

ICS

CCS

团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

工程机械 电静液直驱轮式装载机 能效测试与评价方法

Construction Machinery—Energy efficiency testing and evaluation
method for electro-hydrostatic direct-drive wheel loader
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目次

前言 IV

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

 4.1 试验环境 1

 4.2 试验场地 1

 4.3 作业物料 2

 4.4 热车 2

 4.5 空调和附属电器 2

 4.6 操作人员 2

 4.7 仪器精度要求 2

 4.8 测量参数和准确度 2

 4.9 试验机器 2

5 能量消耗量试验 2

 5.1 整机充电试验 3

 5.2 典型工况测试 3

 5.3 运输行走试验 4

 5.4 待机试验 4

 5.5 续航能力评估 4

6 能效评价 4

 6.1 能效计算 4

 6.2 作业效率评价 5

 6.3 单位时间能量消耗量 5

7 主观性评价 5

 7.1 评价项目 5

 7.2 评价规则 6

 7.3 评价方法 6

附 录 A （资料性附录） 电静液直驱轮式装载机技术参数表 8

附 录 B (资料性附录) 电静液直驱轮式装载机测试记录表 10

参考文献 12

图 1 V 型作业场地示意图 3

图 2 I 型作业场地示意 4

表 1 试验项目 2

表 2 评价项目 5

表 3 协同性七分制评价标准 6

中国机械工程学会标准征求意见稿

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程学会提出并归口。

本文件起草单位：广西柳工机械股份有限公司、江苏汇智高端工程机械创新中心有限公司、北京机械工业自动化研究所有限公司、北京交通大学、华侨大学、太原理工大学、浙江大学高端装备研究院、华中科技大学

本文件主要起草人：吴军、王素燕、武宗才、XXXXX、XXXXXX、XXXXX、XXXXX。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

工程机械 电静液直驱轮式装载机能效测试与评价方法

1 范围

本文件规定了电静液直驱轮式装载机的液压系统能效测试的试验条件，描述了能效试验方法及评价方法。

本文件适用于电静液直驱轮式装载机的液压系统能效测试与评价。

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 44254-2024 电动土方机械 术语
- 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
- GB/T 45052-2024 土方机械 纯电动轮胎式装载机 试验方法
- GB/T 45094-2024 土方机械 混合动力轮胎式装载机

3 术语和定义

GB/T 44254-2024 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 能量消耗量 Energy consumption

在规定工况下，单位时间内生产作业的能量消耗量。

4 试验条件

4.1 试验环境

试验环境应符合GB/T 44256-2024中4.1的要求。

- 环境温度：5℃~35℃；
- 相对湿度：小于95%；
- 风速：不大于5m/s。

4.2 试验场地

试验场地应平坦、硬实，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 作业物料

试验现场方便获取的散装物料，粒径10mm~40mm的砾石或碎石或砂子，密度1500 kg/m³~1800 kg/m³，物料堆积总量应满足试验要求。

4.4 热车

试验前整机应进行充分热车，液压油温不应低于 50℃，电池温度应达到电池制造商规定的电池加热关闭温度。（或按照 GB/T 44256-2024 中 4.4.2 的规定）

4.5 空调和附属电器

如安装有空调，在试验过程中应关闭空调。在试验过程中电池热管理系统应安装制造商规定状态。试验期间，应关闭照明、收音机、音响等附属电器。
（或按照 GB/T 44256-2024 中 4.4.3 的规定）

4.6 操作人员

熟练、稳定的装载机驾驶室员。多台装载机对比测试时，应保持驾驶员相同，操作方式相同。

4.7 仪器精度要求

试验用仪器在试验前应进行检查和校准，测量准确度应符合 GB/T 21153 的规定。

4.8 测量参数和准确度

测量参数和准确度应符合 GB/T 44256-2024 中 4.3 的要求。

4.9 试验机器

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 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%。

5 能量消耗量试验

能量消耗量的测量方法按照 GB/T 44256-2024 中第 5 章的方法进行。

表 1 试验项目

序号	测点	测点位置	序号	测点	备注
1	功能性	工作装置的动 作时间	提升时间	GB/T 35198 中 4.3.2 条款	
2			卸载时间	GB/T 35198 中 4.3.3 条款	
3			下降时间	GB/T 35198 中 4.3.4 条款	
4		电池系统	充电性能	GB/T 44256 中 6.2.2 条款	
5			放电性能	GB/T 44256 中 6.2.1 条款	

