

T/CRSS

重 庆 市 机 器 人 学 会 团 体 标 准

T/CRSS 00XX—202X

隧道二次衬砌台车机器人 通用技术条件

General technical conditions of tunnel secondary lining trolley robot

（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 产品分类、符号、代号及基本参数..... 2

 4.1 产品分类..... 2

 4.2 编号规则..... 2

 4.3 型号示例..... 2

5 技术要求..... 3

 5.1 功能..... 3

 5.2 性能..... 5

 5.3 安全要求..... 6

 5.4 外观和结构..... 6

 5.5 环境适应性..... 7

6 试验方法..... 7

 6.1 功能检查..... 7

 6.2 性能试验..... 7

 6.3 安全试验..... 8

 6.4 外观和结构试验..... 8

 6.5 环境适应性试验..... 8

7 检验规则..... 8

 7.1 检验分类..... 9

 7.2 型式检验..... 9

 7.3 出厂检验..... 9

8 标志、运输和贮存..... 9

 8.1 标志..... 9

 8.2 运输..... 9

 8.3 贮存..... 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。

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。

本文件由重庆市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 通用技术条件

1 范围

本文件规定了隧道二次衬砌台车机器人的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、使用说明书、运输和贮存。

本文件适用于隧道二次衬砌台车机器人的行业监管、研制生产及交付使用。

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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 699-1999 优质碳素结构钢

GB/T 2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3-2016 电工电子产品环境试验第2部分:试验方法试验Cab:恒定湿热试验

GB/T 3077- 1999 合金结构钢

GB/T 4857.23-2012 包装 运输包装件基本试验 第23部分：随机振动试验方法

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 17799.2-2003 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB/T 17799.4-2001 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射标准

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

门架是作为台车骨架承载整个台车重量并保持台车形态的主要承重构件，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

丝杠千斤顶是台车工作时的重要承力构件，在台车衬砌工时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 产品分类、符号、代号及基本参数

4.1 产品分类

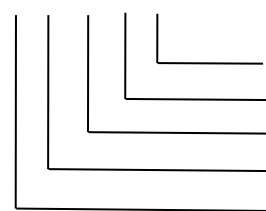
隧道二次衬砌台车机器人按照门架的结构类型可分为有门架台车与无门架台车两大类，每类又根据行走机构的类型可分为有轨行走和无轨行走两种型号。同一种机型包括若干尺寸。

4.2 编号规则

机型编号由机型代号、形式代号、宽度规格、长度规格、浇筑系统代号五部分组成，各部分之间用“-”连接。

4.3 型号示例

N-LH-9-12-F



⑤浇筑系统代号: F全自动型

④长度规格: 12m

③宽度规格: 9m

②形式代号: LH无轨液压行走

①机型号: N无门架衬砌台车机器人

4.3.1 机型代号 (型号示例①)

字母“A”表示有门架衬砌台车机器人。字母“N”表示无门架衬砌台车机器人。

4.3.2 形式代号 (型号示例②)

由行走机构的种类分类。行走机构分为有轨行走(Tracked)和无轨行走(Trackless)两类。有轨用大写字母“T”表示，无轨行走用大写字母“L”表示。

按照驱动方式又可分为液压(Hydraulic pressure)与电动(Electric)。液压驱动用大写字母“H”表示，电动用大写字母“E”表示。

4.3.3 宽度规格 (型号示例③)

宽度规格对应衬砌隧道端面最大尺寸值，单位m。

4.3.4 长度规格 (型号示例④)

台车机器人的长度规格一般采用 6m、7.5m、9m、10.5m、12m 这 5 种规格。

4.3.5 浇筑系统代号 (型号示例⑤)

台车机器人的浇筑系统分为全自动型、半自动型和手动型三大类。

全自动型：用大写字母“F”表示。

半自动型：用大写字母“S”表示。

手动型：用大写字母“H”表示。

5 技术要求

5.1 功能

5.1.1 功能概述

台车机器人应包括但不限于以下功能：

- a) 行走功能；
- b) 横移功能；
- c) 模板收展功能；
- d) 自动布料功能；
- e) 浇筑量监测功能；
- f) 压力监测功能；
- g) 远程控制；
- h) 报警功能；
- i) 开机自检功能；
- j) 复位功能；
- k) 急停功能；

