

团体标准 编制说明

标准名称 堆照同位素生产设施数智化人机接口

设计指南

主编单位 中国核电工程有限公司

参编单位 中核秦山同位素有限公司

北京亚信兴源科技有限公司

《堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南》编制说明

一、任务来源及计划要求

1. 标准年度制定计划

根据《中国同位素与辐射行业协会关于下达 2025 年第二批团体标准立项计划的通知》（中同辐协〔2025〕162 号）的要求开展《堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南》编制工作（立项计划编号：CIRA-STD2520），中国核电工程有限公司作为牵头起草单位承担标准的编制工作。

2. 编制背景

《医用同位素中长期发展规划（2021-2035 年）》出台后，放射性医用同位素行业将迎来爆发式增长期。随着国家通讯技术发展和最新的无线通信技术 5G 技术，堆照同位素生产设施将结合相关技术开展数智化生产转型，数智化生产转型的基础是数智化运行，数智化运行准则已经发布团体标准，为了实现，数智化的人机接口设计是保证数智化运行完美实现的基础。目前在核电行业核电站有非常完整的人机接口设计原则，安全当局也有针对人机接口中人因工程的审查指南，但是在堆照同位素设施中数智化运行刚刚开始考虑实施，如何保证人机接口设计满足数智化运行要求，应该考虑在哪些领域考虑人机接口的要求，这些领域中人机接口的一般要求和专用要求是什么，设计应该符合什么标准的要求，哪些核电行业的准

则可以借鉴参考，如何规定都还没有相关的文件和相应的规范，因此需要制定相关的标准来规范操作实施，保证实现用户要求和达到数智化转型的目标。

根据国家法律法规的要求，针对堆照同位素项目特点，随着数智化运行示范项目的实施，结合新技术应用和科技成功工程转化经验，将实际设计和实际应用反馈总结提炼形成相关要求，编制《堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南》，旨在规范堆照同位素生产设施数智化人机接口设计的内容和对应的技术要求，包含人机接口设计原则、人机接口设计内容和要求，其中内容和要求包含不限于设计分析、信息显示、人机交互和管理、计算机化报警、班组监视显示、计算机化规程、就地控制以及人机接口和仪控降级等方面的要求，最终满足用户生产运行要求。

通过设计指南规定的内容，可以指导在建、在运和扩建的设施开展数智化人机接口设计以满足数智化运行原则要求，本标准形成了数智化运行中人机接口完整的全生命周期设计流程指导。

3. 主要内容

本文件为《堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南》。本文件规定了堆照同位素生产设施数智化人机接口设计的内容和对应的技术要求，包含人机接口设计原则、人机接口设计内容和要求：设计分析、信息显示、人机交互和管理、报警、计算机化规程、就地控制以及人机接口和仪控降级等方面的要求。

二、编制情况

（包括编制原则、编制组成员、工作分工、征求意见单位、各阶段工作过程等）

1. 编制原则

本标准编制遵循合法性、科学性、实用性、先进性、系统性、安全性和经济性兼顾等原则。

（1）合法性原则

本标准内容应符合国家及行业的法律法规要求，并与国家、行业相关标准的要求保持一致，应避免与现有相关的规范内容冲突。

（2）科学性原则

本标准编制遵循科学性原则，通过对国内外针对人机接口设计的标准和审查标准进行技术调研，并对现有堆照同位素生产设施数智化运行示范项目进行调研，在充分分析国内外标准内容的基础上，结合核电数智化人机接口设计、运行和安全审评反馈和运行经验反馈，同时总结数智化运行的堆照同位素生产设施特点，广泛征询设施单位的意见和经验反馈，并借鉴中核秦山同位素项目的设计和建设经验，确定了要求，确保了标准制定的科学性。

（3）实用性原则

标准内容遵循实用性原则，具备可操作性，明确的要求、内容和指标明确，应便于执行和推广。

（4）先进性原则

本标准编制遵循先进性原则，结合国际上最新数智化技术和人因工程技术进展和发展趋势，匹配数智化生产运行管理最新要求，融合先进数智化技术与相关设施技术特点，确保所提要求达到国内先进水平。

（5）系统性原则

标准应逻辑清晰，层次分明，便于理解和使用，内容方面应完整，涵盖所有相关方面，避免遗漏。

（6）安全性与经济性兼顾原则

堆照同位素设施应兼顾安全性和经济性要求。人机接口设计要求必须满足国家相关标准法规要求，需充分考虑人机接口设计对生产安全和人身安全带来的影响，人机接口设计中考虑所有对安全有影响的因素，比如颜色、信号显示种类区别、信号显示功能区分、对重要信号进行报警分级处理、考虑仪控系统降级带来的影响等，确保配置足够的人机接口设备，部署采用不同的人机接口系统以确保生产相关数据的安全性，具体部署应根据不同的业务需求进行规划，保障系统实施的经济性，以降低项目投资，提高整体效益。

