

(ICS  
CCS  
备案号:

# T/SSITS

团 体 标 准

T/SSITS 507-2024

## 防爆叉车类移动机器人 技术要求

Explosion-proof forklift type mobile robot Technical requirement

2024 - 12 - 12 发布

2024 - 12 - 12 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 次

目 次.....	I
前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 危险源识别.....	4
5 技术要求.....	6
6 试验方法.....	9
7 检验规则.....	16
8 标志、标牌和随机文件.....	17
9 运输及贮存.....	18
附录 A(资料性附录) 车辆分级与场所分区的关系.....	19
附录 B(资料性附录) 用“设备保护级别”的方法对防爆设备进行危险评定的介绍.....	20

## 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公提出并归口。

本文件负责起草单位：苏州赛福德自动化科技有限公司、重庆凯瑞机器人技术有限公司、浙江杭叉智能科技有限公司、合力工业车辆（上海）有限公司、机科发展科技股份有限公司、广东赛弗智能物联科技有限公司、绵阳市五八机器人科技有限责任公司、长沙金鹰机电科技有限公司。

本文件参编单位：安吉思防爆技术（苏州）有限公司、深圳瑞朗特防爆车辆有限公司、杭州亿亿德传动设备有限公司、武汉天眸光电科技有限公司、上海电器科学研究所（集团）有限公司、珠海创智科技有限公司、沈阳广角成套电气股份有限公司。

本文件主要起草人：成林、杜勇、王志杰、胡浩、谢昊天、孔祥忠、李宝林、陈巍、王勇、周鑫卓、岳婷婷、冉坤、朱晓鹏。

本文件的历次版本发布情况为：

——2024年12月首次发布。

# 防爆叉车类移动机器人 技术要求

## 1 范围

本文件规定了防爆叉车类移动机器人（以下简称机器人）在爆炸性环境下应用的技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则以及标志、随行文件、运输和贮存等。

本文件适用于爆炸性环境1区、2区和21区、22区的机器人。

本文件不适用于煤矿井下、设备II类0区、设备III类20区的机器人，不适用于含二硫化碳、一氧化碳、乙醛的可燃性气体和蒸气场所。

本文件不适用于不需要大气中的氧燃烧的自燃物质（如弹药等）形成的粉尘环境用机器人。

可假定Ex设备能在下列标准大气条件下（与环境爆炸特性有关）运行：

——温度： $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；

——压力： $80\text{kPa}\sim110\text{kPa}$ ；

——空气中正常氧含量：通常为21%（体积分数）。

注1：尽管以上标准大气条件给出的大气温度范围是 $-20^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，但Ex设备所使用的正常温度范围依然是 $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，另有规定和标志时除外。一般认为 $-20^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 对大部分Ex设备是合适的，且若将所有设备制造成适用于 $60^{\circ}\text{C}$ 环境温度上限，将增加不必要的设计限制。

## 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 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2-2021 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 3836.11-2017 爆炸性环境 第11部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据
- GB/T 3836.12-2019 爆炸性环境 第12部分：可燃性粉尘物质特性 试验方法
- GB 3836.14-2014 爆炸性环境 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境
- GB/T 3836.15 爆炸性环境 第15部分：电气装置设计、选型、安装规范
- GB/T 3836.28-2021 爆炸性环境 第28部分：爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求
- GB/T 3836.29-2021 爆炸性环境 第29部分：爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”
- GB/T 3836.35-2021 爆炸性环境 第35部分：爆炸性粉尘环境场所分类
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5182-2008 叉车 货叉 技术要求和试验方法
- 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 10827.1-2014 工业车辆 安全要求和验证 第1部分：自行式工业车辆（除无人驾驶车辆、伸缩臂式叉车和载运车）
- GB/T 10827.4-2023 工业车辆 安全要求和验证 第4部分：无人驾驶工业车辆及其系统

GB/T 19854-2018 爆炸性环境用工业车辆防爆技术通则  
 GB/T 20721-2022 自动导引车 通用技术条件  
 GB/T 14039-2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号  
 GB/T 25285.1-2021 爆炸性环境 爆炸预防和防护第1部分:基本原则和方法  
 GB/T 27544-2011 工业车辆电气要求  
 GB/T 30030-2023 自动导引车 术语  
 GB/T 30031-2021 工业车辆电磁兼容性  
 GB/T 37669-2019 自动导引车 (AGV) 在危险生产环境应用的安全规范  
 GB 38031-2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求  
 GB/T 43909 叉车属具 安全要求  
 TSG81-2022 场 (厂) 内专用机动车辆安全技术规程  
 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 401-2020 工业应用移动机器人 检测规范  
 T/SSITS 505-2022 工业应用移动机器人叉车类 技术规范

### 3 术语和定义

T/SSITS 101-2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**防爆叉车类移动机器人** Explosion-proof forklift type mobile robot

在危险场所运行,可自动行驶作业的叉车(包括平衡重式、前移式、插腿式、托盘堆垛式、托盘搬运式、侧面叉式、三向堆垛式)等。

#### 3.2

**叉车属具** forklift truck attachments

通过挂装等形式在叉车货叉、货叉架或门架上增设的,拓展叉车作业功能的相对独立的工作装置。

#### 3.3

**爆炸性环境的最低点燃温度** minimum ignition temperature of an explosive atmosphere

在规定的试验条件下,可燃性气体或可燃性液体的蒸气的最低点燃温度,或者粉尘云的最低点燃温度。

#### 3.4

**最高表面温度** maximum surface temperatures

在最不利运行条件下(但在规定的容许范围内)工作时,设备接触爆炸性环境的任何部件或任何表面所达到的最高温度。

注1:制造商需编制产品标准,并在专门设计中考虑以下条件:

- 在有关防爆型式标准中规定的故障条件;
- 在有关专业标准中规定的运行条件,包括制造商认可的过载条件;制造商规定的其他运行条件。

注2:由于防爆型式的不同,表面温度可以是外表面的,也可以是内表面的。

电气设备上标志的温度组别符号的意义见表1。

表1 气体或蒸气的引燃温度与设备温度组别之间的关系

场所分类要求的温度组别	气体或蒸汽的引燃温度/℃	允许的设备温度组别
T1	>450	T1~T6
T2	>300	T2~T6
T3	>200	T3~T6
T4	>135	T4~T6
T5	>100	T5~T6
T6	>85	T6