6	经济性	作业效率	V 型铲装作业	GB/T 35198 中 4.17 条款	
7			I 型铲装作业	GB/T 35198 中 4.17 条款	
8		电量消耗	装载动作	GB/T 44256 中 6.3.3 条款	
9			运输行走	GB/T 44256 中 6.3.4 条款	
10			待机	GB/T 44256 中 6.3.4 条款	

5.1 整机充电试验

充电试验按照 GB/T 44256-2024 中 6.2 的规定进行。

5.2 典型工况测试

每种典型测试工况试验次数不少于 3 次循环作业试验。

5.2.1 V 型铲装测试

V 型作业的整个过程可分成五步，如图 1 所示：

- a) 前进+铲斗下压：挂低档位，缓慢前进，同时操作铲斗液压缸使铲斗刃口下压，插入物料堆底部。保持发动机大油门，利用机器牵引力强制切入，避免轮胎打滑。
- b) 提升动臂+收斗配合：铲斗插入物料后，立即同步操作动臂油缸（提升动臂）和转斗油缸（收斗）。通过动臂提升增加铲装深度，收斗动作将物料卷入铲斗，实现快速装满。
- c) 倒车退出并转向：铲斗满载后，挂倒档后退，同时向两侧转向（通常转向卸料点方向），形成“V”型轨迹的折返路径。减少倒车距离，直接为下一循环调整方向。
- d) 卸料并复位：后退转向完成后，挂前进档驶向卡车或料堆，提升动臂至卸料高度，操作转斗油缸卸料。
- e) 复位准备：卸料后，降下动臂并放平铲斗，倒车回到起始位置，调整角度准备下一次作业。

