

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.11.008

简易升降机能效测试与对比分析*

龚徐科,曹光敏,张志坚,阮航
(宁波市特种设备检验研究院,浙江宁波 315048)

摘要:为了掌握简易升降机的能耗和能源利用效率情况,对简易升降机不同工况下的能量传递规律进行了研究,针对实际情况制定了简易升降机能效对比测试的测试方案,采用了供给能、有效能标称值和能效标称值三条定义,确定了以能效标称值作为评价简易升降机能源消耗水平的指标,实际测试过程中采用三相电能质量分析仪对两台参数基本一致的简易升降机进行了能效测试,并对不同工况下各品种简易升降机的供给能、有效能标称值、能效标称值、有功功率以及上述测量值的理论计算值进行了对比分析。测试结果表明,强制式简易升降机在下降工况存在能量反馈环节,总体上曳引式简易升降机比强制式简易升降机节能,这也为简易升降机能效的评价提供了可靠的实测数据。

关键词:简易升降机;能效标称值;能效测试;电能质量

中图分类号:TH211.6;TH113.21

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)11-1357-04

Energy efficiency testing and comparative analysis for simple lift

GONG Xu-ke, CAO Guang-min, ZHANG Zhi-jian, REUN-Hang

(Ningbo Special Equipment Inspection and Research Institute, Ningbo 315048, China)

Abstract: In order to obtain the energy consumption and efficiency data of simple lifts, energy transfer was studied under different working conditions. Comparative testing scheme of energy efficiency was established according to the actual situation. Among energy supply, effective nominal value and the nominal value of energy efficiency, the nominal value of energy efficiency was chose as the index to evaluate the simple lift energy consumption level. Three-phase power quality analyzer was adopted to test the energy efficiency of two different type simple lifts with same parameters. The measured values of energy supply, available energy, energy efficiency and active power were comparative analyzed with the theoretical values. under different working conditions. Finally, test results and analysis show that since there is an energy feedback loop during the falling process for the forced type simple lift, the overall traction type simple lift is more energy-saving. Also, the test results provide the foundation for energy consumption of simple lifts.

Key words: simple lift; energy efficiency nominal value; energy efficiency testing; power quality

0 引 言

简易升降机是以曳引机、卷扬机、电动葫芦、液压泵站等作为驱动装置,通过钢丝绳、齿轮齿条、链条或者液压油缸等部件带动货厢,在井道内沿垂直或与垂直方向倾斜角小于 15° 的刚性导向装置运行的仅用于运载货物的起重机械^[1]。该类产品结构简单,技术要

求不高,同时对建筑物要求低,价格相对低廉,因而在企业尤其是中小型企业中得到了广泛的应用。

为顺利完成研究,掌握强制式和曳引式驱动简易升降机的能耗情况,本研究在前期制定测试方案,确定测试条件、测试仪器和测试程序,并于2014年3月13日对两台参数基本一致的简易升降机进行现场测试。

收稿日期:2014-06-20

基金项目:国家质量监督检验检疫总局科技计划资助项目(2013QK061)

作者简介:龚徐科(1979-),男,浙江宁波人,高级工程师,主要从事起重机械状态检测与安全技术方面的研究. E-mail: xukegong1450@sohu.com

1 设备情况

该两台简易升降机分别于 2013 年 5 月和 6 月制造,一台为强制式简易升降机,另一台为曳引式简易升降机,两台简易升降机各项参数基本一致。强制式简易

升降机采用额定起重量为 5 t 的 CD₁ 型电动葫芦作为驱动主机;曳引式简易升降机采用曳引机作为驱动主机,调速方式为交流双速,并在货厢的另一侧设有对重,平衡系数为 45%。该两台简易升降机驱动电机功率均为 5.5 kW。两台简易升降机的基本情况表如表 1 所示。

表 1 简易升降机基本情况表

序号	设备类别	设备型号	额定载重量/kg	额定速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	提升高度/m	层站数	货厢自重/kg	驱动电机功率/kW
1	强制式	SJQ-1000/0.13	1 000	0.13	5.5	2/2/2	750	5.5
2	曳引式	SJ-1000/0.25	1 000	0.25	5.5	2/2/2	750	5.5

2 测试方案的确定

本研究在确定能效测试方案时参考了国家标准 GB/T 30222—2013《起重机械用电力驱动起升机构能效测试方法》^[2]和特种设备安全技术规范《电梯能效测试与评价规则》(征求意见稿),采用了“供给能”、“有效能标称值”和“能效标称值”三条定义。其中,供给能是简易升降机按试验方法要求完成一个测试工作周期时实际消耗的能量,有效能标称值是简易升降机按试验方法要求完成一个测试工作周期时提供的有效能量,而能效标称值则是简易升降机在一个测试工作周期内的有效能标称值与供给能之比。

