

团 体 标 准

T/CMES 24013—2023

工程机械 能量回收系统节能性能 测试方法 第 2 部分： 液压挖掘机

Construction Machinery Testing methods for energy-saving
performance of energy recovery system Part 2:
Excavator

2023-07-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

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。

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 |
| 引 言..... | V |
| 1 范围 1..... | |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 试验项目..... | 1 |
| 4.1 动臂势能回收系统性能试验..... | 1 |
| 4.2 回转制动动能回收系统性能试验..... | 1 |
| 4.3 循环作业动作试验..... | 1 |
| 5 试验条件..... | 1 |
| 5.1 试验环境..... | 1 |
| 5.2 试验场地..... | 2 |
| 5.3 试验机器..... | 2 |
| 6 试验方法..... | 3 |
| 6.1 试验前准备..... | 3 |
| 6.2 试验测点位置..... | 4 |
| 6.3 耗油量的测量方法..... | 4 |
| 6.4 耗电量的测试方法..... | 4 |
| 6.5 可回收能量的测试方法..... | 5 |
| 6.6 循环作业动作试验..... | 5 |
| 6.7 单一工况作业试验..... | 6 |
| 7 瞬时可回收功率计算..... | 7 |
| 8 可回收能量计算..... | 7 |
| 9 回收能量计算..... | 7 |
| 10 回收效率及节能率..... | 7 |
| 附 录 A（资料性附录）..... | 8 |
| 试验记录表..... | 8 |

| | |
|--------------------------------|---|
| 附录 B 表 A.1-1 目标机器基本参数记录表 | 8 |
| 图 1 液压挖掘机循环作业动作试验布置 | 3 |
| 图 2 液压挖掘机循环作业动作 | 6 |
| 表 1 液压挖掘机额定斗容量分级 | 2 |
| 表 2 挖掘深度 | 3 |
| 表 3 装载高度 | 4 |
| 表 4 整车姿态及载荷 | 6 |

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。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：华侨大学、北自（北京）检测科技发展有限公司、浙江大学、哈尔滨工业大学、太原理工大学、中国矿业大学、上海理工大学、吉林大学、长安大学、徐州徐工基础工程机械有限公司、山河智能装备股份有限公司、中联重科股份有限公司。

本文件主要起草人：林添良、陈其怀、葛磊、沈伟、林元正、张青松、王峰、孙辉、张大庆、袁野、姜继海、刘昕辉、赵继云、叶敏、李栋、孙忠永、石家榕、赵恒、王滔、丁海港。

本文件为首次发布。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引 言

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX,
XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX,
XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

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

工程机械 能量回收系统节能性能 测试方法

第 2 部分 液压挖掘机

1 范围

本文件规定了挖掘机能量回收系统节能性能测试的术语和定义、试验项目、试验条件，规定了其试验条件、试验方法、瞬时可回收功率、可回收能量、回收能量、回收效率及节能率的计算。

本文件适用于具有能量回收功能的液压挖掘机。

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。

T/CMES 24012—2023 工程机械 能量回收系统节能性能 测试方法 第 1 部分

3 术语和定义

T/CMES 24012—2023（总则）界定的术语和定义适用于本文件。

4 试验项目

4.1 动臂势能回收系统性能试验

液压挖掘机装备标准的铲斗并配备动臂能量回收装置，测量其在进行动臂油缸缩回动作时的机械臂下放势能和回收能量。

4.2 回转制动动能回收系统性能试验

液压挖掘机装备标准的铲斗并配备回转能量回收装置，在动臂、斗杆和铲斗处于不同的位置和角度下，进行回转制动的模拟动作，测量制动动能和回收能量。

4.3 循环作业动作试验

液压挖掘机装备标准的铲斗，进行规定循环作业的模拟动作，测量设备按规定循环作业动作的综合节能率。

5 试验条件

5.1 试验环境

试验环境应按照 T/CMES 24012—2023 标准 4.1 执行

5.2 试验场地

见 T/CMES 24012—2023（总则）4.2 试验场地。

5.3 试验机器

5.3.1 试验机器状态

根据 T/CMES 24012—2023（总则）4.4 试验机器状态。同时，目标机器和对比机器结构参数偏差不得超过±5%。从司机手册获取试验机器基本参数，记入表 A.1

