

# 集装箱码头能源管理系统

张乾能, 张海东, 杨增波, 金志清, 龚永胜

(宁波港集团北仑第三集装箱有限公司, 浙江 宁波 315813)

**摘要:** 为加强集装箱码头能源管理、提高码头整体用能水平, 提出码头能源管理系统建设思路。通过系统结构、通信管理层配置方案、间隔设备层配置、系统功能等设计, 提出码头能源管理系统建设整体方案。目前, 系统应用效果明显, 可以为码头能源管理提供强大的数据支撑。

**关键词:** 港口 集装箱码头 能源管理系统 通信管理

## 0 引言

目前, 集装箱码头能源管理存在的主要问题是数据采集缺乏, 传输性能差, 缺少能耗分析。由于没有行之有效的监控系统, 数据传输不全面, 无法及时发现能耗异常设备以及能耗异常时间段, 无法及时建立相关能耗档案, 达不到持续节能降耗要求, 无法进行准确的能耗考核。因此, 建立完善的能源动态监控和数字化管理系统, 改进和优化能源平衡, 实现系统性节能降耗管控一体化十分必要。

能源管理系统建设须对码头作业区现有用能设备、计量仪表和通信网络进行改造, 建立“分布式采集、集中式监管”的能源消耗监管网络, 收集生产过程中大量分散的用水、用电、用油等能耗数据, 改变传统的人工巡查分类汇总的方式, 实现“实时监测、自动汇总、灵活报表、动态分析”的能耗管理模式, 提供实时及历史数据分析、对比功能, 以发现能源消耗过程和结构中存在的问题, 做到“掌握情况、摸清规律、系统诊断、合理用能”, 通过优化运行方式和用能结构建立港口能耗评估管理体系, 提高港口现有用能设备的效率, 实现节能增效、高效生产。

## 1 系统建设目标

通过对集装箱码头进行综合能源管理分析,

系统主要实现以下目标:

(1) 查看电力设备是否安全、可靠运行, 确保供电设备运行正常, 掌控供电网络实时状态。

(2) 通过采集分析实时数据, 掌握码头能耗状况, 提高能耗可视化水平、数据及事件的可追溯能力。

(3) 实现码头油、水、电等能源利用的可视化、信息化和集中化管理。

(4) 通过对能耗数据的采集, 结合港口现有CTOS系统、电力监控系统及绩效数据, 实现单机、单箱能耗管理, 制定单人单箱能耗档案。

(5) 建立能耗模型, 进行能效对标, 了解能耗变化分析和设备工作状况, 及时监测和分析能耗漏洞、能耗趋势、异常特征和关键拐点, 提高能源使用效率, 减少浪费。

## 2 系统结构

能源管理系统采用分层分布式结构, 数据的采集、传输和分析通过3层实现: 现场间隔层、通信接口层和监控管理层, 这3层通过各级通信网络连接在一起。通信网络采用星型结构配置, 保障系统的稳定性, 第三方系统数据接口最好配置防火墙等安全隔离装置, 保障系统安全性。宁波舟山港北三集司能源管理系统网络结构见图1。

