ICS 23.100
CCS J20

团　体　标　准

T/CMES 24015—2023

工程机械 能量回收系统节能性能测试方法 第4部分：叉车

Construction Machinery Testing Methods for Energy-saving Performance of Energy Recovery System

Part 4： Forklift

中国机械工程学会标准征求意见稿

XXXX-XX-XX 发布　　XXXX-XX-XX 实施

XXXX-XX-XX 发布　　中国机械工程学会 发布　　XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会标准征求意见稿

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《中国机械工程学会团体标准管理办法》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。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律法规或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不得以任何形式或手段复制、再版或使用本标准及其章节（包括电子版、影印件、发布在互联网及内部网络等）以及用于其他商业目的。

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

目　　次 II
前　　言 IV
1 范围 5
2 术语和定义 5
3 测试条件 6
3.1 正常工作条件 6
3.2 非正常工作条件 7
3.3 测试载荷 7
3.4 轮胎状态 7
3.5 储能装置填充量 7
3.6 测试时间 7
3.7 测量仪器准确度 7
4 测试方法 8
4.1 单一工况测试 8
4.2 循环工况测试 8
5 测试结果 10
5.1 机型参数记录 10
5.2 参数测量 10
5.3 耗油量测量 10
5.4 耗电量测量 10
5.5 单工况瞬时可回收功率计算 10
5.6 单工况瞬时回收功率计算 10
5.7 单工况可回收能量计算 10
5.8 单工况回收能量计算 10
5.9 回收效率及节能率计算 10
附　录　A （资料性） 表 A.1 叉车基本参数记录表 11
附　录　B （资料性） 表 A.2 叉车重力势能回收测试记录表 12
附　录　C （资料性） 表 A.3 叉车行走制动动能回收测试记录表 13

中国机械工程学会标准征求意见稿

附　录　D （资料性） 表 A.4 叉车循环工况能量回收测试记录表.....14

图 1　叉车的运行路线.....9

表 1　叉车循环运行参数.....9

中国机械工程学会标准征求意见稿

前　　言

本文件按照 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的规定起草。

本文件起草单位：华侨大学、机械工业信息研究院、北自（北京）检测科技发展有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、内蒙古北方重工业集团有限公司、福建华南重工机械制造有限公司、福建省威盛机械发展有限公司、厦门国重新能工程机械有限公司、宁波海天驱动有限公司、杭叉集团股份有限公司。

本文件起草人：林添良、席敏、任好玲、陈俊屹、张青松、龚文、叶月影、史丽微、佟海生、陈海斌、梁才麟、郭俊锋、万禹平、姚洪、萧自能、刘子皓、付新容。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对任何该类专利的鉴别。

本标准首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

工程机械 能量回收系统节能性能 测试方法

第 4 部分：叉车

中国机械工程学会标准征求意见稿

1 范围

本文件规定了叉车节能性测试的相关术语定义和测试方法。

本文件适用于带能量回收功能的叉车，其他工程机械也可参照使用。

2 术语和定义

T/CMES24012-2023《总则》、GB/T 10827.1-2014、JB/T 11988-2014 界定的和下列术语和定义适用于本文件；为了方便使用，以下重复列出了 GB/T 10827.1-2014 和 JB/T 11988-2014 的某些术语和定义。

2.1 操作者 operator

经过相应培训并取得资格，负责控制工业车辆运行及载荷搬运的专业人员。

注 1：根据车辆的类型，操作者可以乘驾、步驾（如舵柄控制，电缆控制）或遥控（如无线电遥控）车辆。

注 2：国家的法规可以适用。

2.2 正常操作位置 normal operation position

操作者能按照制造商的规定控制所有运行和载荷搬运功能的位置。

注：如果在一个位置上不能控制车辆的全部功能，那么制造商可规定附加位置。具有一个以上操作方向的旋转座椅或站驾式端部控制车辆也被视作具有一个操作位置。

2.3 起升高度 lift height

货叉水平段或升降平台的上表面至地面之间的垂直距离。

2.4 运行时起升高度 lift height for travelling

为运行提供足够离地间隙而提升的距离不大于 500 mm 的高度。

注：运行时的起升高度等同于稳定性测试中运行时的最大起升高度。

2.5 低起升高度 low lift height

最大起升高度不大于 500 mm，此时载荷质心与地面的垂直距离不超过 1100 mm。

2.6 标准载荷状态 standard laden condition

叉车装载有测试载荷，门架垂直，货叉水平段上表面距离地面 300 mm（额定起重量 Q≤10 000 kg 时）或 500 mm（额定起重量 Q＞10 000 kg 时）。

