，工程公司运用RBS工具开展调试风险评估，识别风险建立了准确的调试风险清单，将风险管理工作前置。



# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值



## 02 过程描述

### 2.1 总体思路

以**技术、质量**为牵引，联动**进度、成本**风险，形成前置型风险管控模式，建立**作业级、队办级、分部级**三级管控体系，持续开展风险分析与评估，实现闭环管理。

#### ◆ 前置管控：

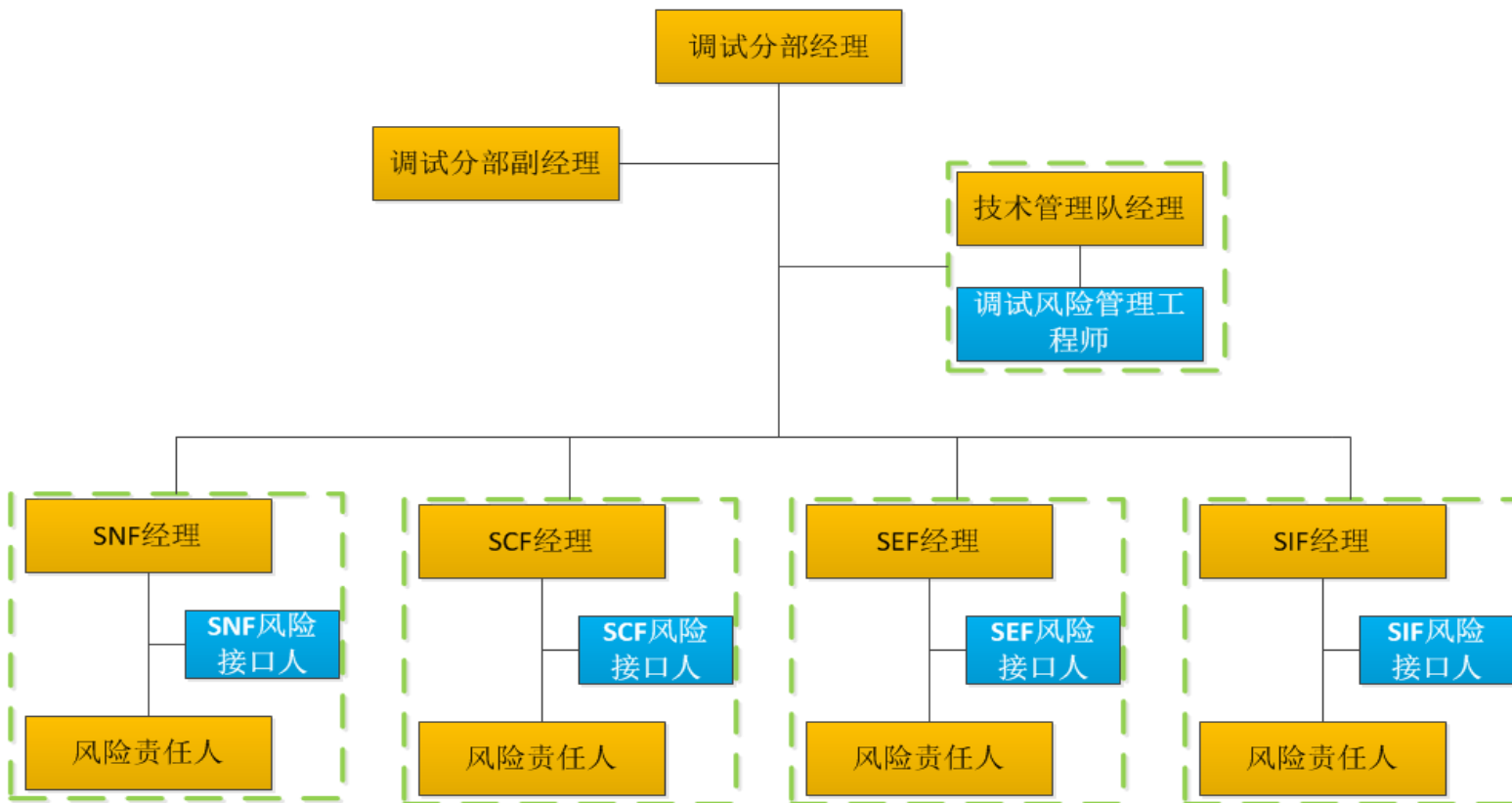
- 强化调试风险**事前主动管控**，风险管理的**起点前移**至设计源头，**调试**根据目标导向及时预警，**动态监控**调试风险。

#### ◆ 分级管控：

- 建立项目全周期建设风险管理体系，以各阶段目标为导向，利用风险管理工具，分级分层小组化运作开展风险分析与识别，分**三级管控**，超出自身能力提交上级解决，改变谁提出风险谁负责的做法。

