

ICS

CCS

T/SSITS

团 体 标 准

T/SSITS 506—2023

工业应用移动机器人 重载类 技术规范

Technical specification for heavy duty mobile robots of industrial applications

2024-2-23 发布

2024-2-23 实施

深圳市机器人标准检测技术学会
移动机器人产业联盟 发布

目 录

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 组成	3
5 产品分类	3
5.1 按载重类型分类	3
5.2 按驱动结构及驱动方式	3
5.3 按导航方式	3
5.4 按移载方式	4
5.5 按应用环境方式	4
6 技术要求	4
6.1 车体	4
6.2 驱动装置	5
6.3 执行机构	5
6.4 安全防护装置	5
6.5 控制系统	6
6.6 电源装置	7
6.7 导航装置	7
6.8 通信装置	7
6.9 人机交互系统	7
7 性能要求	7
7.1 可靠性	7
7.2 额定负载	7
7.3 额定速度	8
7.4 载荷质量比	8
7.5 定位精度	8
7.6 制动能力	8
8 适应性要求	8
8.1 环境适应性要求	8
8.2 地面适应性要求	8
9 试验方法	8
9.1 目测检查	8
9.2 功能验证	8
9.3 主要技术性能参数的测定	9
9.3.1 可靠性试验	9
9.3.2 额定负载测试	9
9.3.3 定位精度	9
9.3.4 额定速度	9
9.3.5 自重测定	9
9.3.6 制动能力	9
10 检验规则	9
10.1 出厂检验	9

10.2 型式检验	9
11 标志、包装、运输和贮存	10
11.1 标志	10
11.2 包装	10
11.3 运输	11
11.4 贮存	11
附录 A	12

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。

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。

本文件由深圳市机器人标准检测技术学会、深圳市新产研咨询服务有限提出并归口。

本文件起草单位：天津朗誉机器人有限公司、沈阳新松机器人自动化股份有限公司、云南昆船智能装备有限公司、成都航发机器人有限公司、苏州海通机器人系统有限公司、浙江杭叉智能科技有限公司、机科发展科技股份有限公司、三一机器人科技有限公司、北京特种机械研究所、杭州恒昇智能装备科技有限公司、上海鸣志电器股份有限公司、广州华明智能科技有限公司、青岛蚂蚁机器人有限责任公司、山东蓬翔汽车有限公司、青岛奥斯特电驱动设备有限公司、临沂临工智能信息科技有限公司、华晓精密工业（苏州）有限公司、珠海格力智能装备有限公司、广东爱格威科技有限公司、合肥井松智能科技股份有限公司、诺力智能装备股份有限公司、珠海创智科技有限公司、苏州赛福德自动化科技有限公司

本文件参编单位：湖北三丰机器人有限公司、航天智造(上海)科技有限责任公司、东风专用设备科技有限公司、北京坦克智能科技有限公司、苏州同毅自动化技术有限公司、江苏金陵智造研究院有限公司、湖北科峰智能传动股份有限公司、天津佳创博为科技有限公司、新乡市百分百机电有限公司、上海海鹏智控车辆技术有限公司、浙江迈睿机器人有限公司、松蒙（北京）机器人有限公司、浙江国自机器人技术股份有限公司、深圳墨影科技有限公司、浩亭（珠海）贸易有限公司、杭州士腾科技有限公司、深圳市镭神智能系统有限公司、天津阿备默机器人科技有限公司、中铁十四局集团房桥有限公司智能装备分公司、名商科技有限公司。

本文件主要起草人：任志勇、高峰、俞沛齐、周林榛、高健、王志杰、谢昊天、翁艳、李波、孙国忠、陈宇、巫飞彪、赵建、鲁海宁、唐伟鑫、田洪云、田定胜、张天翼、周文丰、张杰、茆福军、咎学彦、岳婷婷、杨国安、杨文华、林仕材。

本文件的历次版本发布情况为：

——2024年2月首次发布。

工业应用移动机器人 重载类 技术规范

1 范围

本文件规定了重载移动机器人的术语和定义、分类、型号与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志、随机文件、包装、运输与贮存。

