

文章编号:1000-4653(2025)01-0108-07

集装箱码头装卸机械能耗限值指标及 评价方法研究

陈庆为¹, 孙建锐¹, 李艳丽², 黄国庆¹

(1. 交通运输部水运科学研究所, 北京 100088;
2. 北京市科学技术委员会 中关村科技园区管理委员会, 北京 100744)

摘要:依据典型集装箱码头装卸工艺,从运输船舶、装卸设备、堆场布置参数、装卸工作特点入手,制定了规范化的集装箱码头装卸机械能耗试验测试方法和试验参数,并依据制定的试验方法开展了集装箱码头装卸机械能耗测试试验,得到集装箱码头装卸机械能耗样本数据。运用峰度及偏度检验方法对能耗测试试验数据分布规律进行了分析和验证,依据能耗测试试验数据的统计定额和相应国家标准,结合概率论相关理论,最终得到集装箱码头装卸设备能耗限值。

关键词:集装箱码头机械;能耗评价;能耗试验;统计定额;能耗限值

中图分类号:U653.921;U693.7 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.1000-4653.2025.01.014

Research on energy consumption limit indicators and evaluation methods of container terminal handling machinery

CHEN Qingwei¹, SUN Jianrui¹, LI Yanli², HUANG Guoqing¹

(1. Waterborne Transportation Institute of Traffic and Transport Ministry, Beijing 100088, China;
2. Beijing Municipal Science & Technology Commission, Administrative Commission of Zhongguancun
Science Park, Beijing 100744, China)

Abstract: Based on the typical container terminal loading and unloading process, starting from the transport ships, loading and unloading equipments, yard layout parameters, loading and unloading work characteristics, standardized experimental test methods and experimental parameters of energy consumption of loading and unloading machinery in container terminal are formulated, and based on the formulated experimental methods, energy consumption test experiments of loading and unloading machinery in container terminal are carried out, and the sample data of energy consumption of loading and unloading machinery in container terminal are obtained. The kurtosis and skewness test method was applied to analyze and verify the distribution law of the energy consumption test data, and the energy consumption limit value of container terminal loading and unloading equipments was finally obtained based on the statistical quota of the energy consumption test data and the corresponding national standards, combined with the relevant theory of probability theory.

Key words: container terminal machinery; energy consumption evaluation; energy consumption experiments; statistical quotas; energy consumption limits

在全球各行业中,交通运输业的能源消耗占比超过20%^[1]。港口是综合交通运输的重要枢纽,我

国作为一个港口大国,港口降耗势必对我国交通运输业节能减排具有重要意义。在节能减排政策环境

收稿日期:2023-10-10

作者简介:陈庆为(1983—),男,副研究员,研究方向为港口装卸工艺与设备研发及相关技术。E-mail: chenqw@wti.ac.cn

通信作者:孙建锐(1984—),男,副研究员,研究方向为港口装卸工艺与设备研发及相关技术。E-mail: sunjr@wti.ac.cn

引用格式:陈庆为,孙建锐,李艳丽,等.集装箱码头装卸机械能耗限值指标及评价方法研究[J].中国航海,2025,48(1):108-114.

CHEN Q W, SUN J R, LI Y L, et al. Research on energy consumption limit indicators and evaluation methods of container terminal handling machinery[J]. Navigation of China, 2025, 48(1): 108-114. (in Chinese)

下,部分码头管理及科技人员在港口节能减排定量评价方面开展了一些探索性的工作。王昊宇基于建筑研究所环境评估法、绿色奥运建筑评估体系、港口工程环境保护设计规范、甄别港口各体系中共性的16个基层评价指标,并结合大连港实际,运用层次分析法最终构建涵盖量化指标的绿色港口评价指标体系^[2]。孙磊斋采用实地调研法获取港口客运站能耗数据,建立寒冷地区及夏热冬暖地区港口客运站建筑模型,利用 eQUEST 能耗模拟软件对建筑模型进行全年负荷计算和能耗模拟,研究了各影响因子对于港口客运站建筑能耗的影响作用并进行排序^[3]。黄国庆和韦树宝通过对港口装卸机械节能现状的研究,提出一种港口装卸机械节能评价体系^[4]。上述研究成果对于港口能耗指标评价给出了具体方法和模型,但并未给出具体数值量化指标。

