

中华人民共和国国家标准

GB/T 44256—2024

土方机械 纯电动轮胎式装载机 能量消耗量 试验方法

Earth-moving machinery—Energy consumption for battery electric
wheel loaders—Test methods

2024-07-24 发布

2024-07-24 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

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 试验条件.....1

5 能量消耗量的测量方法.....2

6 试验方法.....3

7 能量消耗量评价.....7

8 续航能力评估.....8

附录 A（资料性） 电动装载机能量消耗量试验记录.....9

图 1 使用电压计和电流计对动力电池的能量消耗进行测量的方法示例.....3

图 2 装载位置和卸载位置的关系.....4

图 3 负载行走举升试验机器位置.....5

图 4 空载行走铲掘试验机器位置.....5

表 1 测量参数、单位和准确度.....2

表 A.1 充电试验记录表.....9

表 A.2 装载动作试验记录表.....9

表 A.3 运输行走试验记录表.....10

表 A.4 待机试验记录表.....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：天津工程机械研究院有限公司、江苏徐工国重实验室科技有限公司、徐州市检验检测中心、山东临工工程机械有限公司、龙工(上海)机械制造有限公司、国机重工集团常林有限公司、福建晋工机械有限公司、博雷顿科技股份公司、厦门厦工机械股份有限公司、郑州宇通矿用装备有限公司、中铁十九局集团轨道交通工程有限公司、天津工程机械研究院有限公司检测技术服务分公司。

本文件主要起草人：李莺莺、刘建、孙峰、张奇、王坤、钱勇、王斌、邱明哲、王少波、金鑫、高磊、王姜骅、陈树巧、邓艳芳、张志烁。

土方机械 纯电动轮胎式装载机
能量消耗量 试验方法

1 范围

本文件规定了纯电动轮胎式装载机能量消耗量的试验条件,描述了能量消耗量的测量方法和试验方法,以及能量消耗量评价和续航能力评估的方法。

本文件适用于在工作过程中采用机载动力电池(最大工作电压为 B 级电压)作为唯一动力源,额定工作载荷不大于 8 000 kg 的纯电动轮胎式装载机能量消耗量的测试,采用其他类型可充电储能装置、额定工作载荷大于 8 000 kg 的电动装载机参照使用。

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 21153 土方机械 尺寸、性能和参数的单位与测量准确度
- GB/T 25604 土方机械 装载机 术语和商业规格
- GB/T 44254 电动土方机械 术语

3 术语和定义

GB/T 25604 和 GB/T 44254 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

续航能力 all electric working time

电动装载机在动力电池完全充电状态下,以规定的条件和方法进行试验,计算得到的最长工作时间。
注:单位为小时(h)。

4 试验条件

4.1 试验环境

- 试验环境应满足下列条件:
- 环境温度:5℃~35℃;
 - 相对湿度:小于 95%;
 - 风速:不大于 5 m/s。

4.2 试验场地

试验场地应平坦、硬实,在纯电动轮胎式装载机(以下简称“电动装载机”)作业范围内,试验场地的各向坡度不应大于 0.5%,平整度不应大于 3 mm/m²。

4.3 测量参数、单位和准确度

测量参数、单位和准确度应符合表 1 的规定,表 1 中不涉及的其他测量值的准确度应符合 GB/T 21153 的规定。

表 1 测量参数、单位和准确度

测量参数	单位名称	单位符号	准确度	分辨率
时间	秒	s	± 0.1	0.01
距离	米	m	$\pm 0.1\%$	0.01
温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.1
转速	转每分	r/min	$\pm 0.5\%$	1
质量	千克	kg	$\pm 2\%$	10
电能	瓦时	W·h	$\pm 1\%$	1
电压	伏特	V	$\pm 0.3\%\text{FSD}^{\text{a}}$ 或读数的 $\pm 1\%^{\text{b}}$	0.1
电流	安培	A	$\pm 0.3\%\text{FSD}^{\text{a}}$ 或读数的 $\pm 1\%^{\text{b,c}}$	0.1
<div><div>^a FSD:最大显示或标尺的长度。</div><div>^b 取较大者。</div><div>^c 电流积分频率 20 Hz 或更高。</div></div>				

4.4 试验机器

4.4.1 配置

试验机器配置应达到制造商规定的标准状态。

试验机器应进行过充分的跑合;动力电池应至少经历一次从满电直至荷电状态(SOC)最低值的过程,充电量应控制在制造商设定系统的规定值内;新出厂整机电池健康度(SOH)不应小于 97%。