现场间隔层具备设备能耗测量和运行状态监视功能。能耗设备包括桥吊、龙门吊、冷藏室、高杆

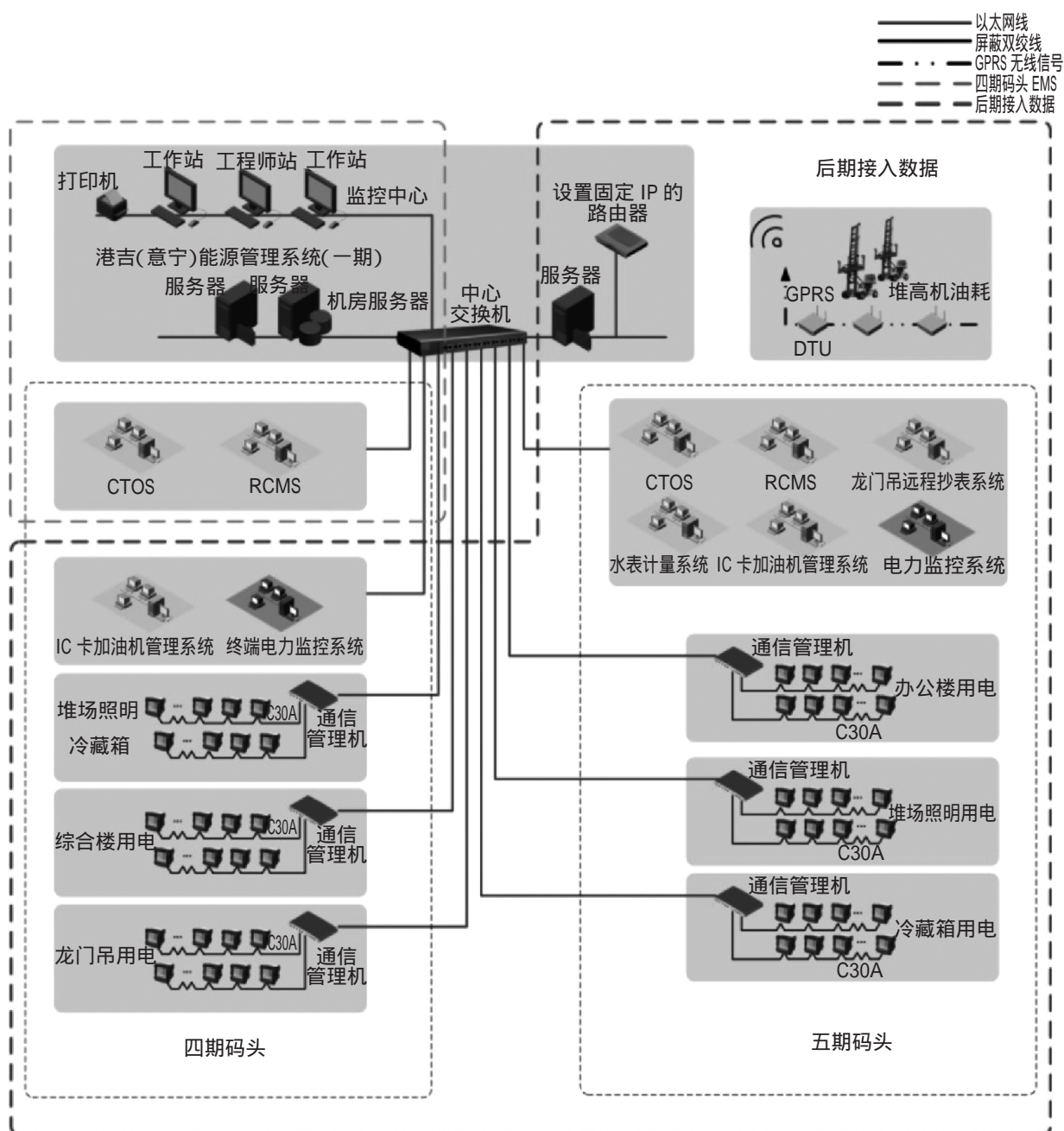


图1 宁波舟山港北三集司能源管理系统网络结构

灯和流机等。现场间隔层设备包括多功能电表、油量采集仪表等,仪表数据通过具备通信功能的 RTU 设备进行采集上传,通过光纤、RJ45、双绞线和 5.8G 无线通信等,向上一级数据采集和监控中心传输测量值、信号量信息并执行控制输出。现场部分设施已具有计量仪表并接入第三方系统,可使用通信管理机从相应第三方系统获取。

通信接口层是系统网络构成的纽带,完成监控管理层与现场间隔层之间的实时信息交换,完成智能设备的接入,实现通信物理介质和规约的

接入和转换。通信接口层设备包括 Modbus 网关、网络交换机等设备,用于现场间隔层测量设备的数据采集和接入,并与系统的监控平台实现快速稳定的以太网通信。

监控管理层由硬件设备(服务器、计算机等)和软件(采集软件、系统软件、监控软件、数据库等)构成,是系统的控制中心,用于布置能源管理系统平台,显示人机界面,具备对整个系统的数据收集、处理、显示、监视功能,并通过相应权限对设备进行控制。