5.1.2 主要功能要求

5.1.2.1 行走功能

台车机器人能够在工作人员操作下实现整机沿工作方向移动。行走系统运动自如，无抖动，打滑等现象。行走变速箱无漏油现象。

5.1.2.2 横移功能

台车机器人能够在工作人员操作下实现整机沿横向移动一定距离，实现微调定位。

5.1.2.3 门架

骨架结构部分部件整体光滑、美观，无弯曲、弯扭变形，焊缝布置合理，焊缝厚度达标，无脱焊及其它焊接缺陷。组装后，各螺栓孔基本无错位现象。组装后，主门字框架的对角线误差不大于±5mm, 每片门架的垂直度误差不大于5mm。

5.1.2.4 模板

台车机器人模板可实现自动展开准备浇筑以及自动收模。

(1) 单块模板无缺焊、脱焊现象。拱板无扭曲，筋板无弯曲面板无锈蚀、凸凹等缺陷。单块模板制造公差见表1。

表1 单块模板制造公差

序号	项 目	标 准
----	-----	-----

1	实际轮廓与设计轮廓面任意点法线误差	$\leq 3\text{mm}$
2	工作窗板面与模板表面弧度应一致：错台、间隙	$\leq 1.5\text{mm}$
3	对角线误差	$\leq 3\text{mm}$
4	长度误差	$\pm 2\text{mm}$
5	宽度误差	$\pm 2\text{mm}$
6	轮廓面(弧面)平面度	$\leq 3\text{mm}/2\text{m}$
7	铰接孔位置误差	$\leq 0.5\text{mm}$
8	铰接孔中线连接与模板中线垂直度误差	$\leq 1\text{mm}$
9	腹板与面板垂直度	$1.5\text{mm}/300\text{mm}$

(2) 模板台车整体要求

模板拼装检查后喷涂防锈漆，喷涂前表面处理打磨干净，模板表面光洁、无凹凸、无焊渣、毛刺、飞边。模板储存、运输、吊装设有防变措施。

表2 模板台车整体制造公差

序号	项 目	标 准
1	轮廓半径	$\pm 3\text{mm}$
2	模板平面度	$3\text{mm}/2\text{mm}$
3	模板错台	$\leq 2\text{mm}$
4	模板间隙	$\leq 1.5\text{mm}$
5	表面粗糙度	抛光处理
6	模板台车外轮廓表面纵向直线度误差	$\leq 2\text{mm}$
7	自模板顶点，按高度 2m 的间距划分，该处弦长与设计误差	$\leq \pm 2\text{mm}$
8	模板台车前后端轮廓误差	$\leq 3\text{mm}$

(3) 台车的安装允许偏差和检验方法见表 3。

表3 模板台车的安装允许偏差和检验方法

序号	项 目	允许偏差
----	-----	------

1	边墙角	$\pm 10\text{mm}$
2	起拱线	$\pm 2\text{mm}$
3	拱顶	$\pm 2\text{mm}$
4	模板表面平整度	4mm
5	相邻浇注段表面高度差	$\pm 4\text{mm}$

5.1.2.5 液压操作系统

各阀及油缸运动自如，油缸的有效行程合理。系统管路布置合理，各接头均无漏油现象。顶模、边模(或底模)脱模、就位动作灵活，无卡碰现象。

5.1.2.6 作业窗

铰销、定位销配合间隙不大于0.5mm。作业窗表面与模板表面的不平整度，即与模板表面的错台不大于1mm。作业窗面板四周与模板面板之间的缝隙不大于1mm。各作业窗开启、关闭自如。每根丝杠的弯曲度不能大于2mm。丝杆转动灵活，螺纹有效长度合理。台车的整体支撑系统布置合理，无支撑弱区。