5.3.2 试验机器的分级

按照 GB/T 36695-2018 的规定，试验机器根据制造商规定的标准铲斗的斗容量进行分级，见表 1。

表1 液压挖掘机标准斗容量分级

单位为立方米

| 级别 V_s | 标准铲斗的额定斗容量 V |
|----------|------------------------|
| 0.01 | $V \leq 0.02$ |
| 0.022 | $0.02 \leq V < 0.03$ |
| 0.044 | $0.03 \leq V < 0.055$ |
| 0.066 | $0.055 \leq V < 0.07$ |
| 0.08 | $0.07 \leq V < 0.085$ |
| 0.09 | $0.085 \leq V < 0.105$ |
| 0.11 | $0.105 \leq V < 0.13$ |
| 0.14 | $0.13 \leq V < 0.15$ |
| 0.16 | $0.15 \leq V < 0.20$ |
| 0.22 | $0.20 \leq V < 0.25$ |
| 0.28 | $0.25 \leq V < 0.36$ |
| 0.45 | $0.36 \leq V < 0.47$ |
| 0.5 | $0.47 \leq V < 0.55$ |
| 0.6 | $0.55 \leq V < 0.7$ |
| 0.8 | $0.7 \leq V < 0.9$ |
| 1.0 | $0.9 \leq V < 1.05$ |
| 1.1 | $1.05 \leq V < 1.3$ |
| 1.4 | $1.3 \leq V < 1.7$ |

| | |
|-----|--------------------|
| 1.9 | $1.7 \leq V < 2.4$ |
|-----|--------------------|

5.3.3 原动机转速

将试验机器原动机的无负荷最低转速和无负荷最高转速调节到规定值的范围内。

5.3.4 储能装置填充量

试验机器的储能装置填充量应达到储能装置最大可存储能量的 1/2 以上，2/3 以下。

5.3.5 热车

根据 CMES 24012—2023（总则）4.5 热车。

6 试验方法

6.1 试验前准备

6.1.1 试验条件

液压挖掘机循环作业动作试验中使用制造商规定的标配铲斗，油门应调节至最大值，操作工作装置手柄应快捷流畅。。

6.1.2 试验机器的布置、挖掘深度和装载高度

液压挖掘机循环作业动作试验时机器的布置如图 1 所示。挖掘深度见表 2，设定的装载高度见表 3。

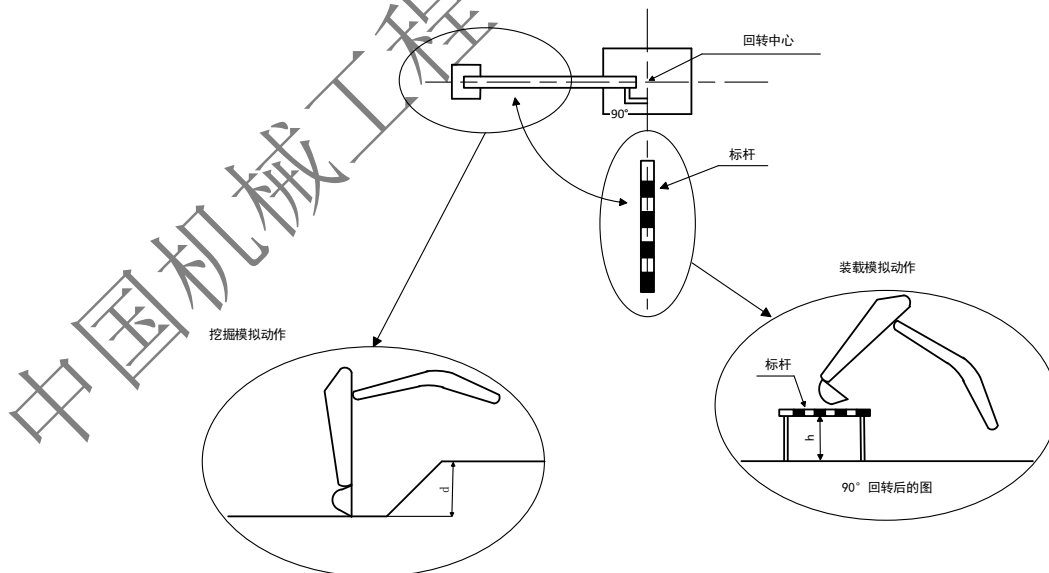


图1 液压挖掘机循环作业动作试验布置

表2 挖掘深度

单位为米

| 级别 V_s | 深度 d | 级别 V_s | 深度 d |
|----------|--------|----------|--------|
| 0.01 | 0 | 0.28 | 1.0 |
| 0.022 | 0 | 0.45 | 1.0 |
| 0.044 | 0 | 0.5 | 2.0 |
| 0.066 | 0 | 0.6 | 2.0 |
| 0.08 | 0 | 0.8 | 2.0 |
| 0.09 | 0 | 1.0 | 2.0 |
| 0.11 | 0 | 1.1 | 2.0 |
| 0.14 | 1.0 | 1.4 | 2.0 |
| 0.16 | 1.0 | 1.9 | 2.0 |
| 0.22 | 1.0 | - | - |