### 3 通信管理层配置方案

通信管理层主要由无线设备、网络交换机、通信管理机等设备组成,实现能源数据的传输与交换。针对码头实际情况提出3种网络设计方案。

#### 3.1 堆高机 GPRS 通信、龙门吊 2.4G 通道

通过油耗采集模块自带的 GPRS 模块配置 GPRS 包月数据包,将采集到的油耗、状态通过接入移动互联网的方式,采用 TCP/IP 协议,将数据发送到能源管理系统后台,通信效果需要现场试验验证。此方案每台堆高机的 GPRS 包月数据包

将产生每辆车的 GPRS 包月费用。龙门吊采用 2.4G 通信,这套方案成本少。

#### 3.2 堆高机用原有网络、龙门吊重新组网

在中间信号好的地方加装 1 个 Wi-Fi 无线模块,接入原有堆高机网络,实现数据采集。每台龙门吊安装 1 个 Zigbee 模块(终端),港口左边区域内的龙门吊组成 1 个 Zigbee 网络,在中心点处安装 1 个 Zigbee 模块(中心节点)和 1 个管理机,在中心点的管理机通过 RS485 连接到 Zigbee 模块(中心节点)上采集港口左边区域龙门吊的数据。Zigbee 组网示意图见图 2。

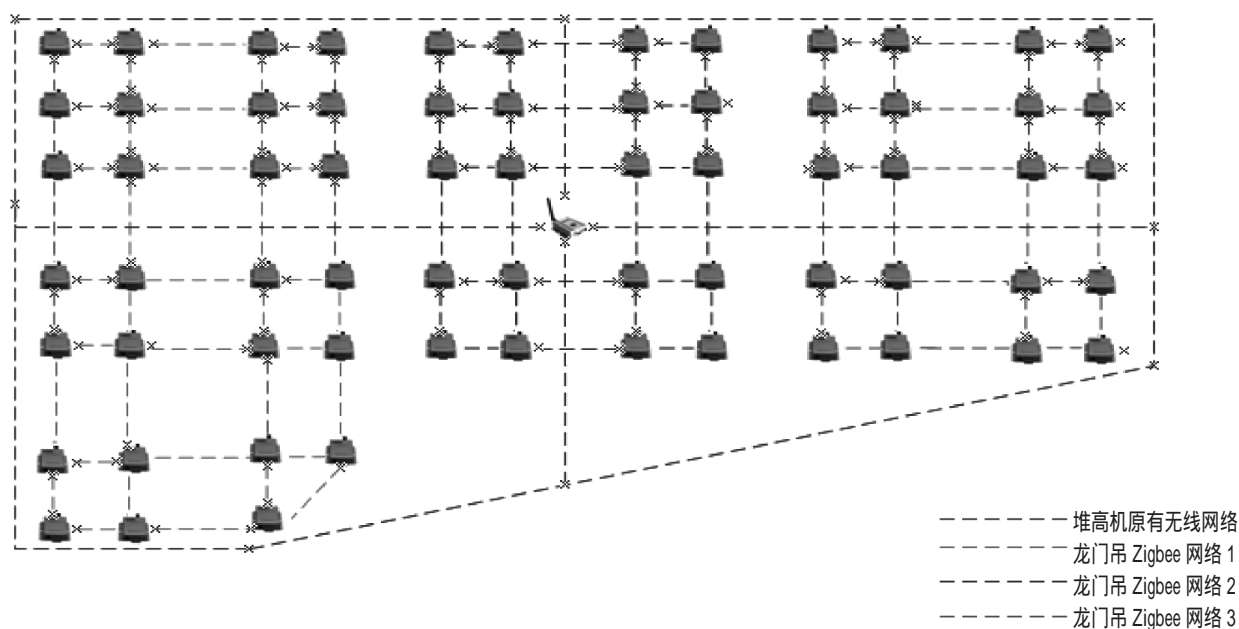


图2 Zigbee组网示意图

#### 3.3 4G 网络上传方案

堆高机组成 1 个无线网络(原有的 2.4G 网络或者新组 Zigbee 网络),通过中心节点的模块将数据采集到管理机上,管理机通过网口连接到 4G 路由器上,通过 4G 网络,将数据上传到监控中心,此过程必须具备固定 IP。

