

中华人民共和国国家标准

GB/T 44255—2024

土方机械 纯电动液压挖掘机能量 消耗量 试验方法

Earth-moving machinery—Energy consumption for battery electric hydraulic
excavators—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 续航能力评估.....7

8 作业效率评估.....8

9 能量效率评价.....8

附录 A（资料性） 试验记录表.....10

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 90°回转挖掘装载作业示意图.....5

图 3 平地作业试验示意图.....6

表 1 测量参数和准确度.....2

表 2 挖掘装载作业参数.....4

表 3 平地距离.....6

表 A.1 电动挖掘机充电试验记录表.....10

表 A.2 电动挖掘机挖掘装载作业试验能量消耗量记录表.....10

表 A.3 电动挖掘机平地作业试验能量消耗量记录表.....10

表 A.4 电动挖掘机行走试验能量消耗量记录表.....11

表 A.5 电动挖掘机待机试验能量消耗量记录表.....11

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：柳州柳工挖掘机有限公司、徐州徐工挖掘机械有限公司、山东临工工程机械有限公司、中联重科土方机械有限公司、三一重机有限公司、国机重工集团常林有限公司、福建晋工机械有限公司、天津工程机械研究院有限公司、力士德工程机械股份有限公司、厦门厦工机械股份有限公司、江苏徐工国重实验室科技有限公司、中铁八局集团电务工程有限公司、太重集团(上海)装备技术有限公司、江苏天煤机电科技有限公司、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：刘晓强、刘跃吉、刘淑强、吴元峰、崔会喜、张亚军、吕志忠、吴红丽、高公如、陈先武、刘建、晏贵章、尹满义、冯俊伟、王姜骅、张少波、孙宽、张晓辉。

土方机械 纯电动液压挖掘机能量 消耗量 试验方法

1 范围

本文件规定了纯电动液压挖掘机能量消耗量的试验条件,描述了能量消耗量的试验方法,以及纯电动液压挖掘机的续航能力评估、作业效率评估和能量效率评价的方法。

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,工作质量不大于50 000 kg的纯电动液压挖掘机的测试,大于50 000 kg的纯电动液压挖掘机参照执行。

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 6572 土方机械 液压挖掘机 术语和商业规格
- 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 36695 土方机械 液压挖掘机燃油消耗量 试验方法
- GB/T 44254 电动土方机械 术语

3 术语和定义

GB/T 6572 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

纯电动液压挖掘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

试验通行区域应为平整地面,作业区域满足6.1规定的试验项目需求。挖掘装载作业试验用土壤密度1 500 kg/m³~1 800 kg/m³。

4.3 测量参数和准确度

测量参数和准确度应符合表 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	±0.1%	0.01
温度	摄氏度	℃	±1℃	0.1
转速	转每分	r/min	±0.5%	1
质量	千克	kg	±2%	10
电能	瓦时	W·h	±1%	1
电压	伏特	V	±0.3% FSD ^a 或读数的±1% ^b	0.1
电流	安培	A	±0.3% FSD ^a 或读数的±1% ^{b,c}	0.1
^a FSD:最大显示或标尺的长度。 ^b 取较大者。 ^c 电流积分频率 20 Hz 或更高。				

