

T/CRSS

重庆市机器人学会团体标准

T/CRSS 00XX—202X

隧道二次衬砌智能台车机器人 通用安全技术规范

General safety technical specification of intelligent trolley robot for tunnel secondary lining

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

重庆市机器人学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全设计总则	2
5 危险识别与风险评估	2
5.1 危险识别	2
5.2 风险评估和风险减小	2
6 安全要求	2
6.1 安全保护功能	2
6.2 材料安全	3
6.3 机械安全	3
6.4 电气安全	3
6.5 控制系统安全	4
7 安全标志、标识与说明	4
7.1 安全标志、标识	4
7.2 安全使用说明	4
参考文献	6

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。

本文件由重庆机器人学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

隧道二次衬砌台车机器人 通用安全技术规范

1 范围

本文件规定了隧道二次衬砌台车机器人的安全设计总则、危险识别与风险评估、安全要求及安全标志、标识与说明。

本文件适用于隧道二次衬砌台车机器人的设计、生产、检测及维护等。

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—2019 机器人安全总则

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB 19517-2023 国家电气设备安全技术规范

GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求

GB/T 5169.21—2017 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验方法

GB/T 5169.11—2017 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(GWEPT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

隧道二次衬砌台车机器人 trolley robot for tunnel secondary lining

一种具备隧道二次衬砌功能的自动化工作系统。系统包含模板总成、托架总成、平移机构、门架总成、行走机构、电气系统、液压系统等。

3.2

模板总成 template assembly

模板由顶模和边模构成台车横断面。顶模分为两块，顶模之间用螺栓连接，边模和顶模间采用铰接机构，用于立模和收模。为防止错台，模板之间用两排螺栓连接固定。

3.3

托架总成 bracket assembly

托架主要承受浇注时上部的混凝土及模板的自重。它上承模板，下部搭接门架横梁，并直接传力于门架，托架总成由上纵梁、挑梁、小立柱组成。

3.4

平移机构 translation mechanism

使台车实现横向调整位置的构件，用来调整模板的衬砌中心与隧道中心一致，其推力来自两端连接横梁和上纵梁的液压千斤顶。

3.5

门架总成 gantry assembly

门架是整个台车的主要承重构件，它由横梁、立柱及下纵梁通过螺栓联接而成，各横梁、立柱及下纵梁之间通过连接梁及斜拉杆和剪刀架等连接。门架的主要结构件由钢板焊接，横梁和立柱焊成工字钢截面，下纵梁采用箱形截面焊接而成。

3.6

行走机构 traveling mechanism

使台车自主移动的构件。行走机构穿心立柱穿过下纵梁，上与门架两端立柱相连，台车行走机构由 2 个主动行走机构及 2 个从动行走机构组成。

3.7

丝杠千斤顶 screw jack

承受台车的重量和混凝土对台车的压力，改善门架下纵梁及行走机构的受力条件，保证台车工作时门架的稳定性。

3.8

液压系统 hydraulic system

台车主要动作机构的动力来源。

3.9

电气系统 electrical system

电气系统主要对行走电机的起、停及正、反向运行进行控制，并为液压系统提供动力，行走电机设有正反转控制及过载保护。

3.10

行走精度 movement accuracy

单步实际行走距离与实际行走距离误差的总称。

3.11

定位误差 position error

在工作状态下，当输入轴单向旋转时，输出轴的实际转角与理论转角之差。

4 安全设计总则

隧道二次衬砌台车机器人（以下简称“台车机器人”）的安全设计从本质安全设计、安全防护和补充保护措施、使用信息等方面保证达到预定的风险减小，并根据台车机器人结构和应用场景在GB/T 38244-2019中4.2.1至4.2.4选择适用原则。

5 危险识别与风险评估

5.1 危险识别

危险识别是在台车机器人设计和使用过程中考虑可合理预见的危险（永久性危险和意外突发危险）、危险状态和/或危险事件。为了充分识别台车机器人在使用过程中面临的危险，需考虑台车机器人与人之间的交互，并同时考虑台车机器人不同部件、机构、功能以及使用环境。主要包括：

- a) 由于本质安全设计不足导致的危险；
- b) 缺乏安全防护和补充措施导致的危险；
- c) 由于使用信息不足导致的危险；
- d) 可预见的误用导致的危险；
- e) 由于台车机器人自主决策的不可确定性导致的危险；
- f) 使用过程中的其他危险。

注：当所识别的危险不包含在附录A所列危险列表中时，可参考GB/T 15706—2012对机械安全所提出危险识别的原则进行确认，并根据风险评估与风险减小方法使该风险达到台车机器人正常使用可以接受的风险水平。

5.2 风险评估和风险减小

风险评估结合台车机器人的产品特点，应按照GB/T 15706—2012中第4章风险评估和风险减小中适用于台车机器人的策略进行。

6 安全要求

6.1 安全保护功能

6.1.1 每次开机或者重置时，台车机器人具有自检和报错功能。

6.1.2 非正常运行时或操作不当，台车机器人应能保证安全状态，并有报警等提示，解除后仍可使用。

6.1.3 有运行范围限定要求的运动部位应提供终端限位或其他限位方式作为最终的行程限位措施，以防止运动部件有超出运行范围限定的过冲。

6.1.4 台车机器人应具有急停功能，启动急停装置后应保持在停止状态。

6.1.5 台车机器人须具有声光报警功能。

6.2 材料安全

台车机器人所使用的材料应符合国家在电子电器、工程机械等相关领域产品或禁用危险物的法律规定。

6.3 机械安全

6.3.1 基本要求

台车机器人在可预见的正常使用状态下，不应由于其机械结构与强度的设计出现任何危险。

台车机器人在可预见的非正常使用状态下，包括可合理预见的误用，可能由于其机械结构与强度设计导致出现危险，应设警示说明。

6.3.2 稳定性

台车机器人应具有足够的静稳定性和动稳定性，在正常使用条件下，不应由于其稳定性的不足对工作人员造成危险。

6.3.3 结构

台车机器人的结构应具备足够的机械强度，应能承受可预见的正常使用状态下的功能，而不导致出现任何危险，且应能承受可预见的搬运或装卸等操作。

机械防护外壳与内部零部件应完整，使得由于发生故障或其他原因，台车机器人的运动零部件不能脱落与甩出，并且可能从运动零部件松脱、分离或甩出的零部件能被挡住或使其转变方向。

6.3.4 锐利边缘

台车机器人的可触及部位宜不存在可导致危险的锐利边缘，包括金属、塑料边缘等。

如果外观因功能所需等无法避免存在锐利边缘，则应设警示说明。

如果台车机器人的棱缘和拐角因安置或使用设备时，可能给工作人员带来危险，宜将这些棱缘或拐角倒圆和磨光。该要求不适用于设备的正常功能所要求的棱缘或拐角。

6.4 电气安全

6.4.1 一般要求

一般要求包括：

- a) 产品应构造在预期使用和合理可预见的使用下能安全操作、运行，并不会对人身、财产和周围环境产生危险；
- b) 具有多功能，或明显独立操作、使用的产品应分别符合每个功能或适用每个特殊操作模式要求，并考虑其功能组合所导致的危险；
- c) 产品潜在危险采用的防护技术措施应符合直接-间接-提示性安全技术措施的顺序。

6.4.2 电击危险防护

电击危险防护要求满足GB 19517-2023中III类设备要求。

6.4.3 电源控制及其危险防护

电源控制及其危险防护要求满足GB 19517-2023中5.6要求。

6.4.4 保护接地

保护接地要求满足GB 19517-2023中III类设备要求。

6.4.5 泄漏电流

泄漏电流值一般不应大于 3.5 mA。

6.4.6 发热

考虑台车机器人零部件发热与可接触部分表面温度要求：

- 1) 零部件发热要求：应符合GB 4943.1—2011的4.5.2、4.5.3及替代标准的温度限值要求。
- 2) 可接触部分表面温度要求：可接触部分的表面温度不应超过48°C，如接触时间少于1min，表面温度限制值可从48°C增加到51°C，但需要在说明书中做出说明。

6.4.7 耐热与耐燃

直接安装上带危险电压零部件的热塑性塑料件应耐异常热。该塑料件按照GB/T 5169.21—2017承受球压试验来检验其是否合格。如果根据该材料物理特性的检查，已清楚表明该材料能满足本试验的要求，则本试验不必进行。

台车机器人的非金属外壳材料部件对点燃和火焰蔓延应具有足够的抵抗力。该外壳材料部件按照GB/T 5169.11—2017承受灼热丝试验检验其是否合格。

6.5 控制系统安全

台车机器人控制安全应满足GB/T 38244—2019中7.1的要求。

6.7.4 时延

台车机器人对操作人员的常规操作指令响应时延应控制在合理范围，以避免响应时延过长造成操作人员误操作。

6.7.5 防碰撞

针对台车机器人的关键动作部件，宜配置避障和防碰撞检测传感器以及相应的传感器以及设置控制算法；若无防碰撞功能，则发生碰撞后不应对其机械结构及功能造成损害。

7 安全标志、标识与说明

7.1 安全标志、标识

包括以下安全标志、标识：

- 1) 禁止标志、标识；
- 2) 警告标志、标识；
- 3) 指令标志、标识；
- 4) 提示标志、标识。

安全标志、标识应满足以下要求：

- 1) 使用的材料应坚固耐用，遇水不应变形，不宜脱落；
- 2) 尺寸应与台车主体颜色有足够的对比度，确保其清晰可见。

7.2 安全使用说明

使用说明应随台车机器人一起提供以保证台车机器人可以按设计要求被使用，需包含但不限于以下内容：

- 1) 使用环境条件的说明；
- 2) 产品外观及尺寸的说明；
- 3) 产品技术参数的说明；
- 4) 预期条件下的安全性的说明；
- 5) 应用限制的说明；
- 6) 按规定用途使用的说明；
- 7) 使用 and 操作的说明；
- 8) 维护和维修的说明；

9) 安全警告的说明。

如用户在安装或维护时需采取必要的预防措施，应在说明书中说明。关于台车机器人的处理和废弃的信息应提供说明。

参考文献

- [1] GB 50348—2018 安全防范工程技术标准
 - [2] GB 50715-2011 地铁工程施工安全评价标准
-