2.7 标准载荷运行状态 traveling condition with standard laden

在标准载荷状态下，在门架最大后倾的条件下运行。

2.8 实际起重量 actual capacity

由制造商根据零部件强度和车辆稳定性确定的，车辆在正常运行状态，特定的载荷中心距（如果需要亦可前伸）时能够搬运、起升和堆垛到特定高度的最大载荷（单位为千克）。

注：实际起重量取决于车辆的配置，它与所安装门架的类型和起升高度、实际的载荷中心距以及安装的属具有关。

该实际起重量规定了某一具体配置下的车辆的载荷搬运能力。通过适当的稳定性测试或经验数据的计算校验，可以确定车辆带有可拆卸式属具时的实际起重量值。

2.9 额定起重量 rated capacity

由制造商根据零部件强度和车辆稳定性确定的，车辆在标准载荷质心位置时能够搬运、起升并堆垛到标准起升高度的最大载荷（单位为千克）。

注 1：质心 G。

注 2：当门架的起升高度低于标准起升高度 H 时，仍按照标准起升高度确定额定起重量。

注 3：额定起重量用来比较不同制造商所生产车辆的额定能力，并为技术标准和统计提供依据。车辆的操作极限由实际起重量决定。

2.10 可拆卸属具的额定起重量 rated capacity of removable attachments

正常操作条件下，在属具制造商给定的载荷中心距，属具所能搬运（装卸）的最大载荷（单位为千克）。

2.11 平均循环 average cycle

叉车完成一次完整的重物叉装、转运、卸载、返回原地的循环，每次运行包括退行、前进、重物举升、重物下降等，该循环包括两次退行、两次前行和两次重物举升和下降操作正常操作条件下，在属具制造商给定的载荷中心距，属具所能搬运（装卸）的最大载荷（单位为千克）。

3 测试条件

T/CMES24012-2023《总则》规定的测试条件及下述条件适用于本文件。

3.1 正常工作条件

根据 GB/T 26949.1-2020 工业车辆稳定性验证第 1 部分：总则定义，正常工作条件如下：

3.1.1 除伸缩臂式和越野型车辆外的车辆符合下述工作条件：

a）货叉基本水平，在坚实、平整、水平和铺好的路面上进行堆垛作业；

b）载荷质心约在车辆纵向中心平面内时进行作业；

中国机械工程学会标准征求意见稿

c）门架或货叉后倾（如果可以），载荷处于较低（运行）位置，在坚实、平整、水平和铺好的路面上运行；对于前移式车辆，门架或货叉完全缩回；

d）载荷/操作者处于起升状态下运行或操作（车辆针对该工况进行了特殊的设计）。

3.1.2 伸缩臂式和越野型车辆符合下述工作条件：

a）臂架起升/伸出、货叉基本水平的组合状态下，在坚实、平整、水平和铺好的路面上进行堆垛作业；

b）载荷质心约在车辆纵向中心平面内时进行作业；

c）带门架的车辆在门架后倾不超过 10°、载荷质心后移不超过 600 mm 条件下操作起升状态下的载荷；

d）在货叉后倾时操作起升状态下的载荷；

e）越野车辆的门架或货叉后倾、载荷处于较低（运行）位置，在未经平整的地面或表层被破坏的场地上运行；如果可以，则任何前移/伸缩机构应完全缩回。

3.2 非正常工作条件

根据 GB/T 26949.1-2020 工业车辆稳定性验证第 1 部分：总则定义，非正常工作条件如下：

当工作条件与 4.1.1 或 4.1.2 中规定不相同时，车辆符合下述条件之一：

a）相关适用的标准所规定的不同特定条件（如在由动力装置侧移载荷或使用中载荷偏置条件下堆垛作业的车辆，或门架前倾条件下堆垛作业的车辆及搬运货运集装箱的车辆）；

b）车辆稳定性由有关方与制造商协商一致，但不应低于相应车辆正常工作条件下（4.1.1，4.1.2）测试规定的稳定性要求。

3.3 测试载荷

测试载荷应满足如下规定：

a）测试载荷为一个均质立方体，其质量等于叉车额定起重量 Q 的 0.7 倍，其误差为±1%，边长等于 2 倍载荷中心距。

b）为了保证测试载荷的边长等于 2 倍载荷中心距，允许将测试载荷制成四周为均质、中间为空心的立方体。

c) 对比样机的整车总质量应与搭载能量回收装置后的目标样机相同。

3.4 轮胎状态

a）无载状态下，充气轮胎气压应符合规定数值，充气气压误差不大于规定数值的±10%；

b） 实心轮胎应符合该车技术条件或有关技术条件的规定，同一车桥上各轮胎之间的硬度（邵尔 A）差不超过 ±5 度。

3.5 储能装置填充量

对比样机和目标样机的储能装置填充量应在 50%~90%之间，以满足能量回收要求。

3.6 测试时间

在同一测试项目中，对比样机和目标样机的单次测试完成时间差距应不大于 5%。

3.7 测量仪器准确度

T/CMES 24012—2023（总则）4.3 测量用仪器设备适用于本文件。

中国机械工程学会标准征求意见稿

4 测试方法

4.1 单一工况测试

4.1.1 重力势能回收系统性能测试

1）叉车由熟练的操作者驾驶。

2）将带有测试载荷的门架调整为垂直状态，将载荷起升至最大起升高度。

3）启动发动机（电动机）同时开始计时，以被测叉车最大下放速度的 100%下降至标准载荷状态要求的载荷离地高度。

4）重复相同的下降动作 3 次，记录每次下放速度、时间等参数，记录至表 A.3。

5）将下放速度改为最大下放速度的 75%、50%、25%，分别重复以上实验。

4.1.2 行走制动动能回收系统性能测试

1）叉车由熟练的操作者驾驶操作。

2）保持带有测试载荷的门架为后倾状态，且处于标准的载荷离地高度。

3）启动发动机（电动机）同时开始计时，启动叉车行走系统，当行走速度达到最大速度的 100%时，停止加速，处于最大的行走制动能量回收状态。

4）重复相同的行走制动 3 次，记录每次制动的参数，记录表至表 A.4。

5）将行走速度改为最大行走速度的 75%、50%、25%，分别重复以上实验。

4.2 循环工况测试

4.2.1 运行路线

测试中，叉车的运行路线如图 1 所示；叉车的转弯半径 R=r+L1，其中 r 为被测叉车最小转弯半径的设计值，叉车在 A 处和 B 处的起升高度 h=2 000 mm，叉车的循环次数 n、运行距离 L0 和 L1 的取值见表 1。

