



团 体 标 准

T/CASE I XXXX—XXXX

# 核电厂运维机器人分类、符号、标志

Operation and maintenance robots for nuclear power plants  
Classification, symbol, mark

(征求意见稿)

2025.06.27

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国特种设备检验协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
引 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 分类 .....	1
4.1 按照运维对象分类 .....	1
4.2 按照辐照能力分类 .....	2
4.3 按功能分类 .....	2
4.4 按使用空间分类 .....	3
4.5 按操作控制方式分类 .....	4
5 符号 .....	4
5.1 总则 .....	4
5.2 运维对象分类符号 .....	5
5.3 辐照能力分类符号 .....	5
5.4 功能分类符号 .....	5
5.5 使用空间分类符号 .....	5
5.6 操作控制方式分类符号 .....	6
6 产品型号编码规则 .....	6
7 标志 .....	7
附 录 A （资料性） 核电厂运维机器人产品型号示例 .....	8
附 录 B （资料性） 核电厂运维机器人分类汇总 .....	9
参 考 文 献 .....	10

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国特种设备检验协会（T/CASEI）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 引 言

核电是实现“双碳”目标的基荷清洁能源，核安全是国家安全的重要组成，是核电生存和发展的生命线。为了确保核电的安全、稳定、经济运行，必须定期开展运维检修，以保持设备的健康，且核电运维检修面临辐照、狭小受限空间等特殊环境及挑战，必须依靠运维机器人。

核电厂运维机器人是助力核电厂安全、高效、友好运行的重要装备，其研发与应用近年来获得飞速发展，种类繁多，应用广泛。然而迄今为止，国内外尚无核电厂运维机器人相关的国际标准、国家标准及行业标准，不利于核电厂运维机器人设计与应用的规范化、统一化、完备化，既增加了设计应用成本，更增加了运维机器人核安全审评的复杂性。

因此，本文件的编制，可以统一核电厂运维机器人的分类、符号和标志，确保在行业内的一致性和规范性。通过明确核电厂运维机器人的分类、符号和标志，可以助力操作人员正确识别和使用机器人，标准的制定能够减少核电厂运维机器人使用过程中因分类、符号和标志不统一而造成的混淆和误操作，有助于降低安全风险、提高机器人应用效率。

# 核电厂运维机器人分类、符号、标志

## 1 范围

本文件规定了核电厂运维机器人的分类、通用符号和标志。  
本文件适用于压水堆核电厂运维机器人，其他堆型参照执行。

## 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/T 36239 特种机器人术语

GB/T 39405 机器人分类

## 3 术语和定义

GB/T 36239、GB/T 39405界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**核电厂运维 nuclear power plant operation and maintenance**

在核电厂运行过程中，对核电站设备、系统、环境等进行检查、维修、保养和更新等一系列活动的总称，主要包括对核反应堆及相关设备的日常巡检、定期维护、故障维修及安全管理等。

### 3.2

**核电厂运维机器人 operation and maintenance robots for nuclear power plants**

应用于核电厂运维领域，一般由经过专门培训的人员操作或使用的，辅助和/或替代人执行任务的特种机器人。

### 3.3

**自主控制 autonomous control**

机器人在未接收外部实时指令的情况下，依据预设目标、环境感知信息和内部决策逻辑，独立完成任务规划、行为决策和动作执行的控制方式。

### 3.4

**耐辐照 radiation resistance**

材料、元器件、部组件、整机等在辐照环境下保持功能、性能等稳定的能力。

### 3.5

**核岛 nuclear island**

核电厂中核反应堆、核蒸汽供应系统及其配套设施和相关的建筑物、构筑物的统称。

### 3.6

**常规岛 conventional island**

核电厂的汽轮发电机组及其配套设施和有关建筑物、构筑物的统称，主要包括汽轮发电机组及厂房、主变压器和辅助变压器平台等。

## 4 分类

### 4.1 按照运维对象分类

#### 4.1.1 总则

根据核电厂运维机器人所检修的对象，可分为核岛设备运维机器人、常规岛设备运维机器人及其他检修对象运维机器人。

#### 4.1.2 核岛设备运维机器人

核岛设备运维机器人主要包括：

- 堆容器运维机器人，例如反应堆压力容器水下多功能检测机器人、反应堆压力容器密封面缺陷检测机器人和反应堆压力容器底部异物拾取机器人；
- 堆内构件运维机器人，例如围板螺栓更换机器人；
- 蒸汽发生器运维机器人，例如蒸汽发生器二次侧爬壁检查机器人、蒸汽发生器一次堵板安装机器人；
- 主泵运维机器人，例如主泵泵壳法兰面修复机器人；
- 稳压器运维机器人，例如稳压器电加热器更换机器人；
- 控制棒驱动机构运维机器人，例如控制棒驱动机器人下部 $\Omega$ 焊缝切割机器人；
- 核燃料组件运维机器人，例如核燃料组件异物拾取机器人；
- 主管道运维机器人，例如管道缺陷检测机器人；
- 其他核岛设备运维机器人，例如高放过滤器搬运机器人、核反应水池去污机器人和碘过滤器回装机器人。