表3 装载高度

单位为米

| 级别 V_s | 高度 h | 级别 V_s | 高度 h |
|----------|--------|----------|--------|
| 0.01 | 0.5 | 0.28 | 2.0 |
| 0.022 | 0.5 | 0.45 | 2.0 |
| 0.044 | 0.5 | 0.5 | 2.5 |
| 0.066 | 0.5 | 0.6 | 2.5 |
| 0.08 | 1.5 | 0.8 | 2.5 |
| 0.09 | 1.5 | 1.0 | 2.5 |
| 0.11 | 1.5 | 1.1 | 2.5 |
| 0.14 | 1.5 | 1.4 | 2.5 |
| 0.16 | 1.5 | 1.9 | 2.5 |
| 0.22 | 1.5 | - | - |

6.2 试验测点位置

见 T/CMES 24012—2023（总则）5.1 测点位置说明。

6.3 耗油量的测量方法

见 T/CMES 24012—2023（总则）5.2 耗油量的测量方法。

6.4 耗电量的测试方法

见 T/CMES 24012—2023（总则）5.3 耗电量的测试方法。

6.5 可回收能量的测试方法

见 T/CMES 24012—2023（总则）5.3 可回收能量的测试方法。

6.5.1 重力势能可回收能量测试方法

根据 T/CMES 24012—2023（总则）8 可回收能量计算。

6.5.2 回转制动动能可回收能量测试方法

根据 T/CMES 24012—2023（总则）8 可回收能量计算。

6.6 循环作业动作试验

6.6.1 循环作业动作

根据 GB/T 36695-2018 规定，挖掘装载一个循环模拟动作模型如下(见图 2)：

- a) 开始动作状态：斗杆销轴、铲斗销轴及铲斗斗齿尖形成一条直线，工作装置最大限度向前伸，小于 0.28 级的斗齿离地高度为 200 mm 以内，0.28 级及以上的斗齿离地高度为 300 mm 以内；
- b) 水平回收：动臂提升，铲斗斗齿不接触地面的情况下收斗杆直到斗杆成垂直状。在此期间仅操作动臂和斗杆，小于 0.28 级的斗齿离地高度为 200mm 以内，0.28 级及以上的斗齿离地高度为 300mm 以内；
- c) 铲斗挖掘：进行铲斗挖掘操作直到铲斗开口部成水平状；
- d) 回转动臂提升：仅做回转和动臂提升动作，铲斗到达标杆正上方位置停止。此时铲斗的离地高度应达到图 2 中 e)所示做铲斗卸载动作但不触碰标杆的高度；
- e) 铲斗卸载：在标杆上方，进行铲斗卸载操作直到斗齿齿尖与斗杆销轴及铲斗销轴形成一条直线。在卸载过程中，操作斗杆以避免铲斗接触标杆。回转停止后，开始进行卸载动作；
- f) 恢复开始动作状态：回转，将动臂及斗杆恢复到开始时的动作状态。

