

· 信息技术 ·



PSCAD 软件在港口电力负荷计算中的应用

卢俊

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 港口总电力负荷计算通常采用需要系数法。码头装卸设备装机容量在港口总装机容量中占比较大, 装卸设备需要系数选取将直接影响港口总电力负荷值, 而需要系数的取值多数依靠经验, 暂无明确的评价标准。针对常规负荷计算方法的不足, 提出一种基于实时仿真的负荷计算方法, 利用 PSCAD 电力系统仿真软件, 根据装卸设备的技术参数, 仿真港口设备实时的负荷波形, 进而准确计算出港口设备总电力负荷。仿真结果表明, 该方法可进一步提高负荷计算的准确性。

关键词: 港口电气设计; 负荷计算; PSCAD 软件; 实时仿真

中图分类号: U652

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)11-0167-04

Application of PSCAD in electrical load calculation in port project

LU Jun

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: The demand coefficient method is usually used to calculate the total power load of a port. The installed capacity of handling equipment is relatively large in the total installed capacity of the port, and the selection of handling equipment demand coefficient will directly affect the total power load value of the port. However, the value of the demand coefficient mostly depends on experience, and there is no clear evaluation standard. To improve the method of load calculation, this paper proposes a load calculation method based on real-time simulation using PSCAD power system simulation software, it can simulate the real-time load curves of port equipment according to the technical parameters of handling equipment, and then accurately calculates the total power load of port equipment. The simulation results show that this method can further improve the accuracy of load calculation.

Keywords: electrical design of port; load calculation; PSCAD software; real-time simulation

港口电力设备的总计算负荷是港口电气设计中的一重要参数, 计算负荷的取值直接影响港口向市政电网申请供电容量的大小^[1]。计算负荷取值过大会造成进线电缆截面增加, 市电容量申请值偏高, 造成设备和能源的浪费; 而计算负荷过小则会出现过负荷断电的风险, 影响港区正常运营^[2]。

港口用电负荷中的 75%~82% 为港口装卸机

械^[3], 目前港机设备的计算负荷通常采用需要系数法计算得到。在设计手册和规范中, 需要系数是一个范围值, 根据经验进行选取, 总原则是设备数量较多时取下限值, 设备数量较少时取上限值^[4]。为确保港区正常运行, 需要系数取值一般较为保守, 从而造成计算负荷偏大^[5]。

本文利用 PSCAD 电力系统仿真软件, 根据港机实际配置情况, 模拟多台港机同时作业工况,

收稿日期: 2024-01-29

作者简介: 卢俊 (1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口电气设计工作。

仿真实时用电负荷需求,通过负荷曲线得到计算负荷值,以期为港口电力负荷计算提供一种新的思路和方法。

1 负荷计算常规方法

1.1 负荷计算内容和目的

负荷计算是为了获得供配电系统设计所需的各项负荷数据,以选择和校验导体、电器、设备、保护装置和补偿装置,计算电压降、电压偏差、电压波动等^[6]。计算负荷是负荷计算得出的重要结果之一,也称最大负荷或需要负荷,是一个假象的持续负荷,其热效应等同于某段时间内实际变动负荷所产生的最大热效应,通常称为30 min最大平均负荷,可作为按发热条件选择配电变压器、馈电线路和电器元件的依据^[7]。

1.2 负荷计算方法

需要系数法是将设备功率、需要系数、同时系数相乘,直接得到计算负荷。该方法比较简便,在港口变、配电所及总降压变电站负荷计算时经常采用。堆场装卸设备负荷计算也可采用需要系数法,估算公式为:

$$P_{js} = K_{\Sigma P} \cdot \sum (k_x P_{ex}) \quad (1)$$

式中: P_{js} 为计算有功功率, kW; $K_{\Sigma P}$ 为同时系数,取 0.2~0.8; k_x 为单机需要系数,取 0.50~0.75; P_{ex} 为单机设备装机功率, kW。