2. 编制组成员

本文件负责起草单位包括中国核电工程有限公司（主编单位）、中核秦山同位素有限公司（参编单位）、北京亚信兴源科技有限公司（参编单位）。

编制组成员包括唐涛、沈裕祥、张玉峰、徐宁、李智强、刘文可、周帅彪。

3. 工作分工

中国核电工程有限公司负责标准起草、主要技术指标确定、整体协调及组织工作过程研讨；中核秦山同位素有限公司负责提供人机接口需求和实际工程验证数据，北京亚信兴源科技有限公司提供数智化生产管理和控制系统人机接口实施相关技术支持和经验反馈。标准征求意见稿和编制说明由主编单位与参编单位共同讨论完善。

参与单位、参与人员以及具体分工参见表一。

表 1 堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南编制单位、编制组分工

主编单位	中国核电工程有限公司						
参编单位	中核秦山同位素有限公司、北京亚信兴源科技有限公司						
起草 工作组成员	序号	姓名	单位	职称	起草组 职务	分工	有无 标准 制修 订经 验
	1	唐涛	中国核电工程 有限公司	正高级 工程师	组员， 召集人	负责整体策划、标准文本撰写整理、组织协调和监督检查，确保标准编制工作的顺利进行	有
	2	沈裕祥	中核秦山同位 素有限公司	高级工 程师	组员	参与标准的制定和审查，提供标准生产相关资料和试验验证数据	有
	3	张玉峰	中国核电工程 有限公司	正高级 工程师	组员	负责标准文本的审查和修改，确保标准的准确性。	有
	4	周帅彪	中国核电工程 有限公司	高级工 程师	组员	参与标准的制定和审查，确保标准的实用性和可操作性	无
	5	李智强	中核秦山同位 素有限公司	助理工 程师	组员	参与标准的制定和审查，提供标准生产相关资料	无
	6	徐宁	北京亚信兴源 科技有限公司	高级工 程师	组员	参与标准的制定和审查，确保标准的实用性和可操作性	有

	7	刘文可	北京亚信兴源 科技有限公司	助理工 程师	组员	参与标准的制定和 审查，确保标准的 实用性和可操作性	无

4. 各阶段工作过程

第一阶段：筹备阶段（2025 年 12 月 15 日至 2026 年 1 月 15 日）。成立标准起草工作小组，召开内部工作准备会议，制定标准工作大纲，包含标准编制目标、范围与重点，并拟定详细工作计划。

初步的进度计划如下：

标准阶段	具体安排	责任单位	阶段目标	进度安排
标准草案	文献调研整理，确定主要指标，形成标准草案	主编单位	形成标准草案并讨论修改，确认分工及进度	2026. 5. 7
	协会组织启动会讨论标准草案	协会		
工作组讨论稿	修改工作组讨论稿	起草组	形成标准工作组讨论稿	2026. 5. 10
征求意见稿	完成征求意见稿	主编单位	形成征求意见稿及编制说明并提交	2025. 5. 12
征求意见稿	公开征求意见一个月	协会	征求意见稿及编制说明	2025. 5. 12-6. 12
标准送审稿初稿	修改形成标准送审稿初稿	协会	形成送审稿修改稿、编制说	2025. 6. 20

标准阶段	具体安排	责任单位	阶段目标	进度安排
			明及意见汇总表	
标准送审稿	召开标准送审稿审查会	协会	形成报批稿、编制说明及意见汇总表	2025. 6. 30
标准报批	标准报批材料准备	协会	标准报批	2025. 7. 10
标准发布	标准发布	协会	批准发布	2025. 7. 15

第二阶段：调研阶段（2025 年 12 月 15 日至 2026 年 4 月 10 日），分析行业现状与发展趋势，收集相关参考资料及已发布的通用行业标准、团体标准，分析收集的国际标准的要求，分析核电安审的要求，对人机接口中关键的人因工程要求进行进一步的分析，对比核电、核化工、航天、一般电力方面的人机接口设计要求，并结合同位素设施的特点进行梳理，整理数智化运行中人机接口要求的主要原则、内容和需要满足的要求，获取了几十份的标准编制参考资料并形成了梳理表格和分析报告，为标准制定提供了依据。

第三阶段：起草阶段（2026 年 4 月 10 日至 2026 年 4 月 30 日），起草工作组召开 5 次内部会议，讨论形成标准目录，确定标准各章节主要内容。基于调研结果和实际需求，编制标准草案，并对各章节内容进行内部审查与修改。

第四阶段：协会召开标准编制启动会暨初稿研讨会

起草工作组成员完成各自负责的内容，提交给执笔人汇总，执笔人汇总形成初稿提交协会召开标准的启动会暨初稿研讨会，形成经协会认可的进度安排并形成初稿审查意见。

2026年5月7日，中国同位素与辐射行业协会发布通知组织召开《堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南》（立项计划编号：CIRA-STD2520）团体标准启动会暨初稿研讨会。经过充分讨论并形成了第一次标准工作组讨论稿，形成会议结论如下：