本文件适用于额定载重量为10t及以上的重载类工业移动机器人设计、制造、检验。

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 3797 电气控制设备
- GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则
- GB/T 4768 防霉包装
- GB/T 4879 防锈包装
- GB/T 5048 防潮包装
- GB/T 6995 电线电缆识别标志方法
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16574—2021 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 27544—2011 工业车辆 电气要求
- GB 50054 低压配电设计规范
- T/SSITS 101—2020 工业应用移动机器人术语
- T/SSITS 201—2020 工业应用移动机器人通用技术条件
- T/SSITS 202—2020 工业应用移动机器人 安全规范
- T/SSITS 401—2020 工业应用移动机器人检测规范
- T/SSITS 501—2021 汽车生产线用移动机器人 技术规范

3 术语和定义

T/SSITS 101—2020 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重载移动机器人 heavy-duty mobile robots

额定承载重量大于等于10t的工业应用移动机器人。

3.2

背负式 piggyback

背驮完全承载物料重量实现物料搬运的一种工业应用移动机器人的移栽方式。

3.3

整体举升 lift as a whole

通过工业应用移动机器人车体整体升降实现物料移载的一种移载方式。

3.4

局部举升 partial lifting

通过以工业应用移动机器人车体为基础，通过独立的升降装置实现物料移载的一种移载方式。

3.5

牵引式 towed

工业移动机器人自身不承载或半承载运载物料重量，通过自身机构动作实现拖拽物料或物料载具，完成装卸功能的一种移载方式。

3.6

悬吊式 pendant

物料吊装在悬臂或门式横梁下方实现物料搬运的一种工业应用移动机器人的移载方式。

3.7

弹簧悬挂 spring-loaded suspension

采用弹簧作为主要受力构件，传递车轮与车架之间的作用力及扭矩，保证移动机器人能够在不平整路面顺利行驶的一种工业应用移动机器人悬挂方式。

3.8

液压悬挂 hydraulic suspension

采用液压缸作为主要受力构件，传递车轮与车架之间的作用力及扭矩，保证移动机器人能够在不平整路面顺利行驶的一种工业应用移动机器人悬挂方式。

3.9

桥式悬挂 bridge suspension

使用成品驱动桥作为整套设备的行走机构。

3.10

载荷质量比 load-to-mass ratio

被运载物体的额定重量与运载体本身重量之比。

3.11

手动模式 manual mode

通过手动控制器来控制重载移动机器人运行及移载。

3.12

半自动模式 semi-automatic

在无调度系统时，通过人工输入命令来控制重载移动机器人自动运行及移载。

3.13

自动模式 automatic mode

通过调度系统来控制重载移动机器人自动运行及移载，无需人工干预。

4 组成

重载移动机器人的组成符合T/SSITS 101—2020中5要求，系统组成见图1。

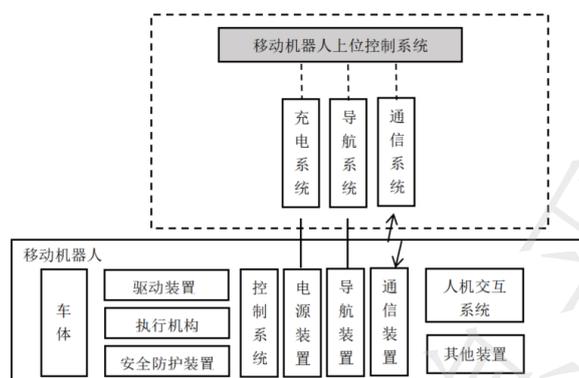


图1 重载移动机器人组成

5 产品分类

5.1 按载重类型分类

重载移动机器人按载重可分为以下类型：

- a) 重载： $\geq 10\text{t} \sim 30\text{t}$ ；
- b) 大重载： $\geq 30\text{t} \sim 100\text{t}$ ；
- c) 超重载： $\geq 100\text{t}$ 。

5.2 按驱动结构及驱动方式

重载移动机器人按驱动方式可分为以下类型：

- a) 差速结构；
- b) 舵轮结构；
- c) 麦克纳姆轮结构；
- d) 车桥结构；
- e) 履带结构。

5.3 按导航方式

重载移动机器人按导航方式可分为以下类型：

- a) 电磁导航；
- b) 磁带导航；
- c) 磁钉导航；
- d) 光学导航；
- e) 坐标导航；
- f) 激光导航；
- g) 惯性导航；
- h) 视觉导航；
- i) 基站导航；
- j) 二维码导航；
- k) RFID导航；
- l) 复合导航。