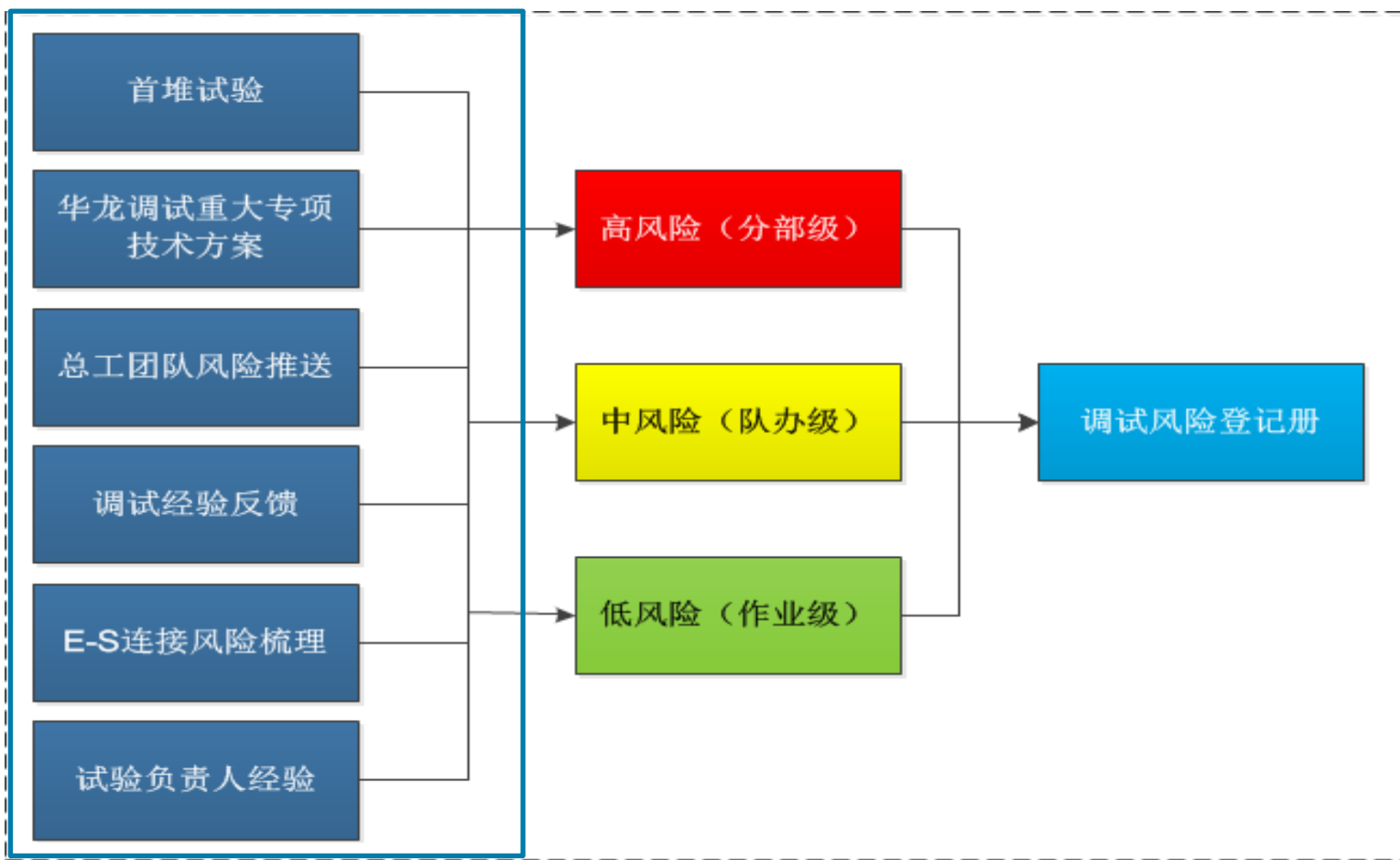
### 2.2 调试风险管理组织

- 调试分部经理是风险管理第一责任人，建立风险管理专项组织，分管副经理担任组长；
- 技术管理队负责调试分部风险归口管理，设置调试风险管理工程师；
- 各专业队设置风险接口人（兼职）。



### 2.3 风险来源

- 调试风险信息主要来自6个渠道：**首堆试验、华龙调试重大专项技术方案、总工团队风险推送、调试经验反馈、E-S技术连接、试验负责人经验。**



### 2.4 RBS风险分解结构

风险领域（一级）	二级数据结构	三级数据结构
现场条件风险	8	40
技术风险	12	41
人力资源风险	8	33
财务风险	3	22
施工设备、临时设备风险	9	29
分包商风险	8	20
永久设备/材料供应商风险	13	47
人因风险	7	27
政府风险	7	23
自然风险	3	19
业主风险	8	19
合作伙伴风险	7	20
核安全风险	4	25
<b>汇总</b>	<b>97</b>	<b>365</b>

风险项



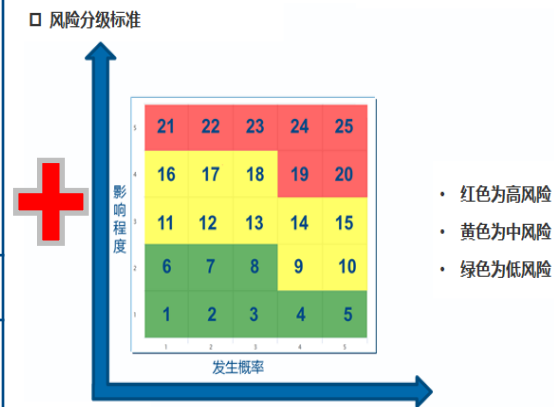
序号	风险领域（一级）	二级数据结构	三级数据结构	风险标题
1	TE 技术风险	调试	调试性能要求	流致振动试验华龙首次执行试验失败风险
2	TE技术风险	新的或不成熟的技术	未经验证的技术	RRC瞬态试验非预期停机停堆风险

