

团 体 标 准

T/CAPSA 23502—2026

微小型生命搜救机器人安全管控要求

Requirements for safety management and control of micro-robots in
life search and rescue operations

2026 – 10 – 16 发布

2026 – 10 – 17 实施

公共安全科学技术学会 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 基本要求	1
4.1 组织与人员	2
4.2 装备	2
4.3 作业环境管控	3
4.4 应急管理	3
4.5 记录与资料管理	3
5 作业前安全管控要求	4
5.1 任务确定与风险评估	4
5.2 作业方案编制与审批	4
5.3 现场环境检测与警戒设置	4
5.4 微小型机器人及配套系统检查	5
5.5 作业人员安全技术交底	5
5.6 应急准备核查	5
6 作业中安全管控要求	6
6.1 现场指挥与监护	6
6.2 作业环境动态监测	6
6.3 通信与信息交互保障	6
6.4 作业过程风险控制	6
6.5 异常情况处置与作业调整	7
7 作业后安全管控要求	8
7.1 安全检查与考核	8
7.2 持续改进	8

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。

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。

本文件由公共安全科学技术学会提出并归口。

本文件起草单位：中国矿业大学、中国矿业大学（北京）、中国科学院沈阳自动化研究所、北京凌天智能装备集团股份有限公司、中国消防救援学院。

本文件主要起草人：陶振翔、康建宏、王聪、李斌、刘铜、刘坤琦、张滢鉴、刘潇瀚、常善强、常建、张茜、王浩宇、杨晓燕、杨波、薛铭阳、高锐、黄绪勃。

引 言

随着科技的飞速发展，机器人技术在微小空间作业中的应用日益广泛，其在提高工作效率、降低人力成本以及应对危险环境等方面展现出显著优势。然而，随着机器人在微小空间作业频率的增加，安全管控问题也逐渐凸显。微小空间的特殊环境，如有限的操作空间、复杂的管线布局以及潜在的有害气体等，给机器人的安全运行带来了诸多挑战。一旦发生安全事故，不仅可能导致设备损坏、系统崩溃，还可能对救援任务造成任务中断。也对作业人员的安全防护、操作规范和应急处置能力提出了更高要求。作业过程中，机器人设备故障、人员操作不当、现场指挥协调不畅以及安全防护措施落实不到位等因素，均可能引发安全风险，影响作业人员安全和生命搜救任务的顺利实施。因此，制定一套科学、系统且具有可操作性的微小型机器人安全管控要求标准显得尤为重要。

本文件与现行机器人安全及搜救机器人相关标准协调配套、相互衔接。GB/T 38244—2019《机器人安全总则》规定了机器人全生命周期安全设计、风险评估与风险降低的通用原则，是本文件开展微小型机器人生命搜救作业安全管控的基础性安全依据；GB/T 37703—2019《地面废墟搜救机器人通用技术条件》规定了地面废墟搜救机器人的功能、性能及试验要求，为本文件中涉及的搜救能力、作业性能及相关安全要求提供了技术基础。

本文件聚焦于微小型机器人生命搜救场景，针对受限空间、废墟缝隙及复杂灾害环境下的作业特点，在上述国家标准基础上，进一步提出了作业人员安全管理、机器人装备安全、作业环境风险控制及应急处置等方面的安全管控要求，形成面向生命搜救作业全过程的安全管控要求体系。本文件以保障被困人员和救援作业人员的生命安全为首要目标，兼顾机器人及配套设备的运行安全，旨在为相关企业和机构提供明确的安全管控依据，帮助其识别、评估并有效控制生命搜救作业过程中的安全风险，降低人员伤害及设备损坏风险，保障生命搜救作业安全、有序开展。

微小型生命搜救机器人安全管控要求

1 范围

本文件规定了微小型生命搜救机器人作业的基本要求、作业前安全管控要求、作业中安全管控要求，以及作业后安全管控要求。

本文件适用于微小型生命搜救机器人生命搜救作业的安全管控。

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 38244 机器人安全总则

GB/T 37703 地面废墟搜救机器人通用技术条件

GB/T 36530 机器人与机器人装备 个人助理机器人的安全要求

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

AQ/T 9007 生产安全事故应急演练基本规范

AQ/T 9009 生产安全事故应急演练评估规范

3 术语和定义

GB/T 38244、GB/T 37703、GB/T 36530、GB 5226.1、GB/T 4208界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