#### 4.1.3 常规岛设备运维机器人

常规岛设备运维机器人主要包括：

- 汽轮机运维机器人，例如汽轮机叶片检测机器人、汽轮机智能巡检机器人；
- 发电机运维机器人，例如发电机不抽转子检修机器人；
- 其他常规岛设备运维机器人，例如常规岛巡检机器人。

#### 4.1.4 其他检修对象运维机器人

其他检修对象运维机器人主要包括通风系统运维机器人、冷源系统运维机器人、三废系统运维机器人和其他系统及设备运维机器人。

### 4.2 按照耐辐照能力分类

#### 4.2.1 总则

根据核电厂运维机器人所能承受的耐辐照剂量的不同，可分为超高耐辐照机器人、高耐辐照机器人、中耐辐照机器人、低耐辐照机器人和非耐辐照机器人。

#### 4.2.2 超高耐辐照机器人

超高耐辐照机器人可在核反应堆内部推芯附近等严苛辐射环境中作业，可在大于等于100 Gy/h的环境中累计工作100小时及以上。

#### 4.2.3 高耐辐照机器人

高耐辐照机器人可在一回路系统部分关键设备附近等辐射剂量较高的环境中作业，可在大于等于10Gy/h、小于100Gy/h的环境中累计工作100小时及以上。

#### 4.2.4 中耐辐照机器人

中耐辐照机器人可在核电站安全壳内部分区域、核辅助系统等辐射剂量相对适中的环境中工作，可在大于等于1Gy/h、小于10Gy/h的环境中累计工作100小时及以上。

#### 4.2.5 低耐辐照机器人

低耐辐照机器人可在辐射剂量较低的环境中工作，可在大于0Gy/h、小于1Gy/h的环境中累计工作100小时及以上。

#### 4.2.6 非耐辐照机器人

非耐辐照机器人可在核电站内无辐射或辐射剂量极低的环境中工作的机器人。

### 4.3 按功能分类

#### 4.3.1 总则

根据核电厂运维机器人的功能分类与运维需求相关，常见的功能主要包括巡检、检测、修复、更换、切割、焊接、搬运、安装、拾取、清洁和其他功能机器人等。

#### 4.3.2 巡检机器人

在核电厂中代替或辅助人工对设备设施实施巡检的机器人，如电气厂房巡检机器人、核岛厂房巡检机器人和常规岛厂房巡检机器人等。

#### 4.3.3 检测机器人

在核电厂中代替或辅助人工对设备设施的缺陷、状态、参数实施检测的机器人，如反应堆压力容器密封面缺陷检测机器人、蒸汽发生器二次侧爬壁检测机器人。

#### 4.3.4 修复机器人

在核电厂中代替或辅助人工对设备设施的缺陷、故障等实施修复的机器人，如主泵泵壳法兰面密封面打磨修复机器人、管道堵漏修复机器人等。

#### 4.3.5 更换机器人

在核电厂中代替或辅助人工对不符合运行要求的部组件、设备实施等实施更换的机器人，如核燃料组件单棒更换机器人、控制棒导向筒更换机器人等。

#### 4.3.6 切割机器人

在核电厂中代替或辅助人工采用激光、等离子、水射流、机械等方式实施切割的机器人，如管道切割机器人、螺栓切割机器人等。

#### 4.3.7 焊接机器人

在核电厂中代替或辅助人工采用熔化极弧焊、非熔化极弧焊、等离子弧焊、激光复合焊等方式实施焊接的机器人，如控制棒驱动机构 $\Omega$ 焊缝修复机器人、蒸汽发生器传热管焊接机器人等。

#### 4.3.8 搬运机器人

在核电厂中代替或辅助人工搬运设备、部组件、工具、废物等设备设施的机器人，一般具备负重运输、避障和路径导航等功能，如高过滤器搬运机器人、废物桶搬运机器人等。

#### 4.3.9 安装机器人

在核电厂中代替或辅助人工安装，一般具备定位和装配能力的机器人，如蒸汽发生器堵板操作机器人、碘过滤器回装机器人等。

#### 4.3.10 拾取机器人

在核电厂中代替或辅助人工拾取，一般具备视觉识别、远程操控和微小物件抓取等功能的机器人，如反应堆压力容器底部异物拾取机器人、构件池水面异物打捞机器人等。

#### 4.3.11 清洁机器人

在核电厂中代替或辅助人工开展设备放射性去污、表面清洁、附着物清理剥落等，一般具备去污、除尘、冲洗、清理等功能的机器人，如核反应堆水池去污机器人、大型长隧洞海生物清理机器人。