# 02 过程描述

## 2.5 评价标准



		影响程度评价标准				
分级		很低	低	中等	高	很高
对应分值		1	2	3	4	5
影响类型	进度影响	符合三级计划	较三级计划产生延误,但可通过成熟实践的逻辑或工序调整消除对后续工作计划目标的影响(不影响其关联后续工作的计划目标)	较三级计划产生延误且已对后续工作计划目标产生影响(可能影响三级里程碑),进度偏差仍可通过下游常规资源组织、逻辑或工序调整等措施缓解进度影响	较三级计划产生延误且已影响三级里程碑或项目次关键路径,并可能影响二级进度或二级里程碑目标,需要下游通过超出常规条件进行资源组织、施工逻辑或工序调整缓解进度影响。	进度偏差将影响二级进度或二级里程碑目标,并可能影响项目主关键路径,进度偏差需要进一步打开各类边界条件进行缓解。
	成本影响	成本偏差≤5万	5万 < 成本偏差 ≤ 10万	10万 < 成本偏差 ≤ 50万	50万 < 成本偏差 ≤ 100万	成本偏差 > 100万
	质量影响	性能基本无偏差,工程质量基本无影响	存在少量性能偏差,工程质量影响较小,消除这种影响的成本可以接受	至少一项主要性能需求存在显著缺陷,工程质量较大影响,对工程成本或进度影响不大	性能主要方面不能满足需求,对工程质量造成较大影响,影响进度和成本	性能严重低于目标,对工程质量造成严重影响,对进度和成本影响较大
	安全影响	急救或不需治疗轻伤/疾病、侥幸免撞	可记录的治疗、限工事故、临时影响	三人以下永久性残疾	单起死亡事故或三人以上的永久残疾	多起死亡事故
	声誉影响	无媒体报道、与当地相关群体和当地政府利益极少或不相关、无投诉	当地媒体报道、与当地相关群体和当地政府利益少量相关、少量投诉	当地媒体持续报道、与当地相关群体和当地政府利益相关、有一定投诉	国内媒体持续报道多天、与相关群体和政府利益密切相关、较多投诉	持续多天的著名媒体的负面报道、与关键利益相关群体高度相关、大量的投诉



风险概率影响矩阵

风险标题	发生可能性	影响程度					风险等级	应对策略
		进度	成本	质量	安全	声誉		
流致振动试验华龙首次执行试验失败风险	高	高	中	高	很低	很低	高 (19)	风险减轻
RRC瞬态试验非预期停机停堆风险	很高	很高	低	高	很低	很低	高 (25)	风险减轻

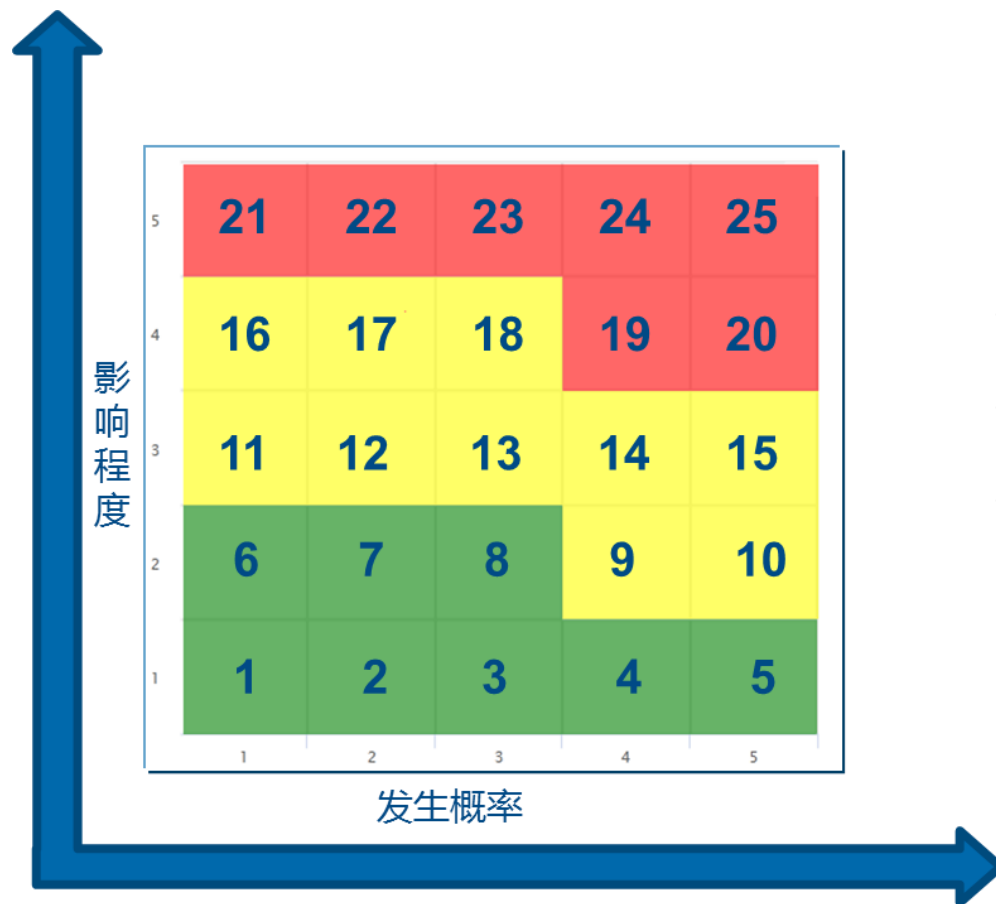


## 02 过程描述



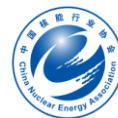
### 2.5 评价标准

- 风险评价根据**发生概率**、**影响类型及程度**，形成风险概率矩阵，影响类型包括**进度、成本、质量、安全、声誉**，在调试风险评价过程中，存在3个难点。