狭小有限空间 Confined Space

截面 $\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 的坍塌废墟缝隙、管道等受限空间。

3.2

机器人 robot

具有两个或两个以上可编程的轴，以及一定程度上的自主能力，可在其环境内运动以执行预定任务的执行机构。

[来源：GB/T 36530-2018，定义3.2]

3.3

微小型机器人 small-sized search and rescue robot

用于生命搜救作业，能够进入人员难以到达的狭小空间、缝隙、孔洞或局部坍塌区域执行探测、搜索、通信、中继、物资输送等任务的机器人。

3.4

生命搜救作业 ground robot for search and rescue in ruins

在自然灾害、事故灾难等突发事件中，为搜寻、定位和救助被困或遇险人员而开展的探测、搜索、定位、信息传递及辅助救援等活动。

4 基本要求

4.1 组织与人员

4.2.1 微小型机器人生命搜救作业应纳入现场救援统一指挥体系。作业单位应根据搜救任务规模和复杂程度，组建满足作业需要的安全管控团队，明确各岗位人员的职责和操作权限。团队成员至少应包括作业现场指挥员、机器人操控员、现场安全员和技术保障人员。

4.2.2 作业现场指挥员应履行下列职责：

- a) 负责机器人生命搜救作业的现场组织、指挥与协调；
- b) 组织开展作业风险评估，制定作业方案并监督实施；
- c) 根据机器人反馈的探测信息和现场实际情况，对关键作业任务和救援决策进行监督与确认；
- d) 根据现场环境和作业风险变化，决定调整、暂停或终止作业；
- e) 组织协调突发情况的应急处置和人员撤离。

4.2.3 机器人操控员应履行下列职责：

- a) 按照作业方案 and 操作规程开展机器人操控作业；
- b) 作业前检查机器人及操控系统的运行状态；
- c) 实时监测机器人运行状态、作业环境及探测信息，及时报告异常情况；
- d) 按照现场指挥要求执行机器人启动、停止、撤离等操作指令；
- e) 发现机器人故障、通信中断等异常情况时，及时采取相应的安全保护措施。

4.2.4 现场安全员应履行下列职责：

- a) 负责作业现场的安全监督与管理；
- b) 检查作业人员个体防护装备佩戴及安全操作规程执行情况；
- c) 监督作业区域安全警戒和现场风险控制措施的落实；
- d) 监测作业环境变化，及时发现并报告安全隐患；
- e) 发现危及人员安全的紧急情况时，及时要求停止作业并组织人员撤离。

4.2.5 技术保障人员应履行下列职责：

- a) 负责机器人及配套系统的检查、维护和技术保障；
- b) 检查通信、传感、电源及控制系统的运行状态；
- c) 对机器人运行过程中出现的故障进行诊断和技术处理；
- d) 为机器人安全运行和异常情况处置提供技术支持。

4.2.6 各岗位人员应具备与其职责相适应的专业知识和操作能力，并符合下列要求：

- a) 作业现场指挥员应具备应急指挥、风险研判和组织协调能力，熟悉微小型机器人生命搜救作业流程及现场安全要求，并具有相关救援或指挥经验；
- b) 机器人操控员应熟悉机器人结构、性能、控制系统和操作规程，具备机器人操控、故障判断及异常处置能力，并经过相应培训和考核；
- c) 现场安全员应具备灾害现场安全风险辨识、隐患排查和应急处置能力，熟悉作业区域危险源及安全防护要求；
- d) 技术保障人员应具备机器人维护保养、故障诊断和现场维修能力，熟悉配套系统的技术原理和安全操作要求。

4.2.7 所有作业人员应按规定佩戴个体防护装备，作业期间不应擅自脱离岗位。连续作业应合理安排人员轮换。

4.2.8 作业单位应建立人员培训档案，记录培训内容、考核结果和复训情况。

4.2 装备

4.3.1 微小型机器人及配套系统应符合GB/T 37703—2019及相关产品标准的要求，具有产品合格证和使用说明书。

4.3.2 机器人及配套装备应建立维护保养制度，每次作业前后应进行检查和维护，定期进行全面检测和校准，并保存维护记录。

4.3.3 微小型机器人应具备与作业环境和任务风险相适应的安全保护功能，在通信中断、设备故障、电量不足等异常情况下，能够采取停止运动、故障报警等安全保护措施；具备安全撤离条件时，可执行自主返航或撤离。