## 3.5

**设备保护级别 equipment protection level; EPL**

根据设备成为点燃源的可能性和爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境及煤矿瓦斯爆炸性环境所具有的不同特征而对设备规定的保护等级。

注：具体分类见附录B.2。

## 3.5.1

**Gc级车辆 trucks of EPL Gc**

用于潜在爆炸性气体环境中2区的车辆。

这种车辆所具有的防爆措施(见本标准相关条款),在正常运行工况下能保持所需的防爆水平。

## 3.5.2

**Gb级车辆 trucks of EPL Gb**

用于潜在爆炸性气体环境中1区的车辆。

这种车辆所具有的防爆措施(见本标准相关条款),在正常运行工况下和即使在本身发生可预见故障时都能保持所需的防爆水平。

## 3.5.3

**Dc级车辆 trucks of EPL Dc**

用于潜在爆炸粉尘性环境中22区的车辆。

这种车辆所具有的防爆措施(见本标准相关条款),在正常运行工况下能保持所需的防爆水平。

## 3.5.4

**Db级车辆 trucks of EPL Db**

用于潜在爆炸性粉尘环境中21区的车辆。这种车辆所具有的防爆措施(见本标准相关条款),在正常运行工况下和即使在本身发生可预见故障时都能保持所需的防爆水平。

## 3.6

**正常运行条件 normal operating conditions**

车辆在坚实、平坦、水平、经处理过的表面上使用时的运行条件。

## 3.7

**预期故障 expected malfunction**

在正常运行中出现的设备损坏或失效。

### 3.8

#### 罕见故障 rare malfunction

已知要发生，但仅在罕见情况下才会出现的故障类型。两个独立的预期故障，单独出现时不产生点燃危险，但共同出现时产生点燃危险，它们被视为一个罕见故障。

### 3.9

#### 目视检查 visual inspection

用肉眼而不使用接近设备或工具来识别明显缺损(如螺栓丢失)的检查。

### 3.10

#### 一般检查 close inspection

包括目视检查以及使用接近设备才能识别明显缺损(如螺栓松动)的检查。

示例：如活梯(必要的地方)和工具。

注：一般检查通常不要求打开外壳或设备断电。

### 3.11

#### 详细检查 detailed inspection

包括一般检查以及只有打开外壳和/或(必要时)采用工具和检测设备才能识别明显缺损(如接线端子松动)的检查。

## 4 危险源识别

### 4.1 通则

应进行危险源的识别，以确定可能出现的危险；识别可能接触危险爆炸性环境的所有点燃源的风险。所有设备相关点燃源的点燃能力应与可燃性物质的点燃特性相比较(见 4.2)，形成设备、元件或防护系统的所有潜在点燃源的列表。也需要考虑维护和清洁等作业时可能产生的点燃源。

### 4.2 点燃特性

应确定危险爆炸性环境的点燃特性。相关数据如：

- 最小点燃能量参见 GB/T 3836.12 的相关规定；
- 爆炸性粉尘环境的最低点燃温度参见 GB/T 3836.12 的相关规定；
- 爆炸性气体环境的自燃温度参见 GB/T 3836.11 的相关规定。

### 4.3 有效点燃源出现的可能性

应根据成为有效点燃源的可能性，按下列方式对潜在点燃源进行分类：

- 正常运行期间出现的点燃源；
- 仅由于出现故障才可能出现的点燃源；
- 仅由于出现罕见故障才可能出现的点燃源。

如果无法估计有效点燃源出现的可能性，则应假定有效点燃源始终存在。

#### 4.4 可能点燃源

- 热表面；
- 机械产生的冲击、摩擦；
- 电气设备和元件的电火花和热表面；
- 杂散电流；
- 静电；
- 雷电；
- 发射电磁波、激光电磁波；
- 超声波；
- 放热反应。

#### 4.5 危险源辨识

机器人危险源辨识见表2。需考虑传感器失效、控制失效、调度失效时可能产生的危险，如失速、机器人之间碰撞等。

表2 危险源辨识示例

序号	危险因素	危险产生原因	可能发生部位
1	热表面	电器运行时的热能量积累使其表面温度超过额定温度	电池表面
			控制器表面
			各类传感器表面
			车灯元件表面
			电机表面
		由于摩擦、冲击或磨损过程产生的热能量积累使其表面温度超过额定温度	液压管路以及液压箱表面
		制动器摩擦片	
		传动装置、链条驱动	
	环境温度高且散热不足使其表面温度超过额定温度		车体、箱体表面
2	火花	电火花：短路、电压放电	电控系统开关处
			电路板印制线短路
			电器元件连接线接头处
			电源两极处
			电机输入端
		电机驱动器端	
	机械火花：机械冲击、摩擦产生	舵轮运行端	

序号	危险因素	危险产生原因	可能发生部位
			负载装置（货叉、属具）与货物之间、与地面之间
			链条驱动
			制动器摩擦片
		其它：外壳无防护	按钮、警报灯、接触开关、舵轮电机、控制器、传感器等
3	静电	静电积累放电	尖锐的机械角、非导电性材料或车轮（塑料、橡胶、皮革等）
			接地端子
4	射频	无线电控制射频源	电机周围（功率 $\geq 2\text{kW}$ ）
		无线通讯射频源	通讯模块
		工作电机超过 2kW 工频源	电磁导航装置、电机等
5	超声波	超声波能量、频率超标	避障传感器
6	光辐射	激光聚集能量超标	激光扫描仪、光学避障雷达
		光能量超标	相机、雷达