5.4 按移栽方式

重载移动机器人按移栽方式可分为以下类型：

- a) 背负式；
- b) 牵引式；
- c) 悬吊式；
- d) 其他方式。

5.5 按应用环境方式

重载移动机器人按应用环境方式可分为以下类型：

- a) 室内型；
- b) 室外型；
- c) 混合型。

6 技术要求

6.1 车体

6.1.1 外观要求

重载移动机器人外观应符合以下要求：

- a) 车体外观颜色采用醒目的颜色，与背景环境易于分辨，使用方有特殊要求的除外；
- b) 传动部件应在人员可触及范围使用固定防护装置进行保护；
- c) 车体外观不允许出现棱角边；
- d) 本体覆盖件的形状应避免可能引发的危险，同时应具有适当的强度，以防止与其他物体发生碰撞时产生功能故障；
- e) 依照 T/SSITS 202—2020 安全标准，在明显位置明确标识安全警示标识。

6.1.2 结构要求

重载移动机器人结构应符合以下要求：

- a) 应按照厂家规定程序批准的设计图样和工艺文件进行制造；
- b) 应布局合理，装配方便，易于维修保养；
- c) 零件之间配合牢固可靠，内部走线整洁、固定可靠，接插件搭接良好可靠；
- d) 紧固部分应无松动，关键紧固部位做好划线标识，活动部分润滑和运转状况良好，减震部分可靠，液压部分连接可靠（如有）；
- e) 重载移动机器人及其附件的结构部件需承受静载荷的安全系数 ≥ 1.25 倍，耐冲击系数 ≥ 1.5 倍；
- f) 重载移动机器人本体应保证在正常运行时产生的扭曲和变形量不会引发功能故障和安全风险；
- g) 驱动轮与从动轮应分别考虑驱动力以及承载力的安全要求；
- h) 电池或电池组应通过隔间或单独的外壳（如托盘和盖子）提供支撑和保护；
- i) 电池或电池组应提供限位装置，确保在重载移动机器人启动、停止时正常使用；
- j) 车体应满足正常使用时强度、刚度要求。

6.1.3 外壳防护能力要求

重载移动机器人及其各功能部件外壳的防护等级取决于其预计用途及其设计使用的环境，至少应满足T/SSITS 201—2020 中6.1.3 的要求。

6.2 驱动装置

6.2.1 驱动方式

宜采用5.2中所述的驱动方式。

6.2.2 制动方式

宜采用电气制动、液压制动、机械制动等方式。

6.2.3 轮系布局

宜采用图2所示几种方式。

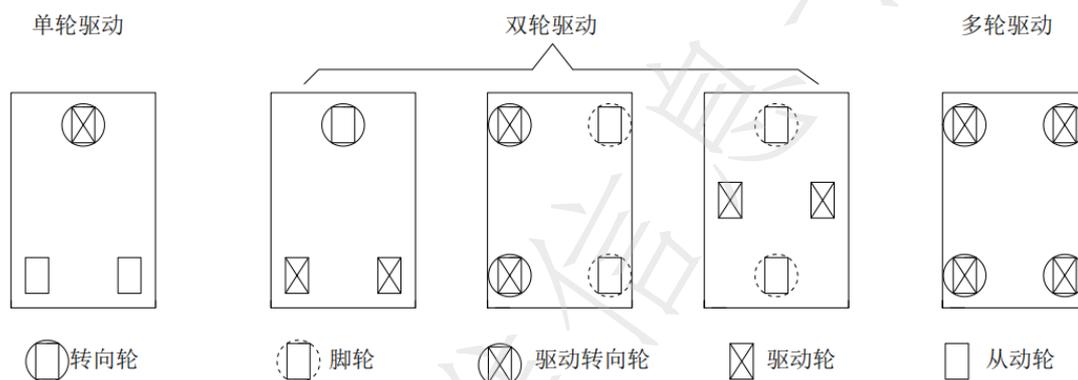


图2 轮系布局方式

6.2.4 悬挂形式

宜采用固定悬挂、弹簧悬挂、液压悬挂、桥式悬挂等方式。

6.3 执行机构

应符合T/SSIS 201—2020中6.3的规定。

6.4 安全防护装置

6.4.1 一般要求

安全防护装置应满足以下要求：

- 应在运行方向上安装防护装置；
- 在自动模式下，防护装置的检测范围至少要涵盖车体自身及其负载的宽度；
- 防护装置应保持开启状态，只有在完成安全风险评估的前提下，防护装置才允许被关闭，且应有经过培训的人员操作；
- 安全防护装置应连接可靠，功能正常；
- 不能有造成危险的锐边或棱角；
- 开关、按钮、手柄等装置的位置合理、操作方便。