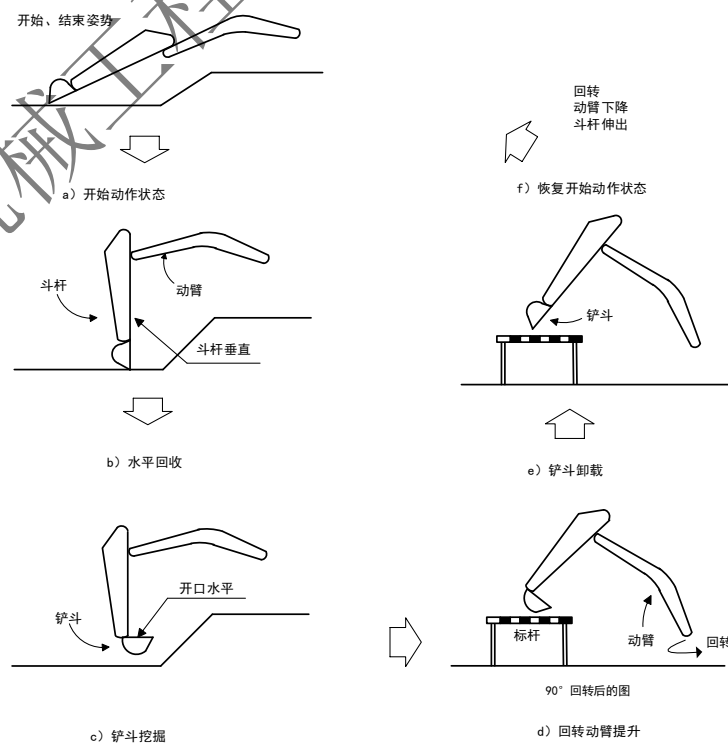


图2 液压挖掘机循环作业动作

6.6.2 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) 机器按照 6.6.1 的流程连续进行 20 个循环操作作为 1 次试验，至少进行 10 次试验，测量期间的各动作过程的时间及相应信号；
- b) 各循环的测量时间、行程距离不偏离其平均时间的 5%为有效数据，取 5 次试验的有效数据；
- c) 去除试验循环时间最长的和最短的试验数据，其余 3 次试验值的平均值作为试验结果。试验数据记入表 A.2。

6.7 单一工况作业试验

6.7.1 动臂势能回收系统性能试验

- 1) 液压挖掘机由制造商选派熟练的操作者驾驶操作。
- 2) 作业场地为水平平地，将液压挖掘机动臂油缸完全伸出、斗杆油缸完全缩回、铲斗油缸完全缩回。
- 3) 启动原动机同时开始计时，以液压挖掘机动臂最大下放速度的 100%进行下放实验，动臂油缸下放至铲斗斗齿尖接触水平地面后停止。
- 4) 恢复动臂、斗杆、铲斗油缸至初始位置，重复以上动作 3 次。记录相关数据至表 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。

6.7.2 回转制动动能回收系统性能试验


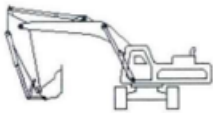
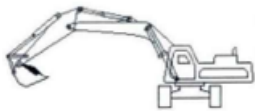
- 1) 液压挖掘机由制造商选派熟练的操作者驾驶操作。
- 2) 液压挖掘机装载试验土壤密度 1350~1650 kg/m³。
- 3) 回转制动试验按以下状态进行：
 - 回转起始速度：分别以最大回转速度、75%回转速度及 50%回转速度、25%回转速度；
 - 回转制动时间：手柄直接回中位至整车停止回转。

6.7.3 试验次数及数据处理

试验次数及数据处理按照下列规定：

- 1) 机器按照 6.7.1 的试验条件连续进行制动过程动作，按照表 3 三种姿态及载荷，分别进行 3 次；
- 2) 9 次测试相关数据记入表 A.4。

表4 整车姿态及载荷

| 类型 | 情况一 | 情况二 | 情况三 |
|----|---|---|---|
| 图示 |  |  |  |

| | | | |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 铲斗 载荷 | 空斗 | 空斗 | 满斗 |
| 机构 姿态 | 全收 | 动臂下放+斗杆收回 | 动臂下放+斗杆展开 |
| 油缸 行程 | 动臂油缸 100%伸出+斗杆油缸 100%伸出+铲斗油缸 100%伸出 | 动臂油缸 50%伸出+斗杆油缸 50%伸出+铲斗油缸 100%伸出 | 动臂油缸 50%伸出+斗杆油缸 30%伸出+铲斗油缸 50%伸出 |

7 瞬时回收功率计算

见 T/CMES 24012—2023（总则）6 瞬时回收功率计算。

8 可回收能量计算

见 T/CMES 24012—2023（总则）8 可回收能量计算。

9 回收能量计算

见 T/CMES 24012—2023（总则）9 回收能量计算。

10 回收效率及节能率

见 T/CMES 24012—2023（总则）10 回收效率及节能率计算。

附录 A
 (资料性附录)
 试验记录表

附录 B表 A.1-1 目标机器基本参数记录表

| | | | | | |
|-------------|---------|------------------------------|---------|---|--|
| 制造商名称 | | | | | |
| 液压挖掘机型号 | | 产品序列号 | | | |
| 动臂势能回收回收方式 | | <input type="checkbox"/> 液压式 | | <input type="checkbox"/> 电气式 <input type="checkbox"/> 机械式 | |
| 回转制动动能回收方式 | | <input type="checkbox"/> 液压式 | | <input type="checkbox"/> 电气式 <input type="checkbox"/> 机械式 | |
| 整机工作质量 (kg) | | 发动机/电动机 | | 制造商 | |
| | | | | 型号 | |
| 试验用斗容量 | 斗容量 (L) | | | 额定功率 (kW) | |
| | | | | 额定转速 (r/min) | |
| 动臂油缸行程 | 长度 (mm) | 斗杆油缸行程 | 长度 (mm) | | |
| 铲斗油缸行程 | 长度 (mm) | / | / | / | |