## 5 技术要求

### 5.1 基本性能要求

5.1.1 机器人的非防爆基本参数和性能指标应符合 T/SSITS 505-2022 中第 6 章的要求。

5.1.2 机器人的非防爆技术要求应符合 T/SSITS 505-2022 中第 7 章的要求。

### 5.2 非电气防爆通用要求

5.2.1 非电气点燃源包括机械火花、热表面、静电，需采取措施隔离和消除潜在的点燃源。机器人的非电气部分风险评估以及防爆措施应符合 GB/T 3836.1-2021、GB/T 3836.28-2021、GB/T 3836.29-2021 要求。

5.2.2 机械系统（如：驱动、转向、传动及移载装置等）防爆安全应符合 GB/T 37669-2019 第 6.3.2 条规定的要求。

5.2.3 非金属部件应设计成在正常使用、维护和清洁时不会由静电电荷引起点燃危险的结构。应通过合理选材(如防静电橡胶等)或限定外壳非金属部件的表面积等方法满足静电防护要求。应符合 GB/T 3836.28-2021 第 6.7 条规定的要求。

5.2.4 应采取措施避免机器人的最高表面温度超出防爆等级要求，必要时，对温度进行监视和控制。

### 5.3 电气安装

5.3.1 电气设备应取得防爆合格证。电气安装应符合 GB/T 3836.15 的要求。应将所有可能带电的导电部件等电位连接且通过接地装置接地。车辆上所有的金属部件对地电阻应不大于  $10^6\Omega$ 。

5.3.2 导线、电缆、端子等应有编号且应与维护说明书中的电气图一致。

5.3.3 线束和电缆不应被润滑油污染，不应布置在不适合其绝缘等级或有润滑油的表面上。

#### 5.4 动力系统

5.4.1 动力系统包含防爆电源和充放电装置，防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。

5.4.2 电源装置应符合 GB/T 3836.1-2021 第 23 章的要求。用于爆炸性气体场所 1 区和可燃性粉尘场所 21 区的电源装置还应符合 GB/T 19854-2018 附录 D 的要求。

5.4.3 锂离子电池用于机器人应满足 GB 38031-2020 的要求。防爆锂离子电池腔应具有泄压结构，满足 GB/T 3836.2-2021 第 10 章的规定。

注:泄压结构设计应充分考虑锂离子蓄电池热失控带来的风险，制造商应提供泄压效果的证明材料。

5.4.4 使用电源连接装置，应与机器人的防爆等级相适应。防爆电源连接装置不可作为紧急切断装置。

5.4.5 铅酸蓄电池用于机器人时，其连接线应耐电解液腐蚀。防爆连接装置应对电解液和酸雾有抗腐蚀性。

5.4.6 机器人在爆炸性环境中时，应采取措施确保自动充电装置断开。当环境中存在易燃易爆粉尘时，应有防护措施防止粉尘在自动充电装置中积聚。

5.4.7 电源适应性应满足 GB/T 5226.1-2019 第 4.3.3 条的要求。

5.4.8 电源充电不应在爆炸性环境中充电，应在与爆炸性环境隔离的安全区域内进行充电。充电区域内严禁烟火，应备有用于冲洗或中和溢出电解液的设备、消防设施、适当的通风设施。只有经过培训和得到批准的人员才允许为蓄电池充电和对蓄电池进行维护。

#### 5.5 驱动系统

5.5.1 驱动系统各带电部件应选用防爆产品，防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。非电气部位的防爆要求见 5.2 条。

5.5.2 驱动部件与地面接触材料应为耐磨材料。用于爆炸性气体场所 1 区和可燃性粉尘场所 21 区的机器人，其车轮轮胎的表面电阻在相对湿度为 50%时不应大于  $10^9 \Omega$ ，应按 GB/T 3836.1-2021 中第 26.13 条的要求进行测量；这些要求不适用于行进速度小于 6km/h 的机器人。

5.5.3 设备保护级别为 Dc 或 Db 的机器人，应采取措施防止粉尘在驱动系统中堆积。制造商宜向用户提供定期检查、维护保养的说明文件。

#### 5.6 装载系统

5.6.1 装载系统由液压系统、工作装置、叉车属具、高度检测装置、到位检测装置组成。各带电部件应选用防爆产品，防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。非电气部位的防爆要求见 5.2 条。

5.6.2 液压系统应符合 T/SSITS 505-2022 中第 7.3.9.2 条的要求以及 GB/T 19854-2018 中第 4.1.10 条、第 4.3.9 条的要求。工作过程中液压油的清洁度应达到 GB/T 14039-2002 规定的一/20/17 级的要求。

5.6.3 工作装置可能接触地面负载的所有表面应用铜、铜锌合金、不锈钢或类似材料，或者用非金属材料包覆。当选择采用非金属材料包覆，应同时满足 5.2.3 条要求。

5.6.4 叉车属具应符合 GB/T 43909 规定的安全要求以及 GB 10827.1 中第 4.6.5 条的要求。因其本身可能具有液压系统、电控系统、传动结构等，在危险场所中工作的叉车属具应满足 5.2 条、5.3 条、5.6.1 条的要求。

5.6.5 设备保护级别为 Dc 或 Db 的机器人，应采取措施防止粉尘在装载系统中堆积。制造商宜向用户提供定期检查、维护保养的说明文件。

## 5.7 控制系统

5.7.1 控制系统应满足 GB/T 20721-2022 中第 6.3.2 条的要求。各带电部件应选用防爆产品，防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。非电气部位的防爆要求见 5.2 条。

5.7.2 电气系统应设有过载保护装置，过载保护装置设置的最大电流值不应大于系统电路、电缆所能承受的最大安全载荷电流值。应使用过流继电器，或者使用电流监控，当电气回路的电流达到设置的最大电流值时，自动停车。过流保护元件应尽可能接近供电电源或蓄电池。非复位过流保护元件应有额定值的标识以便更换。此外，机器人上也应有过流保护元件额定值的相关标识。

5.7.3 设备保护级别为 Gb 或 Db 的机器人，应配置绝缘监控装置，并与车架相连，以监视漏电情况。如果带电部件和车架之间的绝缘电阻小于  $500\ \Omega$ ，则允许机器人有控制地运行直到停止。宜在上位控制系统监视绝缘状态。