4.3.4 微小型机器人及配套系统应保障通信、控制和定位功能的可靠性，并采取必要的保护数据措施，确保搜救数据的完整性和安全性。

4.3 作业环境管控

4.4.1 作业前应应对作业区域及周边环境进行全面勘察，识别结构稳定性、有毒有害气体、缺氧、高温、积水、带电体等危险有害因素。

4.4.2 对结构不稳定的建筑废墟、边坡、巷道等区域，应开展结构安全风险评估，识别可能危及作业人员安全的坍塌、滑落等危险因素，合理设置人员安全作业位置和警戒范围，采取必要的安全防护措施；作业期间应持续监测结构稳定性，发现可能危及人员安全的异常情况时，应立即停止作业并组织人员撤离。

4.4.3 存在带电体的作业环境，应先确认电源已切断并采取验电、接地措施；无法切断电源时，机器人应具备绝缘防护能力，且作业人员应保持安全距离。

4.4.4 作业环境应划定安全警戒区，设置明显的警示标志，安排专人警戒，禁止无关人员进入。警戒区范围应根据作业类型、机器人活动范围和环境风险等级确定。

4.4.5 夜间或光线不足条件下作业，应配备充足的照明设备，确保操控人员视野清晰和作业区域可见。

4.4.6 应根据灾害现场环境特点和风险评估结果，对作业区域实施分区、分级安全管控，并根据现场环境变化动态调整管控措施。

4.4.7 对人员难以进入或进入后存在较高安全风险的区域，应优先采用微小型机器人开展探测、搜索和定位等作业，减少救援人员直接暴露于危险环境的情况。

4.4.8 机器人作业过程中应采取必要的安全控制措施，避免因机器人运动、碰撞或其他作业行为影响灾害现场结构稳定性，防止对被困人员造成二次伤害。

4.4 应急管理

4.5.1 作业单位应针对微小型机器人生命搜救作业编制专项应急预案，内容应包括：

- a) 应急组织机构与职责分工；
- b) 常见突发事件类型及响应程序；
- c) 机器人故障、通信中断、人员受伤、环境突变等场景的处置措施；
- d) 应急物资与装备配备；
- e) 应急联络与报告程序。

4.5.2 作业单位应定期组织应急演练，演练频次每年不应少于1次，演练应符合AQ/T 9007的规定，演练评估应符合AQ/T 9009的规定。

4.5.4 作业现场应明确紧急撤离路线和集合点，所有作业人员应熟悉撤离路线和应急信号。

4.5.5 发生突发事件时，应立即启动应急预案，采取有效措施控制事态发展，并按规定及时上报。

4.5.6 作业过程中应根据现场环境、机器人运行状态及搜救任务变化情况，及时评估作业风险。当出现可能危及被困人员或救援人员安全的情况时，应及时调整或终止作业，并采取相应的安全防护和应急处置措施。

4.5 记录与资料管理

4.6.1 作业单位应建立健全安全管控记录管理制度，对作业全过程的安全管控活动进行记录。

4.6.2 安全管控记录应包括下列内容：

- a) 作业任务信息：任务来源、灾害类型、作业地点、作业时间；
- b) 人员信息：作业团队组成、人员资质、岗位分工；
- c) 装备信息：机器人型号、编号、检查结果、维护记录；
- d) 风险评估记录：危险有害因素辨识结果、风险等级、控制措施；
- e) 作业方案及审批记录；
- f) 现场环境检测数据；
- g) 安全技术交底记录；
- h) 作业过程记录：机器人运行状态、操作指令、探测结果、异常事件及其处置情况等。
- i) 应急处置记录；
- j) 作业总结与评估记录。