2.1 测试条件和程序

为保证测试效果,实施现场测试时在相应产品标准规定的工作条件下进行测试,测试条件和程序符合《电梯能效测试与评价规则》(征求意见稿)和 GB

28755—2012《简易升降机安全规程》中的相关规定。

2.2 测试仪器

测试仪器主要采用法国 Chauvin-Arnoux 公司的 C. A-8335 便携式三相电能质量分析仪,配套型号为 MN93A 的电流钳。

2.3 供给能的测试

供给能的测试通过 C. A-8335 电能质量分析仪测量,并按下式进行计算:

$$E_c = 3.6 \times 10^6 \sum_{i=1}^n D_i \quad (1)$$

式中: E_c —供给能,J; n —一个测试周期内包含的测试阶段的个数; D_i —一个测试周期内第 i 个阶段电能质量分析仪测量值, $\text{kW} \cdot \text{h}$,测量值为负值时,为测试对象向电网反馈能量^[3]。

电能质量分析仪输入端的接线在简易升降机起升机构馈线接入处,具体接线位置示意图如图 1 所示^[4]。

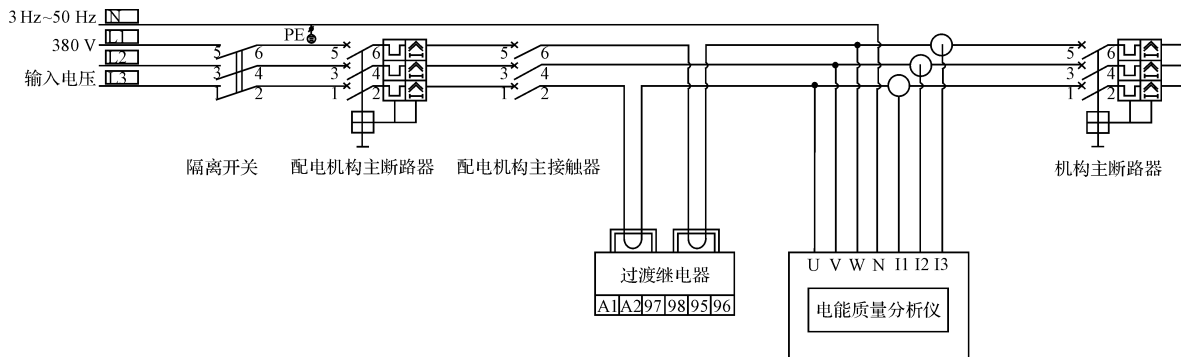


图 1 电能质量分析仪接线图

2.4 有效能的测试

能效测试的核心部分是有效能的测试,有效能的测试包括现场测试数据和理论计算内容。

2.4.1 有效能测试参数的选取

为了全面反映简易升降机实际运行中的各种载荷工况,本研究对比了《电梯能效测试与评价规则》(征求意见稿)的测试状况,分别按简易升降机额定载重

量的 0%、50%、100% 进行测量。简易升降机按指定的参考循环运行,指定层站为最大运行行程最接近的层站;每个工况运行 3 个循环后停止循环,测量并记录总能量值 W_0 ,记录实际测量过程的楼层高度 H_1 ,总能量除以 3 得到平均值并记录该值 $W_1^{[5]}$ 。

2.4.2 有效能标称值的理论计算

有效能的计算应符合其物理过程和运动规律,并

能严格遵守能量转换和守恒的基本定律。根据能量转换和守恒的基本定律,有效能的计算按下式计算,计算过程中导轨与导靴的摩擦阻力忽略不计^[6]。

$$E_{qs} = 9\,800(m + m_1)h + 9\,800m_1h' \quad (2)$$

式中: E_{qs} —起重机构有效能标称值, J; m —测试载荷, t; m_1 —货厢自重, t; h —带载升降时的实际升降高度, m; h' —空载升降时的实际升降高度, m。

2.5 能效标称值的计算

简易升降机能效标称值计算如下式所示:

$$\eta = \frac{\bar{E}_{qs}}{\bar{E}_c} \times 100\% \quad (3)$$

式中: \bar{E}_{qs} —简易升降机测量 3 次的能效标称值平均值, \bar{E}_c —简易升降机测量 3 次的供给能平均值。

3 测试结果

2014 年 3 月 13 日,本研究按照预定的测试方案分别对强制和曳引式简易升降机进行了测试,测试结果如下。

3.1 能耗情况

本研究对 C. A 8335 电能质量分析仪中的数据进行处理,得出各工况平均有功电能消耗情况如表 2 所示。

表 2 各工况有功电能消耗平均值(单位:Wh)