- 红色为高风险
- 黄色为中风险
- 绿色为低风险

## 02 过程描述



### 2.5 评价标准

#### 难点分析:

- 评价标准溯源困难，如发生可能性、成本，必须调取历史数据；
- 定性分析容易产生偏差，如进度；
- 调试优势在技术把控，5个维度中反映技术风险是质量，质量评价偏重性能，对试验方法、验收准则缺少衡量标准。

经不断完善，调试制定如下原则：

评价标准	评价原则
发生的可能性	统计18台机组发生概率；对于三代机组特有试验，统计EPR2台机组实际概率和华龙发生可能性
进度	参考历史经验，参考华龙实际进度计划
成本	核实人力成本和设备成本
质量	考虑性能基础上，增加验收准则、试验方法对试验质量的影响
安全	重点考虑调试各项试验活动可能导致的安全风险
声誉	调试试验导致外部媒体、政府关注事项较少，基本选择低或较低

## 02 过程描述

### 2.5 评价标准



**风险发生概率：统计同类事件发生次数**

风险发生可能性评价标准					
分级	很低	低	中等	高	很高
对应分值	1	2	3	4	5
定量描述	<10%	10%-30%	31%-70%	71%-90%	>90%
定性描述	一般情况下不发生	极少情况下发生	某些情况下发生	较多情况下发生	经常发生

举例：“CIM卡驱动回路异常引发卡件烧毁风险”，风险发生评价：根据前期项目反馈，AA项目损坏24块，AB项目11块，PY项目23块，18台机组均出现卡件损坏，发生概率100%”，该风险分级为很高，分值为5。

## 02 过程描述

### 2.5 评价标准



**成本影响：**核实准确人力成本和设备更换成本

			影响程度评价标准				
分级			很低	低	中等	高	很高
对应分值			1	2	3	4	5
影响类型	成本影响	适用于业务层	成本偏差 $\leq$ 5万	5万 < 成本偏差 $\leq$ 10万	10万 < 成本偏差 $\leq$ 50万	50万 < 成本偏差 $\leq$ 100万	成本偏差 > 100万

举例：“焊接不当导致堆内构件传感器脱落”风险，成本评价：根据台山委托C23人员查找一回路异物的工作量统计表得出共计XX（人日），按照每人每日XX元计算出共计成本大约在10-50万之间，风险分级为中等，分值为3。



# CONTENTS

**01** 背景概述

**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值

## 03 实施效果



### 3.1 整体效果

- 2020年调试风险评估识别740项风险，其中高风险21项，中风险292项，低风险427项。

风险等级	专业	低风险	中风险	高风险	合计
队办级	核岛	132	89	7	228
	常规岛	74	43	3	120
	电气	136	77	4	217
	仪控	85	83	7	175
	合计		427	292	21
分部级	——	0	13	19	32

# 03 实施效果

## 3.1 整体效果



调试识别高风险（部分）：

序号	风险标题	专业	风险应对（上下游配合）
1	流致振动试验首次执行失败风险	核岛	<b>设计：</b> 1、联系核动力院或其他有经验的单位签订技术支持合同；2、出版专项技措；3、制定技术预案；4、成立专项推动漏项问题解决。 <b>施工：</b> 于流致振动临时仪表焊接前完成流致振动试验相关焊接工艺评定，焊接期间协调有福清焊接经验的工人到厂执行焊接作业。
2	逻辑错误导致系统及设备非预期动作	核岛	<b>设计：</b> 1、请设计逐项分析参考电站相应变更是否适用于防二项目，并落实在下次逻辑图升版中；2、请设计提供逻辑图比对过程中发现的问题，并联合S协审需落实和不落实变更的分析；针对“暂不修改”或“待调试试验后修改”等无法达成一致的项目，请设计进一步分析、计算，必要时提请决策，推动在调试准备阶段落实。
3	RCV、RIS逻辑上的特性化参数、函数不适合华龙机组	核岛	<b>设计：</b> 1、请设计结合调试提供的特性化参数清单执行仿真验证；2、建议设计联合调试共同开展仿真验证；3、请OST联系SIF确认前期执行的仿真验证是否可满足现场要求。 <b>调试：</b> 请调试提供希望执行仿真的特性化参数清单。