6.4.2 急停装置

重载移动机器人的失控会对周围人或环境造成伤害，必须设置手动启动的急停功能。该急停功能应满足以下要求：

- 优先于重载移动机器人的其他控制，触发力应小于 50 N；
- 不允许直接使用对人有潜在危险的材料或结构；

c) 不允许有安全死角,防护装置的任何部位受到压缩性接触时,均能发出使重载移动机器人停止的信号;

- d) 消除可由车辆控制的任何其他危险;
- e) 保持有效直至复位;
- f) 只能手动复位,复位后不会自动重启;
- g) 应依据 GB/T 16574—2021 选择类别 0、类别 1 的停止功能。

6.4.3 保护性停止装置

应考虑以下功能及安全要求:

- a) 危险评估应确定重载移动机器人的安全相关的速度范围,超出这个范围可能对移动机器人或周围人员造成伤害;
- b) 应在重载移动机器人可接触的移动部分进行速度监测,只有有权限的人可调节允许最大速度值。控制重载移动机器人的速度以确保其移动速度不超过安全相关的速度限制;
- c) 设计安全相关的速度控制以避免发生故障,应有失速报警。

6.4.4 警示装置

重载移动机器人应至少配备下列警示装置:

- a) 扬声器装置;
- b) 警示灯装置。

6.5 控制系统

6.5.1 控制模式

运行模式应包含手动、半自动、自动模式。

6.5.2 运动控制

- a) 应具有启动、停止、急停、复位(停止后恢复运行)等运动控制功能;
- b) 重载移动机器人在水平地面上行进方式按不同功能设置可包括:前进、后退、横移、转弯、自转、斜移多种运行模式(满足其中动作但不需全部包含)。

6.5.3 电气要求

应考虑以下功能及安全要求:

- a) 电源电压范围;
- b) 除电池外的所有带电部件与车体之间的绝缘电阻,应大于等于 $1000\ \Omega$ 乘以系统标称电压值,电池与车体之间的绝缘电阻应大于等于 $50\ \Omega$ (超过直流 120V 时为 $500\ \Omega$) 乘以系统标称电压值;
- c) 根据重载移动机器人的标称电压等级,进行相应的耐电强度测试。如表 1 所示,移动机器人应能承受持续 1min 的耐电强度试验,无击穿、闪络和飞弧现象。

表1 有效测试电压

标称电压 U	有效交流测试电压/50Hz
$U \leq 48V$	500V
$48V < U \leq 96V$	1000V
$96V < U \leq 150V$	1500V
$150V < U \leq 300V$	2500V
$300V < U \leq 600V$	4000V

注:在测试电压下,可能导致损坏的电路、半导体或类似元器件允许旁路或断开。

- d) 应采用导电链，导电橡胶及导电轮等方式进行接地保护；
- e) 出现失速时，应及时安全停车；
- f) 出现通信中断时，应发出报警信息，并根据使用条件判断是否要及时自动停车；
- g) 出现导航信息丢失时，应及时安全停车；
- h) 执行机构出现动作异常时，应及时发出报警信息，并根据使用条件判断是否要安全停车；
- i) 应考虑软件和硬件的容错机制，以防止出现非正常操作；
- j) 电控系统保护措施和电气安全应符合 GB 50054 的要求；
- k) 应符合 GB/T 3797、GB/T 4025、GB/T 6995（所有部分）中的相关要求，并应符合 GB/T 27544—2011 中 5.1.8 的要求。

6.6 电源装置

可包括动力电源、电源管理模块、电源转换模块、充电连接装置等，宜考虑以下性能：

- a) 充电、放电特性；
- b) 续航时间；
- c) 使用寿命；
- d) 维护特性；
- e) 通信接口匹配性；
- f) 供电接口连接可靠性。

6.7 导航装置

6.7.1 导航方式

宜具有5.3中所述的导航方式。

6.7.2 导航定位

与控制系统结合，应满足以下要求：

- a) 具备初始定位功能；
- b) 具备连续导航功能。

6.8 通信装置

宜采用工业级Wi-Fi无线网络通信、蜂窝移动无线通信、红外光通信、其他工业无线通信等。

6.9 人机交互系统

人机交互系统应满足以下要求：

- a) 应满足 T/SSITS 201—2020 中 6.9 的要求；
- b) 具备明确的提示功能，避免人工误操作；
- c) 人机交互系统故障不能影响移动机器人手动操作。