## 5.8 人机交互系统

人机交互系统由液晶触摸屏、指示灯、手操器（遥控器）组成，其所采用部件的防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。应评估人机交互系统可能产生的非电气点燃源，并针对性采取措施（见 5.2 条）。

## 5.9 通信系统

防爆性能应符合 GB/T 3836.1-2021 中第 6.6.2 条射频源要求。所采用部件的防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。应评估人机交互系统可能产生的非电气点燃源，并针对性采取措施（见 5.2 条）。

### 5.9.1 物理安全规范

a) 无线通信设备采用统一电压供电，最高不超过 24V。

b) 由于机器人供电电池电压波动范围比较大，给无线设备供电的直流电源不能从动力电池上直接获取，应经过稳压电源转换成稳定的 12V 或 24V 电压后方可接入无线设备。无线设备供电电源应受到机器人开关控制，不准许应用现场非工作时间、无人看守时无线设备上电工作。

c) 设备舱要求外壳封闭，禁止非授权人员打开舱操作无线设备。

### 5.9.2 加密管理规范

应用于重要信息安全应用场景的机器人调度控制的无线网络，其安全管理规范应满足如下安全要求：

- a) 系统的可用性：合法用户根据需要可以随时访问系统资源；
- b) 数据的完整性：保证信息的一致性，防止非法用户对系统数据篡改；
- c) 设备认证：对网络中的设备进行验证，证实其身份与其所声称的身份是否一致；
- d) 机密性：保证系统的硬件、软件和数据只能为合法用户所使用；
- e) 密钥管理：提供安全的密钥更新和管理的机制；
- f) 唯一性识别和鉴定：网络安全管理者提供所有无线设备唯一性识别和鉴定能力；
- g) 加密完整性保护：使用密码学机制识别并防止过程中信息被修改；
- h) 数据保密性：确保通信信道和数据存储的信息保密性，防止未经授权的披露。

## 5.10 定位导航系统

所采用部件的防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。

应评估定位导航系统可能产生的非电气点燃源，并针对性采取措施（见 5.2 条）。

应评估定位导航系统可能具备的电磁能、超声波、光辐射产生的电源风险，并针对性采取措施以符合 GB/T 3836.1-2021 中第 6.6 条的要求。

### 5.11 安全保护与防护装置

安全保护与防护装置包含障碍物检测、急停装置、失速保护、通信中断保护、导航丢失保护、保护电路与系统安全分析以及声光告警等。所采用部件的防爆型式应与机器人整机防爆设备类别、温度组别、保护等级相适应。

应评估安全保护与防护装置可能产生的非电气点燃源，并针对性采取措施（见 5.2 条）。

应评估安全保护与防护装置可能具备的电磁能、超声波、光辐射产生的点燃风险，并针对性采取措施以符合 GB/T 3836.1-2021 中第 6.6 条的要求。

急停装置位置示例见图 1。

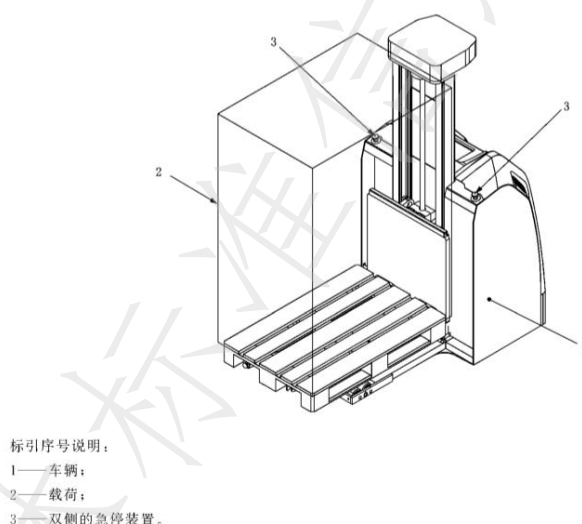


图1：货叉端带载车辆的急停装置位置示例

## 6 试验方法

### 6.1 试验前的准备工作

试验前的准备工作应符合如下规定：

- a) 试验前应使车辆具备正常的技术状态；
- b) 试验仪器应在试验前进行校对和检定达到规定的测量精度（有效期内可不重复检定）；
- c) 试验前车辆的各运动部件允许充分磨合。

### 6.2 一般试验条件

试验环境应符合下列条件：

- a) 试验环境温度为  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 风速不超过  $5\text{ m/s}$ ；
- c) 空气相对湿度不大于  $90\%$ ；
- d) 海拔高度不大于  $2000\text{m}$ ；

试验场地应满足制造商规定的使用条件，若无要求，则应符合 GB/T 20721-2022 附录 C 中 C.1 地面条件。此外，动态试验场地应满足以下要求：

- a) 地面摩擦因数不大于制造商设计要求；
- b) 试验场地的水平部分沿垂直于运行方向的横向坡度不大于 2%，运行方向的纵向坡度不大于  $\pm 0.5\%$ ；
- c) 试验场地的坡度部分要满足制造商设计的最大坡度；
- d) 场地整体长度要满足机器人加速过程和制动过程所需的长度。

### 6.3 试验载荷要求

试验载荷规定如下：

a) 试验载荷为一个均质立方体，其质量等于叉车额定起重量  $Q$ ，其误差为  $\pm 1\%$ ，边长等于 2 倍的载荷中心距  $C$ 。见图 2、图 3。

b) 为了保证试验载荷的边长尺寸，允许将试验载荷制成四周为均质、中间为空心的立方体。见图 4。

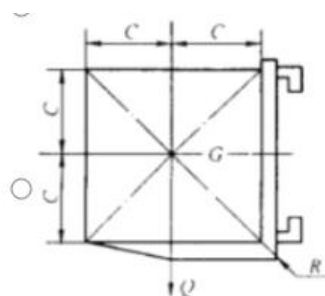


图 2 试验载荷

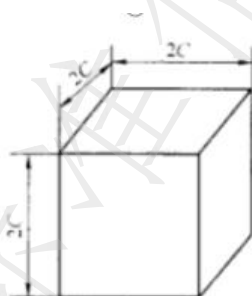


图 3 试验载荷

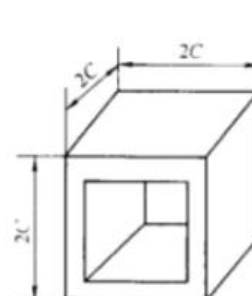


图 4 试验载荷

c) 辅助试验载荷为  $1.25Q$ 、 $1.33Q$ ，其载荷中心距不变，并在满足试验要求的前提下，不对其尺寸作规定。

### 6.4 基本性能要求试验

机器人的基本性能试验参考 T/SSITS 505-2022 中第 8 章试验方法的要求进行。

### 6.5 非电气防爆通用要求

6.5.1 应按 GB/T 3836.1-2021、GB/T 3836.28-2021、GB/T 3836.29-2021 标准中相适用条款进行试验。非金属材料外壳部件的表面电阻测定应按 GB/T 3836.1-2021 中 26.13 条进行试验。