#### 4.3.12 其他功能机器人

除4.3.2—4.3.11之外的其他具有特定运维功能的机器人，或同时兼具两种以上功能复合的机器人。

### 4.4 按使用空间分类

#### 4.4.1 总则

根据核电厂运维机器人使用的空间,可分为地面机器人、地下机器人、水面机器人、水下机器人、空中机器人、壁面机器人和其他使用空间机器人。

#### 4.4.2 地面机器人

工作在地面上的核电厂运维机器人,如核岛厂房巡检机器人、碘过滤器回装机器人等。

#### 4.4.3 地下机器人

工作在地下的核电厂运维机器人,如大型长隧洞海生物清理机器人、PX泵站底部海生物清理机器人等。

#### 4.4.4 水面机器人

工作在水面上的核电厂运维机器人,如乏燃料水池表面异物拾取机器人、取水口监测机器人等。

#### 4.4.5 水下机器人

工作在水下的核电厂运维机器人,如反应堆压力容器水下多功能检测机器人、水下焊接机器人等。

#### 4.4.6 空中机器人

工作在空中的核电厂运维机器人,如安全壳表面缺陷检测机器人、电气厂房空中巡检机器人等。

#### 4.4.7 壁面机器人

工作在壁面的核电厂运维机器人,如安全壳爬壁检测机器人、堆容器筒体检测机器人和管道内/外壁检修机器人等。

#### 4.4.8 其他使用空间机器人

除4.4.2—4.4.7之外的其他使用空间机器人,或在两种(含)以上作业空间使用的机器人。

### 4.5 按操作控制方式分类

#### 4.5.1 总则

根据核电厂运维机器人自主控制能力和操作控制方式,可将核电厂运维机器人分为非自主控制机器人、半自主控制机器人和自主控制机器人。

#### 4.5.2 非自主控制机器人

操作员通过无线网络或电缆连接方式远距离控制运维机器人执行任务,如控制棒驱动机器人下部 $\Omega$ 焊缝切割机器人、核燃料组件异物拾取机器人等。

#### 4.5.3 半自主控制机器人

具备感知信息能力,在人工干预的情况下,运维机器人能够自主执行部分作业任务,如蒸汽发生器二次侧爬壁检测机器人、核反应水池去污机器人和蒸汽发生器堵板操作机器人等。

#### 4.5.4 全自主控制机器人

全自主控制运维机器人能够在无人工干预的情况下,通过环境感知、动态决策和自主运动学控制等方式执行任务,如高放过滤器搬运机器人、反应堆压力容器密封面缺陷检测机器人和大型长隧洞海生物清理机器人等。

## 5 符号

### 5.1 总则

核电厂运维机器人分类符号按照汉语拼音中具有代表性的两个汉字大写首字母或英文翻译中具有代表性的两个英文缩写字母作为符号设计基础,若两个字母无法准确表达符号意思,则增强为三个及以上,直到能准确表达符号意思,原则上不超过四个字母。

运维对象分类符号采用约定俗成的核电行业检修运维对象代表性的英文缩写字母表达符号,其他分类采用代表性的汉字大写首字母表达符号。

## 5.2 运维对象分类符号

核电厂运维机器人运维对象分类符号按表1。

表 1 运维对象分类符号

分类	二级分类	英文	符号基础
核岛设备 (Equipment of Nuclear Island, NI)	堆容器	Reactor Pressure Vessel	RPV
	堆内构件	Reactor Vessel Internals	RVI
	蒸汽发生器	Steam Generator	SG
	主泵	Reactor Coolant Pump	RCP
	稳压器	Pressurizer	PZR
	控制棒驱动机构	Control Rod Drive Mechanism	CRDM
	核燃料组件	Fuel Assembly	FA
	主管道	Main Pipe	MP
	其他核岛设备	Equipment of Other Nuclear Island	ENI
常规岛设备 (Equipment of Conventional Island, CI)	汽轮机	Steam Turbine	ST
	发电机	Generator	GEN
	其他常规岛设备	Equipment of Other Conventional Island	ECI
其他检修对象	其他检修对象	Equipment of Other Maintenance Systems	EMS

## 5.3 耐辐照能力分类符号

核电厂运维机器人耐辐照能力分类符号按表2。

表 2

分类	汉语拼音	符号基础
超高耐辐照	Chao Gao Nai Fu Zhao	CF
高耐辐照	Gao Nai Fu Zhao	GF
中耐辐照	Zhong Nai Fu Zhao	ZF
低耐辐照	Di Nai Fu Zhao	DF
非耐辐照	Fei Nai Fu Zhao	FF

## 5.4 功能分类符号

核电厂运维机器人功能分类按表3。

表 3 功能分类符号

分类	汉语拼音	符号基础
巡检	Xun Jian	XJ
检测	Jian Ce	JC
修复	Xiu Fu	XF
更换	Geng Huan	GH
切割	Qie Ge	QG
焊接	Han Jie	HJ
搬运	Ban Yun	BY
安装	An Zhuang	AZ
拾取	Shi Qu	SQ
清洁	Qing Jie	QJ
其他功能	Qi Ta	GQT

## 5.5 使用空间分类符号

核电厂运维机器人使用空间分类符号按表4。

表 4 使用空间分类符号

分类	汉语拼音	符号基础
地面	Di Mian	DM
地下	Di Xia	DX
水面	Shui Mian	SM
水下	Shui Xia	SX
空中	Kong Zhong	KZ
壁面	Bi Mian	BM
其他使用空间	Qi Ta	KQT