## 03 实施效果

### 3.1 整体效果



调试识别高风险（部分）：

序号	风险标题	专业	风险应对（上下游配合）
4	主控室可居留性内漏试验不合格	常规岛	<b>设计：</b> 1、设计制定一体化打压方案（包括风管、混凝土风道、边界隔离阀、空调机组）和验收标准。2、专项组内施工人员负责执行及落实一体化打压方案；3、设计提高对空调机组本体内漏标准，生产厂家对空调机组进行密封改造；4、专项组梳理可居留区域边界范围，关注封堵情况及气密性检查方案。
5	APA给水泵高功率平台甩负荷跳堆试验风险	常规岛	<b>设计：</b> 1、首次在80%平台执行试验，后续由设计评定是否在更高平台执行该试验。 <b>设计/采购：</b> 1、由设计/厂家核实给水泵超流量的影响；2、鉴于苏尔寿泵组在以往项目机组给水泵小流量工况下振动超标的经验反馈，后续需E/P落实当前苏尔寿泵厂对35.8%的再循环流量的技术响应情况，并考虑60%再循环流量的后备改进方案；3、建议防二吸收阳江项目给水泵转速优化措施，后续由E/P/S共同落实。
6	CRF配合BAS试验重新带载时设备损坏风险	常规岛	<b>设计：</b> 针对虹吸破坏阀开关时间、DCS信号传输时间，在防二3号机组调试时，由调试主导在现场具备条件情况下进行测量和设计的模拟时间进行比对。 <b>调试：</b> 寻找CPR类似机组协调循泵停运窗口进行试验，在循泵停运过程中测量循泵惰转过程中正转及反转阶段时长，并将相关数据反馈设计参考。



## 03 实施效果

### 3.1 整体效果



调试识别高风险（部分）：

序号	风险标题	专业	风险应对（上下游配合）
7	BAS53试验未能正确加载超出安全准则的风险	电气	<b>设计：</b> 1、设计出版系统逻辑变更时，应全面评估修改带来的影响，评价BAS试验是够需要重新执行，工艺系统TS也需审核是否对整体功能有影响；2、成立专项组对涉及加载逻辑的系统和设备状态进行管理。 <b>调试：</b> BAS试验前相关工艺系统完成各系统逻辑试验。
8	BAS55柴油发电机参数设置不合理超出安全准则的风险	电气	<b>设计/采购：</b> 由设计将华龙EDG每一步加载负荷的详细特性、CPR和EPR柴油机加载负荷特性及调速器PID参数,提供给调速器厂家，要求厂家根据华龙每一步加载负荷特性、其他机组PID设置经验，提前进行仿真计算，从设计上找出最优的PID方案。 <b>采购/调试：</b> 现场试验阶段安排电调厂家保驾，配合调整PID参数。
9	华龙核岛低压配电盘频繁改造的风险	电气	<b>设计：</b> 1、设计院各专业间加强提资管理，并定期梳理下游新增负荷与上游配电盘的匹配性，由设计院内部对负荷匹配的深层问题进行分析； 2、现场配电盘设计改造尽量集中梳理； 3、配电盘现场大规模改造的管理模式需制定预案。

## 03 实施效果



2022年度

核电工程建设经验交流会议

### 3.1 整体效果

调试识别高风险（部分）：

序号	风险标题	专业	风险应对（上下游配合）
10	RRC瞬态试验非预期停机停堆风险	仪控	<p><b>研究：</b>1、目前研究院仅对于新增试验内容准则的计算方法通过了内部评审，其具体数值尚未确定，仍需要进一步的计算和分析。2、瞬态试验仍存在分歧。需要研究院与设计院进一步的分析和论证。</p> <p><b>设计：</b>1、增加大小阀前后6块差压表，校准ARE大小阀CV曲线，提升SG控制性能；2、RRC 73/74试验平台既参照了EPR也参照了CPR，因此试验平台设置较为混乱，调试建议参照CPR设置试验执行平台；3、BS项目此部分逻辑功能是参考EPR设计的，而已出版的RRC B版SCP中，此试验内容仍沿用CPR的试验思路，明显不合理。</p>
11	堆芯测量系统所测量物理参数超标	仪控	<p><b>设计：</b>1、堆工合理设置物理试验验收准则，制定堆芯物理试验大纲；2、调试程序编写和执行过程中，根据CPR和EPR经验合理选用试验方法，尽可能减小由于测量方法和测量过程引入的额外误差，完成物理试验TP编写。</p> <p><b>采购：</b>堆芯仪表制造单位在工厂试验阶段对仪表灵敏度、一致性、准确性、稳定性进行试验验证，并出版测试报告。</p>
12	启堆期间部分RIC一体化测量组件失效风险	仪控	<p><b>设计：</b>堆芯设计单位明确探测器可用率的最低要求，设计单位在编制运行技术规范时合理设置探测器失效时的限制条件，减少机组后撤概率</p> <p>调试联合研究院设置充分的低功率RIC试验项目，尽可能在设备投用初期验证其可用性。</p> <p><b>采购：</b>供货商对一体化组件可靠行进行相似工况验证，包括相同或相似的热工水力条件、中子学特性、辐照强度等。</p> <p><b>施工：</b>需要安装提前介入，制定相应的安装计划，并设定相应的质量计划。</p>

## 03 实施效果

### 3.3 当前进展






截至2022年3月，调试风险管控数据动态更新如下：

风险类别	低风险	中风险	高风险	未关闭风险数	已关闭风险数	累计登记风险总数
项目级风险	0	0	6	6	2	8
分部级风险	0	16	16	32	13	48
队办级风险	303	272	16	591	194	785