升降机类别	空载上升	空载下降	半载上升	半载下降	满载上升	满载下降	完整测试工况
强制式	28.8	-2.6	36.9	-8.5	47.2	-15.3	86.5
曳引式	8.1	13.5	11.0	7.1	25.5	6.2	71.4

根据公式(1)由计算可得,强制式简易升降机完成一个完整测试工况所需的供给能为 86.5 Wh,而曳引式简易升降机完成一个完整测试工况所需的供给能为 71.4 Wh,说明总体上曳引式简易升降机比较节能,但节能效果不是很明显。另外笔者也看到强制式简易升降机在下降各工况的电能消耗平均值均为负值,且随着载荷增加绝对值依次增加,说明强制式简易升降机在下降过程中存在着能量反馈,反馈能量的大小和载荷的重量成正比。

3.2 能效标称值

根据公式(2)可计算出完成不同测试工况所需有效能的标称值,各分项分别表示一个周期内的空载运行、半载运行和重载运行,然后根据公式(3)可计算出各工况以及完整测试工况的能效标称值如表 3 所示。

表 3 各工况及完整工况有效能标称值和能效标称值

能效类别	空载	半载	满载	完整测试工况
有效能标称值/J	80 850	107 800	134 750	323 400
强制式简易升降机供给能/J	94 320	102 240	114 840	311 400
曳引式简易升降机供给能/J	77 760	61 560	114 120	253 530
强制式简易升降机能效标称值	84.91%	105.43%	117.34%	103.85%
曳引式简易升降机能效标称值	100.39%	175.11%	118.08%	127.56%

从表 3 可以看出强制式简易升降机完成一个完整测试工况的能效标称值为 103.85%,而曳引式简易升降完成一个完整测试工况的能效标称值为 127.56%,这说明曳引式简易升降机的能源利用效率比强制式简易升降机的高。

3.3 有功功率

对电能质量分析仪中的数据进行处理,得出各工况有功功率的稳定值如表 4 所示。

表 4 各工况有功功率稳定值(单位:W)

升降机类别	空载上升	半载上升	满载上升	空载下降	半载下降	满载下降
强制式	2 511	3 215	4 100	-235	-1 025	-1 512
曳引式	1 105	2 815	4 305	2 134	1 508	564