4.6.3 记录应真实、完整、可追溯，作业过程中的视频、音频、传感器数据等电子资料应妥善保存。

5 作业前安全管控要求

5.1 任务确定与风险评估

微小型机器人生命搜救作业应坚持生命至上、安全优先的原则，以保障被困人员和救援人员的生命安全为首要目标，合理确定作业任务并采取相应的风险控制措施。

5.1.1 接受搜救任务后，作业现场指挥应组织开展任务确定，明确下列内容：

- a) 灾害类型、发生时间、影响范围；
- b) 被困人员可能位置、数量及大致状态；
- c) 作业区域地形地貌、建筑结构类型及破坏程度；
- d) 已知的危险有害因素及周边危险源；
- e) 作业任务目标、时限要求和协同单位。

5.1.2 应在任务确定基础上开展风险评估，风险评估应包括下列步骤：

- a) 危险有害因素辨识：识别作业区域内可能存在的坍塌、有毒有害气体、缺氧、高温、积水、触电、爆炸等危险因素；
- b) 风险分析：分析各危险因素导致事故的可能性和后果严重程度；
- c) 风险评价：根据危险有害因素可能造成的危害后果，将作业风险划分为三级：一级风险为可能危及被困人员或救援人员生命危险的风险；二级风险为不危及人员生命安全，但可能造成机器人及配套设备损坏或故障的风险；三级风险为未发现明显危及人员及设备安全的风险。
- d) 风险控制：根据风险等级采取相应的安全管控措施。一级风险应以保障人员生命安全为首要目标，优先采取人员撤离、隔离防护及机器人远程作业等措施；二级风险应采取设备检查、运行状态监测及必要的安全保护措施，防止设备损坏或故障；三级风险可按照正常作业程序开展作业，落实常规安全检查和现场管理要求。

5.1.3 风险评估应形成书面记录，由作业现场指挥和现场安全员签字确认。

5.1.4 存在重大风险且无法采取有效控制措施时，不应安排机器人进入该区域作业。

5.2 作业方案编制与审批

5.2.1 作业前应根据任务要求和风险评估结果编制作业方案，作业方案应包括下列内容：

- a) 作业目标与任务分工；
- b) 作业团队组成与岗位职责；
- c) 机器人及配套装备配置；
- d) 作业路线规划与进入点选择；
- e) 安全警戒区设置与人员站位；
- f) 通信方案与频道分配；
- g) 风险控制措施与安全注意事项；
- h) 应急处置预案与撤离路线；
- i) 作业时间安排与轮换计划。

5.2.2 作业方案应由作业现场指挥组织编制，经作业单位技术负责人审核批准后实施。

5.2.3 涉及多单位协同作业的，作业方案应经各协同单位共同确认，明确指挥关系和协同机制。

5.2.4 作业方案审批后，因现场条件变化需要重大调整的，应重新履行审批程序；一般性调整应由作业现场指挥决定并记录。

5.3 现场环境检测与警戒设置

5.3.1 机器人进入作业区域前，应对作业入口及周边环境进行安全检测，检测项目及控制要求应包括：

- a) 氧含量：人员作业区域氧含量宜为19.5%~21.0%（体积分数），富氧环境下不应大于23.5%；
- b) 可燃气体浓度：人员作业区域可燃气体浓度应低于爆炸下限的10%；
- c) 有毒有害气体浓度：一氧化碳浓度不应大于30 mg/m³，硫化氢浓度不应大于10 mg/m³，其他有毒有害气体浓度应符合相关安全标准要求；

d) 环境温度：机器人作业区域环境温度应符合所用机器人产品规定的工作温度范围，采用符合《微型生命搜救机器人》要求的设备时，宜控制在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内；