表 A. 1-2 对比机器基本参数记录表

| | | | | | |
|----------------|---------|-------------|--------|--------------|---|
| 制造商名称 | | | | | |
| 液压挖掘机型号 | | 产品序列号 | | | |
| 整机工作质量 (kg) | | 发动机/ 电动机 | | 制造商 | |
| 转台回转速度 (r/min) | | | | 型号 | |
| 试验用斗容量 | 斗容量 (L) | | | 额定功率 (kW) | |
| | | | | 额定转速 (r/min) | |
| 动臂油缸行程 | 长度 (mm) | | 斗杆油缸行程 | 长度 (mm) | |
| 铲斗油缸行程 | 长度 (mm) | | / | / | / |

中国机械工程学会标准征求意见稿

表 A.2 液压挖掘机循环作业能耗试验记录表

被测试机器型号: _____ 试验时间: _____年____月____日
 产品序列号: _____ 试验地点: _____
 试验人员: _____ 记录: _____ 校对: _____

| 试验项目 | | | 试验井内径 | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|------|-------|-----|-----|----|------|-----|-----|----|
| 参数记录 | | 单位 | 目标机器 | | | | 对比机器 | | | |
| | | | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 |
| 流量 计法 | 进油体积 | mL | | | | | | | | |
| | 回油体积 | mL | | | | | | | | |
| | 消耗燃油体积 | mL | | | | | | | | |
| | 燃油密度 | g/mL | | | | | | | | |
| | 试验燃油消耗 | g | | | | | | | | |
| 燃油 称重 法、 副油 箱测 量法 | 试验前质量 | g | | | | | | | | |
| | 试验后质量 | g | | | | | | | | |
| | 试验燃油消耗 | g | | | | | | | | |
| 耗电 量 | 试验起始 电容量 | % | | | | | | | | |
| | 试验结束 电容量 | % | | | | | | | | |
| | 储能单元 总电量 | kW·h | | | | | | | | |
| 消耗的能量 F_c | | J | | | | | | | | |
| 单次试验时间 | | s | | | | | | | | |
| 单次试验动臂下放高度 | | mm | | | | | | | | |
| 综合节能率 | | % | | | | | / | / | / | / |

表 A.2 液压挖掘机动臂势能回收试验记录表

被测试机器型号：_____ 试验时间：_____年_____月
日

产品序列号：_____ 试验地点：_____

试验人员：_____ 记录：_____ 校对：_____

| | | | | | |
|--------|---|-----|-----|-----|----|
| 制造商名称 | | | | | |
| 试验速度 | <input type="checkbox"/> 100%最大下放速度 <input type="checkbox"/> 75%最大下放速度 <input type="checkbox"/> 50%最大下放速度 <input type="checkbox"/> 25%最大下放速度 | | | | |
| 型号规格 | | | | | |
| 参数记录 | 单位 | 第一次 | 到二次 | 第三次 | 平均 |
| 可回收势能 | J | | | | |
| 回收能量 | 液压式回收的能量 | J | | | |
| | 电气式回收的能量 | J | | | |
| | 机械式回收的能量 | J | | | |
| 单次试验时间 | s | | | | |
| 能量回收率 | % | | | | |

中国机械工程学会标准征求意见稿

表 A. 4 液压挖掘机回转制动动能回收试验记录表

被测试机器型号：_____ 试验时间：_____年_____月_____日
 产品序列号：_____ 试验地点：_____
 试验人员：_____ 记录：_____ 校对：_____

| | | | | | |
|---------|---|-----|-----|-----|----|
| 制造商名称 | | | | | |
| 试验速度 | <input type="checkbox"/> 100%最大回转速度 <input type="checkbox"/> 75%最大回转速度 <input type="checkbox"/> 50%最大回转速度 <input type="checkbox"/> 25%最大回转速度 | | | | |
| 型号规格 | | | | | |
| 姿态/载荷 |  空斗 <input type="checkbox"/> 空斗 <input type="checkbox"/> 满斗 <input type="checkbox"/> | | | | |
| 参数记录 | 单位 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 平均 |
| 峰值可回收功率 | W | | | | |
| 峰值回收功率 | W | | | | |
| 峰值回收效率 | % | | | | |
| 单次试验时间 | s | | | | |
| 可回收能量 | J | | | | |
| 回收能量 | J | | | | |
| 能量回收效率 | % | | | | |

参考文献

[1] GB EEEE XXXXXXXXXX XX XXX
XXXX XXXXXXXXXXXXX。

[2] GB FFFF—2014 XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXX。

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:
