



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 45929—2025

## 电动土方机械 安全要求

Electric earth-moving machinery—Safety requirements

2025-06-30 发布

2026-01-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 安全要求 .....	2
5 试验方法 .....	6
附录 A (资料性) 机载高压部件所用绝缘材料阻燃性能 .....	9





## 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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国土方机械标准化技术委员会(SAC/TC 334)归口。

本文件起草单位：广西柳工机械股份有限公司、江苏徐工工程机械研究院有限公司、陕西同力重工新能源智能科技有限公司、龙工(上海)机械制造有限公司、中联重科土方机械有限公司、博雷顿(山东)新能源汽车有限公司、山推工程机械股份有限公司、福建宏大时代新能源科技有限公司、雷沃重工集团有限公司、山东临工工程机械有限公司、上海启源芯动力科技有限公司、内蒙古北方重型汽车股份有限公司、徐州美驰车桥有限公司、厦门厦工机械股份有限公司、山东肯石重工机械有限公司、河北优路流体技术有限公司、浙江伏拓能源技术有限公司、徐州徐工新能源动力科技有限公司、中机科(北京)车辆检测工程研究院有限公司、江苏国茂减速机股份有限公司、小松(中国)投资有限公司、山河智能装备股份有限公司、川藏铁路技术创新中心有限公司、国机重工集团常林有限公司、湖北华中电力科技开发有限责任公司、川藏铁路有限公司、天津工程机械研究院有限公司。

本文件主要起草人：邓海文、宋天佳、薛晓强、王永兴、袁野、陈自生、王章领、穆俊杰、涂晓丹、王宝强、罗浩亮、李来平、刘海军、李宗锋、刘相坤、李增益、赵强、王赛、贾佳奇、郝鸣、陈慧明、范峥嵘、李冰天、张亚军、余明俊、马元、陈树巧、唐斌、姚腾、陈宝庆、张强。

## 引 言

土方机械的一般安全要求,已在相关标准中做了规定。如 GB/T 25684(所有部分)规定了土方机械的通用安全要求,GB/T 38943(所有部分)规定了电动土方机械的电安全要求,GB/T 44257.1 规定了电动土方机械的动力电池安全要求。

为进一步提高电动土方机械的安全水平,在上述文件的基础上,本文件进一步明确了电动土方机械的特殊安全要求,包括电动土方机械的间接接触防护、防尘防水、防火性能、可充电储能系统、功能控制、充电、换电、外部供电、事件数据记录和电磁兼容的安全要求和试验方法,用以保护电动土方机械在作业过程的人员安全。



# 电动土方机械 安全要求

## 1 范围

本文件规定了电动土方机械的安全要求,描述了相应的试验方法。

本文件适用于机载驱动系统最大工作电压为 B 级或 B 级以上的电动土方机械的制造和检验。

本文件不适用于燃料电池土方机械和爆炸性环境作业的电动土方机械。

## 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 2406.2 塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第 2 部分:室温试验

GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 4094.2 电动汽车 操纵件、指示器及信号装置的标志