（一）修改意见

经过充分讨论并形成了第一次标准工作组讨论稿，形成意见如下：

（1）章节“1 范围”：建议将“本标准”修改为“本文件”；

（2）章节“2 规范性引用文件”中，在正文中引用具体条款的文件需体现年份号；章节“3 术语和定义”中的引用的标准文件来源需注明标准号和引用的具体章节号；

（3）章节“3 术语和定义”：术语“人机接口 Human-System Interface (HSI)” 建议进一步核实是否已有标准对“人机接口”赋予定义；

（4）章节“4 人机接口设计原则”：建议进一步修改相关措辞；章节“4 人机接口设计原则”与章节“4.1 一般原则”中间的内容建议删除并放到编制说明；

（5）章节“4.1 一般原则”：b)款建议将“电厂”修改为“设施”；

（6）章节“4.2 其它原则”：a)款建议删除“软控制器、专用控制器”；b)款建议将“工程师、维修人员”修改为“维修工程师”，将“保健物理和化学人员”修改为“辐射防护和质检人员”；e) 款建议删除“安全停堆”与“维护”；

(7) 章节“5 人机接口设计内容和要求”与章节“5.1 设计分析”间的内容建议删除并放到编制说明；章节 5.1 至 5.8 及其附属章节中开头解释性内容同上；

(8) 编制说明：章节“2. 编制背景”中建议删除“指示仪和控制器、计算机化、安全重要参数显示、班组监视显示、自动化要求、控制室和 workstation”等非核心内容，并进一步细化“主要技术内容”相关章节的表述。

(二) 分工安排

- 1. 2026 年 5 月修改形成工作组讨论稿；
- 2. 中国核电工程有限公司负责标准起草与修改完善、主要技术指标确定、整体协调及组织工作过程研讨；中核秦山同位素有限公司负责提供业务需求和实际工程验证数据，北京亚信兴源科技有限公司提供无线通信网络系统设备相关技术支持，包含提供相关技术指标参数等；
- 3. 标准的各阶段文稿和编制说明由主编单位和参编单位共同讨论并完善。

(三) 进度安排

标准阶段	具体安排	责任单位	阶段目标	进度安排
标准草案	文献调研整理，确定主要指标，形成标准草案	主编单位	形成标准草案并讨论修改，确认分工及进度	2026. 5
	协会组织启动会 讨论标准草案	协会		

标准阶段	具体安排	责任单位	阶段目标	进度安排
工作组讨论稿	修改工作组讨论稿	起草组	草案讨论修改，确认分工及进度，形成标准工作组讨论稿	2026.5
征求意见稿	完成征求意见稿	主编单位	形成征求意见稿及编制说明并提交	2026.5
征求意见稿	公开征求意见一个月	协会	征求意见稿及编制说明	2026.6
标准送审稿初稿	修改形成标准送审稿初稿	协会	形成送审稿修改稿、编制说明及意见汇总表	2026.6
标准送审稿	召开标准送审稿审查会	协会	形成报批稿、编制说明及意见汇总表	2026.7
标准报批	标准报批材料准备	协会	标准报批	2026.7
标准发布	标准发布	协会	批准发布	2026.7

第五阶段：形成征求意见稿

按照初稿审查意见执笔人进行修改，形成征求意见稿并提交给协会。

-执笔人于5月按照启动会暨初稿研讨会的会议纪要意见第二点要求，重新按照协会的标准模板进行了整体文件的格式修改，形成了符合格式要求的征求意见稿，工作组人员进行了复核校对，5月30日修改格式完成。

-6.1-6.26 执笔人审查意见进行逐条修改：

--按照第（1）条审查意见，章节“1 范围”：建议将“本标准”修改为“本文件”，已经修改为“本文件”；

--按照第（2）条意见，章节“2 规范性引用文件”中，在正文中引用具体条款的文件需体现年份号；章节“3 术语和定义”中的引用的标准文件来源需注明标准号和引用的具体章节号，修改增加了年份，改为：“ISO 11064-7-2006”。3 术语中已经增加引用的具体章节号。

--按照第（3）条意见，章节“3 术语和定义”：术语“人机接口 Human-System Interface (HSI)” 建议进一步核实是否已有标准对“人机接口”赋予定义；经过核实，在 GB13630-2015《核电厂控制室的设计》中 3.5 有人机接口定义，其为控制和显示设备与控制室人员的实体界面，包含操纵员支持系统，这个定义为核电定义，其它的化工等标准中没有相关的定义，各个行业的定义都是不一样的，所以不再修改。

--按照第（4）条意见章节“4 人机接口设计原则”：建议进一步修改相关措辞；章节“4 人机接口设计原则”与章节“4.1 一般原则”中间的内容建议删除并放到编制说明；修改了相关措辞，并将中间文字删除，在编制说明中说明编制的意图；

--按照第（5）条意见，章节“4.1 一般原则”：b)款建议将“电厂”修改为“设施”，已经修改；

--按照第（5）条意见，章节“4.1 一般原则”：b)款建议将“电厂”修改为“设施”，已经修改；

--按照第（6）条意见，(6)章节“4.2 其它原则”：a)款建议删除“软控制器、专用控制器”；b)款建议将“工程师、维修人员”修改为

“维修工程师”，将“保健物理和化学人员”修改为“辐射防护和质检人员”；e)款建议删除“安全停堆”与“维护”，已经修改；

—按照第（7）条意见，章节“5 人机接口设计内容和要求”与章节“5.1 设计分析”间的内容建议删除并放到编制说明：已经删除，挪到了编制说明中；章节 5.1 至 5.8 及其附属章节中开头解释性内容同上；