集装箱作为我国港口发展的四大货类之一^[5],在港口生产作业中占据重要地位。在集装箱码头装卸体系中,装卸机械的能耗在港口能耗中占有很大的比重^[4]。装卸机械能耗指标直接关乎整个集装箱码头耗能数据。目前港口能耗指标研究中,对单机能耗量化指标的研究较少,针对集装箱码头装卸机械能耗限值的研究较为缺乏。

1 集装箱码头装卸工艺及机械

典型的集装箱码头装卸工艺主要包括卸船工艺和装船工艺,如图1所示。

1) 卸船工艺。

①卸船:岸边集装箱起重机(以下称“岸桥”)将集装箱从船舶卸到集装箱牵引车(以下称“集卡”)上;②水平运输:集卡将集装箱从码头前沿运输到堆场;③堆箱:集装箱门式起重机(以下称“场桥”)将集装箱从集卡上卸到堆场。

2) 装船工艺。

①取箱:场桥在堆场取箱并将集装箱卸到集卡上;②水平运输:集卡将集装箱从堆场运输到码头前沿;③装船:岸桥将集装箱从集卡卸下并装船。



图1 典型集装箱码头装卸工艺

Fig. 1 Typical container terminal loading and unloading process

综上,集装箱码头装卸用到的装卸机械主要包括岸桥、场桥和集卡,其中,集卡设备管理方式在各

码头并不统一,设备外包管理占据着相当比例,因此本文将主要针对岸桥、场桥能耗限值评价方法和能耗限值指标开展研究。

2 能耗指标评价方法

机械设备量化能耗指标获取方法主要有统计定额法和技术定额法2种,无论采用哪种方法,量化能耗指标获取均需要大量基础数据作为支撑。目前我国港口对于能耗数据统计多集中在码头层面,仅少数码头按照固机、流机等方式进行了分类统计,统计方法不规范、数据质量参差不齐、数据分类/比对基础条件差,依靠现有码头统计数据并不能支撑装卸机械建立能耗评价指标体系量化指标管理要求。

本文研究目标是建立规范统一集装箱码头装卸机械——岸桥和场桥能耗测试方法,获取能耗样本数据,并研究基于有限的能耗数据样本,建立系统化码头装卸机械能耗数值统计表,最终得到集装箱码头装卸机械能耗评价量化指标,给出集装箱码头装卸机械能耗限值。

2.1 能耗测试试验方法

制定集装箱码头装卸机械能耗评价方法,需要考虑装卸机械作业特点以及方法可否实现,所采用的试验方法应尽可能反映装卸机械真实使用工况,确保所获得检测数据能真实反映集装箱码头装卸机械真实能耗值。

2.1.1 试验条件

起重机满足正常工作要求,在风速不大于13.8 m/s,环境温度在0~40℃,最大相对湿度不大于85%的条件下进行试验。

2.1.2 岸桥试验参数及方法

起重机单位能耗在最接近额定速度时能耗最小,结合岸桥装卸作业工作特点,为保证能耗试验统一性、规范性、可比对性,岸桥试验参数设定如下:考虑集装箱船舶大型化、标准化发展趋势,为确保试验参数对码头设备全面覆盖,集装箱吊具水平行走距离参数设定为20 m;考虑卸船时综合卸船高度为装船容量一半时高度,试验运行高度设定为20 m;考虑大车起制动能耗影响以及现场试验便捷性,大车运行距离设定为40 m;为确保测量工况统一,机械设备运行速度参数均设定为额定运行速度,荷载重量均设定为起重机额定起重量。设定岸桥试验方法如图2所示。