龙门吊组成的 3 个 Zigbee 网络,通过中心节点的模块将数据采集到管理机上,管理机通过网口连接到 4G 路由器上,通过 4G 网络,将数据上传到监控中心,此过程同样必须具备固定 IP。

采用 4G 网络上传数据,数据中心必须具备固定 IP,才能接收客户端上传的数据。SIM 卡 4G 流量资费需要咨询当地运营商,根据流量收费的,视现场数据量购买相应的流量。4G 网络传输示意图见图 3。

### 4 间隔设备层配置

管理系统目标是实现三级计量,即明确最终用能设备的能耗。因此,桥吊能耗通过现有系统进行数据转接,龙门吊使用现有仪表和现有系统进行数据转接。流机增设油耗统计装置并接入通信。

#### 4.1 桥吊能耗采集

桥吊为 10 kV 直接供电,变电所出线柜上装设有电能表,电能量数据接入电力监控系统后台,可直接从电力监控系统后台读取数据,即为桥吊用电。桥吊能耗采集方法见图 4。

#### 4.2 龙门吊能耗采集

龙门吊为高架滑触线 1 kV 供电,通过相应变电所 10 kV 出线至各箱变后上电,在对应变电所开关柜内及龙门吊内均安装有电表。考虑到能源

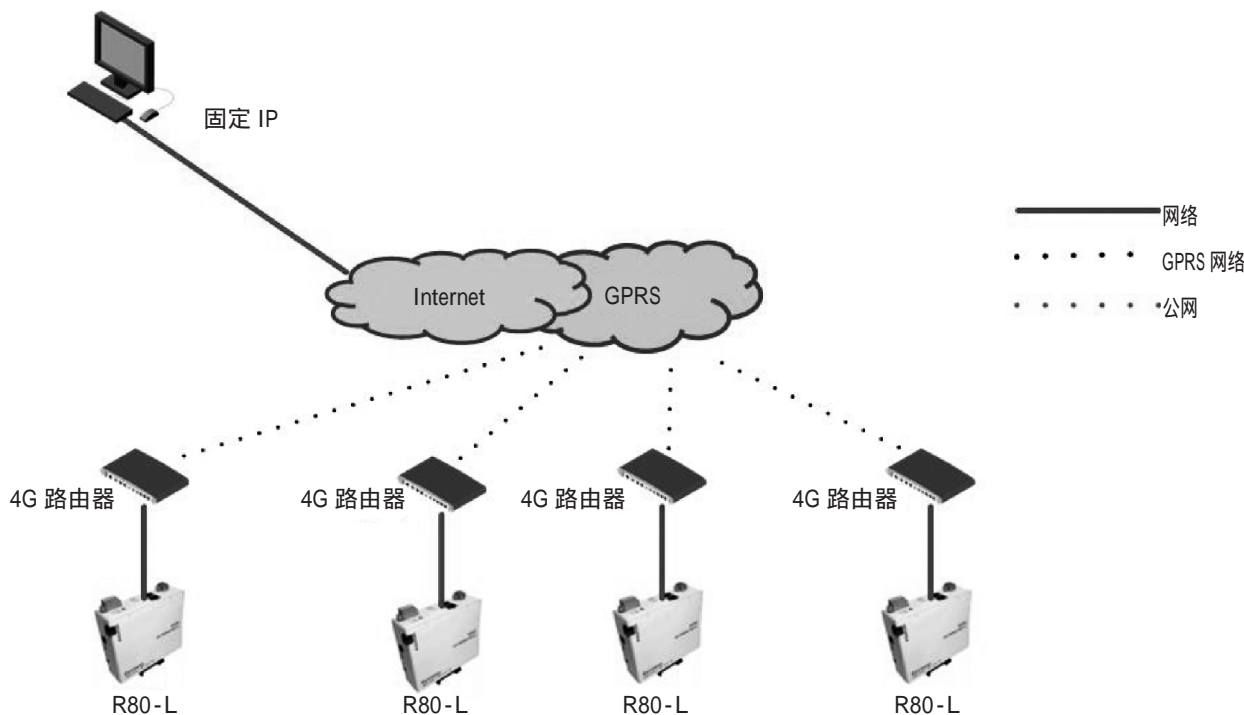


图 3 4G 网络传输示意图

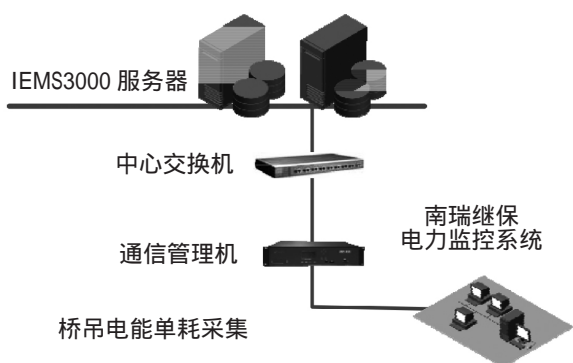


图 4 桥吊能耗采集方法

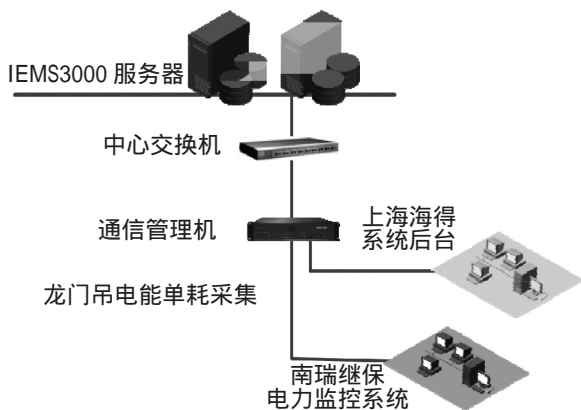


图 5 龙门吊能耗采集方法