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 8498 土方机械 基本类型 识别与术语

GB/T 8593.1 土方机械 司机操纵装置和其他显示装置用符号 第 1 部分:通用符号

GB/T 8593.2 土方机械 司机操纵装置和其他显示装置用符号 第 2 部分:机器、工作装置和附件的特殊符号

GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级

GB 18384 电动汽车安全要求

GB/T 19836 电动汽车仪表

GB/T 20234.1 电动汽车传导充电用连接装置 第 1 部分:通用要求

GB/T 20234.2 电动汽车传导充电用连接装置 第 2 部分:交流充电接口

GB/T 20234.3 电动汽车传导充电用连接装置 第 3 部分:直流充电接口

GB/T 20234.4 电动汽车传导充电用连接装置 第 4 部分:大功率直流充电接口

GB/T 22356 土方机械 钥匙锁起动系统

GB/T 22359.1 土方机械与建筑施工机械 内置电源机器的电磁兼容性(EMC) 第 1 部分:典型电磁环境条件下的 EMC 一般要求

GB/T 25617 土方机械 机器操作的可视显示装置

GB/T 25684(所有部分) 土方机械 安全

GB/T 27930 非车载传导式充电桩与电动汽车之间的数字通信协议

GB/T 38892 车载视频行驶记录系统

GB/T 38943(所有部分) 土方机械 使用电力驱动的机械及其相关零件和系统的电安全

GB/T 39720 信息安全技术 移动智能终端安全技术要求及测试评价方法

GB/T 44254 电动土方机械 术语

GB/T 44257.1 电动土方机械用动力电池 第 1 部分:安全要求

### 3 术语和定义

GB/T 8498 和 GB/T 44254 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 外部电源设备 external power supply equipment

安装或放置于电动土方机械外部,通过电缆传导连接组件为电动土方机械提供电能的外置储能装置或电源设备。

注:通常用于外部供电式土方机械。

#### 3.2

##### 机载高压部件 on board high voltage component

最大工作电压为 B 级或 B 级电压以上的机载电力组件或零部件。

#### 3.3

##### 机载换电系统 on-board battery swap system

机身上由与换电操作或换电功能相关的部件组成的系统。

注:包括换电电池总成、换电接口、换电机构以及机身与之相连接的部分,也包括位置监测、提示等功能的辅助电气装置。

#### 3.4

##### B 级电压 class B electric circuits

最大工作电压大于 30 V(a.c.)(rms)且小于或等于 1 000 V(a.c.)(rms),或大于 60 V(d.c.)且小于或等于 1 500 V(d.c.)的电力组件或电路。

[来源:GB/T 44254—2024,3.4.1.2]

#### 3.5

##### B 级以上电压 above class B electric circuits

最大工作电压大于 1 000 V(a.c.)(rms)且小于或等于 36 000 V(a.c.)(rms),或大于 1 500 V(d.c.)且小于或等于 36 000 V(d.c.)的电力组件或电路。

注:对于相互传导连接的各级电压电路,当电路中直流带电部件的一极与电平台相连,且其他任一带电部分与这一极的最大电压值不大于 30 V(a.c.)(rms)且不大于 60 V(d.c.),则该传导连接电路不完全属于 B 级或 B 级以上电压电路,只有以 B 级电压运行的部分才被认定为 B 级电压电路,以 B 级以上电压运行的部分被认定为 B 级以上电压电路。

### 4 安全要求

#### 4.1 通用安全要求

电动土方机械的通用安全应符合 GB/T 25684(所有部分)的要求。

#### 4.2 间接接触防护要求

##### 4.2.1 绝缘电阻要求

在最大工作电压下,B 级电压直流电路绝缘电阻不应小于 100  $\Omega$ /V,交流电路不应小于 500  $\Omega$ /V,如果直流和交流电路可导电的连接在一起,则 B 级电压电路绝缘电阻不应小于 500  $\Omega$ /V。B 级以上电压电路绝缘电阻不应小于 1 M $\Omega$ 。

##### 4.2.2 绝缘电阻监测要求

电动土方机械应有绝缘电阻监测功能,在机器电力驱动系统电源接通时,该装置能够持续或者间歇

地检测机器的绝缘电阻值,当该绝缘电阻值小于制造商规定的阈值时,应通过一个明显的信号(例如:声或光信号)装置向操作者提示,制造商规定的阈值不应小于 4.2.1 的要求。

### 4.3 防尘防水要求

#### 4.3.1 机载高压部件防护等级

按 5.2.1 规定的试验方法进行机载高压部件防护等级试验,机载高压部件的绝缘电阻应符合 4.2.1 的要求。机载高压部件的防护等级不应低于 IP54,安装于电动土方机械顶部且无任何防护装置的机载高压部件的防护等级不应低于 IP66(受电装置、架空裸线等除外),以下机载高压部件的防护等级不应低于 IP67。