4.4 试验机器

4.4.1 配置

整机配置达到制造商规定的标准状态,应使动力电池至少经历 1 次从满电直至荷电状态(SOC)最低值的过程;新出厂整机电池健康度(SOH)应不小于 97%。

4.4.2 热车

试验前整机应进行充分热车,液压油温度不应低于 50℃,电池温度应达到电池制造商规定的电池加热关闭的温度。

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。

4.5 配套用运输设备

挖掘装载作业试验应配备与试验挖掘机相适应的运输设备,其容积应满足 6.3 中 1 次挖掘装载作业试验的物料装载。

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。

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。

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

.....(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)。

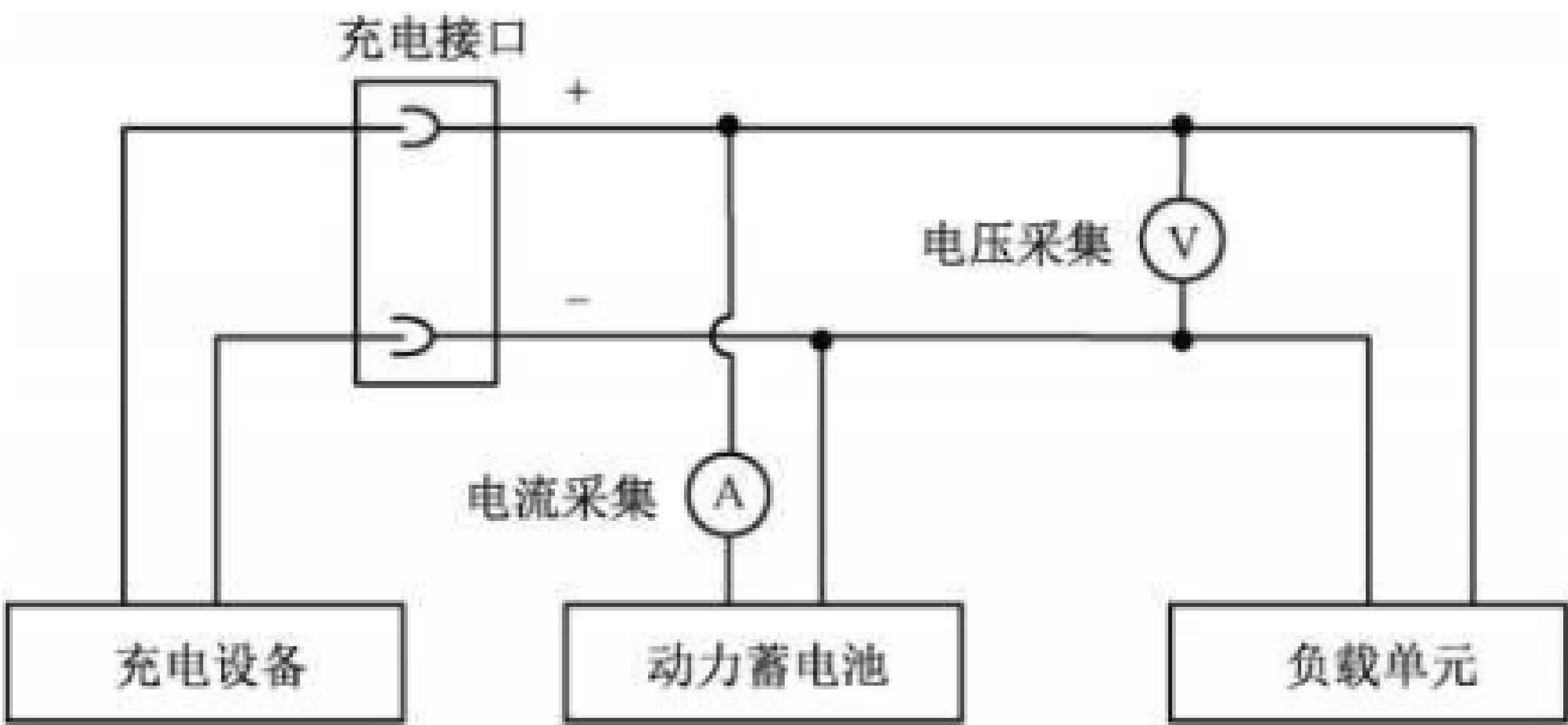


图 1 使用电压计和电流计对动力电池的能量消耗进行测量的方法示例

6 试验方法

6.1 试验项目

纯电动液压挖掘机(以下简称“电动挖掘机”)能量消耗量试验项目包括：
——整机充电试验；
——挖掘装载作业试验；
——平地作业试验；
——行走试验；
——待机试验。

除待机试验和整机充电试验外,挡位应为整机最高工作挡位,操作工作装置手柄应快捷流畅,且至少应有一个手柄做最大行程操作。

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,试验机器应在 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,则按 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

按照 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。试验数据记录在附录 A 的表 A.1。

6.3 挖掘装载作业试验

6.3.1 挖掘装载动作

挖掘流程按下列规定进行。

- a) 开始姿势:整机停放于测试区域一端,斗杆液压缸全收,调整铲斗液压缸,使斗杆销轴、铲斗销轴、铲斗齿尖处于同一直线上,动臂下降至使铲斗齿尖靠近挖掘物料表面。
- b) 挖掘物料:斗杆回收,调整铲斗和动臂,确保快速切入物料,直至物料填满铲斗,回收铲斗确保提升过程物料不掉出铲斗。同一深度物料进行挖掘。
- c) 提升、回转、卸料:提升动臂,待铲斗高出地面后继续提升动臂并回转平台。当回转到 45° 时,其他动作不变,将斗杆向外伸出,直到 90° 的位置停止回转,并打开铲斗进行卸料。
- d) 返回开始姿势:反向回转、动臂下降、斗杆伸出、调整铲斗角度至开始姿势。
- e) 整机向后移动:测试过程根据场地情况及操作手操作习惯向后调整整机位置。