## 5.6 操作控制方式分类符号

核电厂运维机器人操作控制方式分类按表5。

表 5 核电厂运维机器人操作控制方式分类符号

分类	汉语拼音	符号基础
非自主控制机器人	Fei Zi Zhu Kong Zhi	FK
半自主控制机器人	Ban Zi Zhu Kong Zhi	BK
全自主控制机器人	Quan Zi Zhu Kong Zhi	QK

## 6 产品型号编码规则

6.1 产品型号表明核电厂运维机器人产品的主要特性，作为产品的简化代号，供设计、生产、销售及检验检测等活动中使用。

6.2 产品型号命名应具有唯一性，两类不同产品不应采用相同产品型号编码。

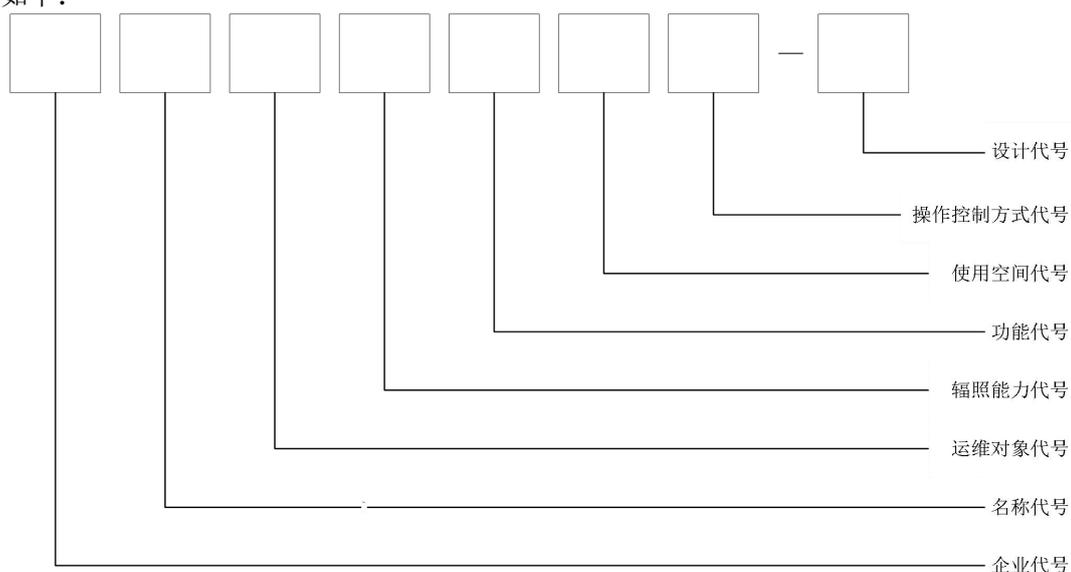
6.3 产品型号由大写的字母、阿拉伯数字（以下简称数字）组成，产品型号编码应遵循以下三个原则：

- a) 产品分类采用第 4 章的分类原则；
- b) 所使用的大写字母不能选用 I、O 等易与数字混淆的字母；

注：约定俗成的核电行业检修运维对象符号中含 I、O 等易与数字混淆的字母除外。

c) 构成格式：

产品型号由企业代号、名称代号、运维对象代号、辐照能力代号、功能代号、使用空间代号、操作控制方式代号和设计代号等组成。产品型号编码应尽可能简单，在表达清楚的前提下部分代号可省略。其格式如下：