6.5.2 温度测量应按照 GB/T 19854-2018 中 5.2 条和 5.4 条进行试验，测温点包括但不限于电机、制动器、电控系统、液压箱。

### 6.6 电气安装

6.6.1 对电气装置的检查与维护仅应由有经验人员进行。这些人员应经过包括各种防爆型式、安装实践本部分要求、安装相关的国家法规/企业规章，以及危险场所分类的一般原理等在内的业务培训。这些人员还应定期接受适当的继续教育或培训，并具备相关经验和经过培训的资质证书。

6.6.2 核查整机所有电气部件防爆合格证的一致性，并检查电气安装符合性。检查等级分为目视检查、一般检查和详细检查。表 3、表 4 详细地列出了对这三个检查等级所要求的具体检查项目。目视检查和

一般检查可以在设备带电时进行，详细检查一般要求设备断电。

表3 Ex “d”、Ex “e”、Ex “n” 和 Ex “t” / “tD” 装置检查一览表

检查		Ex “d”			Ex “e”			Ex “n”、 Ex “t” / Ex “tD”		
		检查等级								
		D	C	V	D	C	V	D	C	V
A	<b>一般(所有设备)</b>									
1	设备适合于 EPL/安装区域要求	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	设备类别正确	√	√		√	√		√	√	
3	设备温度组别正确(仅对气体)	√	√		√	√		n	n	
4	设备最高表面温度正确							t	t	
5	设备 IP 等级适合于保护等级/类别/导电性	√	√	√	√	√	√	√	√	√
6	设备电路标识正确	√			√			√		
7	设备电路标识清晰	√	√	√	√	√	√	√	√	√
8	外壳、透明件及透明件与金属密封垫和/或胶黏符合要求	√	√	√	√	√	√	√	√	√
9	不存在损坏或未经批准的修改	√			√			√		
10	不存在未经批准的修改的证据		√	√		√	√		√	√
11	螺栓、电缆引入装置(直接或间接引入)和封堵件的类型正确、完整并紧固									
	——物理检查	√	√		√	√		√	√	
	——目视检查			√			√			√
12	外壳螺纹盖类型正确并紧固									
	——物理检查	√	√							
	——目视检查			√						
13	接合面清洁、无损坏,衬垫(如果有)良好且位置正确	√								
14	外壳衬垫状态良好	√			√			√		
15	按照 IP 等级,外壳内无水或粉尘进入的证据	√			√			√		
16	法兰接合面间隙尺寸: --在制造商文件规定的极限内; 安装时相关结构标准允许的最大值内; 现场文件允许的最大值内。	√								
17	电气连接紧固				√			√		
18	未使用端子已紧固				√			n		
19	封闭式断路装置和气密型装置无损坏							n		
20	浇封元件无损坏				√			n		
21	隔爆元件无损坏				√			n		
22	限制呼吸外壳良好(仅“nR”)							n		
23	测试接口(如安装)功能正常(仅“nR”)							n		
24	呼吸操作良好(仅“nR”)	√			√			n		
25	呼吸和排液装置良好	√	√		√	√		n		

检查		Ex “d”			Ex “e”			Ex “n”、 Ex “t” / Ex “tD”		
		检查等级								
		D	C	V	D	C	V	D	C	V
	<b>特定设备(灯)</b>									
26	荧光灯不显示 EOL 效应				√	√	√	√	√	√
27	高压气体放电灯(HID)不显示 EOL 效果	√	√	√	√	√	√	√	√	√
28	灯具光源的型号、额定值、针脚配置和位置正确	√			√			√		
	<b>特定设备(电机)</b>									
29	电机风扇与外壳和/或外罩之间有足够间隙,冷却系统无损坏,电机基础没有凹痕或裂纹	√	√	√	√	√	√	√	√	√
30	通风气流不受阻碍	√	√	√	√	√	√	√	√	√
31	电机绕组的绝缘电阻(IR)满足要求	√			√			√		
	<b>安装-通用</b>									
1	电缆型号合适	√			√			√		
2	电缆无明显损坏	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	线槽、管道、管线和/或导管密封良好	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4	填料盒和电缆盒正确地填充	√								
5	保持导管系统及其与混合系统的连接完整	√			√			√		
6	接地连接件,包括附加的等电位接地连接件满足要求(例如:连接牢固、导线截面足够)									
	——物理检查	√			√			√		
	——目视检查		√	√		√	√		√	√
7	故障回路电阻(TN 系统)或接地电阻(IT 系统)满足要求	√			√			√		
8	电气自动保护装置整定正确(不能自动复位)	√			√			√		
9	电气自动保护装置在允许范围内动作	√			√			√		
10	符合特定使用条件(如果适用)	√			√			√		
11	不用的电缆正确端接	√			√			√		
12	接近隔爆法兰接合面的障碍物符合 GB/T3836.15 规定	√	√	√						
13	可变电电压和频率装置符合文件要求	√	√		√	√		√	√	
	<b>安装·加热系统</b>									
14	温度传感器功能符合制造商文件	√			√			t		
15	安全切断装置功能符合制造商文件	√			√			t		
16	安全切断装置设置已密封	√	√		√	√				
17	加热系统安全切断仅能使用工具复位	√	√		√	√				
18	不能自动复位	√	√		√	√				
19	防止安全切断在故障条件下复位	√			√					
20	安全切断独立于控制系统	√			√					
21	液位开关已安装并正确设置(如需要)	√			√					
22	流量开关已安装并正确设置(如需要)	√			√					