管理以终端用电设备为主，使用龙门吊内电表数据作为每辆龙门吊能耗统计依据。为了能正确采集数据，龙门吊能耗计量采取 2 种方案：

(1) 龙门吊内电表无线传输至远程抄表后台处，需配合转接至能源管理系统中，即为龙门吊用电。龙门吊能耗采集方法见图 5。

(2) 在龙门吊新增 Zigbee 无线传输终端，Zigbee 无线终端的天线引至龙门吊顶端以保证信号传输的连续性，通过架设在灯塔的 Zigbee 组网传至机房服务器。

#### 4.3 灯塔照明、冷藏箱能耗采集

港区除了大机能耗外，在堆场灯塔的照明能耗以及冷藏箱的能耗也是占比较大的能耗点，同

时单个冷藏箱的能耗在现有系统中还不具备远传功能，而冷藏箱的单耗在港口也是重要的一项能效考核，必须纳入到能源管理系统中。

为此，制定了以下数据采集方案：变电站内低压配电房当前安装 GCS 抽屉式开关柜，仅在总出线处装有有功机械电表和无功机械电表。为采集堆场灯塔照明及直流屏和冷藏箱能耗，须增设壁挂式计量柜，柜体安装于开关柜后侧墙体上，电压电流线、通信线等通过固定于墙体的 PVC 管入地进电缆沟，再进入配电抽屉或通信箱。

#### 4.4 综合楼能耗采集

综合楼的能耗采集主要集中在空调机组、风



机、电梯、分楼层电耗、候工楼能耗计量。能耗采集点集中在综合楼负楼综合变。综合变内低压配电房当前安装 GCS 抽屉式开关柜,仅在总出线处装有有功机械电表和无功机械电表,须增设壁挂式计量柜。柜体安装于开关柜后侧墙体上,电压电流线及线路通过固定于墙体的 PVC 管入地进电缆沟,再进入配电抽屉。另外,4~12 层分楼层计量电量需在 4 层配电箱及 8 层变电箱设置计量仪表。