- a) 安装最低点与地面距离小于制造商技术文件规定涉水深度的机载高压部件。
- b) 正常连接后的高压电缆总成。若高压电缆总成使用的高压连接器可不通过工具手动断开,则非连接状态的高压连接器防护等级不应低于 IPXXB。

#### 4.3.2 外部电源设备防护等级

按 5.2.1 规定的试验方法进行外部电源设备防护等级试验,外部电源设备的绝缘电阻应符合 4.2.1 的要求。在室内使用的外部电源设备,其防护等级不应低于 IP32;在户外使用的外部电源设备,其防护等级不应低于 IP54。

### 4.3.3 机器防水要求

#### 4.3.3.1 模拟清洗

按 5.2.2.2 规定的试验方法进行机器模拟清洗试验。试验完成后 2 h 内,机器的绝缘电阻应符合 4.2.1 的要求,机器应能正常启动、工作、无相关报警提示。

#### 4.3.3.2 模拟涉水

按 5.2.2.3 规定的试验方法进行机器模拟涉水试验;试验完成后 2 h 内,机器的绝缘电阻应符合 4.2.1 的要求,机器应能正常启动、工作、无相关报警提示。

注:无涉水要求的电动土方机械除外。

### 4.4 防火性能要求

#### 4.4.1 机载高压部件阻燃性能要求

按 5.3.1 规定的方法进行机载高压部件阻燃性能试验,机载高压部件所用绝缘材料应同时满足 GB/T 2408 规定的水平燃烧 HB 级和垂直燃烧 V-0 级的要求。驱动电机系统绝缘纸、隔膜等特殊材料应满足 HB 级,不做 V-0 级要求。机载高压部件所用绝缘材料阻燃性能见附录 A。

#### 4.4.2 可充电储能系统与司机室阻燃隔热性能要求

可充电储能系统(或安装舱体)应与司机室隔离,操作者应不能直接接触到可充电储能系统(可充电储能系统维修、保养等情况除外)。安装在司机室下方的可充电储能系统(或安装舱体)与司机室舱之间应使用阻燃隔热材料;按 5.3.2 规定的试验方法进行可充电储能系统(或安装舱体)与司机室间阻燃隔热性能试验,阻燃隔热材料的燃烧特性应符合 GB 8624 规定的 A 级要求。

### 4.5 可充电储能系统安全要求

#### 4.5.1 动力电池安全要求

动力电池安全应符合 GB/T 44257.1 的要求。



#### 4.5.2 电源断开装置安全要求

可充电储能系统的最大工作电压大于 30 V(a.c.)(rms)或大于 60 V(d.c.)时,可充电储能系统应安装熔断器、手动维修开关等具备断开电源功能的装置。如可充电储能系统由多个独立电池包通过电气连接组成,且单个独立电池包工作电压大于 60 V(d.c.)时,单个电池包应单独配置电源断开装置。

### 4.6 功能控制安全要求

#### 4.6.1 电力驱动系统电源接通和断开

电动土方机械应配备一个符合 GB/T 22356 中规定的锁起动系统或其他类似功能的装置,用于控制机器电力驱动系统电源的接通和断开。

#### 4.6.2 电力驱动系统就绪和安全

电动土方机械电力驱动系统由“电源断开状态”到“可行驶或作业状态”,应至少经过 2 次有意识的不同动作,且至少有一个动作是由锁起动系统或其他类似功能的装置完成。

应通过一个明显的信号(例如:声或光信号),连续或间歇地向操作者提示机器电力驱动系统已经处于“可行驶或作业状态”。当操作者离开司机位置时,若机器电力驱动系统仍处于“可行驶或作业状态”,宜通过一个明显的信号(例如:声或光信号)装置提示操作者,或通过关联的装置限制操作者离开。