其中，企业代码可使用企业名称或标志，汉字、字母均可，由企业自定。但在使用企业名称时，应符合国家有关法令的规定。

名称代号使用核电机器人汉语拼音字母“HD”来表示。

检修对象代号、辐照能力代号、功能代号、使用空间代号和操作控制方式代号分别对应5.2、5.3、5.4、5.5、5.6中的分类符号。

设计代号由产品特征代号和设计顺序代号组成，产品特征代号用一位大写字母来表示，设计顺序代号用两位阿拉伯数字来表示。

核电厂运维机器人产品型号示例参见附录A。

## 7 标志

7.1 核电厂运维机器人标志见图1。

7.2 核电厂运维机器人产品宜在显著位置标有图1的标志，可根据产品实际尺寸同比例缩放该标志。



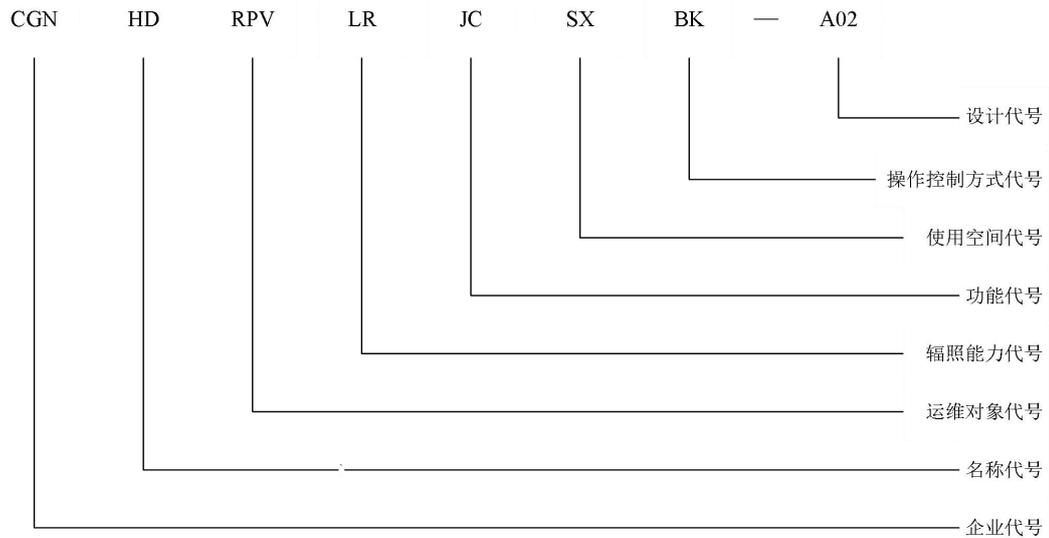
图1 核电厂运维机器人标志

**附录 A**  
(资料性)  
**核电厂运维机器人产品型号示例**

**A.1 反应堆压力容器水下多功能无损检测机器人型号示例**

反应堆压力容器水下多功能无损检测机器人，用于对反应堆压力容器进行役前/在役检查，使用空间为水下，操作控制方式为半自主控制，企业代号为CGN。

其型号为：



**附录 B**  
(资料性)  
**核电厂运维机器人分类汇总**

核电厂运维机器人分类汇总如表B.1所示。

**表 B.1 核电厂运维机器人分类汇总**

分类维度	一级分类	二级分类
运维对象	核岛设备运维机器人	堆容器运维机器人
		堆内构件运维机器人
		蒸汽发生器运维机器人
		主泵运维机器人
		稳压器运维机器人
		控制棒驱动机构运维机器人
		核燃料组件运维机器人
		主管道运维机器人
		其他核岛设备运维机器人
	常规岛设备运维机器人	汽轮机运维机器人
		发电机运维机器人
		其他常规岛设备运维机器人
其他检修对象运维机器人	其他检修对象运维机器人	
辐照能力	超高耐辐照机器人	/
	高耐辐照机器人	/
	中耐辐照机器人	/
	低耐辐照机器人	/
	非耐辐照机器人	/
功能	巡检机器人	/
	检测机器人	/
	修复机器人	/
	更换机器人	/
	切割机器人	/
	焊接机器人	/
	搬运机器人	/
	安装机器人	/
	拾取机器人	/
	清洁机器人	/
	其他功能机器人	/
表6（第2页/共2页）		
使用空间	地面机器人	/
	地下机器人	/
	水面机器人	/
	水下机器人	/
	空中机器人	/
	壁面机器人	/
	其他使用空间机器人	/
操作控制方式	非自主控制机器人	/
	半自主控制机器人	/
	全自主控制机器人	/

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 39405-2020 机器人分类
- [2] GB/T 12643-2025 机器人词汇
- [3] GB/T 36239-2018 特种机器人 术语
- [4] GB/T 36321-2018 特种机器人 分类、符号、标志
- [5] DL/T 1143-2009 压水堆核电站一回路主设备监造技术导则
- [6] NB/T 20574-2019 压水堆核电厂调试术语
- [7] GB 50745-2012 核电厂常规岛设计规范
- [8] NB/T 20407-2017 压水堆核电厂堆内构件设制造规范
- [9] NB/T 20224-2013 压水堆核电厂控制棒驱动机构设计制造规范
- [10] NB/T 20057.3-2023 压水堆核电厂反应堆系统 堆芯 第3部分：燃料组件
- [11] GB/T 44253-2024 巡检机器人安全要求
- [12] GB/T 4960.2-2023 核科学技术术语 第2部分：裂变反应堆
- [13] GB/T 4960.5-1996 核科学技术术语 辐射防护与辐射源安全
- [14] GB/T 38820-2020 抗辐照耐热钢
- [15] GB/T 40817-2021 核电主泵电机技术条件
- [16] ASME PTC 4-2013 Fired Steam Generators
- [17] GB/T 16702-2019 压水堆核电厂核岛机械设备设计规范
- [18] GB/T 1.1-2020 标准化工作导则 第1部分：标准化文件结构和起草规则
- [19] GB/T 20001.2-2015 标准编写规则 第2部分：符号标准
- [20] GB/T 42141-2022 压水堆核电厂事故工况核岛厂房辐射防护设计准则

团体标准《核电厂运维机器人 分类、符号、  
标志》编制说明  
(征求意见稿)