不同工作质量的试验机器的挖掘深度、挖掘宽度、卸料高度和卸料距离按表 2 的规定执行,挖掘场地布置如图 2 所示。

表 2 挖掘装载作业参数

工作质量(OM) kg	$OM \leq 5\,000$	$5\,000 < OM \leq 15\,000$	$15\,000 < OM \leq 25\,000$	$25\,000 < OM \leq 50\,000$
挖掘深度 m	制造商规定最大挖掘深度的 1/2			
挖掘宽度 m	履带内测同宽(轮胎式挖掘机则与两个前轮内侧同宽)			
卸料高度 m	1.5	2.0	2.5	3.0
卸料距离 m	2.5	3.0	3.5	4.0
注:如为加长动臂、短斗杆、长斗杆和宽铲斗等异型机,挖掘参数为变化后对应机器工作质量的参数。				

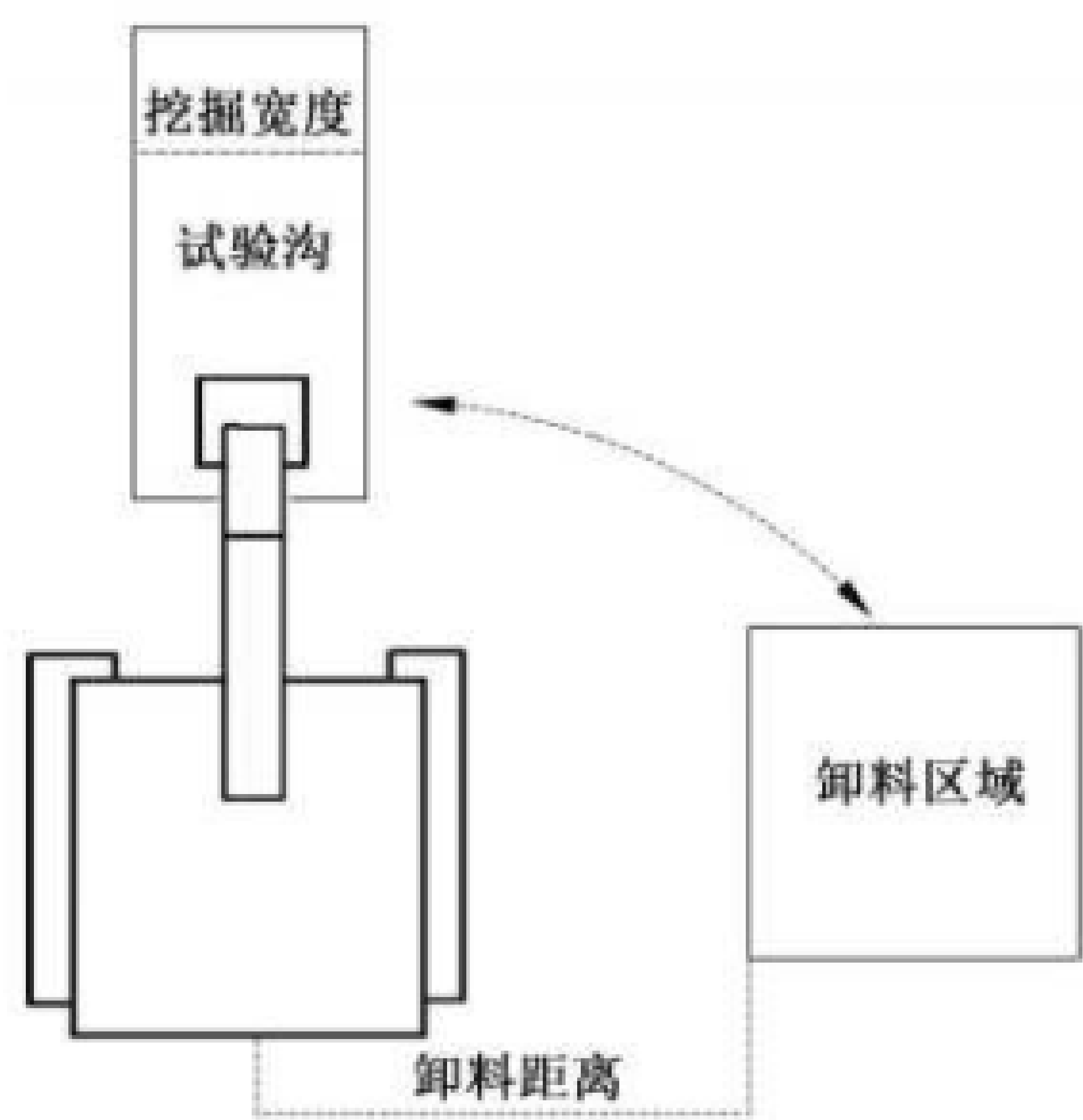


图 2 90°回转挖掘装载作业示意图

6.3.2 试验次数及数据处理

试验次数及数据处理按照下列规定。

- a) 按照 6.3.1 的规定进行不少于 6 次循环的连续挖掘装载作业,作为 1 次挖掘装载作业试验,记录挖掘时间 t_1 (时间测定区间为首个循环的起点至最后一个循环的终点)、挖掘装载循环次数、能量消耗量 E_T 和挖掘物料质量 m 等。
- b) 进行 2 次挖掘装载作业试验,2 次试验的循环次数应相同,且 2 次试验的能量消耗量之差不大于 5% 为有效,否则应增加试验次数,直至 2 次试验的能量消耗量之差不大于 5%。
- c) 取 2 次有效数据的平均值作为试验结果。试验数据记录在表 A.2。测量时间保留整数位,能量消耗量保留整数位,单位时间能量消耗量保留小数点后一位。

挖掘装载作业单位时间能量消耗量 E_1 按公式(2)进行计算。

$$E_1 = \frac{E_T / 1\,000}{t_1 / 3\,600}$$

.....(2)

式中:

- E_1 ——挖掘装载作业试验单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h);
- E_T ——单次挖掘装载试验能量消耗量,单位为瓦时(W·h);
- t_1 ——单次挖掘装载试验作业时间,单位为秒(s)。