关于多台岸桥同时系数选取的原则,目前设计手册和规范中并未有明确的说明。此处可参考 JTS 196-9—2014《集装箱码头堆场装卸设备供电设施建设技术规范》^[8]中的相关规定,即堆场设备数量不大于 5 台时, $K_{\Sigma P}$ 宜取上限;堆场设备数量 15~30 台时, $K_{\Sigma P}$ 宜取下限;堆场设备数量大于 30 台时, $K_{\Sigma P}$ 宜取下限并可适当降低。

2 PSCAD 实时负荷仿真

2.1 港口设备用电负荷特点

装卸工艺设备是港口主要的用电设备。集装箱港口的装卸工艺设备主要为门机和岸桥,其将货物或集装箱吊起,做垂直或水平运动,在岸上和船上进行转移^[9-10]。该类工艺设备的用电负荷主要是拖动电机,以某港口的岸桥为例,其主要用电设备见表 1。

表 1 岸桥的主要用电设备

机构名称	单机装机容量/kW	数量/套
起升机构	545.0	2
运行小车机构	275.0	1
俯仰机构	300.0	1
大车行走机构	18.5	20

起升机构的作用是实现集装箱或吊具吊梁的升降运动,它是岸桥最主要的工作机构;俯仰机构是实现前大梁绕大梁铰点做俯仰运动的机构;运行小车机构是使集装箱或吊具和上架做水平往复运动的机构;大车行走机构是实现整机沿码头前沿轨道做水平运动的机构。该类设备电机的运行、停机和空转状态相互交替,属于反复短时工作制的用电设备。岸桥作业时,并非所有的机构全部投入运行,如起升机构、运行小车、俯仰机构、大车行走机构的电机不可能同时开动;根据货物质量、起升高度、起升速度的不同,起升机构和运行小车拖动电机的有功功率和运行时间存在差异;岸桥的用电负荷在作业时是不断变化的。

2.2 PSCAD 岸桥单机负荷仿真

PSCAD 是广泛使用的电磁暂态仿真软件,可对电力系统的运行状态进行实时仿真。对于岸桥此类不断变化的用电负荷有较好的仿真效果。以某港口的岸桥为例,对其实时负荷需求进行仿真。岸桥的主要工艺能力参数见表 2。

表 2 岸桥的主要工艺能力参数

额定 载荷/t	吊具 质量/t	起升运行速度 (空载)/(m·min ⁻¹)	起升运行速度 (满载)/(m·min ⁻¹)	小车运行 速度/(m·min ⁻¹)	大车运行 速度/(m·min ⁻¹)	起升高度 (轨上)/m	起升高度 (轨下)/m	待机功率/ kW
60	12	180	75	180	45	38	20	30

仿真模拟岸桥负荷最大时的工况(重载提升),提升高度按最大值 58 m 考虑。1 个卸船工作周期

的实时负荷见图 1。从仿真结果可以看出,岸桥在前 10 s 处于待机状态,待机功率约 30 kW;第 10 s

时，起升机构投入运行，岸桥从集装箱货船上重载提升货物，此时实时负荷达到约 1 100 kW，持续时间约 50 s；运行小车机构水平运输集装箱，此时实时负荷约 300 kW，持续时间约 10 s；起升机构下放集装箱，此时除待机负荷外，岸桥其他机构无负荷需求，持续时间约 35 s；岸桥吊具空载提升，此时实时负荷约 250 kW，持续时间约 15 s；吊具水平移动，实时负荷约 170 kW，持续时间 10 s；岸桥吊具下放，此时仅待机负荷消耗电能，持续约 20 s 后，开始下一次起吊。1 个卸船周期持续约 150 s。