检查		Ex “d”			Ex “e”			Ex “n”、 Ex “t” / Ex “tD”		
		检查等级								
		D	C	V	D	C	V	D	C	V
	<b>安装·电机</b>									
23	电动机保护装置在允许的 TE 或 TA 时限内运行				√					
C	<b>环境</b>									
1	设备适应防腐、气候防护、防止振动和其他不利条件	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2	无粉尘和污物的过度堆积	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	电气绝缘清洁干燥				√			√		
注 1: D 为详细检查; C 为一般检查; V 为目视检查。										
注 2: √ 表示所有类型都需要; n 表示仅 “n” 型; t 表示仅 “t” 型。										
注 3: EOL 效应的指标包括微光、闪烁、电极附近的黄色/红色放电或严重的端部变黑。										

表 4 Ex “i” 装置检查一览表

检查		检查等级		
		D	C	V
A	<b>设备</b>			
1	电路和/或设备的文件适合于 EPL/区域	√	√	√
2	安装的设备是文件所规定的设备	√	√	
3	电路和/或电气设备类别和组别正确	√	√	
4	IP 等级适合于存在的 III 类材料	√	√	
5	设备温度组别正确	√	√	
6	设备的环境温度范围适合于装置	√	√	
7	设备的工作温度范围适合于装置	√	√	
8	装置标牌清楚	√	√	
9	外壳、透明件及透明件与金属密封垫和/或胶黏剂符合要求	√	√	
10	螺栓和封堵件的类型正确、完整并紧固			
	——物理检查	√	√	
	——目视检查			√
11	不存在未经批准的修改	√		
12	不存在未经批准修改的证据		√	√
13	二极管安全栅、电流隔离器, 继电器和其他限能装置为批准的类型, 按证书的要求安装, 需要的地方安全接地	√	√	√
14	外壳衬垫状态良好	√		
15	电气连接件安装牢固	√		
16	印制电路板清洁无损坏	√		
17	不超过关联装置的最大电压 $U_m$	√	√	
B	<b>安装</b>			
1	电缆按文件要求安装	√		
2	电缆屏蔽按文件要求接地	√		

检查		检查等级		
		D	C	V
3	电缆无明显损坏	√	√	√
4	线槽、管道、管线和/或导管密封良好	√	√	√
5	点与点的连接均正确(仅初始检查)	√		
6	非电流隔离电路接地连续性良好(例如:连接牢固、导线截面足够)	√		
7	接地连接件保持防爆型式的完整性	√		
8	本安电路接地满足要求	√		
9	绝缘电阻满足要求	√		
10	在公用配电箱或继电器盒内本安电路和非本安电路之间保持隔离如电源短路保护符合文件要求	√		
11	符合特定使用条件(如适合)	√		
12	不用的电缆正确端接	√		
13	本安电路接地满足要求	√		
C	<b>环境</b>			
1	设备适应防腐、气候防护,防止振动和其他不利条件	√	√	√
2	外部无粉尘和污物的过度堆积	√	√	√
注 1:D 为详细检查;C 为一般检查;V 为目视检查。				
注 2:√表示需要。				

6.6.3 检查产品铭牌、接地标识、警告标志是否正确清晰、安装是否牢固。

6.6.4 对地电阻按照 GB/T 19854-2018 中 5.3 进行测试,对地电阻应符合 5.3 条要求。

## 6.7 系统防爆部件核查

对机器人动力系统、驱动系统、装载系统、控制系统、人机交互系统、通信系统、定位导航系统、安全保护与防护装置所使用的所有防爆部件进行核查,核查所有防爆部件与防爆合格证的一致性,及其与整机防爆型式的符合性。核查内容包括防爆设备类别、温度组别、保护等级。

## 6.8 动力系统

### 6.8.1 电源系统充放电

#### a) 自主充电

机器人自动检测电量,低于制造商声明的值时能自动发送充电申请信号,由调度系统控制自动完成充电;

注:不应在爆炸性环境中充电!

#### b) 电量低自我保护

当机器人电量低于制造商声明的值时,查看是否声光告警。

### 6.8.2 蓄电池电源装置

参考 GB/T 19854-2018 附录 D 进行。

### 6.8.3 电源适应性

在额定电压的-10%~+10%范围内,查看机器人是否正常运行 15min。

## 6.9 驱动系统

### 6.9.1 车轮表面电阻要求

参考 GB/T 3836.1-2021 中第 26.13 条要求进行试验。

### 6.9.2 技术文件核查

查看机器人随车文件（向用户提供定期检查、维护保养的说明文件）中相关粉尘环境下使用时防止粉尘堆积的预防措施说明。

注：仅适用于设备保护级别为 Dc 或 Db 的机器人。

## 6.10 装载系统

### 6.10.1 液压系统

按照 GB/T 19854-2018 中第 5 条的方法进行试验。

### 6.10.2 表面材料

按照 5.6.3 的要求进行目视检查。

### 6.10.3 叉车属具

按照 5.6.4 的要求进行目视检查。

### 6.10.4 技术资料核查

按照 5.6.5 的要求进行目视检查。

## 6.11 控制系统

### 6.11.1 过载保护

机器人的反时限过载长延时电子脱扣器的整定范围由说明书规定，一般为脱扣器额定电流的 0.4 倍~1 倍，动作特性应符合表 5。过载长延时电子脱扣器的动作特性与周围空气温度范围无关。

表 5 反时限过载长延时电子脱扣器的动作特性

过载电流/整定电流	动作时间	脱扣器状态
1.05	2h 不动作	冷态
1.2	0.2h~1h	热态
1.5	90s~180s	热态
2.0	45s~90s	热态
4.0	14s~45s	热态
6.0	8s~14s	冷态