2025 年 6 月

# 《核电厂运维机器人 分类、符号、标志》编制说明

## （征求意见稿）

### 一、工作简况

#### 1 任务来源

根据中国特种设备检验协会团体标准工作委员会文件《中国特种设备检验协会团体标准项目任务书》要求，本项目由中国特种设备检验协会团体标准工作委员会特种设备用机器人标准化工作组（以下简称“中特协团标委特种设备用机器人工作组”）指导、监督和具体管理。项目由中广核研究院有限公司牵头负责起草，联合 17 家核电运维企业、科研院所、高校及相关科技企业共同参与，计划完成时间为 2025 年 10 月。

#### 2 主要工作过程

**起草阶段：**目前国内外尚未有专门针对核电厂运维机器人分类、符号和标志的标准，现有的机器人相关标准如 GB/T 12643-2013《机器人与机器人装备 词汇》、GB/T 36239-2018《特种机器人 术语》、GB/T 36321-2018《特种机器人 分类、符号、标志》、GB/T 39405-2020《机器人分类》等，虽有指导作用，但不完全适用于核电厂运维机器人。因此，为满足当前核电厂机器人研发与应用推广的实际需求，规范核电厂运维机器人分类、符号及标志，亟需制定一项新的标准以填补这方面的空缺。中广核研究院有限公司联合北京石油化工学院、哈尔滨工业大学、福建省特种设备检验研究院、河北工大大学、深圳市人工智能与机器人研究院、北京理工大学、山东大学、中山大学、中国科学院深圳先进技术研究院等核电运维机器人研究机构，中广核工程有限公司、中核武汉核电运行技术股份有限公司、国核电站运行服务技术有限公司、中广核检测技术有限公司等国内三大核电集团运维企业、中广核核电运营有限公司、广西防城港核电有限公司、台山核电合营有限公司等核电运营企业，大连洁能重工股份有限公司等核电相关科技企业，以及中国特种设备检测研究院、福建省特种设备检验研究院等多家检验机构，共同组成标准起草工作组。工作组前期广泛调研国内外相关文献资料，分类整理国内外核电运维机器人信息，参照《机器人分类》（GB/T 39405-2020）及《特种机器人 分类、符号、标志》（GB/T 36321-2018）等标准，立足核电厂运维机器人实践，严格按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，编制了《核电厂运维机器人 分类、符号、标志》标准草案，并及时上报到中特协团标委特种设备用机器人工作组。

**研讨阶段：**2024 年 11 月 15 日，中特协团标委特种设备用机器人工作组秘书处在广

广东省深圳市召集核电厂运维机器人分类、符号、标志标准主要起草单位，包括中广核研究院有限公司、中核武汉核电运行技术股份有限公司、国核电站运行服务技术有限公司、哈尔滨工业大学、福建特种设备检验研究院、中广核工程有限公司、河北工业大学、北京石油化工学院、山东大学、北京理工大学、深圳市人工智能与机器人研究院、中广核核电运营有限公司、广西防城港核电有限公司、台山核电合营有限公司、中山大学、中国科学院深圳先进技术研究院、深圳市人工智能与机器人研究院、大连洁能重工股份有限公司及部分标准化专家，共同讨论标准框架、编制进度及标准草案。经研讨，确定标准应总体围绕核电机机器人、并结合核电的特殊性，在标准中适用范围增加“研发设计”。分类方面要再优化统筹、体现全面性，且逻辑上不能交叉，将反应堆型代际分类和按核电厂回路分类整合，分类维度太多，按检修对象分类建议采用区域划分法，分为一级、二级，列表展示。草案中按使用空间分类可参考已有标准进行分类，建议考虑增加控制方式或方法分类。关于机器人耐辐照分类，建议根据剂量和累积剂量两个维度来考虑分类，增加超高剂量率分类。代号制定可参考机械行业标准《JB/T 8430-2014 机器人 分类及型号编制方法》编制。目前草案中标志无机器人元素，建议将机器人图形或字母加入到 LOGO 中。

2024 年 12 月，依据第一次标准讨论会议纪要要求，由中广核研究院有限公司、北京石油化工学院、国核电站运行服务技术有限公司等起草单位分别牵头，组建了由 17 家参编单位构成的讨论小组。该小组对标准中《术语和定义》《分类》《符号》《产品型号编码规则》和《标志》等内容进行编制汇总，最终确定了标准的总体结构、分类、符号、产品型号编码规则和标志等具体内容，形成了工作组讨论稿。

2025 年 3 月，起草工作组召集国内 3 大核电集团专家，针对草案中的耐辐照能力分类方法进行了专题研讨，重新划分了分类的范围，并汇总形成征求意见稿。

2025 年 4-5 月，起草工作组充分吸纳参编单位和工作组专家提出的建议与意见，对标准讨论稿中第三章《术语和定义》内容进行优化规范，对第四章分类进行精简，对标志 LOGO 进行了重新设计，形成征求意见稿初稿。

2025 年 6 月 11 日，起草工作组通过网络开展第二次讨论，对第二章节《规范性引用文件》内容进行优化规范，讨论确定了第四章《按照辐照能力分类》的分类依据和规范表述，进一步完善了征求意见稿。