5.1.2.7 自动布料功能

台车机器人布料系统可自动根据浇筑进度分配各个浇筑口进料量与进料切换时间。

5.1.2.8 浇筑量监测功能

台车机器人可实现浇筑量监测，根据浇筑进度实施现实浇筑量。

5.1.2.9 压力监测功能

台车机器人可监测浇筑过程中模板多个点位压力值。

5.1.2.10 远程控制功能

台车机器人行走、横移、布料等操作可由远程中控室操作。

5.1.2.11 报警功能

台车机器人工作过程中浇筑压力、行走故障、横移过量等情况发生时，可发出声光报警并在交互段输出文字提示报警信息。

5.1.2.12 开机自检功能

台车机器人开机后系统自动对工作机构位置、传感器状态等进行检测及初始化。

5.1.2.13 复位功能

台车机器人应具备复位功能。复位功能启动后，停止状态应保持到出现具备重启的安全条件为止。

5.1.2.14 急停功能

机器人应具备急停功能，应满足GB/T 5226.1-2019规定的0类或1类停机功能。

5.2 性能

5.2.1 性能概述

台车机器人的性能指标参数，应在产品说明书中规定，包括但不限于以下性能：

- a) 行走能力
- b) 横移能力
- c) 自动布料能力
- d) 浇筑量检测
- e) 压力检测
- f) 高频振捣
- g) 拱顶注浆
- h) 标志一致性
- i) 多工位协同工作能力
- j) 工作定位
- k) 定量浇筑能力

5.2.2 主要性能要求

5.2.2.1 行走能力

台车机器人具备行走能力,可根据工作需要设置行走速度以及行走距离,须在台车机器人用户手册上明确其行走能力。

5.2.2.2 横移能力

台车机器人可实现横向移动距离应不小于 200mm。

5.2.2.3 定量浇筑能力

台车机器人布料系统具有自动检测计算浇筑量能力,浇筑量检测值误差不超过 10%。

5.2.2.4 压力检测

台车机器人配备压力传感器,实时检测模板各部位受压情况,压力检测值误差小于 5%。

5.2.2.5 高频振捣

台车机器人所配备高频振捣系统单振捣器激振力不小于 10KN,空载振幅不大于 1mm。

5.3 安全要求

5.3.1 电气强度

台车机器人的动力交流电源电路和保护联结电路间,应能承受交流(50Hz)电压有效值1000V,持续1s的耐电强度试验,试验后应无击穿现象,台车机器人能正常工作。

5.3.2 电源适应性能

台车机器人应在电源额定电压220V或380V,额定频率50Hz $\pm$ 0.5Hz,电压波动范围 $\pm$ 10%的条件下应能正常工作。

5.3.3 电磁发射

台车机器人应符合GB/T 17799.2-2003的相关要求。

5.3.4 电磁抗扰度

台车机器人应符合GB/T 17799.4-2001的相关要求。

5.4 外观和结构

台车机器人外观应满足以下要求:

- a) 文字、符号和标志应清晰、端正;
- b) 台车机器人人机交互结构应布局合理,操作方便,便于维护。
- c) 接合处应平整。

5.4.1 模板

台车机器人的钢模板材料应符合 GB/T 699-1999中的 45 号切削加工用钢的规定，也可以采用力学性能相当的其他材料。

5.4.2 门架

台车机器人的门架材料应符合 GB/T 3077- 1999 中的 40Cr切削加工用钢的规定，也可以采用力学性能相当的其他材料。

5.4.3 托架

托架材料应不低于 GB/T 699- 1999 中的 45 号切削加工用钢的规定。

5.4.4 销轴

销轴材料应不低于 GB/T 699- 1999 中的 45 号切削加工用钢的规定。

5.5 环境适应性

5.5.1 气候环境适应性

台车机器人电气部件在表1给出的环境条件下工作、贮存时应保持正常。

表4 工作、贮存条件

环境条件	工作条件	贮存条件
环境温度	0℃～50℃	-10℃～50℃
相对湿度	≤93%（50℃）	≤93%（50℃）
大气压力	86kPa～106kPa	

5.5.2 机械环境适应性

台车机器人电气部件在完成模拟包装运输试验后，其结构及零件无损伤，无弯曲变形，紧固件无松动，并能正常运行。

6 试验方法

6.1 功能检查

依据产品使用说明书中的操作方法，实际试验检查5.1中的各项功能。

6.2 性能试验

6.2.1 行走能力

台车机器人行走能力采用行走 12m 所花费总时间计算行走速度。

$$V = \frac{12}{T}$$

式中：

V——台车机器人行走速度；

T——行走 12m 总时间。

6.2.2 横移能力

台车机器人横移机构从最左侧移动至最右侧，测量移动总长度。

6.2.3 定量浇筑

台车机器人布料系统定量浇筑测量采用定容积法，测试时准备一容积不小于 50L 测量桶，通过将混凝土注入容器至注满并计时。计算布料系统计量读数与实际浇筑容量差值并取百分数。