1) 吊具空载,小车在初始位置A点,能耗测量仪器置零,并开始记录。

2) 装船模拟试验:启动小车,吊具水平运行到

达 B 点→空载竖直下降至 C 点锁定荷载→带载竖直上升至 B 点→小车水平运行至 A 点→吊具竖直下降至 D 点卸下荷载→吊具竖直上升至起始位置 A 点。

3) 卸船模拟试验:吊具自初始位置 A 点空载竖直运行至 B 点锁定荷载,带载竖直上升至 A 点→小车水平运行至 B 点→吊具竖直下降至 C 点将荷载卸在地面上→吊具竖直上升至 B 点→小车水平运行至 A 点。

4) 重复执行步骤 2) 和步骤 3) 共 4 次,记录能耗测量仪器读数。

5) 单位能耗值计算方法:测试期内完成单位操作循环所消耗的电能,按式(1)计算

$$e_z = \frac{E_z}{T_b} \quad (1)$$

式中: e_z 为能源单耗,单位 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$; E_z 为每次完成测试的能源消耗量,单位 $\text{kW} \cdot \text{h}$; T_b 为每次测试过程起吊的质量,单位 t 。

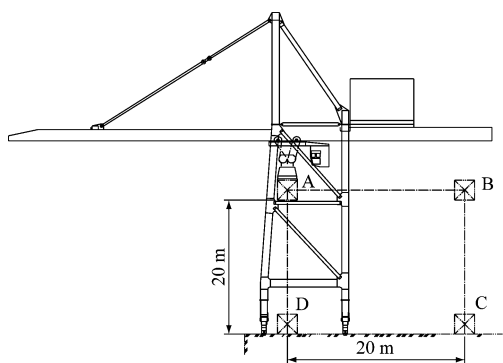


图2 岸桥能耗测试试验位置

Fig. 2 Energy consumption test of quay crane

2.1.3 场桥试验参数及方法

随着集装箱标准化工作开展,国内外集装箱外形尺寸已经基本实现了标准化,在这一行业背景下,集装箱码头堆场外形宽度尺寸基本实现标准化,目前集装箱码头场桥跨距基本选用 23.47 m 标准尺寸,如图 3 所示。

为使场桥能耗试验选定参数能够反映真实集装箱堆箱/取箱过程综合能耗,场桥能耗试验选择堆/取箱中间位置参数作为试验参数,具体设定参数为:试验荷载重量选定起重机额定起重量,起升高度选定为 8 m(3 个箱高),小车水平跑行距离为 8.7 m(3 个箱宽),整机大车跑行距离 30 m,试验中各机构运行速度均为额定运行速度。根据上述参数,设定场桥试验方法如图 4 所示。

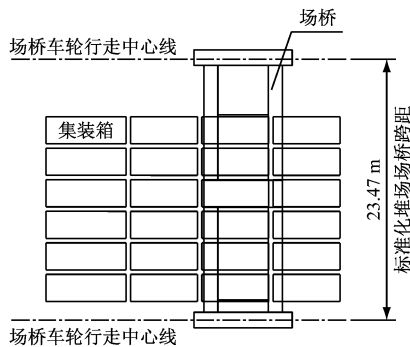


图3 典型集装箱堆场平面布置

Fig. 3 Typical layout of container yard

1) 吊具空载,位于初始位置 A,能耗测量仪器置零,并开始记录。

2) 取箱模拟试验:启动小车,吊具空载水平运行至 B 点→竖直下降至 C 点锁定荷载→竖直上升至 B 点→小车水平运行至 A 点→吊具竖直下降至 D 点卸下荷载→吊具空载竖直上升回至 A 点。

3) 堆箱模拟试验:吊具自初始位置 A 点竖直下降至 D 点锁定荷载→带载竖直上升至 A 点→小车水平运行至 B 点→吊具竖直下降至 C 点将荷载卸在地面上→空载竖直上升至 B 点→小车水平运行至 A 点。