6.4 平地作业试验

6.4.1 平地试验

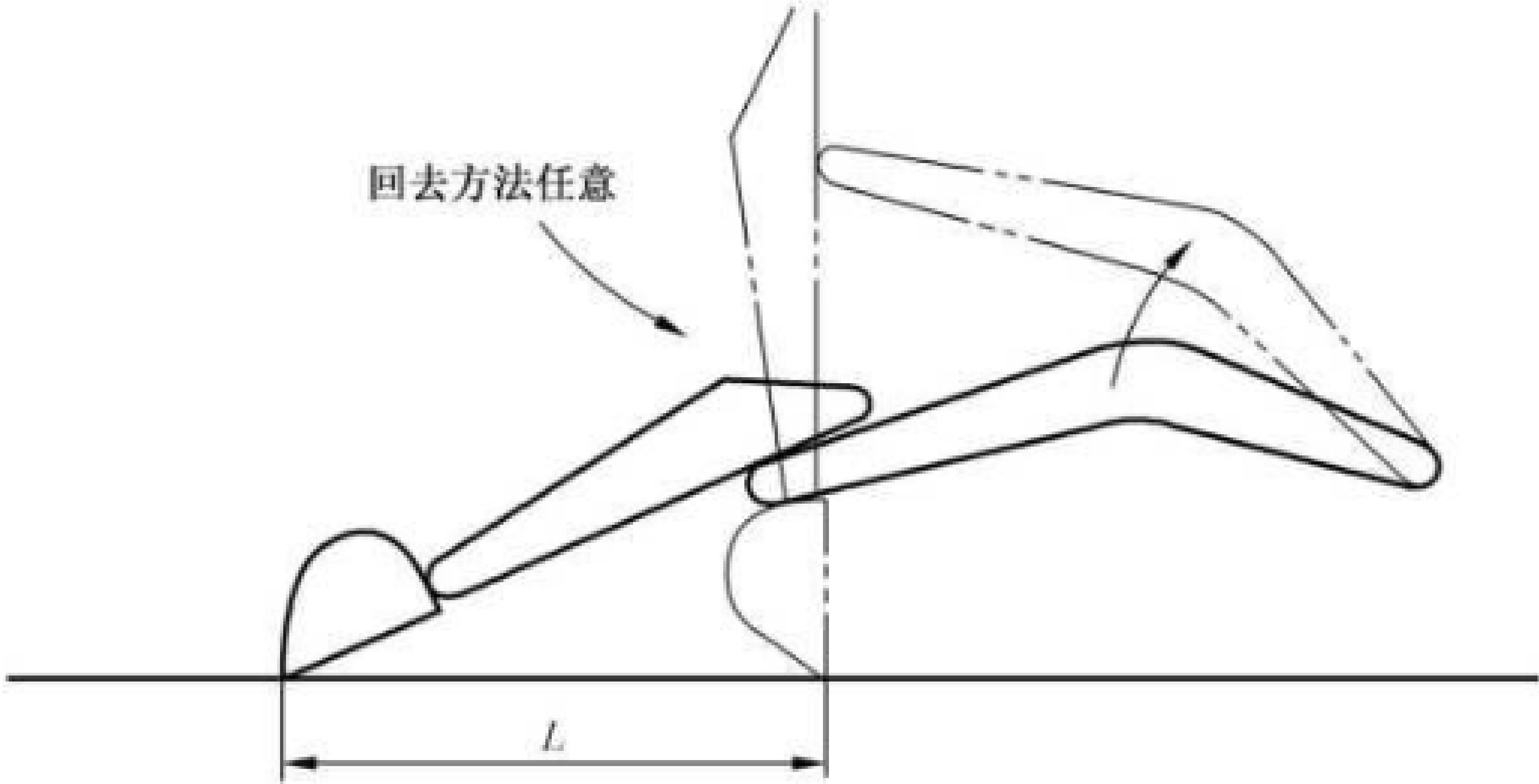
平地试验的一个循环动作模型如下(见图 3)。

- a) 开始动作状态:斗杆销轴、铲斗销轴及铲斗斗齿齿尖形成一条直线,工作装置最大限度向前伸。
- b) 水平收回:提升动臂的同时斗齿做平地动作,直至达到表 3 中规定的距离 L 。
- c) 回到开始动作状态:操作动臂和斗杆伸出,使动臂、斗杆回到开始动作状态。

在此期间仅操作动臂和斗杆,不进行铲斗、回转和行走操作;整机工作质量小于 15 000 kg,斗齿上下起伏幅度应在 200 mm 以内;整机工作质量大于或等于 15 000 kg,斗齿上下起伏幅度应在 300 mm 以内。

表 3 平地距离

工作质量 kg	试验机≤5 000	5 000<试验机≤15 000	15 000<试验机≤35 000	35 000<试验机≤50 000
平地距离 <i>L</i> m	1.0	2.0	3.0	4.0



标引序号说明：
L——平地距离。

图 3 平地作业试验示意图

6.4.2 试验次数及数据处理

试验次数及数据处理按照下列规定：