e) 结构稳定性：应评估作业区域及周边结构稳定性，确认作业人员所在位置不存在不可接受的坍塌、滑落等风险。

检测结果超出相应控制界限时，应根据风险评估结果采取人员隔离、远程操控、环境控制等措施；无法保障人员安全或超出机器人适用环境条件时，不应开展相应作业。

5.3.2 环境检测应使用经检定合格的检测仪器，检测数据应如实记录。

5.3.3 根据风险评估结果和环境检测数据，划定安全警戒区并设置警戒带、警示标志。警戒区应分为：

a) 核心警戒区：机器人作业区域及可能受影响的范围，仅允许作业人员进入；

b) 外围警戒区：核心警戒区外的缓冲区域，禁止无关人员进入。

5.3.4 警戒区应安排专人值守，值守人员应配备通信设备，发现异常情况立即报告。

5.3.5 作业入口处应设置明显的作业标识，标明作业内容、危险提示和安全须知。

5.4 微小型机器人及配套系统检查

5.4.1 作业前应对微小型机器人及配套系统进行全面检查，检查应包括下列项目：

a) 外观检查：机体有无破损、变形，连接件有无松动，履带/轮胎/足端有无磨损；

b) 电源检查：电池电量是否充足，电池有无鼓包、漏液，备用电池是否齐备；

c) 通信检查：操控终端与机器人之间通信链路是否正常，信号强度是否满足要求，备用通信是否可用；

d) 传感器检查：摄像头、生命探测仪、气体传感器、温度传感器等是否正常工作；

e) 运动检查：各运动机构动作是否灵活，转向、前进、后退是否正常；

f) 安全功能检查：急停按钮、防碰撞、失联保护、低电量报警等功能是否有效；

g) 照明检查：机载照明和外部照明是否正常；

h) 配套装备检查：操控终端、中继设备、充电设备、辅助工具等是否齐全完好。

5.4.2 检查中发现故障或异常的机器人，不应投入使用，应排除故障并重新检查合格后方可使用。

5.4.3 检查应形成记录，由检查人员和机器人操控员共同签字确认。

5.4.4 多台机器人协同作业时，应检查各机器人之间的通信频率是否存在干扰，必要时进行频率分配和抗干扰测试。

5.5 作业人员安全技术交底

5.5.1 作业前，作业现场指挥应组织全体作业人员进行安全技术交底，交底应包括下列内容：

a) 作业任务目标和现场基本情况；

b) 风险评估结果和主要危险有害因素；

c) 作业方案要点和各自岗位职责；

d) 机器人操作要点和安全注意事项；

e) 安全警戒区范围和人员站位要求；

f) 通信联络方式和信号约定；

g) 应急处置程序和紧急撤离路线；

h) 个体防护装备佩戴要求。

5.5.2 安全技术交底应采用书面形式，交底人和被交底人均应签字确认。

5.6 应急准备核查

5.6.1 作业前，现场安全员应对应急准备情况进行核查，核查内容应包括：

a) 应急预案是否已编制并经审批；

b) 应急救援物资是否按要求配备且完好有效；

c) 应急联络方式是否畅通，相关单位和人员联系方式是否已确认；

d) 紧急撤离路线是否畅通，集合点是否明确；

e) 应急信号（声光、手势、通信等）是否已约定并传达至所有人员；

f) 作业人员是否熟悉应急处置程序和自身应急职责。

5.6.2 应急准备核查应形成记录，由现场安全员签字确认。

6 作业中安全管控要求

6.1 现场指挥与监护

- 6.1.1 作业现场指挥应在作业区域内的安全位置实施统一指挥，不应同时兼任机器人操控员或其他分散注意力的岗位。
- 6.1.2 作业现场指挥应履行下列职责：
- a) 按照批准的作业方案组织实施作业；
 - b) 实时掌握作业进展和现场安全状况；
 - c) 协调各岗位人员的工作，保持信息畅通；
 - d) 根据现场情况变化及时调整作业部署；
 - e) 在出现紧急情况时决定启动应急预案和人员撤离。
- 6.1.3 现场安全员应全程在岗履行安全监护职责，重点监护下列内容：
- a) 作业人员是否按规定佩戴个体防护装备和遵守安全操作规程；
 - b) 安全警戒区是否保持完整，有无无关人员进入；
 - c) 作业环境是否出现异常变化（结构变形、气体浓度变化、温度升高等）；
 - d) 机器人运行是否存在安全隐患；
 - e) 应急通道和撤离路线是否保持畅通。
- 6.1.4 现场安全员发现安全隐患或违规行为时，应立即要求整改；发现可能危及人员安全的紧急情况时，有权直接下达停止作业和撤离指令，并同时报告作业现场指挥。
- 6.1.5 机器人操控员应集中精力操控机器人，不应在操控过程中从事与作业无关的活动。操控过程中应持续观察机器人状态反馈和现场视频画面。
- 6.1.6 多台机器人协同作业时，应明确各机器人的作业区域和优先级，避免相互干扰和碰撞。

