

# 团 体 标 准

T/CIRA XXXXX—2026

## 堆照同位素生产设施 数智化人机接口设计指南

Guidelines for the Design of Digital and Intelligent Human-Machine Interfaces for  
Isotope Production Facilities

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

2026 年 8 月 17 日

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国同位素与辐射行业协会 发布

目 次

目 次..... I

前 言..... II

堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南..... 1

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 人机接口设计原则..... 2

    4.1 一般原则..... 2

    4.2 其它原则..... 2

5 人机接口设计内容和要求..... 3

    5.1 设计分析..... 3

    5.2 信息显示..... 4

    5.3 人机交互与管理..... 5

    5.4 报警..... 5

    5.5 计算机化规程..... 5

    5.6 就地人机接口..... 5

    5.7 人机接口和仪控降级..... 6

    5.8 验证与确认..... 6

参 考 文 献..... 8

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国同位素与辐射行业协会提出并归口。

本标准负责起草单位：

本标准主要起草人：

# 堆照同位素生产设施数智化人机接口设计指南

## 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。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 10000 中国成年人人体尺寸

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**人因工程**      human factors engineering (HFE)

将人与系统其它元素之间交互作用的理论、原则、数据、方法应用于生产设施，以提升生产设施整体表现的学科。

### 3.2

**人机接口**      human-system interface (HSI)

人与计算机系统之间建立联系、交换信息的输入/输出媒介和对话接口，用于人与系统交互以完成它们的功能和任务。

注 1：在运行和控制中心，典型的人机接口有报警、显示、控制、规程（纸质的、计算机的）、通信等。在就地区域，典型的人机接口有就地控制盘/箱/柜、阀门、手套箱、出入口（设备上不同尺寸需要人局部或全身通过的开口）、规程（纸质的、计算机的）、通信、标识等。

### 3.3

**确认**      validation

从人因工程的角度确定设计或实现满足特定的用途或应用需求的过程和活动。

### 3.4

## 验证 verification

从人因工程的角度确定设计或实现满足规定的要求的过程和活动。

### 3.5

#### 工业控制系统 industrial control system

工业控制系统（ICS）是一个通用术语，它包括多种工业生产中使用的控制系统，包括监控和数据采集系统、分布式控制系统（DCS）和其他较小的控制系统。

## 4 人机接口设计原则

### 4.1 一般原则

4.1.1 人员安全：设计应使潜在的伤害和在有害物质中的暴露最小化。

4.1.2 认知匹配：设计的用户工作应由有目的、有意义的任务组成，需保持用户对设施的熟悉以及恰当的工作负荷水平（应避免负荷过高对人员效能产生负面影响，负荷过低导致警觉性难以维持）。

4.1.3 生理匹配：设计应考虑人的生理特点，如视觉、听觉、生物力学（可达性和动作）、运动控制特性和人体测量学，符合 GB 10000 的相关规定。

4.1.4 简洁性：应采用与功能和任务要求相一致的简洁设计。

4.1.5 一致性：所有的人机接口组成应保持高度的一致性。系统运行和呈现给用户的方式应一直保持一致并与规程和培训完全一致。

### 4.2 其它原则

4.2.1 原则适用于控制室操作员使用的设备和 HSI 资源设计，同时也适用于其他用户，比如运行管理人员、技术人员、维修工程师、辐射防护和质检人员等的要求。

4.2.2 原则适用于所有的运行和控制中心的设施和 HSI 资源，HSI 资源包括信息显示、控制台/盘、工作站、计算机化的报警显示系统、计算机化规程系统、大屏幕信息系统和通信设施等。此外，同样适用于设施就地/现场运行人机接口、就地维修任务和手动操作要求等。