### 6.11.2 绝缘监视

在带电部件和车架之间并联一个可调电阻器，调整电阻值，查看上位控制系统监视绝缘状态及机器人运动状态。

## 6.12 通信系统

### 6.12.1 物理安全规范

- a) 通过万用表测量无线通信设备的供电电压, 最高不超过24V;
- b) 查看无线通信设备供电电源是否经过稳压电源转换成稳电压、供电电源是否受到机器人开关控制、无线通信设备是否封闭在机器人舱内;

### 6.12.2 加密管理规范

审核应用于重要信息安全应用场景的无线通信设备是否具有经过国家密码管理部门认证通过的国有加密算法。

### 6.13 安全保护与防护测试

应按照5.11的要求对安全保护与防护装置安全进行评估。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

7.1.1 机器人应取得国家指定的防爆检验单位发给的整机“防爆合格证”。

7.1.2 检验分出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

机器人均应在制造厂内经公司质量检验部门逐台进行检验, 检验合格并附上合格证后方可出厂。检验项目全部合格, 判该产品合格; 若出现不合格项允许返工后复检, 如仍不合格, 则判该产品不合格。检验项目见表6。

表6 检验项目一览表(待检查、格式调整)

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求的章条号	试验方法的章条号	
1	基本性能要求	基本性能	—	√	5.1.1	6.4
		基本功能	√	√	5.1.2	
2	非电气防爆通用要求	表面电阻	—	√	5.2	6.5.1
		温度测量	√	√		6.5.2
3	电气安装	√	√	5.3	6.6	
4	系统防爆部件核查	√	√	5.4.1 5.5.1 5.6.1 5.7.1 5.8 5.9 5.10	6.7	
5	动力系统	电源系统充放电	√	√	5.4.1	6.8.1
		蓄电池电源装置	—	√	5.4.2	6.8.2
		电源适应性	—	√	5.4.6	6.8.3
6	驱动系统	车轮表面电阻要求	—	√	5.5.2	6.9.1
		技术文件核查	√	√	5.5.3	6.9.2
7	装载系统	√	√	5.6.2	6.101	

		表面材料	—	√	5.6.3	6.10.2
		叉车属具	—	√	5.6.4	6.10.3
		技术资料核查	√	√	5.6.5	6.10.4
8	控制系统	过载保护	—	√	5.7.2	6.11.1
		绝缘监视	√	√	5.7.3	6.11.2
9	通信系统	物理安全规范	—	√	5.9.1	6.12.1
		加密管理规范	—	√	5.9.2	6.12.2
10	安全保护与防护测试		√	√	5.11	6.13
注：“√”表示需要检验的项目；“—”表示不需要检验的项目。						

### 7.3 型式检验

7.3.1 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试验要求时。

7.3.2 型式检验项目见表 6。

## 8 标志、标牌和随机文件

### 8.1 标志

在车辆的明显部位上应设置和车辆体积大小相适合的永久性的“Ex”标志，表示车辆为防爆型的。

### 8.2 标牌

车辆应设置清晰的永久性铭牌，应至少包含下列内容：

- a) 制造商名称；
- b) 产品名称和型号；
- c) 出厂编号或生产日期；
- d) 车辆空载质量，不包括可拆卸属具及蓄电池式车辆的蓄电池，但包括货叉或与之成为一体的属具，实际值与标示值不超过±5%；
- e) 额定起重量；
- f) 在最大提升高度和载荷中心距时的实际起重量；
- g) 如果使用其他提升高度和载荷中心距，则此时的实际起重量；
- h) 在每个可拆卸属具安装在制造商规定的不同提升高度和不同载荷中心距的实际起重量；
- i) 蓄电池式车辆允许的最大和最小蓄电池质量和供电电压；
- j) 防爆合格证编号；
- k) 表示防爆的专用标志“Ex”符号；
- l) 设备的防爆型式和分类：  
设备的防爆型式和分类的标注方法参考 GB/T 3836.1-2021 第 29 章要求。
- m) 温度组别或最高表面温度

注 1: 铭牌上可标志“防爆标志”，以代表 k) ~ m) 的内容。

n) 其他规定的标记。

### 8.3 随机文件

制造商向用户提供的资料应符合 GB/T 19854-2018 中第 6 章规定的要求, 机器人出厂应至少附带下列文件:

- a) 主要设计图样 (包括总装图、主要受力结构件图、制动原理图、电气原理图、液压或者气动系统原理图等)
- b) 使用维护说明书;
- c) 载荷曲线图;
- d) 产品合格证书;
- e) 防爆合格证(复印件);
- f) 装箱单;
- g) 随车工具清单。

## 9 运输及贮存

### 9.1 运输

- a) 对所有随行附件和工具应有防锈和其他防护措施。
- b) 机器人所有外露的未喷漆且未经表面处理件的表面涂防锈油。
- c) 对所有润滑部分应注入足够的润滑油、脂。
- d) 机器人上所有有相对运动的零部件应作相应的固定。
- e) 在运输过程中应采用适当的方式使机器人固定。

### 9.2 贮存

机器人应存放在干燥通风、无腐蚀、不结冰的非露天场所贮存。  
环境应满足下列各项条件:

- a) 贮存场地: 仓库;
- b) 环境温度:  $-10^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 湿度: 不大于 80%, 无结露;
- d) 空气: 无粉尘和腐蚀性气体。

附录A  
(资料性附录)  
车辆分级与场所分区的关系

### A.1 对于爆炸性气体环境

爆炸性气体环境分区的定义在GB 3836.14中给出。车辆分级和爆炸性气体危险场所分区之间的对应关系见表A.1。

表A.1 车辆分级和爆炸性气体危险场所分区

车辆分级	爆炸性气体危险场所分区
Gb	1 区
Gc	2 区

### A.2 对于可燃性粉尘环境

可燃性粉尘环境分区的定义在GB/T 3836.35中给出。车辆分级和可燃性粉尘危险场所分区之间的对应关系见表A.2。

表A.2 车辆分级和可燃性粉尘危险场所分区

车辆分级	爆炸性气体危险场所分区
Db	21 区
Dc	22 区

### A.3 设备类别选型

电气设备应按照表A.3的要求选型。

表A.3 气体或蒸气或粉尘分类与设备类别之间的关系

场所气体/蒸气或粉尘分类	允许的设备类别
II A	II A、II B或II C
II B	II B或II C
II C	II C
III A	III A、III B或III C
III B	III B或III C
III C	III C