- a) 试验机器按照 6.4.1 的规定连续进行不少于 20 个循环操作做为 1 次平地作业试验,记录期间的平地循环次数、所需要的时间 t_2 及能量消耗量 E_s ;
- b) 进行 2 次平地作业试验,2 次试验的平地循环次数应相同,且 2 次试验的能量消耗量之差不大于 5% 为有效,否则应增加试验次数,直至 2 次试验的能量消耗量之差不大于 5%;
- c) 取 2 次有效数据的平均值作为试验结果,试验数据记录在表 A.3。测量时间和能量消耗量保留整数位,单位时间能量消耗量保留小数点后一位。

平地作业试验单位时间能量消耗量 E_2 按公式(3)进行计算。

$$E_2 = \frac{E_s / 1\,000}{t_2 / 3\,600}$$

.....(3)

式中：

E_2 ——平地作业单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)；

E_s ——单次平地试验能量消耗量,单位为瓦时(W·h)；

t_2 ——单次平地试验作业时间,单位为秒(s)。

6.5 行走试验

6.5.1 试验条件

行走试验按以下状态进行。

- a) 试验场地:坚固平直的土路面或混凝土路面。
- b) 整机姿态:工作装置位于整机正前方,斗杆和铲斗液压缸全伸,调整动臂使工作装置最低位置距离地面不大于 0.5 m。