中国机械工程学会标准征求意见稿

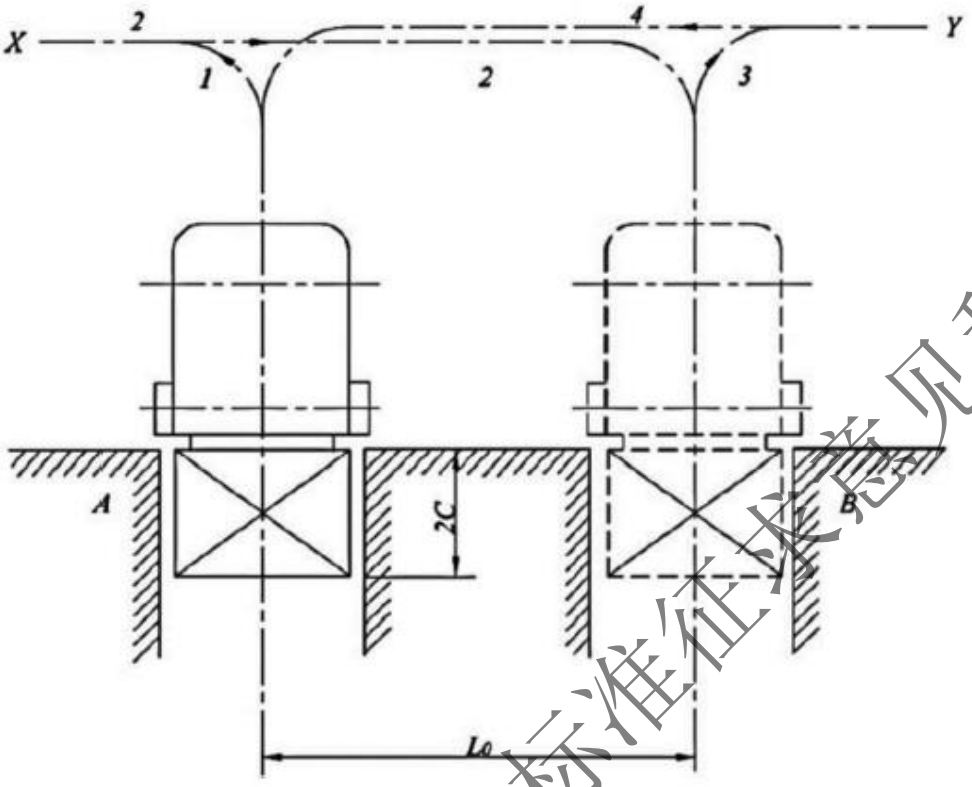

图1 叉车的运行路线

表1 叉车循环运行参数

额定起重量 Q/kg	循环次数 n	运行距离 L_0/m	L_1/mm
Q≤10 000	50	30	500
10 000<Q<25 000	30	40	1 000
Q≥25 000	20	50	1 000