注:粉尘场所用设备III A、III B和III C的规定见GB/T 3836.1-2021中的4.4。

## 附录B

### (资料性附录)

#### 用“设备保护级别”的方法对防爆设备进行危险评定的介绍

本附录阐述了用“设备保护级别”(EPL)的方法,对设备危险进行评定的概念。EPL概念的引入能够使现有的防爆设备选型有了替代方法。

#### B.1 历史背景

人们历来认为不是所有的防爆型式都能提供相同的等级,以确保不出现可能的点燃。GB 3836.15安装标准对具体的危险区域规定了具体的防爆型式,其选型依据是统计学原理,即爆炸性环境出现的可能性或频次越大,其要求的安全程度就越高,以避免点燃源可能形成点燃危险。

危险场所(通常不包括煤矿)根据危险程度划分区域,危险程度的界定是根据爆炸性环境出现的或然率。通常情况下,它既不考虑爆炸潜在的因果关系,也不考虑其他因素,如物料毒性,而真正的危险评定是要考虑所有因素的。

不同区域选择设备历来都是以防爆型式为基础,在有些情况下,防爆型式又可按其使用的区域划分为不同的保护等级,例如,本质安全型分为“ia”和“ib”保护等级,浇封型“m”标准中包括两个保护等级“ma”和“mb”

过去,设备选型标准在设备的防爆型式和其可使用的区域之间已经形成了固定的关系。如先前所述,在IEC的防爆标准体系中还从未考虑过爆炸潜在的因果关系,而这一因果关系又确实存在。

为了弥补这一缺失,设备操作人员又常常凭直觉来判定将危险区域扩大(或限定),典型的例子是将“1区型”船用设备安装于海上石油平台的2区,这样,即使是在完全出现非预期的气体长时间释放的情况下船用设备依然能防爆。另一方面,如果形成爆炸性气体的量小,而爆炸对生命和财产产生的危害可降低,那么,对于偏远的,安全可靠的业主来说,以“2区型”电动机驱动的小型泵站甚至在1区使用,可能是合理的。

随着IEC 60079-26“0区用设备的附加要求”第一版的发布,情况就变得愈加复杂。在此之前,Exia等级的设备被视为唯一可用于0区的设备。

大家已经公认,根据内在的点燃危险识别和标志所有产品是有益的,这会更易于设备选型,适用时,能更适合用这种危险评定方法。

#### B.2 总则

已经引入了设备合格的危险评定方法,代替现有的、设备与危险区域之间规定的相对固定的方法为方便起见,引入了设备保护级别体系,无论使用何种防爆型式,已经指明了设备内在的点燃危险。规定的设备保护级别如B.2.1~B.2.3。

#### B.2.1 气体(II类)

##### B.2.1.1 EPL Ga

爆炸性气体环境用设备,具有“很高”的保护级别,在正常运行、出现预期故障或罕见故障时不是点燃源

##### B.2.1.2 EPL Gb

爆炸性气体环境用设备,具有“高”的保护级别,在正常运行或预期故障条件下不是点燃源注:大多数标准的保护概念提出设备在这一保护级别。

### B. 2. 1. 3 EPL Gc

爆炸性气体环境用设备, 具有“一般”的保护级别, 在正常运行中不是点燃源, 也可采取一些附加保护措施, 保证在点燃源预期经常出现的条件下(例如灯具的故障)不会形成有效点燃。注: Exn型将是该保护级别的典型设备。

### B. 2. 2 粉尘(III类)

#### B. 2. 2. 1 EPL Da

爆炸性粉尘环境用设备, 具有“很高”的保护级别, 在正常运行、预期故障或罕见故障条件下不是点燃源

#### B. 2. 2. 2 EPL Db

爆炸性粉尘环境用设备, 具有“高”的保护级别, 在正常运行中出现预期故障条件下不是点燃源。

#### B. 2. 2. 3 EPL Dc

爆炸性粉尘环境用设备, 具有“一般”的保护级别, 在正常运行过程中不是点燃源, 也可采取一些附加保护措施, 保证在点燃源预期经常出现的条件下(例如灯具的故障)不会形成有效点燃。对于大多数情况, 由于特有的潜在爆炸因果关系, 预定下列情况适用于危险区域使用的设备(对煤矿瓦斯环境不直接适用, 因为区的概念通常不适用于煤矿)。见表B1。

表B. 1 EPL与区的传统对应关系(没有附加危险评定)

设备保护等级	区
Ga	0
Gb	1
Gc	2
Da	20
Db	21
Dc	22

### B. 3 提供的防点燃危险

根据制造商为保护级别设立的运行参数, 不同的设备保护级别必须能够起作用, 见表B. 2。

表B. 2 提供的防点燃危险描述

提供的保护	设备保护等级	保护特性	运行条件
	类别		
很高	Ga	当出现两个独立故障时, 两个独立的保护或安全措施	当用于0区、1区和2区时设备依然运行
	II类		
很高	Da	当出现两个独立故障时, 两个独立的保护或安全措施	当用于20区、21区和22区时设备依然运行
	III类		
高	Gb	适合正常运行和经常出现干扰或正常考虑故障的设备	当用于1区和2区时设备依然运行
	II类		
高	Db	适合正常运行和经常出现干扰	当用于21区和22区时设备依

	III类	或正常考虑故障的设备	然运行
一般	Gc	适合正常运行	当用于2区时设备能防爆
	II类		
一般	Dc	适合正常运行	当用于22区时设备依然运行
	III类		

#### B.4 执行

GB/T 3836.15(包含可燃性粉尘环境原来的要求)引入了EPL概念,在设备选型中可使用“危险评定”法代替传统方法,涉及到的危险场所分类标准中同样也要引入EPL的概念。对于爆炸性气体环境用防爆型式EPL,要求附加标志,对于爆炸性粉尘环境,现有的在设备上标志区域的方法由EPL代替。