—按照第（8）条意见，编制说明：章节“2. 编制背景”中建议删除“指示仪和控制器、计算机化、安全重要参数显示、班组监视显示、自动化要求、控制室和工作站”等非核心内容，并进一步细化“主要技术内容”相关章节的表述。已经删除，并细化了主要技术内容相关章节的表述。

—6. 27-7. 10 执笔人将相关的修改文本提交工作组，工作组相关人员进行校核，提出调整意见，执笔人进一步修改了相关的内容，形成一版文件给标准工作小组进行形式审查。

—7. 10-7. 16 执笔人按照工作小组要求，增加了编制说明内容并进行了格式修改，提交协会标准小组审查。

—7. 17-7. 31 协会标准小组提出进一步的修改要求，要求进一步完善工作过程和内容，执笔人完成修改后再次提交协会。

三、主要技术内容的说明

（包括技术参数与指标的确定依据、重大分歧意见处理情况、修订标准的各修订点及其理由等）

本标准的主要技术内容编制是通过起草工作组召开内部讨论会，由中国核电工程有限公司内长期从事核电和核设施数智化运行设计和人机接口

设计的专家牵头，由承担了中核同位素生产设施数智化运行生产系统实施项目京亚信兴源科技有限公司资深技术专家提供人机接口实施专业技术支持和技术分析，并组织堆照同位素设施中有丰富数字化运行经验专家和数字化系统实施专家共同讨论编制。

主要技术内容是从数智化人机接口设计全生命周期角度出发确定设计原则要求，给出了设计的一般原则：确保 HSI 的设计支持用户安全，并与他们一般的认知和生理能力相匹配；给出了人机接口设计其它重要原则要求，对关键的信息显示、显示设备、接口管理和系统冗余设置原则进行了规定。在设计原则的基础上，明确了人机接口设计需要包含的内容以及相应的要求，就是在确定内容基础上明确设计范围；设计中关键点-功能分析、信息显示、人机交互和管理、计算机化报警、计算机化规程、就地控制以及人机接口和仪控降级等方面的要求。

本标准主要包括范围、规范性引用文件、术语和定义、设计原则、设计内容和要求。现就标准中的相关内容做如下说明：

1、范围

本文件规定了堆照同位素生产设施数智化人机接口设计的内容和对应的技术要求，包含人机接口设计原则、人机接口设计内容和要求：设计分析、信息显示、人机交互和管理、报警、计算机化规程、就地控制以及人机接口和仪控降级等方面的要求。

本文件适用于国内及国外新建、改建和扩建的堆照同位素生产设施数智化人机接口设计。其他核技术应用工程设计可参考使用。

参考了核电厂相关团体标准相关内容，结合堆照同位素生产设施的特点，进行了优化。

2、规范性引用文件

本文件由规范性引用文件，主要是人因工程相关要求方面，这些标准是在核行业通用执行的标准。必须引用。

与核电的核电厂相关标准和团体标准相关内容进行分析对比，这些内容是必须遵守的，在实际工程中也是经过验证必须满足的要求。

3、术语和定义

对术语和定义进行了说明。主要对人机接口系统、人因工程、人因工程中的确认与验证进行了规定。

4. 人机接口设计原则

设计原则规定整个设施的人机接口设计应采用一致的方法，以确保设计遵循了适当的人因要求、与人的能力相匹配，设施运行安全性和可用性得到保证。规定了人机接口设计导则应贯彻于项目的整个初步设计阶段、施工设计阶段，以及人因工程的验证和确认（V&V）阶段。人机接口设计原则的目的有如下三个方面：

- a) 为开发详细设计导则提供基础；
- b) 作为一般性原则，支持现有导则未覆盖的人机接口特征的评估，如新的信息呈现方式；
- c) 支持对显著的人因偏差进行评估。

针对这些要求规定了一般原则和其它原则：

一般原则是确保 HSI 的设计支持用户安全，并与他们一般的认知和生理能力相匹配，包含了人员安全、认知匹配、生理匹配、简洁性和一般性要求。

其它原则是具体化信息显示等内容的综合原则要求。包含适用的范围（全部设备和有 HSI 资源的地方）、HSI 资源信息应包含的内容、人机接口设计需要考虑的任务种类和操作类型、信息显示的要求、接口元素的组织要求、人员认知的处理能力要求、接口管理要求以及包含帮助功能要求和容错设计要求等。

5. 设计内容和要求

设计内容是在原则基础上明确人机接口如何设计-确定各部分的一般要求和具体设计要求；人机接口设计中关键点-设计分析要求、信息显示要求、人机交互与管理要求、报警要求、计算机化规程要求、就地人机接口、人机接口和仪控系统降级下的要求、验证与确认要求。

5.1 设计分析

设计分析要求包含：

5.1.1 功能分析：

a) 需要针对所有工况和运行状态进行分析，确保保证设施安全运行所必需的功能得到明确的定义和充分的分析。

b) 确定完成运行目标所需的信息于控制要求，及明确执行功能所需的时间、性能要求及限制条件。所需的信息包含功能何时需要、何时可用、何时运行、何时达到目的或终止等内容；

c) 需要考虑人、技术和组织因素

d) 需要进行分层次的功能分析，就是要求最终将功能分析分解到设施工艺系统层级，将高层次功能分解为可自动执行、手动执行或手/自动执行相结合的低层次功能；确定人与自动控制的角色与职责的框架，明确实现高层次功能所需系统及过程和成功路径所需人员行为的组合。

5.1.2 功能分配：

a) 针对所有状态进行功能分配，以确保实现设施安全运行所必需的功能得到充分明确的定义和恰当的分析。

b) 利用工艺要求、当前工业技术、运行经验以及人员效能的优势和弱点进行人与自动控制的功能分配，应考虑到人的能力和机器的优势，进行人与自动控制的功能分配时，应考虑到人的能力（例如：改进能力、灵活性、判断与状态探查的能力）和机器的优势（例如：复杂操作的快速性与并行处理能力），技术是否可被人接受、系统响应的及时性、纵深防御等因素。可按以下方式分配：

- 分配给人，如手动控制（无自动控制）；

- 分配给自动控制系统，如全自动控制和非能动控制；

- 分配给人与自动控制的组合，例如：

- 共同操作，即：一个功能的某些方面为自动执行，其他方面则是手动操作；

- 经过批准或授权的操作，即：当得到人员许可且条件允许时，功能通过自动控制实现；

- 例外操作，即：功能通常通过自动控制实现，除非有特别预定义的情境或必须要手动操作的情况

c)应考虑人、技术和组织因素。

d)如果控制功能的实现需要将重叠和冗余的职责分配给人和自动控制（例如：将对于自动控制系统的监视并维持监督控制的责任分配给人），则应对该分配进行记录并存档。

5.1.3 任务分析：

a)应考虑设施状态和与此任务相关的所有运行和维修班组人员，如控制室操作员、现场操作员、运维人员等。

b)任务分析应考虑人、技术和组织因素（如领导、管理和沟通），并且任务分析应对人员执行任务相关的身体活动与认知活动进行分析并存档。

c)任务分析应从任务执行者的角度来分析任务内容及其关系。

d)任务分析应确定分析的范围，一般包括以下内容：

- 不同地点（例如：主控制室、就地控制站等）需要执行的任务；
- 取决于设施状态的不同任务；
- 需要个体完成的任务和/或需要在不同组织（运行、维修、规程编制、计算机系统工程）和相关方之间沟通协作的任务；
- 必须要在时间压力或恶劣的环境条件和背景下执行的任务，或对安全至关重要但很少被执行的任务。

e)在确定需要进行分析的任务时应考虑风险与安全因素，包括以下任务：

- 对人员造成职业风险的任务；
- 安全分析中置信的任务；

--从运行经验中识别出的具有挑战性的或易于出现失误的任务；

f) 任务分析的结果应有助于识别人员需求（如组织方面、人员配置、资质与培训），设备需求（如人机接口、专用工具、防护服），文件需求（如程序、工艺流程和操作指南）、所需的通信系统及其使用；

5.1.4 人员配置、组织和资质的分析

a) 应分析人员配置、组织架构、人员资质对重要人员任务的影响，以确定人员需求数量、组织交互和人员资质。

b) 对于运行核动力厂的改造或新建设施，应进行人员配置、组织和人员资质的分析，考虑相较参考设施的所有变更，这些变更可能会影响：

--人员任务的安全执行；

--人的工作负荷；

--使每个团队成员的贡献与团队任务相一致的能力；

--负责检查任务进度（例如：检查操作员在控制室和就地执行的行动）的个人的独立性与合作性；

--对任务及其作用的认识，以及人对任务的接受度。

c) 人员配置、组织和资质分析应涵盖执行影响安全任务的所有团队。包括所有运行值、服务支持团队、应急准备与响应团队。分析应识别并评估这些团队在人员配置、组织、资质方面的需求。

d) 在给团队成员分配个体任务时应考虑以下几点：

--分配给每个成员的任务清晰明了；

--任务分配的依据是确定的、合理的；

--在所有运行工况和事故工况下，每个成员的工作负荷是合适的；

--在白班和夜班团队间分配任务时，应考虑对人员效能的影响；

--不同运行工况下的任务应以某种方式分配给团队成员，这种方式要确保职责的连续性，并保持个人与团队的情境意识。

5.2 信息显示

信息显示要求包含：

5.2.1 一般要求：

信息显示作为操作人员监视和控制设施所需要的最主要信息来源，其设计应根据信息需求分析，考虑显示格式、显示元素、页面、网络、数据质量、更新速率以及显示设备等方面。

a) 显示格式指设计人员将选择传达给操作人员的信息呈现类型，如趋势显示画面以及管道和仪表流程显示画面。显示格式由显示元素组成，如字母、图标、箭头以及轴线等。当使用显示元素时，需要重点考虑信息质量（信息的有效程度）和更新速率（信息的实时程度）。

b) 经常需要将多种格式组织在一起形成显示画面。操作人员在可用的显示设备上选择其想要查看的画面，如通过 CRT 或平板显示器和控制室的测量仪表。

c) 显示格式包含：连续文本显示、表格和列表显示、数据表单和字段、棒状图和直方图、曲线图、流程图、饼图、模拟图和示意图、地图、布置图等。

d) 显示元素包含数字字母字符、标签、图形和符号、数字数据、刻度、坐标轴和网格、边界线、线条、颜色、尺寸、形状和图形编码、亮度和闪光高亮、数据更新速率等。

e) 显示页面通常提供一些有组织的信息显示。

f) 对于所有显示特性（如标签），应采用一致的接口设计。显示信息与用户风格一致，与控制要求一致。

g) 显示屏幕根据人机接口功能分区，标准的显示屏幕组织应使各种 HSI 功能（如数据显示区、控制区或消息区）的位置在显示区域间显而易见。一致的显示屏幕组织将有助于建立和保留用户习惯。例如，保留的屏幕区可用于显示画面标题、报警、显示控制选项、命令、错误消息和菜单。显示格式应与可接受的使用方式和现有用户习惯保持一致。

h) HSI 功能区和显示特征应在视觉上能互相区分，尤其是对屏幕命令和控制元素（应在视觉上能与所有其他屏幕结构区分）。不同的显示区可用空白行、线条或其他一些视觉划分的形式加以分割。用于显示数据、控制选项和命令的区域应能互相区分。

i) 显示画面应给出与其功能相符的最简单信息；不应显示与任务无关的信息，且也不应显示无关文本和图形。显示信息应根据用户需求进行裁剪，仅提供所有用户操作所必需和直接的有用数据；应避免显示过多无关信息。不应显示当前任务不需要的信息（比如专利提示、制造厂商标或地址）。通常，图形显示应使用最少的线条或对象。

j) 应限制多次显示信息项，无论是需要备份，或是为了避免过多的移动。

k) 当将显示画面分割为多个显示页面时，功能或任务相关的数据项应在同一个页面内显示。数据组内的关系应在整合的显示画面内显示，而非分成独立的显示页面。当分割一个显示画面时，重点是保持任务相关数据

在一起，以避免（1）执行任务时需要用户不断在各页面间切换，或（2）要求用户查看其他页面时记住前一个页面的信息。

5.2.2 综合参数显示

综合参数显示的主要目的是在正常、异常和应急工况时，向生产管理者和控制室运行人员提供信息，以帮助其判断设施的安全生产状态，并评估在此状态下为了避免或缓解放射性释放或设施设备重大故障，是否需要采取纠正行动。控制室运行人员或生产管理者可以通过监视与设施重要安全功能、生产线状态及其相关参数有关的信息确定设施的运行状态。包含智能辅助决策信息。

a) 主要参数显示：设施辐射防护主要参数、生产线状态、主工艺系统状态、辅助系统状态、智能辅助决策、综合生产运行数据、综合生产报警、基地管理、生产信息综合管理、第三方系统集成参数（视频安防、门禁集成、入侵集成、消防系统、电力监控系统、通讯系统）、三维可视化信息（整体平面图、厂房、产线）、资产管理参数（入库管理、出库管理、药品）、园区智能管理信息、统计分析（综合显示产品出入库信息、质检报告信息、物料信息、设备状态报告信息）、配送管理信息（车辆管理、司机管理、车辆监控）、质量管理信息（质量标准、样品收样等）、废物管理（废物桶管理、废物出入库、库位管理及废物追溯）、设备管理（设备台账、日常保养等）、订单管理信息（客户订单、产品清单、执行进展和订单一键导入）、智慧运维信息、无线控制信息（如有）。所有的参数显示通过编制综合参数显示技术要求文件统一规定。

b) 综合参数显示需要按照功能分区区分不同的参数信息，可以按照功能分析进行界面层级结构显示，运行人员可以使用每个显示界面中提供的导航链接访问更加详细、更低级别的参数显示。

c) 应当以简明的形式显示。显示形式应可支持控制室运行人员评估设施的安全状态。简明的形式可以通过在单个显示画面上显示一组参数或在单个位置布置一系列显示设备（如指示仪）来实现。

d) 对综合信息的采样频率应确保不会丢失控制室运行人员需要的有意义的信息或趋势。数据应有足够的刷新速率，以确保设施运行状态的变化不会被掩盖或丢失。

5.2.3 班组监视显示

班组监视显示应能够让多人同时看到相同的信息，能够支持团队协作工作。班组监视显示可以通过大屏幕画面或多人共用的小屏幕显示设备来实现，这种方式可让多位控制室运行人员获得相同的信息，即使在控制室内走动也依然可以获得信息。同时，还能减少由于将多人所需信息显示在一个单独的操作站上而可能造成注意力分散的情况。

a) 班组监视显示宜包括以下功能：

- 提供总体或高层级的设施状态总貌信息；
- 支持人员之间的沟通和协作以协调信息、诊断问题和规划纠正措施。

b) 班组监视显示的信息应与多人共同完成任务相关，并以直接的方式向各目标用户进行展示。

c) 班组监视显示画面的设计，包括信息显示和交互特性，都应与其他人机接口保持一致

5.3 人机交互与管理

“人机交互和管理”是指操作人员向接口提供输入、接收信息，以及管理相关访问和控制信息任务的一种途径。人机交互和管理包括操作人员进行的信息访问和设施控制的任务，这些任务的执行方式和操作人员工作负荷会影响设施的监测与控制。包含：

a) 应基于预期的任务要求、用户技能以及预期的系统响应时间规定交互类型。

b) 应制定相关的文件明确用户输入通用导则、用户输入格式要求，明确表单、直接操作、语言、问答、光标、各种命令输入等要求。

c) 系统对当前可用的和不可用的控制操作应给予明显的指示，在与 HSI 资源的一般交互中，当用户操作错误时，在视觉反馈产生的同时，宜产生一个单音调信号。

5.4 报警

报警系统是当参数偏离设定的限值（即整定值）或者特定状态参数发生变化时，通过视觉和听觉提醒运行班组的自动监视系统。报警系统的基本功能包括：提醒运行班组系统或参数偏差；通知运行班组偏离的优先级和性质；指导运行班组对偏差的初步响应；确认运行班组的响应是否纠正了偏差。

a) 应编制设计文件确定报警系统的设计要求，包括：

--报警的定义和处理（即，如何定义和处理报警（处理程序和优先级））；

--报警信息显示（即，报警如何显示）；

--人机交互和控制（即，用户如何控制报警以及与报警进行交互）；

--可靠性、测试、维护和故障指示（即，报警系统的可靠性，如何测试和维护报警系统，以及报警系统的故障如何显示）；

--报警响应规程（即，运行班组如何响应报警）；

--控制-显示集成和布局（即报警控制和显示元素是如何集成的）；

--与其他 HSI 元素集成（即，报警如何与其他 HSI 元素集成，如一般控制和显示）。

b)报警系统采用“暗屏”的设计方法以实现在正常工艺运行下无报警产生。报警优先级不应多于四级。应提供一种设施以减少或抑制相关的持续显示的报警，同时为用户提供访问受抑制的报警信息的方法。

c)在整个电厂内，各个 HSI 资源上的所有报警显示、报警管理设施以及编码的设计应是一致的。

d)报警列表包含报警实时列表和历史列表，默认情况下，报警列表中的报警应按时序排列，并且最新产生的报警在顶部。能够按照功能组、优先级、系统、电厂区域和状态来显示报警信息

5.5 计算机化规程

计算机化规程系统通过把书面规程计算机化以辅助操作人员。其目的是通过规程计算机化的手段，指导操作人员执行任务过程中的操作，基于计算机软件技术，通过流程图或逻辑图等易于理解的图形化方式，利用计

算机系统在基于规则的响应方面的长处，帮助操作人员监视设施状态和执行运行规程，及时提供需要关注的并行信息，提高操作人员的响应效率和准确性。

a) 应编制设计文件确定计算机规程的设计要求，包括：

--信息显示；

--功能；

--用户系统交互；

--计算机化规程系统的设备；

--计算机化规程系统的后备；

--计算机化规程与其他人机接口元素的集成

b) 纸质版的规程应可以在主控制室内得到或易于从主控制室外获取。

计算机化规程版和纸质版规程的内容和显示应是一致的。计算机化规程信息的显示及其与用户间的交互应对所有的规程保持一致，并与所有其他的 HSI 资源相兼容。

c) 计算机规程系统应自动地记录用户与系统间的交互。

5.6 就地人机接口

a) 对于与控制室类似的就地人机接口，可以参考控制室人机接口设计导则，并根据就地区域和具体项目的特点进行适应性调整。

b) 应基于标准、文献、当前工业运行实践和经验反馈、项目人机接口特点进行分析和权衡，编制一份或多份项目特定的“样式导则”文件，以支持特定项目的人机接口设计，以及人因验证和确认活动。

c) 当采用商业现货产品集成到已有系统中时，应考虑人因问题，选择与核电厂设计、运行和维修策略相一致的产品。

d) 就地人机接口包含对就地显示器、就地报警、就地控制台和控制盘、阀门操作装置、通信设备、手套箱、便携式手持式设备等人机接口内容。

5.7 人机接口和仪控降级

数字化仪表和控制（简称仪控）系统提供了对设施性能和安全控制和监视的功能。人员通过设置在控制室以及其他位置的人机接口，与仪控系统进行交互。仪控系统和人机接口都可能发生降级或故障，这些降级或故障可能导致相对较小的功能丧失，也可能导致仪控系统完全失效。人机接口和仪控系统降级可能会显著降低运行人员执行任务的能力并对设施运行造成挑战，也可能由于错误的自动动作和/或指示而导致异常运行工况的发生，从而带来额外的问题。在仪控降级状态下运行时，需要人员监视人机接口和仪控系统的健康状态，以及探测和管理降级状态。