#### 4.6.3 电力驱动系统断开

电动土方机械电力驱动系统从“可行驶或作业状态”到“电源断开状态”只需要一个动作。处于“电源断开状态”的机器不应产生非预期的行驶或动作。

#### 4.6.4 功能互锁安全要求

##### 4.6.4.1 传导充放电功能互锁

当电动土方机械通过电缆传导连接到外部电源设备进行传导充放电时,机器应处于停止状态,不应产生非预期的行驶或动作。

注:作业时由外部电源供电的机器除外。

##### 4.6.4.2 外部供电连接功能互锁

外部供电式土方机械通过电缆传导连接到外部固定的电源设备时,当机器接近设定的安全距离或角度范围时,应通过一个明显的信号(例如:声或光信号)装置提示操作者,应限制机器的行驶或作业,不应产生非预期的行驶或动作。

##### 4.6.4.3 起动功能互锁

具有液压先导切断阀、液压锁止开关、档位开关、操纵手柄、急停按钮等装置的电动土方机械,只有这些装置均处于中位或断开状态,方可起动机器。起动过程中,机器不应产生非预期的行驶或动作。

##### 4.6.4.4 换电功能互锁

当电动土方机械进行换电作业时,换电电池总成所属的电力驱动系统应处于“电源断开状态”,机器不应产生非预期的行驶或动作。

##### 4.6.4.5 动力电源切换互锁

具备多个动力电源且需人工操作切换动力电源的电动土方机械进行动力电源切换时,电力驱动系

统应处于“电源断开状态”，机器应处于停止状态，不应产生非预期的行驶或动作。

#### 4.6.4.6 安全功能控制优先

电动土方机械在运行过程中，控制系统应优先响应功能安全控制需求（如优先响应紧急停机、紧急制动等）。

#### 4.6.5 符号显示、异常提示和报警

##### 4.6.5.1 符号显示

电动土方机械的可显示装置应符合 GB/T 25617 的相关要求；操作装置和其他显示装置用符号应符合 GB/T 8593.1、GB/T 8593.2 的要求；电力驱动系统用符号应符合 GB/T 4094.2、GB/T 19836 的要求。

##### 4.6.5.2 功率限制或降低提示

当电力驱动系统自动限制或降低工作功率并影响机器作业或行驶功能时，应通过一个明显的信号（例如：声或光信号）装置向操作者提示。

##### 4.6.5.3 可充电储能系统低电量提示

当可充电储能系统的低电量影响机器作业或行驶等功能时，应通过一个明显的信号（例如：声或光信号）装置向操作者提示。



##### 4.6.5.4 热失控报警

电动土方机械可充电储能系统将要发生热失控安全事件时，应通过一个明显的信号（例如：声或光信号）装置向操作者提示。

#### 4.7 充电安全要求

##### 4.7.1 充电通用要求

电动土方机械的传导充电连接装置应符合 GB/T 20234.1、GB/T 20234.2、GB/T 20234.3 或 GB/T 20234.4 的要求，充电用通信协议应符合 GB/T 27930 的要求。

##### 4.7.2 充电接口触电防护

电动土方机械进行传导充放电或作业过程中，不执行传导充放电工作的机器充电接口不应具有 B 级或 B 级以上电压。

#### 4.8 换电安全要求

##### 4.8.1 机载换电系统要求

机载换电系统符合以下安全要求：

- a) 机器在可行驶或作业状态下，应通过机械装置或电气监控装置保持换电电池总成处于正常位置，可采用换电电池总成位置、换电机构或电气接口的连接状态等电气信号监测换电电池总成的意外解锁；
- b) 换电电池总成应具备与机器电平台相连接的功能。

##### 4.8.2 换电机构及换电接口要求

换电机构及换电接口符合以下要求：

- a) 换电机构及换电接口应连接牢固,并且有防止不正确耦合的措施;
- b) 换电机构应具备手动解锁功能,应采用两个及以上步骤解锁,避免误操作;