2025 年 6 月 18 日，起草工作组通过网络开展第三次讨论，收集到 4 位专家针对征求意见稿的评审意见和建议。进一步精简第三章《术语和定义》，修改完善了第五章《符号》，运维对象分类符号采用约定俗成的核电行业检修运维对象代表性的英文缩写字母表达符号，其他分类采用代表性的汉字大写首字母表达符号，既尊重行业习惯，又与现有其他标准保持一致。将分类表调整至附录 B，完善附录 A 的产品型号示例，按标准格式规范参考文献，最终形成征求意见稿。

### **征求意见稿阶段：**

工作组将讨论稿在内部公示审阅，根据反馈意见修订后形成《核电厂运维机器人 分类、符号、标志》（征求意见稿）及编制说明，报送至中特协团标委特种设备用机器人工作组秘书处。

## 二、制定原则和主要内容的论据

### 1 标准编制原则

**面向市场与技术创新结合：**遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出”原则，紧密结合核电厂运维机器人技术发展趋势，统筹推进标准修订与产业应用协同发展。

**科学严谨与协商一致：**广泛征求核电站、核电厂运维企业、运维机器人研发机构、其他相关科技企业和使用单位等多方意见，充分结合我国核电运维机器人发展现状及趋势，科学合理地制定标准。

**适用性与可操作性：**保证标准内容满足当前核电运维机器人技术发展需求，为运维机器人分类和编码提供明确、具体的依据，确保内容表达科学准确、语言简洁精炼。

**规范性与协调性：**标准的结构和内容编排严格依据 GB/T 1.1—2020，确保符合机械制造标准体系要求，与现行法规、标准保持协调一致。

### 2 标准主要内容

本文件与现有相关标准相比，首次针对核电厂运维机器人制定分类、符号及标志规范，主要技术内容如下：

**范围：**明确规定了核电厂运维机器人的分类、通用符号和标志，适用于压水堆核电厂运维机器人，其他堆型参照执行。

**术语和定义：**清晰界定了“核电厂运维”、“核电厂运维机器人”和“自主控制”等术语定义，同时引用 GB/T 36239、GB/T 39405 等标准术语。

#### 1) 分类

**按照运维对象分类：**根据核电厂运维机器人所检修的对象，分为核岛设备运维机器人、常规岛设备运维机器人及其他检修对象运维机器人等共 3 类。

**按照耐辐照能力分类：**根据核电厂运维机器人所能承受的耐辐照剂量的不同，分为超高耐辐照机器人、高耐辐照机器人、中耐辐照机器人、低耐辐照机器人和非耐辐照机器人等共 5 类。

**按功能分类：**根据核电厂运维机器人的功能分类与运维需求相关，主要包括巡检、检测、修复、更换、切割、焊接、搬运、安装、拾取、清洁和其他功能机器人等共 11 类。

**按使用空间分类：**根据核电厂运维机器人使用的空间，分为地面机器人、地下机器人、水面机器人、水下机器人、空中机器人、壁面机器人和其他使用空间机器人等共 7 类。

**按操作控制方式分类：**根据核电厂运维机器人自主控制能力和操作控制方式，将核电厂运维机器人分为非自主控制机器人、半自主控制机器人和自主控制机器人。

#### 2) 符号

**运维对象分类符号：**采用约定俗成的核电行业检修运维对象代表性的英文缩写字母表达运维对象分类符号，编制了运维对象分类符号，包括核岛设备、常规岛设备和其他检修对象

的符号；以及二级分类符号，包括堆容器、堆内构件、蒸汽发生器、主泵、稳压器、控制棒驱动机构、核燃料组件、主管道、其他核岛设备、汽轮机、发电机、其他常规岛设备和其他检修对象的符号。