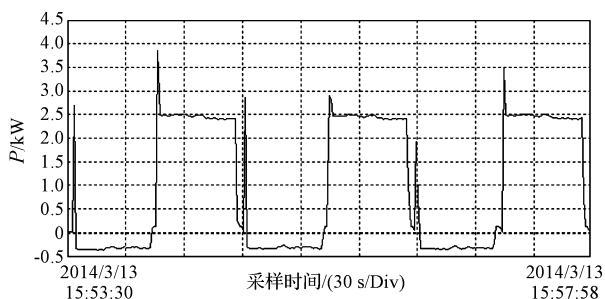


图 2 强制式简易升降机能效功率变化趋势图

强制式简易升降机能效功率变化趋势图如图 2 所示。曳引式简易升降有功功率变化趋势图如图 3 所示。

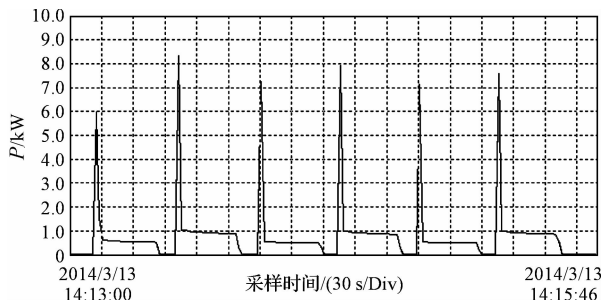


图 3 曳引式简易升降机能效功率变化趋势图

从表 4 和图 2、图 3 可以看出,强制式简易升降机下降各工况的有功功率最小值均为负值,且绝对值在

满载时最大,这说明强制式简易升降机各工况是有能量反馈的,能量反馈的大小和载荷的大小正相关。

4 测试结果分析

4.1 强制式简易升降机的能耗分析

从表 4 可以看出,强制式简易升降机完成一个完整测试工况所需的供给能 86.5 Wh,而曳引式简易升降机完成一个完整测试工况所需的供给能为 77.4 Wh,说明曳引式简易升降机总体比强制式简易升降机节能,特别是在空载上升和半载上升时节能更加明显,这是因为曳引式简易升降机在货厢的一侧设置了对重,平衡了一部分货厢的重量,当货厢重量加上货物重量和对重相等时,理论上电动机不用做功就可以使货厢作上下运动。从表 4 可以看出强制式简易升降机在下降工况时电能消耗平均值均为负值,也就是说在下降工况时电动机是不耗能的,相反电动机处在发电状态,即电动机在运转过程中向电网回馈了一部分电能,因为下降过程中重物本身的重力加速度将使电动机转子的转速超过旋转磁场的同步转速,从而使电动机处于再生发电制动状态,当下降重量越大时,向电网回馈的能量越多。

关于下降工况电动机向电网回馈的电能能否利用,文献[7]中已有详细论述,即起重机的起升机构在下降再生制动时都有能量回馈且能被同一厂房的其他设备利用,而在 GB/T 30222-2013《起重机械用电力驱动起升机构能效测试方法》中也规定测量时应把回馈能量从消耗能量中减掉。

4.2 曳引式简易升降机的能耗分析

从表 2 可知,曳引式简易升降机无论在上升还是下降过程均未测得回馈能量,这是因为曳引式简易升降机采用的是交流双速电机,以空载上升为例,电机在高速运行时,接入的是高速绕组,这时电机实际转速比同步转速要小,因此电机始终工作在电动状态,需要消耗大量能量;而电机在减速过程中采用低速绕组,在减速开始的瞬间,虽然快速绕组已从电网撤出,并立即把低速绕组接入电网,而电动机的实际转速因曳引式简易升降机机械传动系统的惯性,仍维持在原快速状态时的转速。因此,相对低速绕组而言,此时电机的实际转速已大大高于低速绕组的同步磁场转速,从而使低

速绕组工作在再生发电制动减速状态。对低速绕组来说,这时电动机恰好处于发电机的工作状态,即把在快速运行时所具有的动能反馈到电网中去。但是和电动状态相比制动状态反馈的电能相对较少,因此整体测得的电能消耗平均值还是为正值^[8]。

5 结束语

综合以上数据,本研究可以得出如下结论:由于强制式简易升降机采用的是交流异步电动机,下降工况时将一部分货厢和重物的势能和下降时的动能通过再生发电制动转化为电能,以“负能量”的形式反馈给了电网,抵消了上升工况时部分用于做功的“正能量”;而曳引式简易升降机采用的是交流双速异步电动机,下降工况时大部分时间都在作正功,再生发电制动的的时间较短,向电网反馈的电能几乎可以忽略不计,这也是在实际测试过程中强制式简易升降机和曳引式简易升降机电能消耗平均值对比不是很明显的根本原因。

通过对简易升降机的能效测试和对比分析,本研究进一步掌握了两种升降机的能耗和能源利用效率情况,为简易升降机能耗的评价提供了可靠的实测数据,有助于政府职能部门制定简易升降机节能方面的法规、标准,从而为推进简易升降机节能产品市场的发展、降低简易升降机的综合能耗奠定了很好的基础。

参考文献(References):

- [1] 曹光敏. GB 28755—2012. 简易升降机安全规程[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 刘元利. GB/T 30222-2013. 起重机械用电力驱动起升机构能效测试方法[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [3] 陈志溪,余志林,叶建钢,等. 电梯工作特性和与能耗形式分析[J]. 中国电梯,2008,19(4):43-45.
- [4] 王士琴,朱昌明,张鹏,等. 电梯能耗测量新方法[J]. 起重运输机械,2009(9):35-39.
- [5] COOPER D. Energy of various elevator drives[J]. *Elevator word*,1997,35(3):20-23.
- [6] SCHROEDER J. Energy consumption and power requirements of elevators[J]. *Elevator word*,1996,34(3):28-29.
- [7] 曹光敏,张志坚,丁高耀,等. 桥式起重机能效对比测试与分析[J]. 起重运输机械,2013(8):114-118.
- [8] 孙立新. 关于电梯能效评价的探讨[J]. 中国电梯,2008,19(4):43-45.

[编辑:程浩]

本文引用格式:

龚徐科,曹光敏,张志坚,等. 简易升降机能效测试与对比分析[J]. 机电工程,2014,31(11):1357-1360.

GONG Xu-ke, CAO Guang-min, ZHANG Zhi-jian, et al. Energy efficiency testing and comparative analysis for simple lift[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2014,31(11):1357-1360.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>