- c) 行走挡位:低速挡。
- d) 行走速度:最高行走速度,且工作装置不进行其他操作。
- e) 行走距离:前进及后退(后退是指上部回转体在不回转的状态下后退);整机工作质量小于 15 000 kg,行走距离 15 m 以上;整机工作质量大于或等于 15 000 kg,行走距离 25 m 以上;不少于 5 m 的助跑距离。

6.5.2 试验次数及数据处理

试验次数及数据处理按照下列规定。

- a) 按照 6.5.1 的规定分别进行连续前进和后退动作,作为 1 次行走试验;记录行走距离、所需的时间 t_3 及能量消耗量 E_M 。
- b) 进行 2 次行走试验;2 次试验的能量消耗量之差不大于 5% 为有效,否则应增加试验次数,直至 2 次试验的能量消耗量之差不大于 5%。
- c) 取 2 次试验值的平均值作为试验结果,试验数据记录在表 A.4。测量时间和能量消耗量保留整数位,单位时间能量消耗量保留小数点后一位。

行走试验单位时间能量消耗量 E_3 按公式(4)进行计算。

$$E_3 = \frac{E_M / 1\,000}{t_3 / 3\,600} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_3 ——行走试验单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h);

E_M ——单次行走试验能量消耗量,单位为瓦时(W·h);

t_3 ——单次行走试验作业时间,单位为秒(s)。

6.6 待机试验

测量整机待机时的能量消耗量,待机试验期间不进行手柄和行走操作,整机保持原地启动状态;若整机具备自动怠速功能,则应启用该功能。测量时间在 600 s 以上。

记录期间的待机时间 t_4 及能量消耗量 E_1 ;试验数据记录在表 A.5。测量时间和能量消耗量保留整数位,单位时间能量消耗量保留小数点后一位。

待机试验单位时间能量消耗量 E_4 按公式(5)进行计算。

$$E_4 = \frac{E_1 / 1\,000}{t_4 / 3\,600} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_4 ——待机试验单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h);

E_1 ——单次待机试验能量消耗量,单位为瓦时(W·h);

t_4 ——单次待机试验作业时间,单位为秒(s)。

7 续航能力评估

电动挖掘机的综合工况单位时间能量消耗量应按挖掘装载动作 50%、平地动作 10%、行走 10%、待机 30% 占比进行评估;单位时间能量消耗量保留小数点后一位;电动挖掘机综合工况能量消耗量 E_0 按公式(6)进行计算。

$$E_0 = k_1 \cdot E_1 + k_2 \cdot E_2 + k_3 \cdot E_3 + k_4 \cdot E_4 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

E_0 ——综合工况单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h);

k_1 ——挖掘装载作业工况占比系数,取 0.5;

k_2 ——平地作业工况占比系数,取 0.1;

k_3 ——行走工况占比系数,取 0.1;

k_4 ——待机工况占比系数,取 0.3。

电动挖掘机的综合工况续航能力按公式(7)进行评估,续航时间保留小数点后一位:

$$BER = \frac{E_{AC}}{E_0} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

BER——电动挖掘机综合工况续航时间,单位为小时(h);

E_{AC} ——外部充入动力电池的电量,单位为千瓦时(kW·h)。

8 作业效率评估

电动挖掘机挖掘装载作业效率按公式(8)进行计算。

$$Q = \frac{m}{t_1/3\,600} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

Q ——挖掘装载作业效率,单位为千克每小时(kg/h);

m ——单次挖掘试验挖掘物料质量,单位为千克(kg);

t_1 ——单次挖掘试验作业时间,单位为秒(s)。

9 能量效率评价

9.1 挖掘装载作业能量效率

电动挖掘机挖掘装载作业能量效率按公式(9)进行计算。

$$\eta_1 = \frac{Q}{E_1} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

η_1 ——挖掘装载能量效率,单位为千克每千瓦时[kg/(kW·h)];

Q ——挖掘装载作业效率,单位为千克每小时(kg/h);

E_1 ——挖掘装载作业单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

9.2 平地作业能量效率

电动挖掘机平地作业能量效率按公式(10)进行计算。

$$\eta_2 = \frac{n \cdot L}{E_2} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