4) 重复执行步骤 2) 和步骤 3) 共 4 次,记录能耗测量仪读数值。

5) 单位能耗值计算方法:

测试期内完成单位操作循环所消耗的电能,按式(1)计算。

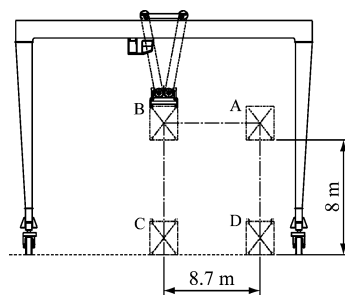


图4 场桥能耗测试试验位置

Fig. 4 Energy consumption test of yard crane

2.2 能耗试验

2.2.1 试验说明

对天津港、连云港港、日照港、厦门港、上海振华等集装箱码头和生产商的机械设备进行了现场能耗试验,能耗试验在 2022 年 5~7 月开展,满足 2.2.1 节要求试验条件,试验参数、过程及试验方法依据 2.1.2 节和 2.1.3 节进行。

2.2.2 试验结果与分析

能耗测试结果详见表 1 和表 2。

表 1 岸桥能耗测试结果
 Tab.1 Results of energy consumption test of quay cranes

序号	设备参数			试验载 荷/t	占额定起 重量比	总耗电/ (kW·h)	单位能耗/ (kW·h·t ⁻¹)	出厂日期
	额定起重量/t	起升高度/m	前伸距/m					
1	41	48	44	40	0.976	26.241	0.656	2005-06
2	41	48	44	40	0.976	26.200	0.655	2005-06
3	60	58	47	60	1.0	51.54	0.859	2015-08
4	60	58	47	60	1.0	52.68	0.878	2015-08
5	61	60	/	56	0.918	37.913	0.677	2008-12
6	61	60	/	56	0.918	39.760	0.710	2008-12
7	61	60	/	56	0.918	38.637	0.689	2008-12
8	61	60	/	56	0.918	38.637	0.691	2008-12
9	61	60	/	56	0.918	38.568	0.677	2008-12
10	61	60	/	56	0.918	37.464	0.669	2008-12
11	61	51	62.5	61	1.00	38.796	0.636	2001-03
12	61	51	62.5	61	1.00	40.016	0.656	2001-03
13	61	51	62.5	61	1.00	40.077	0.657	2001-03
14	61	51	62.5	61	1.00	41.663	0.683	2001-03
15	61	51	62.5	61	1.00	43.743	0.717	2001-03
16	61	51	62.5	61	1.00	44.103	0.723	2001-03
17	65	50.5	70	65	1.00	46.085	0.709	2015-07
18	65	50.5	70	65	1.00	46.410	0.714	2015-07
19	65	50.5	70	65	0.938	52.000	0.800	2015-09
20	65	50.5	70	65	0.938	56.615	0.871	2015-09
21	65	50.5	70	65	1.00	56.550	0.870	2015-07
22	65	50.5	70	65	1.00	57.265	0.881	2015-07
23	65	43	66	65	1.00	50.051	0.770	2007-09
24	65	43	66	65	1.00	50.310	0.774	2007-09
25	65	43	66	65	1.00	51.805	0.797	2007-09
26	65	43	66	65	1.00	52.260	0.804	2007-09
27	65	43	66	55	1.00	60.940	1.108	2007-09
28	65	43	66	55	1.00	60.995	1.109	2007-09
29	65	77	70	55	0.938	60.720	1.104	2015-08
30	65	77	70	55	0.938	61.105	1.111	2015-08

3 机械能耗定额及限值

3.1 能耗数据分布特征及检验

在编制集装箱码头装卸机械能耗定额水平表前对样本数据进行正态分布检验,通常可用 Kolmogorov-

Smirnov 检验、Shapiro-Wilk 检验、偏度及峰度检验和 Q-Q 图检验等方法^[6],本文采用偏度及峰度检验。

记样本峰度值为 γ_P 、样本偏度值为 γ_S ,样本数据偏度值标准差为 S_{γ_S} 、峰度值标准差 S_{γ_P} ,则偏度的 Z 评分 $Z_{\gamma_S\text{-score}}$ 、峰度的 Z 评分 $Z_{\gamma_P\text{-score}}$ 计算公式为