7 性能要求

7.1 可靠性

重载移动机器人的有效作业率不小于95%。

7.2 额定负载

应符合制造商声明的数值，等级划分详见附录 A。

7.3 额定速度

应符合制造商声明的数值，等级划分详见附录A。

7.4 载荷质量比

应符合制造商声明的数值，等级划分详见附录A。

7.5 定位精度

应符合制造商声明的数值，等级划分详见附录A。

7.6 制动能力

应符合制造商声明的数值，等级划分详见附录A。

8 适应性要求

8.1 环境适应性要求

- a) 环境温度：0℃~40℃；
- b) 环境相对湿度：10%~90%，无结露；
- c) 环境气压：80kPa~110kPa；
- d) 特殊环境使用的重载移动机器人，其环境要求由制造商和使用方协商确定。

8.2 地面适应性要求

重载移动机器人至少应能在满足以下要求的地面上运行：

1、室内型

- a) 平面度（任意 $1\times 1\text{m}^2$ 范围）：3mm~5mm；
- b) 坡度：3%~5%；
- c) 台阶高度：2mm~5mm；
- d) 沟槽宽度：10mm~30mm。

2、室外型

- e) 平面度（任意 $1\times 1\text{m}^2$ 范围）：5mm~10mm；
- f) 坡度：8%~17%；
- g) 台阶高度：10mm~30mm；
- h) 沟槽宽度：30mm~50mm。

9 试验方法

9.1 目测检查

目测检查所有重要部件的规格或状态是否符合要求。
目测检查一般情况下不需要进行拆卸。

9.2 功能验证

功能验证按T/SSITS 401—2020中表1的规定进行。

9.3 主要技术性能参数的测定

9.3.1 可靠性试验

可靠性试验应按照T/SSITS 501—2021中9.1.6条规定的方法进行。

9.3.2 额定负载测试

按T/SSITS 401—2020第6.4.1.1的规定方法进行。

9.3.3 定位精度

按T/SSITS 401—2020第6.4.1.1的规定方法进行。

9.3.4 额定速度

按T/SSITS 401—2020第6.4.1.1的规定方法进行。

9.3.5 自重测定

使用地磅秤等计量设备来称量自重。重载移动机器人呈标准无载运行状态,先从一个方向驶上秤台,使重载移动机器人停在秤台中心部位。测量时,重载移动机器人停稳,切断电源。然后重载移动机器人调转180°,再测量一次,取平均值。标称重量与实际重量偏差不超过5%。

9.3.6 制动能力

重载移动机器人在额定载荷下以额定速度运行,车头运行至检测线时按下急停按键,待车辆运行停止后,测量车头距离检测线间距记录数据,依据当前额定载荷和速度及记录的制动距离计算制动能力,应满足客户协议需求等级检验规则。

10 检验规则

10.1 出厂检验

10.1.1 出厂检验是在生产的最终阶段对生产线上的产品进行检验,允许采用经验证的等效快速的检验方法进行。检验过程中发现的不合格品,工厂应采取标志、隔离、处置等措施,避免不合格品的非预期使用或交付。返工或返修产品需要重新检验合格后方可入库。

10.1.2 出厂检验项目按表2规定的项目进行。

10.2 型式检验

10.2.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 产品停产达一年以上后恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时;
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求。