η_2 ——平地作业能量效率,单位为米每千瓦时[m/(kW·h)];

n ——单位时间平地次数,单位为次每小时(次/h);

L ——单次平地距离,单位为米每次(m/次);

E_2 ——平地作业单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

9.3 行走能量效率

电动挖掘机行走能量效率按公式(11)进行计算。

$$\eta_3 = \frac{V}{E_3}$$

.....(11)

式中：

- η_3 ——电动挖掘机行走能量效率,单位为千米每千瓦时[km/(kW·h)]；
- V ——电动挖掘机行走速度,单位为千米每小时(km/h)；
- E_3 ——电动挖掘机行走单位时间能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

9.4 待机能效

电动挖掘机待机能效按公式(12)进行计算。

$$\eta_4 = \frac{1}{E_4}$$

.....(12)

式中：

- η_4 ——电动挖掘机待机能量效率,单位为小时每千瓦时[h/(kW·h)]；
- E_4 ——电动挖掘机单位时间待机能量消耗量,单位为千瓦时每小时(kW·h/h)。

附录 A
(资料性)
试验记录表

电动挖掘机能量消耗量试验记录表见表 A.1～表 A.5。

表 A.1 电动挖掘机充电试验记录表

制造商:_____ 试验日期:_____ 试验场地:_____
 机器型号:_____ 制造编号:_____ 铲斗容量:_____m³
 整机工作质量:_____kg 主泵电机最高转速: _____r/min 动力电池额定容量:_____kW·h
 大气压力:_____kPa 环境温度:_____℃ 相对湿度:_____％

序号	充电时间 min	充电前 SOC ₁ ％	充电后 SOC ₂ ％	充入电量 E _{AC} kW·h	备注

表 A.2 电动挖掘机挖掘装载作业试验能量消耗量记录表

制造商:_____ 试验日期:_____ 试验场地:_____
 机器型号:_____ 制造编号:_____ 铲斗容量:_____m³
 整机工作质量:_____kg 主泵电机最高转速: _____r/min 动力电池额定容量:_____kW·h
 大气压力:_____kPa 环境温度:_____℃ 相对湿度:_____％

序号	挖掘深度 m	挖掘宽度 m	卸料高度 m	卸料距离 m	循环次数 斗	挖掘时间 s	挖掘装载物料质量 <i>m</i> kg	挖掘装载能量消耗量 <i>E_T</i> W·h	单位时间能量消耗量 <i>E_i</i> kW·h/h	挖掘装载作业效率 <i>Q</i> kg/h	挖掘装载作业能量效率 <i>η₁</i> kg/(kW·h)	备注
1												
2												
3												
4												
5												
平均												

表 A.3 电动挖掘机平地作业试验能量消耗量记录表

制造商:_____ 试验日期:_____ 试验场地:_____
 机器型号:_____ 制造编号:_____ 铲斗容量:_____m³
 整机工作质量:_____kg 主泵电机最高转速: _____r/min 动力电池额定容量:_____kW·h
 大气压力:_____kPa 环境温度:_____℃ 相对湿度:_____％

序号	作业时间 <i>t₂</i> s	循环次数	平地距离 <i>L</i> m	平地作业能量消耗量 <i>E_s</i> W·h	单位时间能量消耗量 <i>E₂</i> kW·h/h	平地作业能量效率 <i>η₂</i> m/(kW·h)	备注
1							
2							
3							
4							
5							
平均							

表 A.4 电动挖掘机行走试验能量消耗量记录表

制造商:_____试验日期:_____试验场地:_____
 机器型号:_____制造编号:_____铲斗容量:_____m³
 整机工作质量:_____kg 主泵电机最高转速: _____r/min 动力电池额定容量:_____kW·h
 大气压力:_____kPa 环境温度:_____℃ 相对湿度:_____％

序号		行走时间 s	行走距离 m	行走能量消耗量 E_M W·h	单位时间能量消耗量 E_3 kW·h/h	行走能量效率 η_3 km/(kW·h)	备注
1	前进						
	后退						
2	前进						
	后退						
3	前进						
	后退						
平均							

表 A.5 电动挖掘机待机试验能量消耗量记录表

制造商:_____试验日期:_____试验场地:_____
 机器型号:_____制造编号:_____铲斗容量:_____m³
 整机工作质量:_____kg 主泵电机最高转速: _____r/min 动力电池额定容量:_____kW·h
 大气压力:_____kPa 环境温度:_____℃ 相对湿度:_____％