a) 应编制设计文件确定相关设计要求，包括：

- 用于监视仪控系统状态的人机接口
- 人机接口对仪控系统变化的响应
- 信息来源和有效性
- 人机接口和仪控系统失效的后备

b) 人机接口应提供仪控系统及其子系统的图形化表示。使运行人员能监视其性能并发现人机接口和仪控系统的降级。

c) 当仪控系统状态、性能和降级情况发生重要变化时，人机接口应通知用户。

d) 人机接口应支持运行人员区分由用户输入的、直接测量的、衍生的或综合形成的显示信息，以便在仪控降级发生时帮助分辨信息的含义和判断降级的影响。

e) 人机接口应支持运行人员确定执行故障恢复或在故障无法恢复时执行后备操作的步骤。

5.8 验证与确认

验证和确认应提供客观证据，表明设计者正确遵守了可用性的设计原则和要求，这些原则和要求考虑了人、技术和组织，以及彼此间的交互。应全面地确定人机接口是否符合规定的人因工程设计要求，及其是否能使人员成功且安全地执行预期功能，以确保设施的安全运行。

5.8.1 验证

a) 验证活动通常包括：

- (1) 确定适用的人因工程标准和导则；
- (2) 验证人机接口，包括硬件（如盘台、模拟接口，包括报警指示）和软件，以及相应的文件（如规程、手册、报警卡）；
- (3) 评审设计要求、图纸和手册；
- (4) 验证任务支持手段，包括工具、任务辅助、人员防护设备、任务相关设备和培训、操作员资质，以及规程的可获取性和可用性。

b) 验证活动可包括与系统用户的交互。

c) 验证和确认活动应由未承担原设计的人员或组织实施。

5.8.2 确认

a) 确认尤其应评价：

- 在运行状态和事故工况中，控制室人员完成所要求的动作的能力；
- 规程的呈现和组织能支持任务执行；
- 人机接口支持操纵员任务的能力；
- 为支持任务执行和系统运行，工作场所布置的合理性。

b) 覆盖硬件、软件、规程和人员的集成系统确认应在设计最终固化前实施，以便为设施运行前开展设计变更提供充裕的时间。

5.8.3 验证和确认计划

a) 应编制验证和确认计划。计划应对资源、独立性水平、评价方法、采用的标准和法规进行规划。

b) 验证和确认活动的策划是迭代的，它支持随着设计推进而进行的项目变更，例如：

- 可用人机接口的增加；
- 规程详细程度的提高；
- 操纵员培训水平的提升；
- 模拟逼真度的提高。

c) 验证和确认计划应明确：

- 评价的范围；
- 必要的收集数据和分析；
- 有效性的测量；
- 评价和接受准则；

- 参与评价的人员；
- 评价团队（包括作为参试者的用户代表）的培训需求；
- 试验环境；
- 日程安排。
- 场景选择；
- 评价团队使用的资料 and 工具。

5.8.4 试验方法

验证和确认通常应包括以下所有或部分内容：

- （1）静态试验（例如：验证系统满足设计规范）；
- （2）动态试验（例如：按照时间和准确度测试系统响应）；
- （3）场景试验，以及部分任务模拟或全范围模拟

文件在编制过程中，对于各个章节包含的内容是参考了核电厂实施的具体经验反馈，也结合了在秦山同位素工程实际操作中的经验反馈，同时考虑内容的细节程度参考了团体标准的内容，同时也结合了其它行业的人机接口要求反馈。

四、试验验证的情况和结果

本标准规定的内容在中核秦山同位素有限公司的数智化运行生产管理系统项目中得到了试验验证。在秦山同位素有限公司的项目中，数智化生产管理和控制系统目标是实现智能化运行目标，通过该系统实现了数智化生产管理、无线控制，所有的人机接口设计按照要求进行，功能和性能均满足要求，要求中的重点内容也得到了验证和满足。

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

(包括国际标准、其他国家先进标准等，与国际、国外同类标准水平的对比情况)

不涉及。

六、标准涉及的知识产权情况说明

不涉及。

七、与现行法律、法规、政策和相关标准的关系

本标准与有关的现行法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

八、实施标准的要求和措施建议

(包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容)

无。

九、修改或废止有关标准的建议及理由

无。

十、标准印刷数量建议

100 份。

十一、其他需说明的事项

(说明标准名称、主编单位变更等重大事项及原因)

无。

十二、参考资料清单

[1]GB 50174 数据中心设计规范

[2]GB/T 41145 核电厂人因验证和确认

[3]GB/T 13630 核电厂控制室的设计

[4]EJ/T797 人因工程原则在核电厂系统、设备和设施中的应用

[5]NUREG 0700 (Rev 2) Human - System Interface Design Review
Guidelines

[6]HG/T 20508-2014 控制室设计规范

[7]HAD102/21-2021 核动力厂人因工程设计

[8]NB/T 20016-2010 《人因工程在核电厂基于计算机的监测和控制
显示设计中的应用》

[9]NB/T 20061-2012 《人因工程在核电厂系统、设备和设施中的应
用》

[10]IEC 60964-2009 Nuclear power plants-Control rooms-Design

[11]T/ CNEA148-2024 核电厂人机接口设计导则

[12]ISO 11064-7-2006 Ergonomic design of control centres -
Principles for the evaluation of control centres