表2 场桥能耗测试结果
Tab.2 Results of energy consumption test of yard cranes

序号	设备参数			试验载 荷/t	占额定起 重量比	总耗电/ (kW·h)	单位能耗/ (kW·h·t ⁻¹)	出厂日期
	额定起重量/t	起升高度/m	起升能力					
1	41	15.5	堆4过5	39	0.951	19.695	0.505	2015-09
2	41	15.5	堆4过5	39	0.951	19.578	0.502	2015-09
3	41	15.5	堆4过5	40.5	0.987	21.344	0.527	2015-07
4	41	18.2	堆5过6	40	0.976	20.120	0.503	2015-07
5	41	18.2	堆5过6	40	0.976	19.920	0.498	2015-07
6	41	18.2	堆5过6	40	0.976	20.560	0.514	2007-12
7	41	18.2	堆5过6	40	0.976	20.560	0.514	2015-07
8	41	15.5	堆4过5	40.5	0.988	22.599	0.558	2007-12
9	41	15.5	堆4过5	40.5	0.988	23.895	0.590	2007-12
10	41	15.5	堆4过5	40.5	0.988	23.004	0.568	2007-12
11	41	15.5	堆4过5	40.5	0.988	21.830	0.539	2007-12
12	41	15.5	堆4过5	40.5	0.988	21.870	0.540	2007-12
13	41	15.24	堆4过5	40.5	0.988	23.409	0.578	2001-07
14	41	18.2	堆5过6	41	1.00	23.534	0.574	2010-03
15	41	18.2	堆5过6	41	1.00	24.313	0.593	2010-03
16	41	18.2	堆5过6	41	1.00	24.395	0.595	2010-03
17	41	18.2	堆5过6	41	1.00	21.484	0.524	2015-07
18	50	21	堆5过6	50	1.00	35.700	0.714	2015-07
19	61	15.24	堆4过5	61	1.00	37.210	0.610	2001-07
20	61	15.24	堆4过5	61	1.00	37.332	0.612	2005-12
21	61	15.24	堆4过5	61	1.00	34.648	0.568	2005-12
22	61	15.24	堆4过5	61	1.00	37.393	0.613	2005-12
23	61	15.24	堆4过5	61	1.00	38.918	0.638	2005-12
24	61	15.24	堆4过5	61	1.00	37.454	0.614	2010-03
25	61	15.24	堆4过5	61	1.00	38.247	0.627	2010-03
26	61	15.24	堆4过5	61	1.00	38.308	0.628	2010-03
27	61	15.24	堆4过5	61	1.00	36.905	0.605	2010-03
28	61	15.24	堆4过5	61	1.00	38.125	0.625	2010-03
29	61	15.24	堆4过5	61	1.00	37.088	0.608	2010-03
30	61	15.24	堆4过5	61	1.00	38.918	0.638	2010-03

$$Z_{\gamma_S\text{-score}} = \frac{\gamma_S}{S_{\gamma_S}} \quad (2)$$

$$Z_{\gamma_P\text{-score}} = \frac{\gamma_P}{S_{\gamma_P}} \quad (3)$$

显著水平下,检验偏度 Z-score 和峰度 Z-score 是否在 ± 1.96 之间,若都满足则可认为服从正态分布,否则认为不服从正态分布^[7]。

根据表1、表2及式(2)~式(3)计算得到岸桥和场桥数据样本特征数据如表3所示。

分别计算偏度和峰度的 Z 评分,在 $\alpha = 0.05$ 的

表3 岸桥及场桥能耗试验测试数据峰度及偏度检验结果表

Tab.3 Kurtosis and skewness test results of energy consumption of quay cranes and yard cranes