10.2.2 型式检验项目见表2,检验结果全部符合本文件要求,则判定为型式检验合格。

表2 检验项目

序号	检验项目		出厂检验	型式检验	技术要求	检验方法	
1	性能指标	可靠性	—	√	7.1	9.3.1	
2		额定负载	√	√	7.2	9.3.2	
3		额定速度	√	√	7.3	9.3.4	
4		载荷质量比	√	√	7.4	9.3.1/9.3.4	
5		定位精度	√	√	7.5	9.3.3	
6		制动能力	√	√	7.6	9.3.6	
7	总体要求	车体外观要求	√	√	6.1.1	9.1	
8		车体结构要求	√	√	6.1.2	9.1	
9		外壳防护能力要求	√	√	6.1.3	9.2	
10		驱动装置	驱动方式	√	√	6.2.1	9.1
11			制动方式	—	√	6.2.2	9.1
12			悬挂形式	—	√	6.2.4	9.1
13		安全防护装置	一般要求	√	√	6.4.1.1	9.2
14			急停装置	√	√	6.4.1.2	9.2
15			保护性急停装置	√	√	6.4.1.3	9.2
16			警示装置	√	√	6.4.1.4	9.2
17		控制系统	控制模式	√	√	6.5.1	9.2
18			运动控制	√	√	6.5.2	9.2
19			电气要求	—	√	6.5.3	9.2
20		导航装置	导航方式	√	√	6.7.1	9.2
21			导航定位	√	√	6.7.2	9.2
22		通信装置	√	√	6.8	9.2	
23		人机交互系统	√	√	6.9	9.2	

11 标志、包装、运输和贮存

11.1 标志

重载移动机器人产品上应有清晰、醒目的标牌，标牌尺寸要求按照GB/T 13306的规定，标牌上应包括下列内容：

- a) 制造单位名称或注册商标；
- b) 产品名称、型号；
- c) 额定载重量；
- d) 外形尺寸及重量；
- e) 出厂编号；
- f) 生产日期。

11.2 包装

11.2.1 重载移动机器人包装前，必须将重载移动机器人整体固定，包装材料应符合 GB/T 4768、GB/T 4879、GB/T 5048 的要求。

11.2.2 产品的包装应符合 GB/T 13384—2008 的有关规定，应牢固可靠，能确保设备不会因运输后导致损坏，或与客户沟通达成一致方案执行。

11.2.3 外面标明以下内容或遵循客户要求：

- a) 产品编号、名称及数量；
- b) 总重量(kg)；
- c) 制造厂名及厂址；
- d) 制造日期或出厂编号；
- e) “向上”、“防潮”等注意事项及标记，其储运标识应符合 GB/T 191 的有关规定。

11.3 运输

产品运输应符合公路运输的规定、产品在运输过程中应防止剧烈震动、碰撞、冲击、雨雪侵袭及化学物品的侵蚀，应轻装轻卸。运输、装卸时，应按包装规定标识方向放置，保护包装箱的竖放位置，并不得堆放。

11.4 贮存

产品应贮存在清洁、无强烈振动、无冲击和无强磁场作用的场所，场内应通风干燥，环境温度为0℃~40℃，相对湿度不大于80%，无腐蚀性物质及有害气体侵袭的仓库内，临时存放应有防雨措施。

附录 A
(规范性)
参考等级划分

A.1 等级与额定负载

等级划分与额定负载关系见表A.1。

表 A.1 等级与额定负载

分类等级	额定负载 Q/t
AA	$10t \leq Q < 30t$
AB	$30t \leq Q < 100t$
AC	$100t \leq Q < 300t$
AD	$300t \leq Q < 500t$
AE	$Q \geq 500t$

A.2 载荷质量比

等级划分与载荷质量比关系见表A.2。

表 A.2 自重与运载能力称重比

性能指标	比值 A	等级
载荷质量比 (最大载荷/车体质量)	$8 \leq A$	I
	$7 \leq A < 8$	II
	$5 \leq A < 7$	III
	$3 \leq A < 5$	IV
	$A < 3$	V

A.3 额定速度

等级划分与额定速度关系见表A.3。

表 A.3 等级划分与额定速度关系

等级	额定速度 v (m/s)
1	$v \geq 1.2$
2	$1.2 \leq v < 0.8$
3	$0.8 \leq v < 0.5$
4	$0.5 \leq v < 0.3$
5	$v \leq 0.3$

A.4 定位精度

等级划分与定位精度关系见表 A.4。

表 A.4 等级划分与定位精度关系

等级	定位精度 σ (mm)
I	$\sigma \leq 10$
II	$50 < \sigma \leq 10$
III	$100 < \sigma \leq 50$
IV	$\sigma > 100$

A.5 制动能力

等级划分与制动能力关系见表 A.5。

表 A.5 等级划分与制动能力关系

等级	制动能力 ^a
I	$D \leq 0.05$
II	$0.05 < D \leq 0.1$
III	$0.1 < D \leq 0.25$
IV	$D > 0.25$

^a 制动能力：载重重量 (t) 乘以速度 (m/s) 比制动距离 (mm)