4.4.2 热车

试验前整机应进行充分热车,液压油温不应低于 50 $^{\circ}\text{C}$,有液力变矩器的机器,变矩器油温不应低于 80 $^{\circ}\text{C}$ 。电池温度应达到电池制造商规定的电池加热关闭温度。

4.4.3 空调和附属电器

4.4.3.1 如安装有空调,在试验过程中应关闭空调。

4.4.3.2 在试验过程中电池热管理系统应按照制造商规定状态工作。

4.4.3.3 试验期间,应关闭照明、收音机、音响等附属电器。

5 能量消耗量的测量方法

5.1 测试仪器

动力电池电流宜使用夹装式或密闭式电流传感器测量。电流传感器应通过连接到动力电池的电缆对动力电池电流进行测量,所测电流应为动力电池总电流。

在屏蔽线的情况下,应对测试电缆进行处理,以降低屏蔽层对测试数据的影响。

5.2 测量方法

使用电压计和电流计对动力电池的能量消耗量进行测量的方法示例见图 1。电压计和电流计可使用直流电力计,采样周期不大于 50 ms。

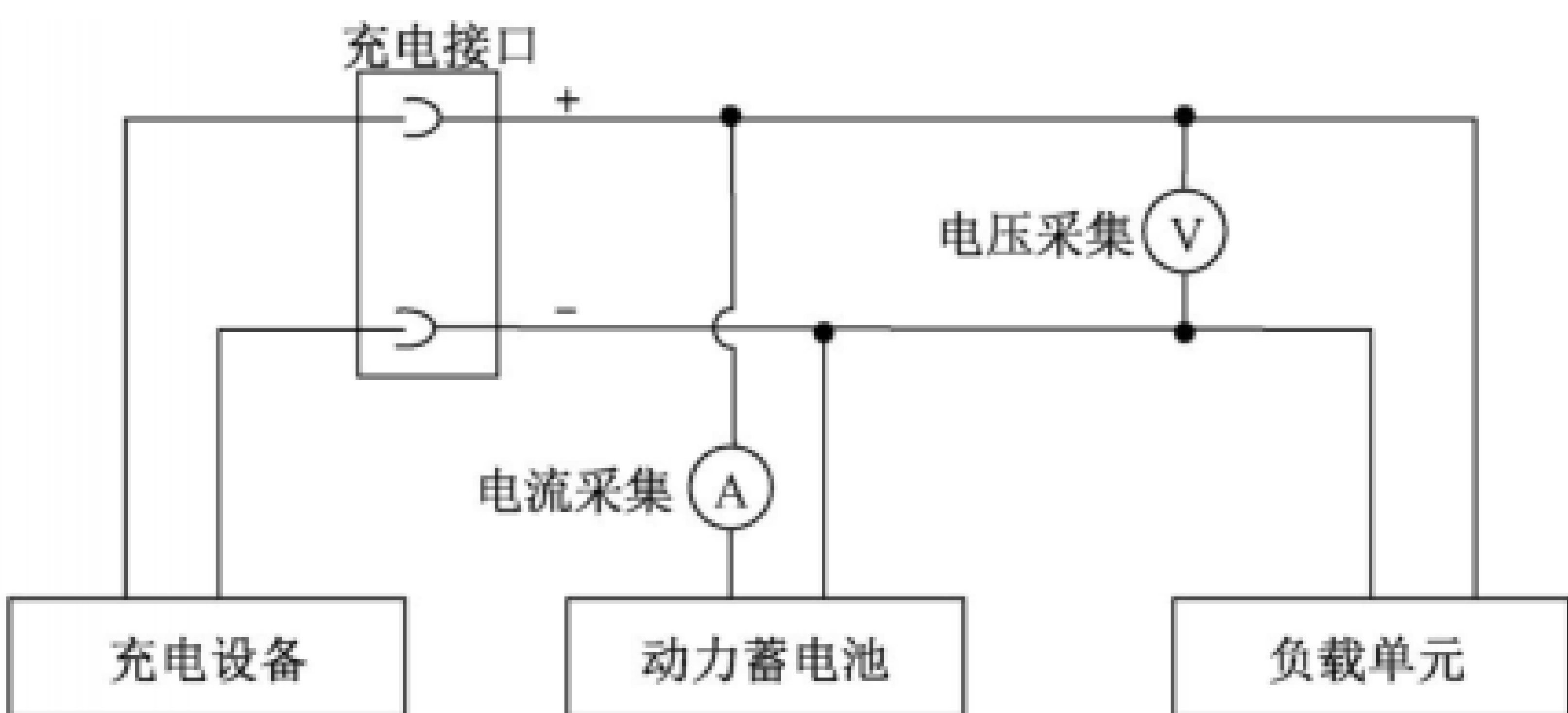


图 1 使用电压计和电流计对动力电池的能量消耗进行测量的方法示例

记录试验中消耗的电流值和电压值的累计,按公式(1)计算动力电池的能量消耗量。

$$E = \frac{\sum [I(t) \times V(t) \times T_s]}{3\,600} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中：