#### 4.5 流机油耗

每辆堆高机由不同司机于不同地点进行交接班,油耗计量系统须实现油耗的实时记录、不同司机的油耗统计等,通过无线网络传输至能源管理系统操作客户机。

油耗管理系统包括控制器、微压力传感器、显示器等、附件、管理软件系统等。油耗仪采用补油式测量原理,即发动机消耗多少油,油耗仪就补充多少油,一旦出现回油管漏油情况,发动机的油耗量就会出现几十倍的非正常增加,当出现该情况时,系统自动认定出现回油管漏油情况。采用滤波算法可消除车子在振动过程中产生的噪声干扰,能够有效监测车辆的加油和偷油情况。

通过车载油耗仪及测量分析系统,可实现远程监控瞬时油耗、平均油耗、百公里油耗等,并生成油耗的日报、月报、年报、单车报表等。不同班次的司机在上下班时须刷卡(卡上印有唯一的条形码)作为其工作情况统计依据,刷卡记录将自动上传至监控中心,监控平台将根据司机的刷卡记录自动统计该司机的工作时间、工班油耗及工作期间的各种报警情况(超速报警、油耗报警)等。油耗仪安装无需打孔,便于现场方案的实施。油耗采集系统流程示意图见图 6。



图6 油耗采集系统流程示意图

## 5 系统功能要求

能源管理系统旨在建立港口能源流向模型、能耗数据模型和标准评价模型。能源管理系统的能效分析、优化管理和业务集成功能主要在应用功能层实现。具备能效管理系统的主要业务功能,将处于其下一层的数据采集和集中监控层收集的数据和信息进行处理,按照各业务功能、处理规则加工信息。提供灵活的统计分析方案定制、多种统计分析图表显示、报表自动生成等功能,为用户开展可视化的数据统计分析提供显示与管理平台。系统主要实现以下管理功能:

### 5.1 能耗管理

#### 5.1.1 单箱能耗分析及制定单箱能耗指标

对于港区内节能策略的制定必然是以真实可靠的数据作为依据的。经对各设备的能耗采集,配合港区 CTOS 系统中班次、人次、箱数等数据进行计算获得单人单耗、单箱单耗等能耗数据。

系统定时从 CTOS 系统把人员签到、班次以及箱体数据同步到数据库。同时,将电力监控系统等能耗数据同步到能源管理系统,获取重新采集设计数据的方式,采集能耗数据。

单人单箱可以分析不同规格箱体的单箱能耗,也可以把箱体折算成标准箱,按标准箱统计单箱能耗。根据操作者上下班时间从能耗数据表中计算出时间段的能耗合计数据。从箱体数据表中获取箱体个数。

数据采集与存储系统主要采集各种能耗数据,数据经过加工后存储到数据库。数据同步系统从电力监控系统等第三方系统同步数据,并加工到本地数据库。能源分析系统进行各种能源的统计分析工作。桥吊司机作业单箱能耗见图 7。

#### 5.1.2 能耗分析功能

能源管理到区域/设备/业务单元,完善分项计量体系,能够根据管理区域/业务工段/设备,有效的计量和分析能效情况,支持能源绩效考核。将能耗与业务单元挂钩,通过系统追溯全业务流程、能源成本,不断提高能源使用效率,节能增效。

按不同时段、不同区域、不同的能源类别或不同类型的耗能设备,对能耗数据进行统计。分析能耗总量、单位面积能耗量、人均耗能量、标准煤转换以及历史趋势,同期对比能源数据后,自

(下转第 21 页)

例如,某码头岸边集装箱起重机,工作风力等级为 8 级,风速仪安装高度为 86 m,则

$$K_h=(H/10)^{\alpha}=(86/10)^{0.3}=1.9$$

当风速仪显示瞬时风速为 38 m/s 时,如不进行修正计算,则已大大超过 8 级风对应的 28.3 m/s 瞬时风速,风速仪报警,起重机应立即停止工作。经过修正计算,实际计算风速

$$V=V_h/K_h^{0.5}=38\text{ m/s}/1.9^{0.5}=27.5\text{ m/s}$$

根据表 2,对应的风级为 8 级,处于可工作范围,起重机可继续工作。

## 5 结 论

通过对平均风速、瞬时风速、风力等级和风压

等概念的辨析,得出以下结论:

(1)气象部门发布的最大风速一般为平均风速,最大风力等级对应的风速为平均风速,但阵风风力等级对应的风速为瞬时风速。

(2)《规定》中的风速均为瞬时风速;《规定》要求防滑装置可抵御的最大风力等级为 10 级,最大阵风等级为 12 级;《规定》要求防倾覆装置可抵御的最大风力等级为 13 级,最大阵风等级为 16 级。

(3)大型港口机械的风速仪显示的是瞬时风速,一般比计算风速小,应根据安装高度进行修正,并相应调整报警值,以防错误报警影响港口正常生产。

(上接第 10 页)

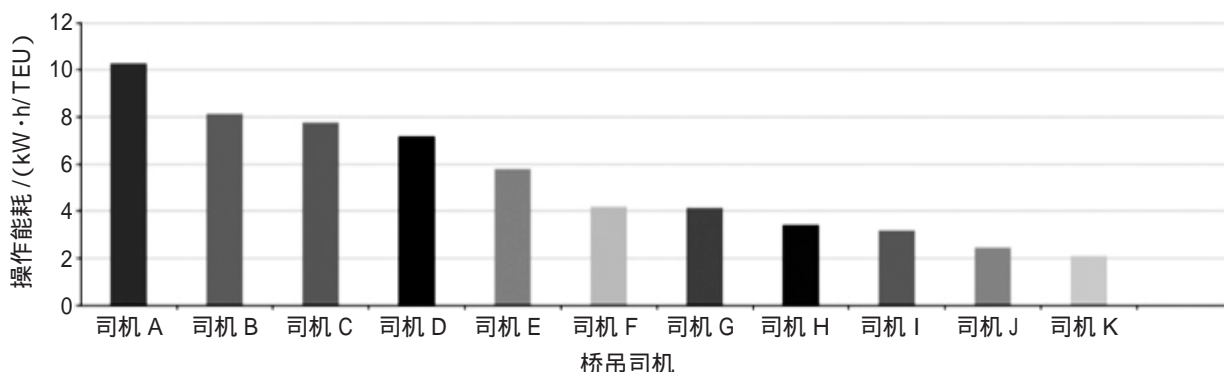


图 7 桥吊司机作业单箱能耗

动生成实时曲线、历史曲线、预测曲线、实时报表、历史报表、日/月报表等资料,为节能管理提供依据,为技术节能提供数据分析,并预测能耗趋势。

## 5.2 成本管理

建立港口能源系统运行成本优化模型,对能源种类进行价格管理,通过灵活的计算方式将能耗数据换算为成本。

在能源成本分析中,需要定义关键的能源种类和能源种类的价格,并针对不同的时间、购买单位、购买周期等内容进行相关的管理。能源种类管理主要包括重点单位的能源成本管理、重点能源介质的能源成本管理、全面支持财务的能源成本管理、面向成本构成分析的能源成本管理、全面的能源成本管理等。能源数据管理平台提供方可根据用户需求有针对性地选择重点,实施建设。

## 5.3 警报管理

系统可定义单数据源越限警报、多数据源叠加计算警报以及事件触发警报功能。例如,定义某设备的越限值为 50 kW,每当该设备运行功率大于此值时,触发系统产生警报,并记录。当该设备运行功率返回低于 50 kW 运行时,系统警报自动消失,但警报记录仍保存在报警列表中,显示为“未确认”。工程师以上操作级别的用户才能确认该警报。

## 6 结 语

随着码头产量的节节攀升,水、电、油等能源消耗量也与日俱增。目前,对于能源管理尚处于分散化、单一化的初级阶段,存在较多漏洞,长此以往,不利于公司生产成本的管控,不利于节能降耗,不利于绿色环保。因此,打造一套先进的能源管理平台,全面合理地管理能源消耗将具有重要意义。