序号	设备类型	样本均值/ (kW·h)	峰度	峰度 标准差	峰度 Z- score	偏度	偏度 标准差	偏度 Z- score
1	岸桥	0.788	0.073	0.693	0.105	0.327	0.182	1.792
2	场桥	0.577	0.001	0.693	0.002	-0.286	0.182	-1.571

根据表3计算结果,样本峰度和偏度计算值均小于1,且偏度 Z-score 和峰度 Z-score 计算值均小于1.96,说明岸桥和场桥两组能耗试验采样数据均可认为近似服从正态分布^[8]。

3.2 集装箱码头装卸机械能耗定额

通用能耗定额评价方法主要有基于实际数据的统计定额和基于仿真模拟的技术定额两种方法^[9],本文将基于第一种方法对集装箱码头装卸机械能耗定额进行评价。因为岸桥和场桥能耗试验数据均近似服从正态分布,根据概率论理论,能耗定额可以用下列公式进行求解。

$$E = \mu + z_{1-\alpha} \cdot \sigma \quad (4)$$

式中: E 为能耗定额, μ 为样本数据均值, $z_{1-\alpha}$ 为正态分布标准差系数,是累计概率为 $(1-\alpha)$ 时所对应分位数^[10-11], σ 为样本数据的标准差。

$z_{1-\alpha}$ 可以通过误差函数的反函数求解,本文利用 excel 函数 NORMINV 求解 $z_{1-\alpha}$ 数值如表4所示。

表4 正态分布标准差系数计算值

Tab.4 Normal distribution standard deviation coefficient values

定额水平 α	标准差系数 $z_{1-\alpha}$	定额水平 α	标准差系数 $z_{1-\alpha}$
0.05	1.645	0.65	-0.385
0.15	1.036	0.75	-0.675
0.25	0.675	0.85	-1.035
0.55	-0.127	0.95	-1.654

岸桥和场桥试验数据统计值结果以及能耗定额水平详见表5和表6。

表5 岸桥和场桥能耗试验能耗结果统计数据

Tab.5 Statistical values of energy consumption tests of quay cranes and yard cranes

序号	统计指标	岸桥	场桥
1	均值	0.788	0.577
2	中位数	0.720	0.584
3	标准差	0.145	0.052

表6 岸桥和场桥能耗定额水平

Tab.6 Energy consumption quota levels for quay cranes and yard cranes

定额水平 α	岸桥	场桥	定额水平 α	岸桥	场桥
0.05	1.027	0.662	0.65	0.732	0.556
0.15	0.938	0.631	0.75	0.690	0.542
0.25	0.886	0.612	0.85	0.640	0.523
0.55	0.770	0.570	0.95	0.548	0.490

参考文献[12]及国管局办公室印发的《公共机构能耗定额标准编制和应用指南(试行)》中对于能耗指标数值的分级定义,可以将港口装卸设备能耗限额数值界定为能耗数据75%的分位数所对应的定额水平。

综上,集装箱码头装卸机械能耗限值研究结果见表7所示。

表7 集装箱码头装卸机械能耗限值

Tab.7 Energy consumption limit of container terminal loading and unloading machinery