$$E = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\%$$

式中：

V_1 ——布料系统流量计测量浇筑量；

V_2 ——定量桶容积。

6.2.4 压力检测

台车机器人压力传感器的压力偏差检测采用相对误差法进行检测。

$$E = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \times 100\%$$

式中：

F_1 ——传感器输出值；

F_2 ——试验压力。

6.2.5 高频振捣

台车机器人所配备高频振捣系统单振捣器激振力不小于 10KN，空载振幅不大于 1mm。

$$F = m \times (2 \times \pi \times f \times s)^2 \div g$$

式中：

F ——振捣器激振力；

m ——振捣器振动锤质量；

f ——振捣器振动锤旋转频率；

s ——振捣器振动锤振幅；

g ——地球重力加速度。

6.3 安全试验

6.3.1 电气强度测试

按照GB/T 5226.1-2019中18.4条款规定的试验方法进行测试。

6.3.2 电源适应能力测试

按照GB/T 5226.1-2019中4.3.2条款规定的试验方法进行测试。

6.3.3 电磁发射测试

按照GB/T 17799.2-2003中规定的基础标准方法进行测试。

6.3.4 电磁抗扰度测试

按照GB/T 17799.4-2001中规定的基础标准方法进行测试。

6.4 外观和结构试验

目测检查台车机器人外观和结构，使用卷尺、卡尺或其他工具检查外形尺寸。

6.5 环境适应性试验

6.5.1 气候环境适应性试验

按照GB/T 2423.1-2008、GB/T 2423.2-2008、GB/T 2423.3-2016中规定的试验方法，按表1温湿度指标进行试验。其中工作条件试验时间为16h，贮存条件时间为48h。

6.5.2 机械环境适应性试验

按照GB/T 4857.23-2012附录A中公路运输推荐严酷水平II级进行随机振动试验，试验时间为8h。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 检验为型式检验和出厂检验。

7.1.2 型式检验应包括但不限于本文件规定的所有试验项目。出厂检验由台车机器人制造商自行规定。

7.2 型式检验

当有下列情况之一时，应该进行型式检验：

- a) 新产品试制定型投产时；
- b) 因工艺，材料或结构变化而影响产品质量时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 停产超过三年恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构提出型式试验要求时。

7.3 出厂检验

出厂检验项目应对每台产品逐一进行，所有项目合格签发合格证明方可出厂。

8 标志、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

台车机器人产品上应有清晰的标志，其标志应包括下述内容：

- (1) 产品名称；
- (2) 产品型号；
- (3) 公司名称或注册商标；
- (4) 产品出厂编号；
- (5) 生产日期；
- (6) 产品执行标准；
- (7) 额定负载；
- (8) 电压、频率及耗电功率；
- (9) 电气参数(电机功率、电池容量、额定电压、额定举升重量和自重等)；
- (10) 其他参数(外形尺寸、运行速度等)。

8.1.2 包装标志

产品的外包装上应有清晰的标志，其标志应包括以下内容：

- (1) 产品名称及型号；
- (2) 产品数量；
- (3) 公司名称及注册商标。

包装箱外表面应按 GB/T 191 规定做图示标志。

8.1.3 安全警示标识

台车机器人应有必要的安全警示标识，以告知用户安全使用。必要时，应提供使用、操纵、维护和拆卸台车机器人时预防措施的安全警示标识。

安全警示标识包括但不限于：

- (1) 台车机器人应有工作极端温度的高温/低温部件的警告和标志；
- (2) 适当的其他安全警示。

8.2 运输

在装卸过程中，禁止摔掷、翻滚和重压。产品储存时应存放在原包装箱内。运输、装卸时应保持包装箱的竖立位置，并不得堆放。

8.3 贮存

长期存放台车机器人零部件的仓库，其环境温度为-10~50℃，50℃时存储的相对湿度不大于93%。其周围环境应无腐蚀、易燃气体，无强烈机械振动、冲击及强磁场作用。贮存期限及其维护要求由产品标准规定。