- E ——试验中动力电池的能量消耗量,单位为瓦时(W·h)；
 - $I(t)$ ——动力电池随时间变化的充放电电流值,单位为安培(A)；
 - $V(t)$ ——动力电池随时间变化的充放电电压值,单位为伏特(V)；
 - T_s ——采样周期,单位为秒(s)。

6 试验方法

6.1 总体试验项目

- 总体试验项目包括：
- 整机充电试验；
 - 整机能量消耗量试验。

6.2 整机充电试验

6.2.1 动力电池放电

充电试验前先对动力电池进行放电,放电程序按整机制造商推荐的方式进行,当动力电池 SOC 低于 20% 或制造商规定的故障报警值时放电结束。

6.2.2 动力电池充电

放电结束后,机器应在 120 min 内按整机制造商推荐的充电方式进行充电。充电应连续进行,如果充电过程中发生断电,按 6.2.1 放电后重新充电。

6.2.3 充电结束

动力电池达到整机制造商规定的完全充电状态视为充电结束。

6.2.4 电量测量

按 6.2.2 的规定进行充电,按图 1 所示方法测量动力电池的电量 E_{AC} ,当达到 6.2.3 的要求时,停止电量测量。

6.2.5 试验次数及数据处理

整机按照“放电—充电—充电结束”的顺序进行 1 次充电作为 1 次试验。进行 1 次试验,测量试验期间外部充入动力电池的电量 E_{AC} 及所需要的时间。充电时间保留小数点后一位,充入电量取整数,试验数据记录在附录 A 的表 A.1。

6.3 整机能量消耗量试验

6.3.1 试验项目

- 整机能量消耗量试验项目包括：
- 装载动作试验；
 - 运输行走试验；
 - 待机试验。

6.3.2 试验条件

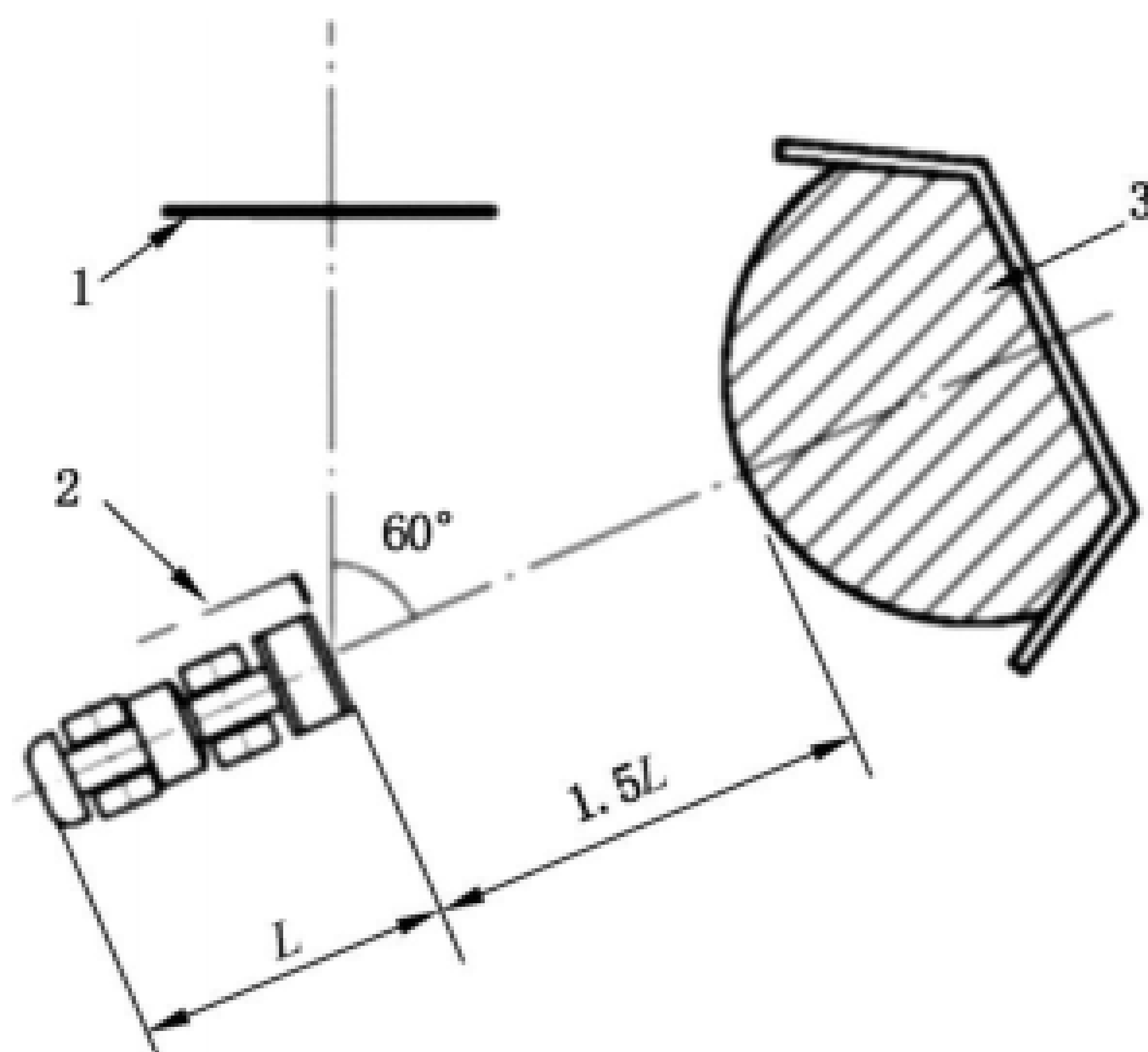
6.3.2.1 负荷铲斗

能量消耗量试验使用的负荷铲斗的质量 G_0 与整机的额定工作载荷相同。
负荷铲斗的重心应与实际作业时负荷的重心位置接近。
实际负荷铲斗的质量与整机额定工作载荷标称值的偏差为 $\pm 3\%$ 。

6.3.2.2 整机位置及标杆的高度

进行装载动作试验时整机的模拟装载方向与卸载方向成 60° ,各自的行走距离为 $1.5L$,按图 2 的规定。

标杆高度应为整机卸载高度的 0.8 倍。



- 标引序号说明：
- L ——铲斗水平放置于地面状态下,从铲斗最前端到整机后端的距离；
 - 1——标杆；
 - 2——电动装载机；
 - 3——装载假想位置。

图 2 装载位置和卸载位置的关系

6.3.3 装载动作试验

6.3.3.1 负载行走举升试验

负荷铲斗状态下的电动装载机按照图 3 所示的 V 形方式进行模拟行走举升动作。一个循环的模拟动作模型,按图 3 的规定。

试验机器的位置按如下要求:

- 图 3a)装载动作,铲斗保持行走状态;
- 图 3a)~图 3b)全力加速,以行走状态行驶,同时举升动臂使铲斗销轴越过标杆高度,使用行车制动在指定位置停止后,铲斗落下恢复至行走状态;
- 图 3b)~图 3d)切换到后退挡,经过开始位置后向另一方向重复相同的行走举升动作。铲斗落下后回退至起始位置。

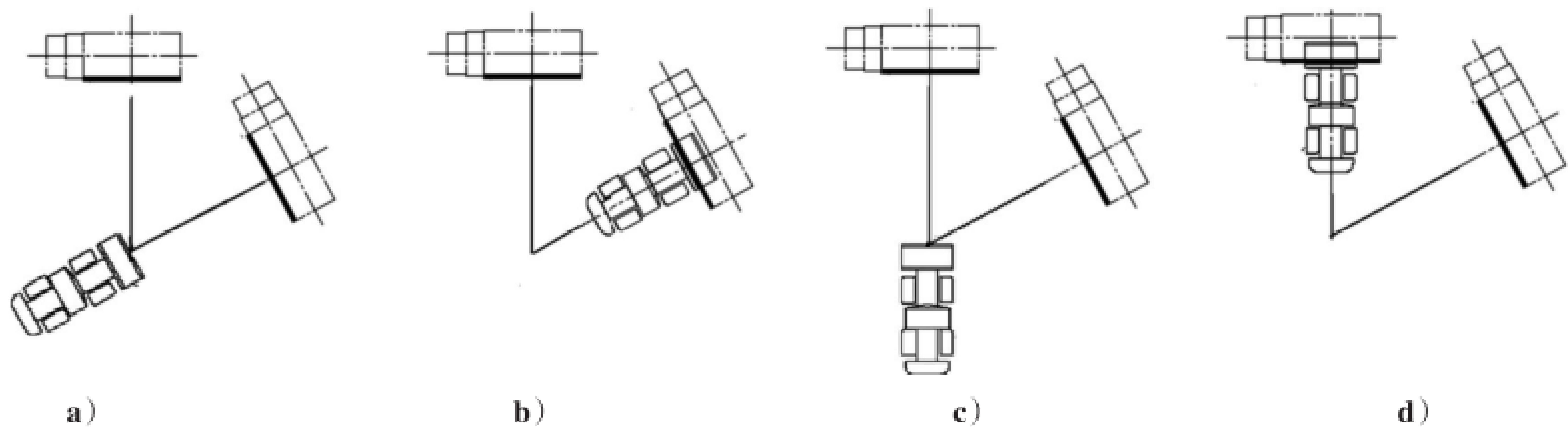


图 3 负载行走举升试验机器位置

6.3.3.2 空载行走铲掘试验

电动装载机行走过程铲斗空载,铲掘过程采用实际物料进行试验。试验场地需要能够满足电动装载机满斗铲掘的两处料堆,位置满足 6.3.2 的规定。测试应由熟练司机操作,保证铲掘过程的满斗率偏差为 $\pm 10\%$ 。作业物料选取砂、砾石等密度、湿度适宜的松散物料。空斗状态下的电动装载机按照图 4 所示的 V 形方式进行空载行走铲掘动作。一个循环的模拟动作模型,按图 4 的规定。

试验机器的位置按如下要求:

- 图 4a)装载动作,铲斗保持行走状态;
- 图 4a)~图 4b)全力加速,以行走状态行驶,铲斗放平后全力插入料堆,收斗举升至能保证物料完全卸载的高度后,进行卸载动作;
- 图 4c)切换到后退挡,回退至起始位置,同时收斗恢复至行走状态;
- 图 4d)向另一方向重复相同的空载行走铲掘动作。收斗举升至能保证物料完全卸载的高度后卸载,回退至起始位置。

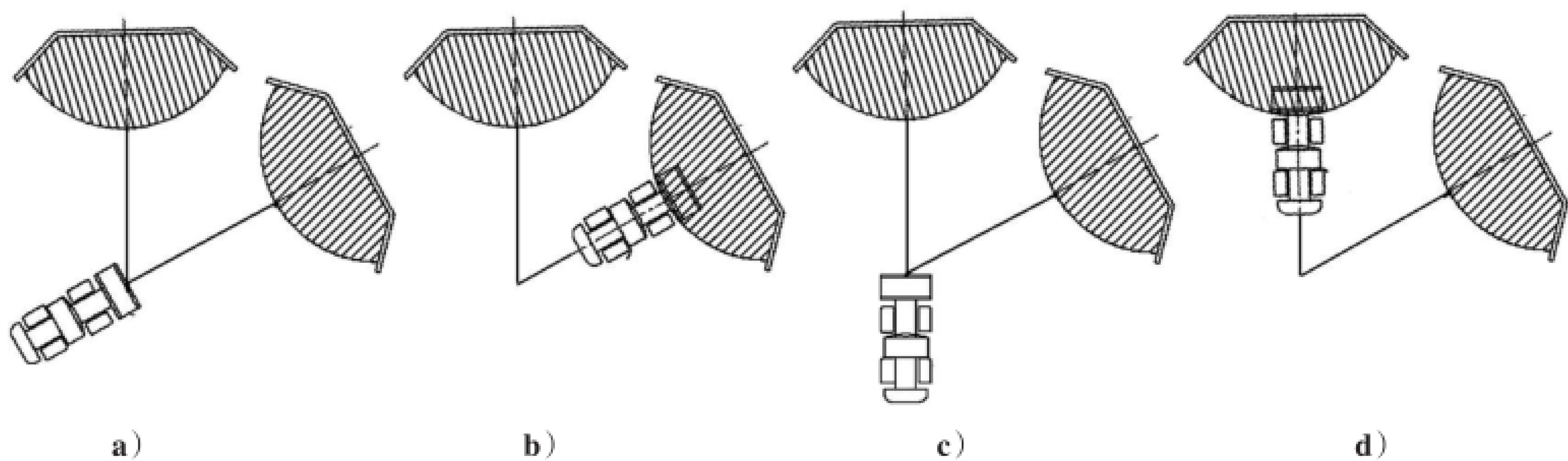


图 4 空载行走铲掘试验机器位置

6.3.3.3 试验次数及能量消耗量的计算

负载行走举升试验和空载行走铲掘试验分别按照图 3 和图 4 的动作模型连续进行 10 个循环的操作,测量这个过程的能量消耗量和所需时间。进行 5 次试验,去除所用时间最长和最短的试验数据,其余 3 次试验数据作为试验结果,试验数据记入表 A.2。

测量时间保留小数点后一位,动力电池能量消耗量及外部电源能量消耗量取整数,单位时间的作业量保留小数点后一位,按公式(2)计算。

$$M_{ZY} = G_0 \times n \times \frac{3\,600 \times 2}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M_{ZY} ——单位时间的作业量,单位为千克每小时(kg/h);

G_0 ——负荷铲斗质量,单位为千克(kg);

n ——模拟动作循环($n=10$);

t_1 ——负载行走举升试验所用时间,单位为秒(s);

t_2 ——空载行走铲掘试验所用时间,单位为秒(s)。

单位时间能量消耗量保留小数点后一位,按公式(3)计算。

$$W_{ZY} = \frac{(E_1 + E_2) \times 3.6}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

W_{ZY} ——装载动作试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

E_1 ——负载行走举升试验时能量消耗量,单位为瓦时(W·h);

E_2 ——空载行走铲掘试验时能量消耗量,单位为瓦时(W·h)。

6.3.4 运输行走试验

6.3.4.1 试验条件及试验要求

行走试验,按以下状态及操作进行。

- 机器:负荷铲斗下,按制造商规定的行走状态。
- 测试距离:额定工作载荷小于 5 000 kg 的电动装载机为 50 m,额定工作载荷≥5 000 kg 的电动装载机为 100 m。
- 试验场地:坚固平直的土路面或混凝土路面。
- 起步操作:往返行驶均应在起步地点将操作杆置于前进位置,踩下制动踏板使机器保持怠速状态,收到发车信号后,松开制动踏板同时踩下加速踏板。
- 行走模式:有自动变速功能的电动装载机,应明确记录手动变速和自动变速的使用情况。
- 加速踏板:起步后,加速踏板立即处于最大位置,直到驶过预定的行走距离为止。

6.3.4.2 试验次数及耗电量的计算

进行往返行驶试验,测量各个过程的电力消耗和所需时间。行驶路面纵向坡度大于 0.5% 时,往返分别进行试验,将表 A.2 的行驶方向栏以往返区分。往返行驶的耗电量各进行 5 次试验,去除往返一共所用时间最长和最短的试验结果,其余 3 次往返行驶的试验结果作为试验结果,试验数据记入表 A.3。

测量时间保留小数点后一位,动力电池能量消耗量及外部电源能量消耗量取整数,单位时间的作业量保留小数点后一位,按公式(4)计算。

$$M_{xz} = G_0 \times \frac{3\,600}{t_3} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
M_{xz} ——运输试验时单位时间的作业量,单位为千克每小时(kg/h)；
t₃ ——所需时间,单位为秒(s)。

运输试验时单位时间能量消耗量保留小数点后一位,按公式(5)计算。

$$W_{xz} = \frac{E_{xz} \times 3.6}{t_3} \dots\dots\dots (5)$$

式中：
W_{xz} ——运输试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；
E_{xz} ——运输试验时能量消耗量,单位为瓦时(W·h)。

6.3.5 待机试验

测量整机待机时的能量消耗,测量时间在 600 s 以上。记录期间的待机时间及能量消耗量。进行 3 次试验,试验数据记入表 A.4。

待机试验时单位时间能量消耗量保留小数点后一位,按公式(6)计算。

$$W_{dj} = \frac{E_{dj} \times 3.6}{t_4} \dots\dots\dots (6)$$

式中：
W_{dj} ——待机试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；
E_{dj} ——待机试验时能量消耗量,单位为瓦时(W·h)。
t₄ ——待机时间,单位为秒(s)。

7 能量消耗量评价

电动装载机的能量消耗量按装载动作 75%、运输行走动作 15%、待机 10% 进行评价。电动装载机能量消耗量的评价值 G_{wl} 按公式(7)进行计算。

$$G_{wl} = 1\,000 \times \frac{W_{zy} \times k_{f1} + W_{xz} \times k_{f2} + W_{dj} \times k_{f3}}{\alpha \times M_{zy} \times k_{f1} + \beta \times M_{xz} \times k_{f2}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：
G_{wl} ——能量消耗量评价值,单位为瓦时每千克(W·h/kg),保留小数点后两位；
M_{zy} ——装载动作试验时的单位时间作业量,单位为千克每小时(kg/h)；
M_{xz} ——运输行走试验时的单位时间作业量,单位为千克每小时(kg/h)；
W_{zy} ——装载动作试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；
W_{xz} ——运输行走试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；
W_{dj} ——待机试验时单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；
k_{f1} ——装载动作的比重系数,取 0.75；
k_{f2} ——运输行走的比重系数,取 0.15；
k_{f3} ——待机的比重系数,取 0.1；
α ——铲斗形状改善等引起的作业量改善时使用的作业效率改善系数(通常为 1)；
β ——行走装置改善等引起的作业量改善时使用的作业效率改善系数(通常为 1)。

8 续航能力评估

8.1 装载作业续航时间计算

电动装载机装载作业的续航时间按公式(8)进行计算。

$$\text{BER}_{\text{ZY}} = \frac{E_{\text{AC}}}{W_{\text{ZY}} \times 1\,000} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

BER_{ZY} —— 装载作业的续航时间,单位为小时(h),保留小数点后一位；

E_{AC} —— 按照 6.2 测得的外部电源的电量,单位为瓦时(W·h)。

8.2 综合工况续航时间计算

电动装载机综合工况下单位时间的能量消耗量 W 按公式(9)进行计算。

$$W = W_{\text{ZY}} \times k_{\text{f1}} \times W_{\text{ZY}} \times k_{\text{f2}} \times W_{\text{DJ}} \times k_{\text{f3}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

W —— 综合工况时单位时间的能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

电动装载机在综合工况下的续航时间按公式(10)进行计算。

$$\text{BER} = \frac{E_{\text{AC}}}{W \times 1\,000} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

BER —— 综合工况的续航时间,单位为小时(h),保留小数点后一位。

附 录 A
(资料性)
电动装载机能量消耗量试验记录

电动装载机能量消耗量试验记录见表 A.1~表 A.4。

表 A.1 充电试验记录表

制造商:_____试验日期:_____

机器型号:_____制造编号:_____

电池额定容量:_____kW·h 电池 SOH:_____％ 铲斗容量(堆装):_____m³

测定环境:大气压:_____kPa 大气温度:_____℃ 相对湿度:_____％

机器运转模式:_____(机器运转模式为标准模式、节省能源模式等试验时使用的制造商规定的运转模式)

序号	充电时间 s	充电前 SOC ％	充电后 SOC ％	充入电量 E_{AC} W·h	备注
1					

表 A.2 装载动作试验记录表

制造商:_____试验日期:_____

机器型号:_____制造编号:_____

电池额定容量:_____kW·h 电池 SOH:_____％ 铲斗容量(堆装):_____m³

测定环境:大气压:_____kPa 大气温度:_____℃ 相对湿度:_____％

机器运转模式:_____(机器运转模式为标准模式、节省能源模式等试验时使用的制造商规定的运转模式)

实测负荷质量 G_0 :_____kg 标杆高度 h :_____m 行走挡位:_____

试验 序号	负载行走举升试验		空载行走铲掘试验	
	时间 t_1 s	动力电池的能量消耗量 E_1 W·h	时间 t_2 s	动力电池的能量消耗量 E_2 W·h
1				
2				
3				
4				
5				
平均				
装载动作试验的单位时间能 量消耗量 W_{ZY} kW·h/h			装载动作试验的单位 时间作业量 M_{ZY} kg/h	

表 A.3 运输行走试验记录表

制造商:_____试验日期:_____

 机器型号:_____制造编号:_____

 电池额定容量:_____kW·h 电池 SOH:_____％ 铲斗容量(堆装):_____m³

 测定环境:大气压:_____kPa 大气温度:_____℃ 相对湿度:_____％

 机器运转模式:_____ (机器运转模式为标准模式、节省能源模式等试验时使用的制造商规定的运转模式)

 实测负荷质量 G_0 :_____kg 行走距离:_____m 行走挡位:_____

试验序号		时间 t_s s	动力电池的能量消耗量 E_{xz} W·h	单位时间能量消耗量 W_{xz} kW·h/h	行走速度 km/h	单位时间作业量 M_{xz} kg/h
1	往					
	返					
2	往					
	返					
3	往					
	返					
4	往					
	返					
5	往					
	返					
平均						

表 A.4 待机试验记录表

制造商:_____试验日期:_____

 机器型号:_____制造编号:_____

 电池额定容量:_____kW·h 电池 SOH:_____％ 铲斗容量(堆装):_____m³

 测定环境:大气压:_____kPa 大气温度:_____℃ 相对湿度:_____％

 机器运转模式:_____ (机器运转模式为标准模式、节省能源模式等试验时使用的制造商规定的运转模式)

序号	待机时间 t_d s	待机试验的能量消耗量 E_{dj} W·h	单位时间能量消耗量 W_{dj} kW·h/h	备注
1				
2				
3				
平均				

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
土方机械 纯电动轮胎式装载机
能量消耗量 试验方法
GB/T 44256—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.net.cn

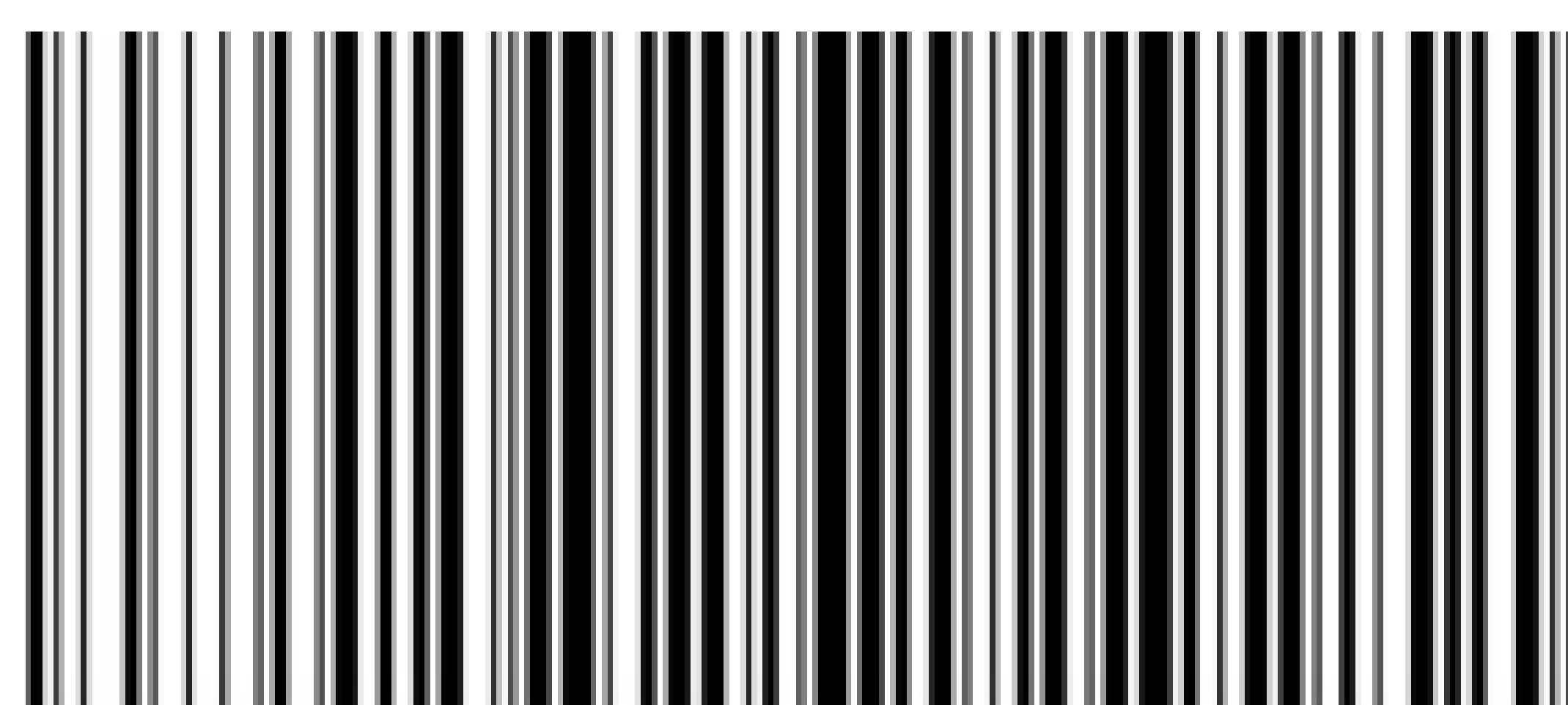
服务热线: 400-168-0010

2024年7月第一版

*

书号: 155066 · 1-77253

版权专有 侵权必究



GB/T 44256-2024

www.bzxz.net

免费标准下载网