**耐辐照能力分类符号：**采用代表性的汉字大写首字母表达耐辐照能力分类符号，编制了超高耐辐照机器人、高耐辐照机器人、中耐辐照机器人、低耐辐照机器人和非耐辐照机器人的符号。

**功能分类符号：**采用代表性的汉字大写首字母表达功能分类符号，编制了巡检、检测、修复、更换、切割、焊接、搬运、安装、拾取、清洁和其他功能机器人的符号。

**使用空间分类符号：**采用代表性的汉字大写首字母表达使用空间分类符号，编制了地面机器人、地下机器人、水面机器人、水下机器人、空中机器人、壁面机器人和其他使用空间机器人的符号。

**操作控制方式分类符号：**采用代表性的汉字大写首字母表达操作控制方式分类符号，编制了非自主控制机器人、半自主控制机器人和自主控制机器人的符号。

### 3) 产品型号编码规则

**编码目的：**根据核电厂运维机器人产品的主要特性编制产品型号编码，作为产品的简化代号，供设计、生产、销售及检验检测等活动中使用。

**编码规则：**产品型号命名应具有唯一性，两类不同产品不应采用相同产品型号编码；产品分类遵照本标准分类原则，所使用的字母不能选用 I、O 等易与数字混淆的字母。

**编码格式：**确定产品型号编码由企业代码、名称代号、运维对象代号、辐照能力代号、功能代号、使用空间代号、操作控制方式代号和设计代号等组成，并给出具体的编码格式，对组成编码的代码和代号进行说明，并附产品型号示例。

### 5) 标志

设计并确定核电厂运维机器人标志，建议核电厂运维机器人产品在显著位置放置该标志，并可根据产品实际尺寸同比例缩放该标志。

## 3 解决的主要问题

**统一分类标准：**统一核电厂运维机器人的分类、符号和标志，确保行业内的一致性和规范性。有效解决现行标准中相关内容欠缺及核电厂运维机器人分类、符号缺乏统一规范的问题，消除各企业在机器人产品型号存在的编码差异，大力促进行业标准化进程。

**适应技术发展：**针对核电厂运维机器人，从运维对象、耐辐照能力、功能、使用空间和损伤控制方式等维度提供科学合理的分类方法，能够适应核电厂运维机器人技术发展，确保技术先进性、稳定性和可操作性。

**降低安全风险：**通过明确分类、符号和标志，助力核电厂运维机器人在设计、制造、安装、调试、运行和维护等环节符合核安全要求，降低机器人应用安全风险，提高机器人应用效率，减少因不统一造成的混淆和误操作，切实促进核电厂运维机器人应用推广。

## 三、主要撰写与修改情况

本标准部分分类方法参考了 GB/T 36321-2018《特种机器人 分类、符号、标志》的实施经验，结合已有的核电运维机器人研发与应用实践，提出了核电运维特有的运维对象和耐辐照能力分类方法，编制了对象的核电厂运维机器人分类符号，运维对象分类符号采用约定俗成的核电行业检修运维对象代表性的大写英文缩写字母表达符号，其他分类采用代表性的汉字大写首字母表达符号，确定了由企业代码、名称代号、运维对象代号、辐照能力代号、功能代号、使用空间代号、操作控制方式代号和设计代号等组成的产品型号编码规则，并完成了核电厂运维机器人标志设计。标准相关内容多次征求三大核电集团、核电设计与建造、高校、科研院所、核电运营、核电设备制造厂、制造企业的相关业内专家意见并不断修改完善，充分确保了分类方法的科学性和可操作性。

## 四、标准中涉及专利的情况 本标准不涉及专利问题。

本标准不涉及专利问题。

## 五、预期达到的社会效益等情况、对产业发展的作用等情况

本标准在编写过程中，广泛邀请业内从事核电站运维的单位代表和国内核电机机器人研发机构共同研究，其中包含国内三大核电集团核电设计、建造与运营企业，核电运维机器人研究高校和科研院所，核电设备制造厂和相关科技企业具有探索精神和丰富实践经验的科研和工程技术人员。通过集合各核电运营机构和机器人研发单位的认识与经验，将分散的知识和经验以规范性的标准形式呈现，制定出一项分类全面、符号规范、标志清晰的核电厂运维机器人分类、符号、标志规范标准，对核电厂运维机器人技术发展起到积极的推动作用。

**提升分类规范性、促进行业标准化：**统一核电厂运维机器人的分类、符号和标志，确保行业内的一致性和规范性，消除各企业在机器人产品型号存在的编码差异，促进行业标准化进程，促进国际交流。

**指导研制应用、促进技术发展：**针对核电厂运维机器人，从运维对象、耐辐照能力、功能、使用空间和损伤控制方式等维度提供科学合理的分类方法，为核电厂运维系列机器人的设计优化、加工制造、生产运行及检查维修提供指导依据，促进核电厂运维机器人技术发展，确保技术先进性、稳定性和可操作性。

**增强信息协同、降低安全风险：**确保文档、报告、系统和流程中使用的语言一致性，有助于信息的准确传递和有效管理，参考相关标准开展核电厂运维机器人研发和生产，避免研发投入重复浪费从而降低企业成本；通过明确分类、符号和标志，助力核电厂运维机器人在设计、制造、安装、调试、运行和维护等环节符合核安全要求，降低机器人应用安全风险，促进核电厂运维机器人应用推广。

## 六、与国际、国外对比情况

本标准未采用国际标准，制定过程中未查到同类国际、国外标准，分类中已充分考虑国内外核电运维机器人产品现状及发展趋势，标准水平为国内先进水平。

## **七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准属于机械制造（25）标准体系“工业自动化系统综合”大类（25.040.01），与GB/T 39405、GB/T 36321等现行法律、法规、标准协调一致。

## **八、重大分歧意见处理经过和依据**

无。

## **九、标准性质的建议说明**

建议本标准的性质为推荐性团体标准。

## **十、贯彻标准的要求和措施建议**

建议标准批准发布3个月后实施，实施前组织检验机构、制造单位、使用单位开展培训，确保标准有效贯彻。

## **十一、废止现行相关标准的建议**

本标准为新制定标准，无废止现行标准需求。

## **十二、其他应予说明的事项**

无。

起草工作组 2025年6月30日