设备类型	能耗限值 单位:kW·h·t ⁻¹
岸边集装箱起重机(岸桥)	0.886
集装箱门式起重机(场桥)	0.612

4 结束语

本文制定了集装箱码头装卸机械通用能耗测试方法及试验参数,并依据制定的方法开展了能耗试验,同时对能耗试验检测结果分布规律进行了分析和验证,依托实际能耗检测数据,计算得到码头集装箱装船/卸船全流程中岸桥的能耗限额为0.886 kW·h/t,场桥的能耗限额为0.612 kW·h/t。本文研究求取的港口装卸机械设备能耗限额可以直接应用于港口装卸机械能耗指标评价,对港口节能减排评价工作实施具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 孙晓伟, 李海波. 港口设备能效等级认证方法和路径[J]. 中国水运, 2019,19(11):105-106.
SUN X W, LI H B. Port equipment energy efficiency grade certification method and path[J]. China Water Transport, 2019,19(11):105-106. (in Chinese)
- [2] 王昊宇. 大连港绿色港口评价体系研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2016.
WANG H Y. Construction of assessment framework for green port taken Dalian as a case study[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016. (in Chinese)
- [3] 孙磊斋. 港口及公路客运站建筑能耗调研与模拟研究[D]. 天津: 天津大学, 2019.
SUN L Z. Research on energy consumption investigation and simulation of port & coach station[D]. Tianjin: Tianjin University, 2019. (in Chinese)
- [4] 黄国庆, 韦树宝. 港口装卸机械节能评价体系研究[J]. 中国水运, 2014,14(5):131-136.
HUANG G Q, WEI S B. Research on energy-saving evaluation system of port loading and unloading machinery[J]. China Water Transport, 2014,14(5): 131-136. (in Chinese)
- [5] 徐杏, 高天航, 沈益华, 等. 新形势下我国港口集装箱运输系统优化研究[J]. 水运工程, 2023(3): 6-12.
XU X, GAO T H, SHEN Y H, et al. Optimization of China's container transport system in the new era[J]. Port & Waterway Engineering, 2023(3): 6-12. (in Chinese)
- [6] 马兴华, 张晋昕. 数值变量正态性检验常用方法的对比[J]. 循证医学, 2014,14(2):123-128.
MA X H, ZHANG J X. The comparison among the common normality tests for numerical variables[J]. The Journal of Evidence-Based Medicine, 2014,14(2):123-138. (in Chinese)
- [7] 曹万林, 王如伟, 刘文超, 等. 装配式轻型钢管框架-轻墙共同工作性能[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2017,49(12):60-67.
CAO W L, WANG R W, LIU W C, et al. Experimental study of joint work characteristic of assembly light steel tube frame with recycled concrete-thin wall[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2017,49(12):60-67. (in Chinese)
- [8] 陈义波, 谭洪卫, 周优, 等. 杭州市公共建筑能耗定额研究[J]. 建筑科学, 2017,33(12):90-124.
CHEN Y B, TAN H W, ZHOU Y, et al. Study on energy consumption quota of commercial buildings in Hangzhou[J]. Building Science, 2017,33(12):90-124. (in Chinese)
- [9] 谢焯, 汤厚骏, 赵闻强, 等. 市域轨道交通车站能耗定额及用能评价研究[J/OL]. 交通节能与环保:1-9 [2023-04-16].
XIE Y, TANG H J, ZHAO W Q, et al. Study on energy consumption quota and evaluation for Suburban rail-transit stations[J/OL]. Transport Energy Conservation & Environmental Protection: 1-9 [2023-04-16]. (in Chinese)
- [10] 李政宏, 刘永福, 张立强, 等. 数据挖掘方法在测井岩性识别中的应用[J]. 断块油气田, 2019,26(6): 713-718.
LI Z H, LIU Y F, ZHANG L Q, et al. Application of data mining method in lithology identification using well log[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2019,26(6): 713-718. (in Chinese)
- [11] 刘爽, 王慧文, 兴研, 等. 基于案例的城市轨道交通车站能耗定额标准研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020,20(4):231-235.
LIU S, WANG H W, XING Y, et al. Energy consumption quota standard for urban rail transit stations with case studies[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2020,20(4): 231-235. (in Chinese)
- [12] 王志远, 黄凯, 刘奕彪, 等. 江苏省场馆类公共机构能耗定额研究[J]. 建筑节能, 2022,50(3):141-144.
WANG Z Y, HUANG K, LIU Y B, et al. Energy consumption quota of venue public institutions in Jiangsu Province[J]. Journal of Building Energy Efficiency, 2022,50(3):141-144. (in Chinese)