序号	待机时间 t_4 s	待机转速 r/min	待机电能消耗量 E_1 W·h	单位时间能量消耗量 E_4 kW·h/h	待机能量效率 η_4 h/(kW·h)	备注
1						
2						
3						
4						
5						
平均						

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
土方机械 纯电动液压挖掘机能量
消耗量 试验方法
GB/T 44255—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

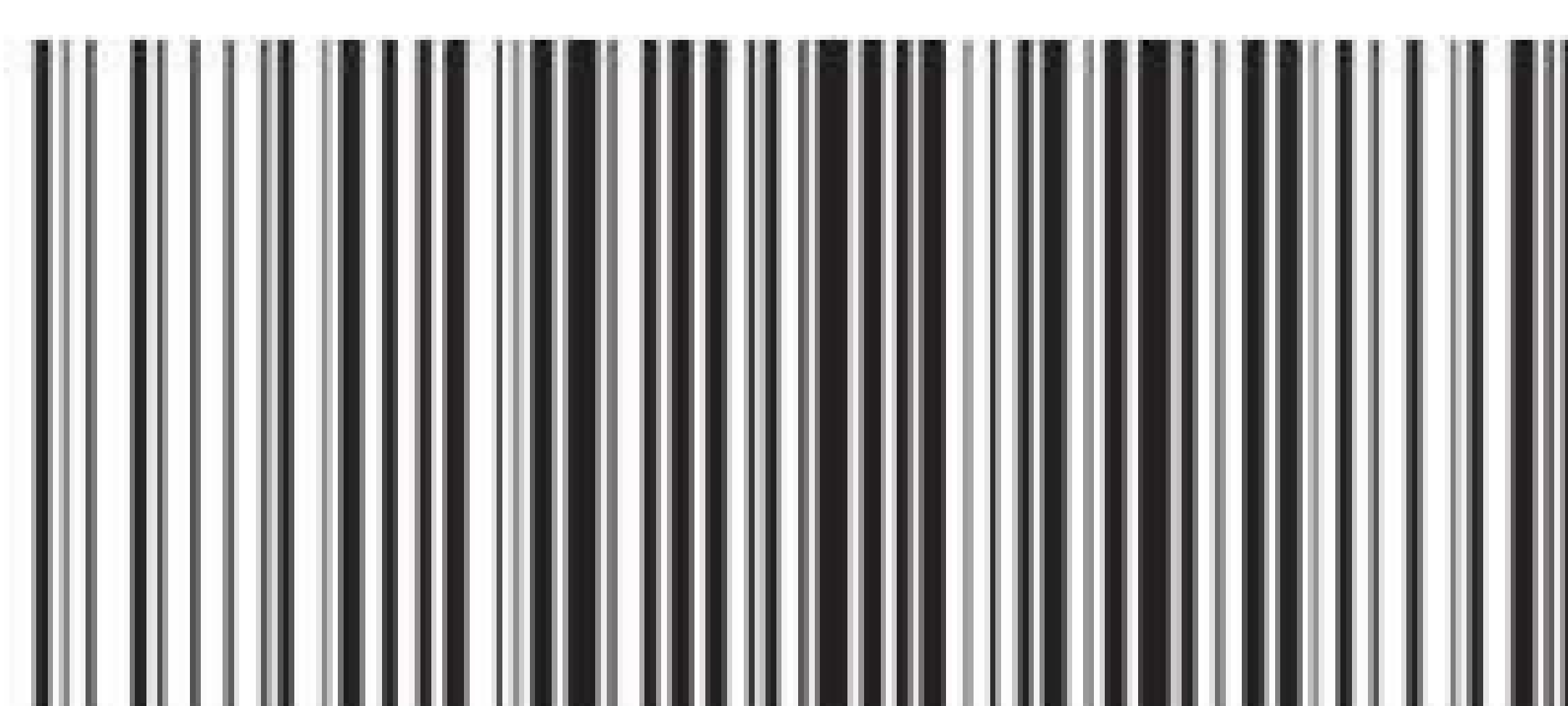
服务热线: 400-168-0010

2024年7月第一版

*

书号: 155066 · 1-77250

版权专有 侵权必究



GB/T 44255-2024

www.bzxz.net

免费标准下载网