4.2.3 人机接口设计应满足用户执行运行、检查、维修任务的需求。应采用适于任务的形式和格式呈现信息，同时控制方式应包括潜在的操作类型。

4.2.4 人机接口呈现给用户的信息应正确、可快速识别和易于理解并能支持用户对设施整个运行状态认知的高层目标。

4.2.5 人机接口元素的组织，应基于用户需求，并体现重要性、频率和使用顺序这些一般性的组织原则。

4.2.6 应考虑用户认知处理的能力以及与过程相关的时间限制，以确保任务可以在要求的时间内完成。

4.2.7 实现接口管理相关的活动（如显示画面间的导航、窗口控制和数据获取）应采取最小化设计原则。

4.2.8 应为用户提供多种执行任务的手段（并检查自动动作），并允许采用最便于任务执行的方式，组织显示和控制。

4.2.9 应提供有效的“帮助”功能。应采用在线或离线的方式提供信息丰富的、易于使用的，并且相关的指导，帮助用户理解和运行系统。

4.2.10 需要考虑容错和错误控制设计措施。系统应提供简单、易于理解的错误提示和简单有效的恢复手段。

## 5 人机接口设计内容和要求

### 5.1 设计分析

#### 5.1.1 功能分析

a) 针对设施所有工况和运行状态进行功能分析, 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要的信息与控制; 明确执行功能所需的时间、性能要求及限制条件。

c) 考虑人、技术和组织因素。

d) 进行分层次的功能分析。

#### 5.1.2 功能分配

a) 针对所有状态进行功能分配, 保证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, 考虑人的能力和机器的各自优势、技术是否可被人接受、系统响应的及时性、纵深防御等因素。

c) 考虑人、技术和组织因素。

d) 对分配进行记录并存档。

#### 5.1.3 任务分析

a) 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。

b) 考虑人、技术和组织因素。

c) 从任务执行者的角度分析任务内容及其关系, 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。

d) 分析的范围, 一般包括以下内容:

—不同地点需要执行的任务;

—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)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) 考虑风险与安全因素影响, 包括以下内容:

—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) 分析应有助于识别人员需求, 设备需求, 文件需求、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) 分析人员配置、组织架构、人员资质对重要人员任务的影响, 确定人员需求数量、组织交互和人员资质。

b) 对于改造或新建设施考虑相对参考设施的所有变更带来的影响。

c) 涵盖执行影响安全任务的所有团队。

d) 人员配置具体考虑以下要求：

- 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；
- 在白天和夜班团队间分配任务时，考虑对人员效能的影响；
- 不同运行工况下的任务分配给团队成员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

### 5.2.1 一般要求

a) 显示格式由显示元素组成，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，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），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。

b) 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。

c) 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。

d) 所有显示特性，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。

e) 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功能的位置在显示区域间显而易见。

f) HSI功能区和显示特征应在视觉上能互相区分，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。

g) 显示画面应给出与其功能相符的最简单信息；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。

h) 应限制多次显示信息项。

i) 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。

### 5.2.2 综合参数显示

a) 主要参数显示包含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、三维可视化信息、资产管理参数、园区智能管理信息、统计分析、配送管理信息、质量管理信息、废物管理、设备管理、订单管理信息、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，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) 以简明的形式显示，可支持控制室运行人员评估设施的安全状态。

d) 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数据或趋势，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

a) 班组监视显示包括以下内容：

- 提供设施总体状态和总貌信息；
- 支持人员之间的沟通和协作的信息。

- b) 显示的信息与多人共同完成的任务相关，并以直接的方式向各目标用户进行展示。
- c) 显示画面包括信息显示和交互特性，与其他人机接口保持一致。

### 5.3 人机交互与管理

- a) 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) 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) 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

- a) 报警设计内容包括：
  - 报警的定义和处理；
  - 报警信息显示；
  - 人机交互和控制；
  - 可靠性、测试、维护和故障指示；
  - 报警响应规程；
  - 控制-显示集成和布局；
  - 与其他HSI元素集成。
- b) 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) 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

- a) 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) 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) 就地人机接口包含就地显示器、就地报警装置、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。
- b) 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，选择与设施设计、运行和维修策略相一致的产品。



c)对于与控制室类似的就地人机接口,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。

## 5.7 人机接口和仪控降级

a)设计内容包括:

- 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)应提供仪控系统及其子系统的图形化表示,以便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,当仪控系统状态、性能和降级情况发生重要变化时,应及时通知用户。

c)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。

d)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

### 5.8.1 验证

a)验证活动通常包括:

- 确定适用的人因工程标准和导则;
- 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);
- 评审设计要求、图纸和手册;
- 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、规程和人员的集成功能确认应在设计最终固化前实施。

### 5.8.3 验证和确认计划

a)应编制验证和确认计划。

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

## 参 考 文 献

- [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