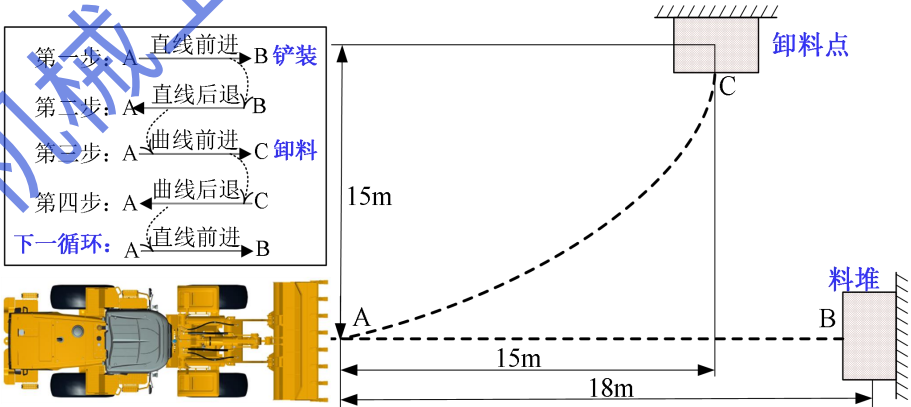


图 1 V 型作业场地示意图

5.2.2 I 型铲装测试

I 型作业的整个过程可分成五步，如图 2 所示：

- a) 前进+铲斗下压：挂低档位，缓慢前进，同时操作铲斗液压缸使铲斗刃口下压，插入物料堆

底部。保持发动机大油门，利用机器牵引力强制切入，避免轮胎打滑。

b) 提升动臂+收斗配合：铲斗插入物料后，立即同步操作动臂油缸（提升动臂）和转斗油缸（收斗）。通过动臂提升增加铲装深度，收斗动作将物料卷入铲斗，实现快速装满。

c) 直线后退：铲斗装满后，挂倒档沿直线路径后退，与物料堆保持安全距离（避免碰撞）。

注意：后退时铲斗保持微收状态，防止物料掉落。

d) 卸料：后退转向完成后，挂前进档驶向卡车或料堆，提升动臂至卸料高度，操作转斗油缸卸料。

e) 复位准备：卸料后，降下动臂并放平铲斗，倒车回到起始位置，准备下一次作业。

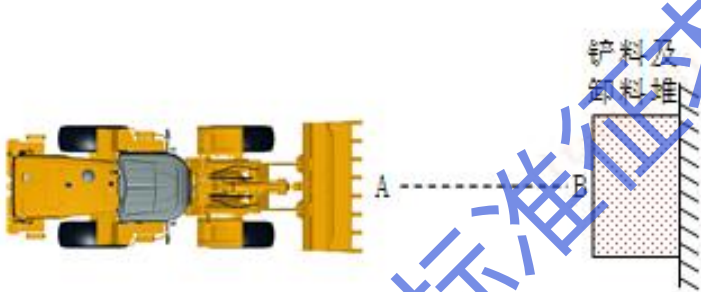


图 2 I 型作业场地示意

5.3 运输行走试验

电静液直驱轮式装载机运输行走试验按照 GB/T 44256-2024 中 6.3.4 的规定。

5.4 待机试验

按照 GB/T 44256-2024 中 6.3.5 的规定。

5.5 续航能力评估

满足 GB/T 44256-2024 的要求。按照 GB/T 44256-2024 中第 8 章的规定进行。

6 能效评价

6.1 能效计算

电静液直驱轮式装载机的能效按公式（1）进行计算。

$$\eta = \frac{Q}{E} \tag{1}$$

式中：

η ——整机作业能量效率，单位为千克每千瓦时[$kg/(kW \cdot h)$]；

Q ——整机作业效率，单位为千克每小时（ kg/h ）；
 E ——作业单位时间能量消耗量，单位为千瓦时每小时（ $KW \cdot h/h$ ）。

6.2 作业效率评价

作业效率按公式（2）进行计算

$$Q = \frac{m}{t/3600} \tag{2}$$

式中：
 Q ——单位时间作业效率，单位为千克每小时（ kg/h ）；
 m ——每个试验周期作业物料重量，单位为千克（ kg ）；
 t ——每个试验周期时间，单位为秒（ s ）。

6.3 单位时间能量消耗量

单位时间能量消耗量按公式（3）进行计算

$$E = \frac{E_T/1000}{t/3600} \tag{3}$$

式中：
 E ——单位时间能量消耗量，单位为千瓦时每小时（ $KW \cdot h/h$ ）；
 E_T ——每个试验周期能量消耗量，单位为瓦时（ $W \cdot h$ ）；
 t ——每个试验周期作业时间，单位为秒（ s ）。

7 主观性评价

操作手根据不同的作业要求操作电静液直驱轮式装载机，依据设定主观评价指标对整机操纵进行评价。

7.1 评价项目

主观性评价项目如表 2 所示。

表 2 评价项目

评价项目		评价内容
工作装置单动作	动臂、铲斗单动作	单动作速度快慢
		响应速度

操纵舒适性	手柄操纵舒适性	操纵力、行程、位置
	电门踏板舒适性	踏板力、行程、位置
	制动踏板舒适性	踏板力、行程、位置
	视野	直接或间接
	按键舒适性	常用按键（含手刹）
转向舒适性	方向盘操作舒适性	操纵力、角度、位置
	转向稳定性	平顺性、稳定性
	转向响应性	转向响应快慢
	转向准确性	转向指向的精准性、跟随性
作业舒适性	加速性能	加速能力的主观感受
	作业能力	铲斗/动臂崛起力、动臂提升力、牵引力等
	微动性	动臂或铲斗动作的微控性
	操纵精准性	工作装置液压系统匹配
	复合动作协调性	动臂和铲斗动作的协同性
		转向和动臂铲斗动作的协同性
		行走与液压系统匹配

7.2 评价规则

采用七分制评价方法，具体评价标准见表 3。

表 3 协同性七分制评价标准

分值	1	2	3	4	5	6	7
含义	不能接受			合格	较好	良好	优秀

7.3 评价方法

- a) 参与评价的人员应熟悉整机的性能、结构、操作条件及规范，严格按照表 2 顺序开展试验项目评价，每一评价项目操作三次以上后认真填写评价表 B.3。
- b) 优选最高转速下进行产品操作性主观评价，涉及行走评价时，快速、慢速档均应进行评价。
- c) 评价时需要两人及以上团队，对每一评价项目操作后充分讨论得出评价分数，若评价人员对某一性能结果存在异议，需再次评价确认至达到统一意见。
- d) 在七分制评价表中，当评分结果小于 4 时，表示样机既不能满足性能要求，操作机手负担