# 03 实施效果

## 3.3 良好案例



序号	风险标题	可能因素/条件	应对措施	风险管控成效
1	调试污水处理站建设及运行风险	<p>1、调试污水处理站需要接收处理机组调试期间排放的加药废水，目前由于土建施工延误，用于建设处理站的场地迟迟未能建成，导致设备不能进场，安装、调试工作不能开展；</p> <p>2、调试污水处理站设计处理规模为500m<sup>3</sup>/d，每日排放量若超过500m<sup>3</sup>/d可能会导致废水处理不完；</p> <p>3、运营期间需要使用硫酸、次氯酸钠等药剂，可能会存在运营期间管理和操作不规范事宜，导致药剂泄漏及污水处理不合格事宜。</p>	<p>1、推动土建施工完成调试污水处理站建设用地上中建二局办公集装箱及库房的搬迁工作</p> <p>2、选用BER厂房SEK废水池（两个800m<sup>3</sup>）做为调节池；</p> <p>3、每日尽量将调节池内存水处理完，以便后续储存每日超量排放的废水。</p> <p>4、制定运营期管理规范，门口设置保安值守，非相关人员禁止进入</p>	<p><b>华龙示范项目调试污水站完工投产。</b>自启用至今，调试污水处理站已累计处理含磷废水480m<sup>3</sup>，排水水质优于《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级排放标准</p> <p>为实现规范化管理，调试分部牵头编制了《XX项目部调试分部废水废液排放管理细则》、《调试污水处理站运行维护管理细则》、《调试污水处理站事故应急预案》等程序，保障调试污水站安全、规范运行。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">污水站进出口总磷值</p> 

# 03 实施效果



## 3.3 良好案例

序号	风险标题	可能因素/条件	应对措施	风险管控成效
2	主厂变带负荷试验方案无法通过电网审批,存在电网不允许主厂变投运的风险	<p>厂变带负荷试验需要启动下游工艺负荷,由于以下原因导致下游工艺负荷不足:</p> <p>1、厂变低压侧4个分支分别进行带负荷测试,通过计算,各分支带负荷时最低需3.74MW负荷, LGA分支下游负荷总计34MW, LGE分支下游负荷总计23MW, LGC分支下游负荷总计33MW, LGG分支下游负荷总计3MW, LGG分支下游负荷容量无法满足带负荷要求;</p> <p>2、根据进度计划安排, LGA/LGC分支下游工艺负荷CRF泵移交在厂变送电时间前,可满足带负荷要求,但LGE分支下游工艺负荷APA泵移交在厂变送电时间后,不具备启动条件,直接影响厂变LGE分支带负荷试验,进而影响厂变投运。</p>	<p>1、项目层面推动需求负荷优先完成安装和移交;</p> <p>2、提高层级与电网协调同意使用一次通流方式判别保护极性。</p>	<p>2020年初调试识别此风险,于2020年11月初、12月初组织两轮技术讨论,与业主在技术上讨论并达成一致,编制完成《500kV主变倒送电启动方案》,采取CRF(A+B列)/CEX(C列)/AAD(D列)电机启动推动电网同意启动方案;最终于4月4日成功完成500kV倒送电试验。</p> 



# 03 实施效果

## 3.3 良好案例



序号	风险标题	可能因素/条件	应对措施	风险管控成效
3	BAS55柴油发电机带卸载试验超出安全准则的风险	<p>1、厂家无法进行完整的EDG分阶段带载试验，调节器参数与分步带载匹配性未验证，BAS试验可能出现试验结果超安全准则；</p> <p>2、加载程序设计不合理，单步加载负荷过重，导致母线电压/频率下降幅度较大，恢复至正常时间较长，超出安全准则；</p> <p>3、电压频率恢复时间安全准则在电压频率恢复时间计时起点选取上存在差异，将会带来不同的试验结果，直接影响结果判定。</p>	<p>由设计将华龙EDG每一步加载负荷的详细特性、CPR和EPR柴油机加载负荷特性及调速器PID参数提供给调速器厂家，要求厂家根据华龙每一步加载负荷特性、其他机组PID设置经验，提前进行仿真计算，从设计上找出最优的PID方案；</p>	<p>针对BAS55柴油发电机带卸载试验，已完成以下三点工作：</p> <p>1、针对柴油机PID参数：柴油机厂家已进行了仿真，并<b>出具了仿真报告</b>。</p> <p>2、针对计时起点：通过<b>调整计时起点放宽标准过关</b>。将计时起点从“电压/频率波动瞬间开始计时”修改为“电压/频率不满足正常运行范围下限开始计时”，即：频率下降至99%(49.5Hz)/电压下降至95%(9.5kV)作为计时起点。</p> <p>3、针对负荷加载步序：通过<b>调整ASG与MHSI带载逻辑</b>，规避两台大泵同时叠加情况。</p> <p>当前上述各项结果满足调试需求，<b>待试验实际执行时验证</b>。</p>