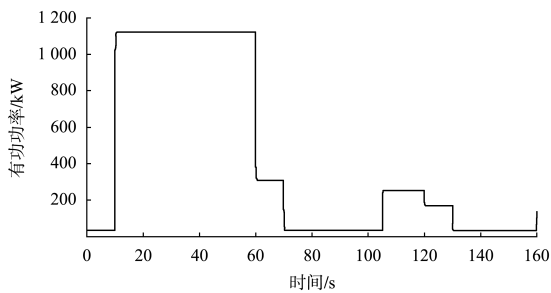


图 1 单台岸桥实时负荷仿真

3 多岸桥负荷计算实例

以某港口为实例，分别用传统的需要系数负

荷计算法和 PSCAD 仿真分析法进行负荷计算，对比 2 种方法的计算结果。

3.1 需要系数法负荷计算

单机装机功率为各机构功率的总和，由表 1 可知， p_{ex} 为 2 035 kW。岸桥作业过程中，起升机构投入运行时岸桥的负荷需求最大，约为装机负荷的 55%，因此 k_x 取 0.55。

按照 JTS 196-9—2014《集装箱码头堆场装卸设备供电设施建设技术规范》，岸桥同时作业时 $K_{\Sigma P}$ 取值为 0.2~0.8，5 台岸桥同时作业可按上限取值，此处 $K_{\Sigma P}$ 取 0.8。最终 5 台岸桥的 p_{js} 为 4 477 kW。

3.2 PSCAD 多岸桥仿真

在实际作业过程中，岸桥的起升高度不断变化，起升机构投入运行的时间也较为随机。为了使仿真结果更真实地反映实际运行工况，5 台岸桥的工作周期分别设置为 100~150 s 不等，岸桥启动时间分别为 20、40、50、80、120 s。仿真时长为 4 h，仿真结果见图 2。从仿真结果可以看出，5 台岸桥的总实时负荷波动十分剧烈，最小值为 370 kW，最大值为 3 900 kW。而计算负荷则稳定在 2 300 kW，为需要系数法所得计算负荷的 50%。

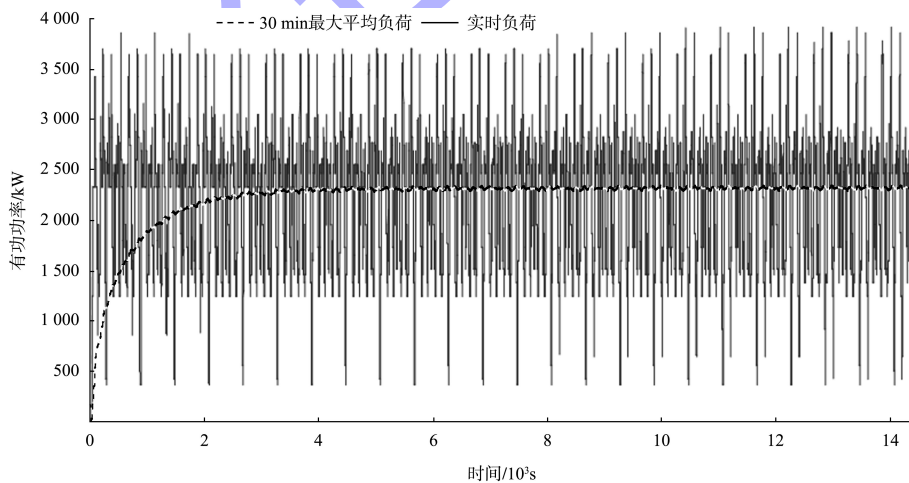


图 2 多台岸桥实时负荷仿真

3.3 港口实测结果

为验证仿真结果的有效性，选取了某港区岸桥运行时的功率需求数据。该港区共配置 5 台集装箱岸桥，岸桥同时作业时，港区的有功功率需求见图 3。从图中可以看出，港口的实时负荷曲线与仿真类似，波动十分剧烈，但振幅小于仿真结

果。最小值为 600 kW，最大值 2 000 kW，其中 500 kW 为港区较为稳定的其他基础负荷，5 台岸桥的实际负荷波动在 100~1 500 kW。仿真结果与实测结果的差异主要是由于仿真中均按岸桥满载起升考虑而实际起升质量较为随机造成的。