6.2 作业环境动态监测

- 6.2.1 作业期间应对作业环境进行持续动态监测，监测方式应包括机器人机载传感器监测和人工定点监测等。
- 6.2.2 机器人机载传感器应实时采集并回传下列环境参数：
- a) 氧含量、可燃气体浓度、有毒有害气体浓度；
 - b) 环境温度；
 - c) 视频图像和音频信号；
 - d) 机器人姿态和位置信息。
- 6.2.3 人工监测应在作业入口和关键位置设置监测点，定期检测环境参数。
- 6.2.4 作业期间应持续监测作业环境变化，环境监测项目及控制界限应符合5.3.1的规定。当氧含量、可燃气体浓度、有毒有害气体浓度、环境温度等参数超出相应控制界限，或出现结构变形、异常声响、掉落物等危险征兆时，应立即发出预警，并根据风险程度采取相应的安全控制措施。
- 6.2.5 环境参数持续恶化或出现坍塌、爆炸等重大危险征兆时，应立即执行应急终止程序，将机器人撤回或弃置于安全位置，作业人员撤离至安全区域。
- 6.2.6 环境监测数据应实时记录，异常情况及处置措施应详细记录。

6.3 通信与信息交互保障

- 6.3.1 作业期间应保持通信链路连续可靠，机器人操控端与机器人之间、作业团队各岗位之间、作业现场与后方指挥之间的通信应保持畅通。
- 6.3.2 通信内容应简洁、明确，使用规范用语。关键指令（如启动、停止、撤离）应采用复述确认方式，确保信息准确传达。
- 6.3.3 通信完全中断且备用链路无法恢复时，机器人应根据作业环境和任务特点启动相应的失联保护措施，包括停止运动、保持安全状态、发出故障报警等；具备自主返航条件且不会引发次生风险时，可执行自主返航。操控员不应擅自进入危险区域寻找或回收机器人，应及时向作业现场指挥报告。通信恢复后，应先确认机器人运行状态及周围环境安全，经确认后方可继续作业。

6.4 作业过程风险控制

- 6.4.1 机器人操控应平稳、渐进，不应突然加速、急转或剧烈操作，避免因操作不当导致机器人倾覆、碰撞或损坏。
- 6.4.2 机器人通过狭窄通道、跨越障碍、上下坡道时，应降低速度，谨慎操作，必要时由辅助人员在安全位置进行目视引导。
- 6.4.3 机器人接近被困人员时，应减速慢行，保持安全距离，避免机器人对被困人员造成二次伤害。确认被困人员状态后，按救援方案开展后续行动。
- 6.4.4 机器人执行物资投送任务时，应确保投送物品固定牢靠，投送过程中不应影响机器人稳定性和操控性。
- 6.4.5 作业人员进入警戒区辅助机器人作业时，应遵守下列规定：
 - a) 进入前应向作业现场指挥报告并获得批准；
 - b) 进入时应与机器人保持安全距离，机器人应暂停运动；
 - c) 应在现场安全员监护下行动，不应单独进入核心警戒区；
 - d) 完成任务后应立即撤离至安全位置，并向作业现场指挥报告。
- 6.4.6 机器人电池电量即将缺失时，操控员应及时安排机器人返航更换电池，不应在低电量状态下继续深入作业。
- 6.4.7 连续作业应安排操控员轮换，轮换期间应暂停机器人作业或由备用操控员接管。
- 6.4.8 作业过程中发现机器人出现异常振动、异常声响、温度异常、功能故障等情况时，应立即停止作业，将机器人撤回安全位置进行检查，故障排除前不应继续使用。

6.5 异常情况处置与作业调整

- 6.5.1 作业过程中出现下列异常情况之一时，应立即启动相应处置程序：
 - a) 机器人故障或失控；
 - b) 通信中断且无法恢复；
 - c) 环境参数急剧恶化；
 - d) 结构坍塌或有坍塌危险；
 - e) 作业人员受伤或身体不适；
 - f) 发现被困人员需要紧急救援；
 - g) 其他可能危及安全的突发情况。
- 6.5.2 机器人故障或失控处置应遵守下列规定：
 - a) 立即按下急停按钮，切断机器人动力；
 - b) 评估故障原因和现场安全状况；
 - c) 能够远程恢复的，在确认安全后尝试恢复；
 - d) 无法远程恢复且机器人位于危险区域的，不应冒险进入回收，应在确保人员安全的前提下制定回收方案；
 - e) 故障机器人可能引发次生灾害的，应采取隔离措施。
- 6.5.3 通信中断处置应遵守下列规定：
 - a) 保持操控终端处于接收状态，等待通信恢复；
 - b) 启动备用通信链路尝试联络；
 - c) 通信恢复后，应先确认机器人状态和周围环境，再决定是否继续作业；
 - d) 通信中断未能恢复的，应按失联处置程序执行。
- 6.5.4 环境恶化或坍塌危险处置应遵守下列规定：
 - a) 立即发出紧急撤离信号；
 - b) 在不危及人员安全的前提下，操控机器人尽快撤离危险区域，无法安全撤离的应予以弃置；
 - c) 所有作业人员按预定路线撤离至安全集合点；
 - d) 清点人员，报告情况；
 - e) 恢复作业前，应重新开展环境检测和安全风险评估。人员作业区域氧含量应为19.5%~23.5%（体积分数），可燃气体浓度应低于爆炸下限的10%，一氧化碳浓度不应大于30 mg/m³，硫化氢浓度不应大于10 mg/m³，其他有毒有害气体浓度应符合相关安全标准要求；作业区域及周边结构应经评估确认不存在危及作业人员安全的失稳风险。上述条件满足后，方可恢复相应作业。

6.5.5 作业人员受伤处置应遵守下列规定：

- a) 立即停止作业，对受伤人员进行现场急救；
- b) 根据伤情决定是否送医，并及时联系医疗救援；
- c) 保护现场，记录事故情况；
- d) 按规定上报事故信息。

6.5.6 发现被困人员时，应遵守下列规定：

- a) 立即报告作业现场指挥，不得擅自采取救援行动；
- b) 通过机器人进一步确认被困人员位置、数量、状态和周围环境；
- c) 将信息传递给救援指挥部门，配合制定救援方案；
- d) 在专业救援人员到达前，可通过机器人向被困人员传递物资和信息，给予心理安抚。

6.5.7 异常情况处置后，作业现场指挥应组织评估，决定是否调整作业方案或终止作业。调整后的作业方案应记录在案。

6.5.8 所有异常情况及处置过程应详细记录，包括发生时间、现象、处置措施、处置结果和责任人。

7 作业后安全管控要求

7.1 安全检查与考核

7.1.1 作业单位应建立微小型机器人生命搜救作业安全检查制度，定期和不定期开展安全检查。

7.1.2 安全检查应包括下列内容：

- a) 安全管理制度和操作规程的建立与执行情况；
- b) 人员资质、培训和持证上岗情况；
- c) 装备配备、维护保养和安全功能有效性；
- d) 作业方案编制、审批和执行情况；
- e) 风险评估和安全技术交底落实情况；
- f) 现场安全管控措施落实情况；
- g) 应急准备和应急演练情况；
- h) 安全记录和资料管理情况；
- i) 以往问题整改落实情况。

7.1.3 安全检查分为日常检查、专项检查和季节性检查。

7.1.4 安全检查应形成检查记录，对发现的问题应下达整改通知，明确整改责任人、整改措施和整改期限，并跟踪验证整改效果。

7.1.5 作业单位应建立安全考核机制，将安全管控工作纳入作业团队和人员的绩效考核内容。考核结果应与评优评先、奖惩挂钩。

7.1.6 对违反安全管控规定、导致安全事故或险情的责任单位和责任人，应按有关规定追究责任。

7.2 持续改进

7.2.1 作业单位应建立安全管控持续改进机制，定期对安全管控工作进行总结评估，不断完善安全管理制度和操作规程。

7.2.2 每次作业结束后，作业现场指挥应组织开展作业总结，内容应包括：

- a) 作业任务完成情况；
- b) 安全管控措施落实情况；
- c) 出现的异常情况及处置效果；
- d) 存在的问题和不足；
- e) 改进措施和建议。

7.2.3 应建立事故和险情案例库，定期组织案例分析和警示教育，吸取经验教训，防止同类问题重复发生。

7.2.4 应跟踪微小型机器人技术发展和相关标准更新，及时将新技术、新要求纳入安全管控体系。

7.2.6 作业单位应定期修订完善作业方案、应急预案和安全操作规程，并组织相关人员培训学习。