# CONTENTS

**01** 背景概述

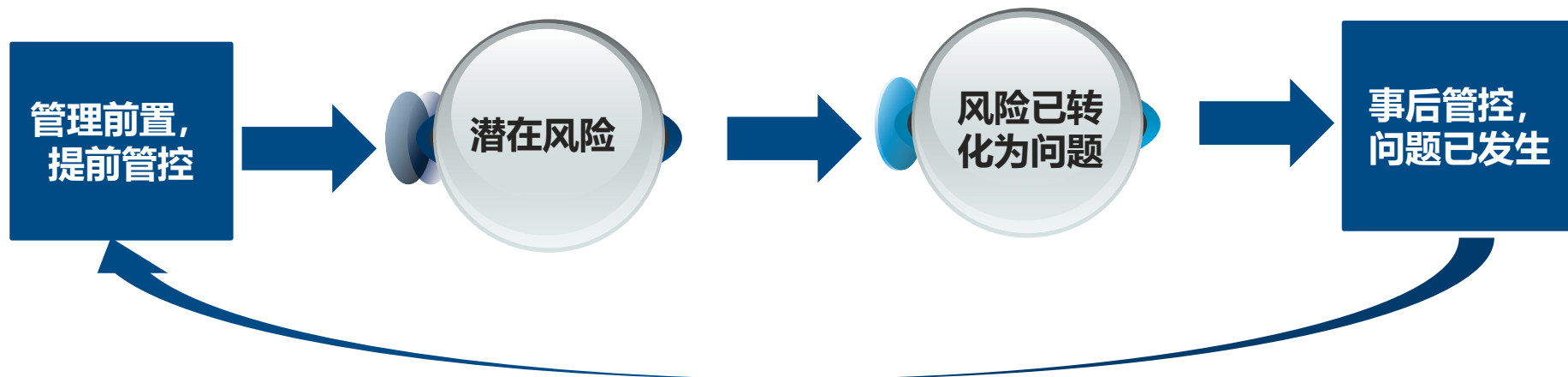
**02** 过程描述

**03** 实施效果

**04** 推广价值

### 管理重心从已发生的问题前移至潜在风险：

- 调试风险管控的目的是避免风险变成问题，利用RBS工具，强化调试风险事前主动管控，将管理重心前移至潜在的风险上，起点前移至设计源头。注重风险的提前识别与应对，强化风险的预警能力，根据目标导向及时预警，动态监控调试风险。