注:使用工具扳拧螺纹的操作视为多步解锁。

- c) 换电接口应具备正确的电气连接和断开顺序,避免换电过程中出现非预期的高、低压电路导通;
- d) 换电接口宜有相应的防护措施。

## 4.9 外部供电安全要求

### 4.9.1 外接电源接口要求

外接电源接口符合以下要求:

- a) 电动土方机械外接电源接口应具备防护装置,使用防护装置后的外接电源接口防护等级不应低于 IP54;
- b) 外接电缆组件接口与外接电源设备、机器的电源接口未接合前,不应具有 B 级或 B 级以上电压;只有外接电缆组件接口与外接电源设备、机器电源接口均完全接合后,机器和外部电源设备才能进行传导供电;
- c) 电动土方机械进行充放电或作业过程中,不执行传导供电连接工作的电源接口不应具有 B 级或 B 级以上电压。

### 4.9.2 外接直流电源绝缘监测要求

外接直流电源应具备绝缘监测功能。具有机载可充电储能系统的外部动力电动土方机械,当外接直流电源与机器进行电气连接确认后,绝缘监测装置应能够持续或者间歇地检测机载可充电储能系统和外接直流电源的绝缘电阻值,当该绝缘电阻值小于制造商规定的阈值时,应通过一个明显的信号(例如:声或光信号)装置向操作者提示。

### 4.9.3 外接交流电源绝缘监测要求

外接交流电源的绝缘监测应符合 GB/T 38943.1 的要求。

## 4.10 事件数据记录要求

电动土方机械宜配备符合 GB/T 39720 规定的事件数据记录系统或 GB/T 38892 规定的车载视频行驶记录系统。事件数据记录系统应确保关键事件数据的完整性和可追溯性。

## 4.11 电磁兼容要求

电动土方机械电磁兼容应符合 GB/T 22359.1 的要求。

## 4.12 其他电安全要求

电动土方机械的其他电安全应符合 GB/T 38943(所有部分)的要求。

# 5 试验方法

## 5.1 绝缘电阻试验

### 5.1.1 绝缘电阻试验

B 级或 B 级以上电压电路的绝缘电阻按 GB 18384 的规定进行试验。

### 5.1.2 绝缘电阻监测功能验证试验

绝缘电阻监测功能验证按 GB 18384 的规定进行试验。

## 5.2 防尘防水试验

### 5.2.1 防护等级试验

防护等级按 GB/T 4208—2017 的规定进行试验,试验后,再按 5.1 进行绝缘电阻试验。

### 5.2.2 机器防水试验

#### 5.2.2.1 试验前样机准备

试验前至少进行下列准备工作:

- a) 样机处于出厂状态,按规定加注各种液体,备好随机工具、随机备件及其他附件;
- b) 样机应按制造商规定进行充分跑合;
- c) 样机应按产品司机手册和技术文件核定机器系统参数;
- d) 样机燃料加注量、可充电储能系统荷电状态(SOC)应符合制造商规定要求。

#### 5.2.2.2 模拟清洗试验

本试验测试范围为机器的底盘和机身外表面,如密封交界处、可打开部件外沿。

试验使用洁净的水,采用 25°扇形喷嘴,清洗压力不低于 3 MPa,喷嘴距离清洗位置  $3.5\text{ m} \pm 0.5\text{ m}$ ,每平方米清洗时间不少于 10 s,总清洗时间不少于 5 min。

按 5.1 进行绝缘电阻试验。

注:制造商对清洗试验有特殊规定的,以制造商技术文件为准。

#### 5.2.2.3 模拟涉水试验

轮式机器涉水深度,按照额定工作载荷下的轮胎半径进行。履带式机器涉水深度,按照标准配置整備状态下,拖链轮中心距离地面的高度进行;制造商技术文件对涉水深度有特殊规定的时,按制造商技术文件的规定的涉水深度进行。