又过重，在 A.1 评价表备注中对评价结果予以详细说明；评分为 4，表示操作动作属于合格水平，既不是亮点也不是抱怨点，评价人员可根据结果详细说明；评分大于 4 时，表示操作性能佳且满足性能要求。

中国机械工程学会标准征求意见稿

附 录 A
(资料性附录)

电静液直驱轮式装载机技术参数表

A.1 试验样机主要技术参数表

样机型号：_____

制造商名称：_____

整机序列号：_____

工作装置种类：_____

项 目	参 数	单 位	数 值
动力系统	标称电压	V	
	电池额定容量	kW · h	
	最大充电电流	A	
	充电类型（直流/交流）	/	
	电机额定功率	kW	
	电机最高转速	r/min	
整机主要参数	工作质量	kg	
	额定载重量	kg	
	整机长度	mm	
	整机高度		
	整机宽度		
	卸载高度		
	轮距		
	轴距		
	转弯半径		
	轮胎气压	kPa	前轮：_____ 后轮：_____
	铲斗容量	m ³	
液压系统	工作系统压力	MPa	
	转向系统压力	MPa	
	额定流量	L/min	

	系统类型	/	
三项和	动臂提升时间（满载）	s	
	动臂下降时间	s	
	卸载时间	s	
	三项和	s	

中国机械工程师学会标准征求意见稿

附 录 B
(资料性附录)

电静液直驱轮式装载机测试记录表

B.1 充电试验记录表

样机型号：_____ 整机序列号：_____ 试验日期：_____

电池额定容量：_____ kW·h 电池 SOH：_____ % 铲斗容量：_____ m³

大气压力：_____ kPa 大气温度：_____ °C 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 W·h	备注
1					

B.2 作业试验能量消耗量记录表

样机型号：_____ 整机序列号：_____ 试验日期：_____ 整机工作质量：_____

试验人员：_____ 试验地点：_____ 铲斗容量：_____ 电池额定容量：_____

电机最高转速：_____ 环境温度：_____ 相对湿度：_____ 大气压力：_____

序号	作业时间 s	作业物料总质量 kg	能量消耗量 W·h	单位时间能量 消耗量 kW·h/h	作业效率 kg/h	作业能量效率 Kg/(kW·h)	备注
1							
2							
3							
4							
5							
平均							

B.3 评价打分表

样机型号：_____ 整机序列号_____ 电机型号：_____ 工况情况描述：_____

工作模式及转速：_____ 冷却水温度：_____ 液压油温度：_____

环境类型：_____ 评价地点：_____ 海拔高度：_____

评价日期：_____ 环境温度：_____ 评价人员：_____

评价项目		评价内容	评价分数	备注
工作装置 单动作	动臂、铲斗单动作	动臂速度快慢		
		铲斗速度快慢		
		动臂响应速度		
		铲斗响应速度		
操纵舒适性	手柄操纵舒适性	操纵力、行程、位置		
	电门踏板舒适性	踏板力、行程、位置		
	制动踏板舒适性	踏板力、行程、位置		
	视野	直接或间接		
	按键舒适性	常用按键（含手刹）		
转向舒适性	方向盘操作舒适性	操纵力、角度、位置		
	转向稳定性	平顺性、稳定性		
	转向响应性	转向响应快慢		
	转向准确性	转向指向的精准性、跟随性		
作业舒适性	加速性能	加速能力的主观感受		
	作业能力	铲斗/动臂崛起力、动臂提升力、牵引力等		
	微动性	动臂或铲斗动作的微控性		
	操纵精准性	工作装置液压系统匹配		
	复合动作协调性	动臂和铲斗动作的协同性		
		转向和动臂铲斗动作的协同性		
		行走与液压系统匹配		

参考文献

- [1] 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。
-

中国机械工程学学会标准征求意见稿