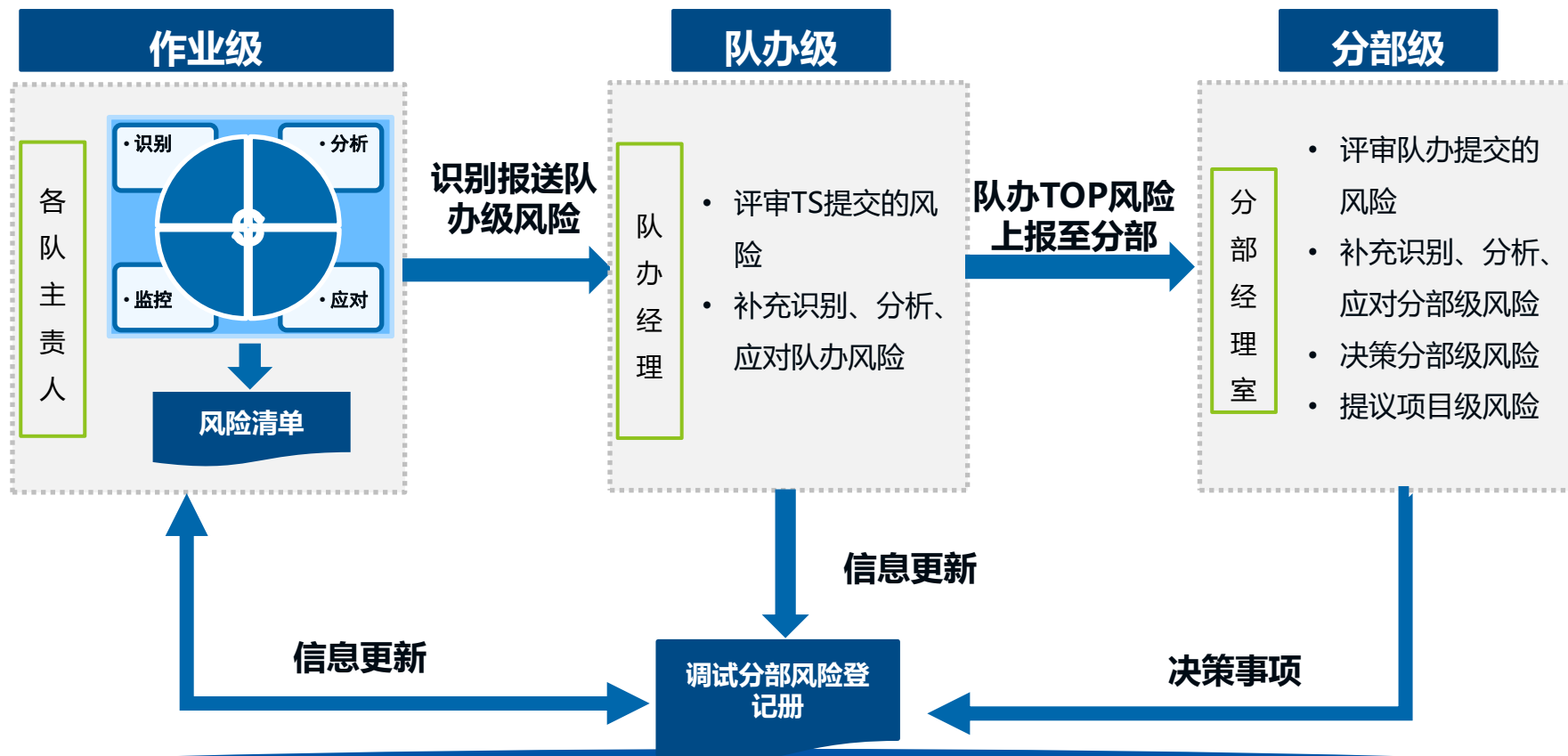


## 04 推广价值



按照主责人、队办、分部多级管理：

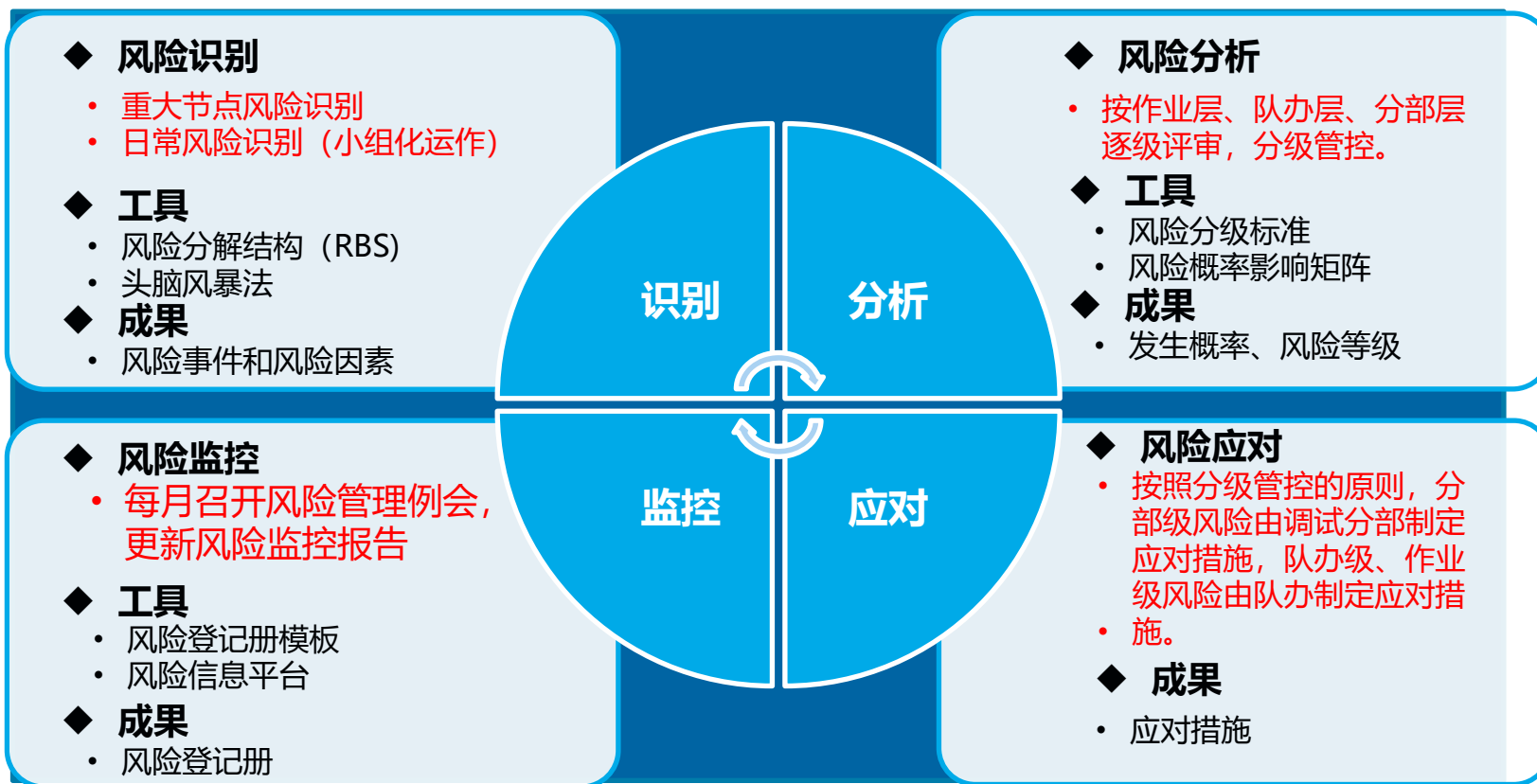
- 分级分层小组化运作开展风险分析与识别，超出自身能力提交上级解决，改变**谁提出风险谁负责**的做法。



## 风险监控过程中对已识别风险进行再评估、验证关闭:

风险评估: 风险识别+风险分析+制定应对计划

风险监控: 执行应对计划+监控风险趋势+实时风险预警



## 04 推广价值



2022年度  
核电工程建设经验交流会议

### 创新性

利用RBS（风险分解结构）工具管控华龙项目调试风险，创新管理模式，在中广核核电项目内属首创

### 有效性

搭建有效风险管理组织、量化风险评价标准，通过风险前置管理、分级管理、闭环管理，建立了一套实用、有效的核电厂调试风险管控体系

### 推广性

基于华龙项目的调试风险管控体系，可操作性强，不受技术路线影响，具备多技术路线推广的可能性，可在核电行业调试领域推广

谢谢

THANK YOU