轮式机器涉水行驶速度按照  $10\text{ km/h} \pm 2\text{ km/h}$  进行,最高行驶速度小于  $10\text{ km/h}$  的,按照最高行驶速度进行。履带式机器涉水行驶速度按照  $5\text{ km/h} \pm 1\text{ km/h}$  进行,最高行驶速度小于  $5\text{ km/h}$  的,按照最高行驶速度进行。

机器涉水长度不小于 500 m;如果水池长度小于 500 m,应重复试验使涉水长度累计不小于 500 m,包括机器在水池外的总试验时间不超过 30 min。

按 5.1 进行绝缘电阻试验。

## 5.3 防火性能试验

### 5.3.1 机载高压部件阻燃性能试验

水平燃烧和垂直燃烧按 GB/T 2408 的规定进行试验。

### 5.3.2 可充电储能系统与司机室阻燃隔热性能试验

阻燃隔热材料的燃烧特性按 GB/T 2406.2 的规定进行试验。

## 5.4 可充电储能系统安全试验

### 5.4.1 动力电池安全试验

动力电池安全按 GB/T 44257.1 的规定进行试验。

### 5.4.2 电源断开装置试验

制造商根据 4.5.2 规定的电源断开装置安全要求,提供具体方案说明,包括电源断开装置的安装位置、操作说明、报警提示信号等,检测机构根据说明材料在可充电储能系统或机器上进行测试验证,并进行符合性判定。

## 5.5 功能控制安全试验

制造商根据 4.6 规定的功能控制安全要求,提供具体方案说明,包括功能控制安全的触发条件、操作说明、报警提示信号说明等,检测机构根据说明材料在零部件或机器上进行测试验证,并进行符合性判定。

## 5.6 充电安全试验

制造商根据 4.7 规定的充电安全要求,提供具体方案说明,包括充电安全的触发条件、操作说明、报警提示信号说明等,检测机构根据说明材料在零部件或机器上进行测试验证,并进行符合性判定。

## 5.7 换电安全试验

制造商根据 4.8 规定的换电安全要求,提供具体方案说明,包括换电安全的触发条件、操作说明、报警提示信号说明等,检测机构根据说明材料在零部件或机器上进行测试验证,并进行符合性判定。

## 5.8 外部供电安全试验

制造商根据 4.9 规定的外部供电安全要求,提供具体方案说明,包括外接电源安全的触发条件、操作说明、报警提示信号说明等,检测机构根据说明材料在零部件或机器上进行测试验证,并进行符合性判定。

## 5.9 事件数据记录系统试验

事件数据记录系统按 GB/T 39720 的规定进行试验,车载视频行驶记录系统按 GB/T 38892 的规定进行试验。

## 5.10 电磁兼容试验

电磁兼容按 GB/T 22359.1 的规定进行试验。

## 5.11 其他电安全试验

其他电安全按 GB/T 38943(所有部分)的规定进行试验。

## 附录 A

(资料性)

## 机载高压部件所用绝缘材料阻燃性能

机载高压部件所用绝缘材料阻燃性能见表 A.1。

表 A.1 机载高压部件所用绝缘材料阻燃性能

序号	部件系统总成	标准要求	
		水平燃烧满足 GB/T 2408 规定的 HB 级	垂直燃烧满足 GB/T 2408 规定的 V-0 级
1	电机控制器	√	○
2	电机	√	○
3	机载充电机	√	√
4	DC/DC 变换器	√	√
5	充电接口	√	√
6	风/水加热器	√	√
7	电动空调压缩机	√	√
8	电力分配单元	√	√
9	高压电缆总成	√	√
10	制动电阻格栅	√	√
11	其他高压部件	√	√
注：“√”表示满足，“○”表示部分满足。			