4.2.2 运行路线

测试中叉车循环运行顺序如下：

a）叉车在 A 处装载测试载荷，以标准载荷运行状态沿路径 1 退行并转至 X 处；

b）由 X 处沿路径 2 前行并转至 B 处；

c）在 B 处门架由后倾返回至垂直状态，起升 2 000 mm 再下降至标准载荷状态要求的载荷离地高度，门架后倾，呈标准载荷运行状态；

d）由 B 处沿路径 3 退行并转至 Y 处；

e）由 Y 处沿路径 4 前行并转至 A 处；

f）在 A 处门架由后倾返回至垂直状态，起升 2 000 mm 再下降至标准载荷状态要求的载荷离地高度，门架后倾，呈标准载荷运行状态；

a）～f）为一次循环，其转弯半径应适应测试叉车的转向要求及表 1 中规定的要求、并不间断

中国机械工程学会标准征求意见稿

地进行操作和运行，直至满足在 60 min±3 min 内完成上述表 1 内循环次数的测试要求，记为一个周期。

5 测试结果

5.1 机型参数记录

从产品说明书获取对比样机和目标样机的基本参数，分别计入表 A.1-1 和表 A.1-2 中。

5.2 参数测量

按照 T/CMES 24012—2023（总则）5.1 测点位置说明的规定测量对应的参数，并计入对应的测试表格中。

5.3 耗油量测量

根据 T/CMES 24012—2023（总则）5.2 耗油量规定的测量方法施行。

5.4 耗电量测量

据 T/CMES 24012—2023（总则）5.3 耗电量规定的测量方法施行。

5.5 单工况瞬时可回收功率计算

根据 T/CMES 24012—2023（总则）6 瞬时可回收功率计算。

5.6 单工况瞬时回收功率计算

根据 T/CMES 24012—2023（总则）7 瞬时回收功率计算。

5.7 单工况可回收能量计算

根据 T/CMES 24012—2023（总则）8 可回收能量计算。

5.8 单工况回收能量计算

根据 T/CMES 24012—2023（总则）9 回收能量计算。

5.9 回收效率及节能率计算

根据 T/CMES 24012—2023（总则）10 回收效率及节能率计算。

中国机械工程学会标准征求意见稿

附　录　A
（资料性）

表 A.1 叉车基本参数记录表

表 A.1-1 目标样机基本参数记录表

<table>
<tr><td colspan="2">制造商名称</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">叉车型号</td><td colspan="2"></td><td>产品序列号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">行走制动能量回收方式</td><td colspan="4">☐ 液压式　　☐ 机械式　　☐ 电气式</td></tr>
<tr><td colspan="2">重力势能能量回收方式</td><td colspan="4">☐ 液压式　　☐ 机械式　　☐ 电气式</td></tr>
<tr><td colspan="2">整车重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">测试载荷（kg）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最大起升高度（mm）</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">载荷体积（m^3）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">起始起升高度（mm）</td><td colspan="2"></td><td rowspan="3">发动机/电动机</td><td>制造商</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最高行驶速度（km/h）</td><td colspan="2"></td><td>型号</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">货叉</td><td>额定起升重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td>额定功率（kW）</td><td></td></tr>
<tr><td>实际起升重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td>额定转速（r/min）</td><td></td></tr>
</table>

表 A.1-2 对比样机基本参数记录表

<table>
<tr><td colspan="2">制造商名称</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">叉车型号</td><td colspan="2"></td><td>产品序列号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">整车重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">测试载荷（kg）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最大起升高度（mm）</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">载荷体积（m^3）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">起始起升高度（mm）</td><td colspan="2"></td><td rowspan="3">发动机/电动机</td><td>制造商</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最高行驶速度（km/h）</td><td colspan="2"></td><td>型号</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">货叉</td><td>额定起升重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td>额定功率（kW）</td><td></td></tr>
<tr><td>实际起升重量（kg）</td><td colspan="2"></td><td>额定转速（r/min）</td><td></td></tr>
</table>

中国机械工程学会标准征求意见稿

附　录　B
（资料性）

表 A.2 叉车重力势能回收测试记录表

被测试机器型号：_____ 测试时间：_____年_____月____日

产品序列号：_____测试地点：_____

测试人员：_____记录：_____校对：_____

制造商名称					
测试速度	□100%最大下放速度　□75%最大下放速度 □50%最大下放速度　□25%最大下放速度				
载荷重量（kg）		载荷体积（m^3）			
参数记录	单位	第一次	第二次	第三次	平均
负载下放高度	m				
重力加速度	m/s^2				
货叉、负载质量之和	kg				
单次下降时间	s				
可回收能量	J				
回收能量	J				
能量回收率	（%）				
可回收功率峰值	W				
回收功率峰值	W				
回收效率峰值	（%）				

中国机械工程学会标准征求意见稿

附　录　C
（资料性）

表 A.3 叉车行走制动动能回收测试记录表

被测试机器型号：_____ 测试时间：_____年_____月____日

产品序列号：_____测试地点：_____

测试人员：_____记录：_____校对：_____

制造商名称					
测试速度	□100%最大下放速度　□75%最大下放速度 □50%最大下放速度　□25%最大下放速度				
载荷重量（kg）		载荷体积（m^3）			
参数记录	单位	第一次	第二次	第三次	平均
制动开始时行驶速度	m/s				
制动停止时行驶速度	m/s				
可回收能量	J				
回收能量	J				
能量回收率	（%）				
单次测试时间	s				
可回收功率峰值	W				
回收功率峰值	W				
回收效率峰值	（%）				

中国机械工程学会标准征求意见稿

附　录　D
（资料性）

表 A.4 叉车循环工况能量回收测试记录表

被测试机器型号：_____ 测试时间：_____年_____月____日

产品序列号：_____ 测试地点：_____ 单周期循环次数：_____

测试人员：_____ 记录：_____ 校对：_____

制造商名称					测试项目				
起升重量(kg)					起升高度(m)				
参数记录		单位	目标样机				对比样机			
			周期一	周期二	周期三	平均	周期一	周期二	周期三	平均
燃油称重法、副油箱测量法	测试前容器燃油质量	g								
	测试后容器燃油质量	g								
	测试燃油消耗	g								
流量计法	燃油消耗体积	mL								
	燃油密度	g/mL								
	燃油消耗质量	g								
耗电量	测试起始荷电状态	（%）								
	测试结束荷电状态	（%）								
	测试消耗总电量	kW·h								
测试时间		s								
消耗能量		J								
综合节能率		（%）					/	/	/	/

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

参考文献

[1] GB EEEE XXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX。

[2] GB FFFF—2014 XXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX。

中国机械工程学会标准征求意见稿

ICS 号

中国标准文献分类号

关键词：