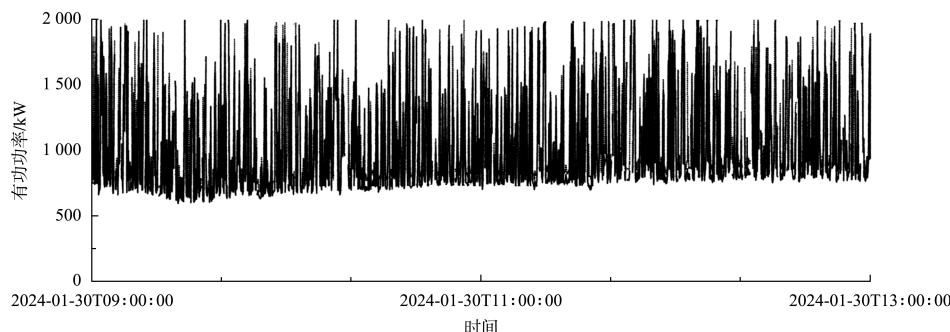


图3 港口实测负荷需求

4 结论

1) 负荷计算是港口电气设计的重要环节, 传统的负荷计算采用需要系数法, 存在计算结果偏保守、需要系数取值不统一、计算精度不高等缺点。

2) PSCAD 实时负荷仿真模型结合岸桥的工艺能力参数, 模拟岸桥实际运行情况, 计算结果更接近真实情况, 计算精度较高。

3) PSCAD 实时负荷仿真计算结果直接从仿真曲线中得到, 计算结果可靠, 便于评价和校核。

参考文献:

[1] 陈昌黎. 港口电力负荷与自备电站柴油发电机容量关系分析[J]. 水运工程, 2014(2): 136-138.
 [2] 孙振芳. 在港口供电规划设计中确定总供电系数应注意的几个问题[J]. 港口科技动态, 1997(8): 13-14.

[3] 张云铭. 港口用电负荷的简化计算[J]. 水运工程, 1998(10): 56-59.
 [4] 贾凯胜. 论需要系数法负荷计算应注意的几个问题[J]. 科技视界, 2017(24): 130-131.
 [5] 熊鹰, 杨林. 电气设计中负荷计算方法选择与探讨[J]. 电气时代, 2007(12): 96-98.
 [6] 中国航空规划设计研究总院有限公司. 工业与民用配电设计手册(上册)[M]. 4 版. 北京: 中国电力出版社, 2016.
 [7] 交通部第一航务工程局勘察设计院. 海港工程设计手册(下册)[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
 [8] 中交水运规划设计院有限公司. 集装箱码头堆场装卸设备供电设施建设技术规范: JTS196-9-2014[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
 [9] 李晓峰. 根据负荷持续率确定港口门座起重机的计算电流[J]. 电世界, 2006, 47(10): 18-19.
 [10] 姚保良. 能量回馈装置在港口起重机中的应用研究[J]. 电子测试, 2022(15): 96-98, 42.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 145 页)

[6] 袁鹰, 方晓敏, 廖乐康. 高坝洲升船机防撞梁设计[J]. 湖北水利发电, 2001(4): 18-20.
 [7] 曹士政, 蔡建国, 张晓辉, 等. 裕溪船闸大型三角闸门刚性防撞体系研究[J]. 中国水运, 2021(8): 86-88.
 [8] 迟朝娜, 徐宗美. 基于 ANSYS/LS-DYNA 模块的船-闸碰撞冲击力分析[J]. 水运工程, 2021(8): 129-133.
 [9] 许佳妮. 船-闸碰撞冲击力分析及三角闸门主要部件的吸能优化设计[D]. 镇江: 江苏科技大学, 2012.

[10] 江华涛, 顾永宁. 整船碰撞非线性有限元仿真[J]. 上海造船, 2002(2): 16-21, 2.
 [11] 鄢亚军, 陶桂兰. 船闸闸室结构的船-墙碰撞三维有限元分析[J]. 水运工程, 2017(1): 131-135, 142.
 [12] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口工程荷载规范: JTS 144-1—2010[S]. 北京: 人民交通出版社, 2010.

(本文编辑 王璵)