

太阳能光伏电力系统在 800PCC 滚装船上的应用研究

邹丽丽

(天海融合防务装备技术股份有限公司, 上海 201612)

摘要: 为使船舶达到绿色、环保的要求, 并解决能源紧缺问题, 在船上广泛应用太阳能是一种有效途径。介绍太阳能在船上应用的现状和相关规范对太阳能在船上应用的规定。分析在 800PCC 滚装船上应用太阳能的优势, 给出该船的基本参数和航线, 结合这些基本信息分析该船太阳能光伏电力系统的结构和运行模式。通过研究总结出该船应用太阳能可带来能效指数提高的积极效应。

关键词: 太阳能; 绿色船舶; 滚装船; 能效指数

中图分类号: U674.135; U671.99

文献标志码: A

文章编号: 2095-4069 (2017) 03-0051-04

Research on the Application of Solar Photovoltaic System onboard 800PCC RO-RO Ship

ZOU Li-li

(Bestway Marine & Energy Technology Co., Ltd., Shanghai 201612, China)

Abstract: Application of solar energy on ship is an effective way to comply with the environmental requirements, green ship requirements and the situation of energy shortage. This paper introduces the status quo and the relevant regulations of solar energy on ships; analyzes the advantages of solar energy on an 800PCC RO-RO ship, provides the basic parameters and the routes of the ship; and analyzes the structure and operation mode of the solar photovoltaic system on the ship based on the above given information. The potential improvement of energy efficiency by solar energy on the ship is also summarized in the study.

Key words: solar energy; green ship; RO-RO ship; energy efficiency design Index (EEDI)

0 引言

鉴于石油等传统不可再生燃料日益减少及其对环境造成的危害日益加剧, 世界各国纷纷开始加强对环保措施的研究。太阳能光伏作为目前世界上最具发展潜力的清洁能源之一, 在环保和节能方面具有显著的优势, 将太阳能光伏发电应用到船舶上是目前绿色船舶发展的一个重要方向^[1]。在这种背景下, 天海融合防务装备有限公司在其设计的 800PCC 滚装船上应用太阳能光伏电力系统具有十分重要的意义, 是将太阳能应用到船舶上的一个成功案例。

收稿日期: 2016-09-12

作者简介: 邹丽丽, 女, 工程师, 硕士, 1983 年生。2008 年毕业于哈尔滨工程大学控制理论与控制工程专业, 现从事船舶与海洋工程电气技术开发研究及设计工作。

1 规范对太阳能在船上应用的规定

太阳能光伏发电系统的发电量有限,在大型船舶上只能用于辅助推进和生活供电^[2]。此外,《钢制内河船舶建造规范》2012修改通报中规定,太阳能电池只用作船舶的辅助电源。因此,目前太阳能光伏发电系统作为主动力提供系统或混合动力来源之一,仅应用在小型观光船、旅游船和渡船等船舶上。因为这类船舶所在航区一般水文条件较好,船舶排水量较小,没有严格的航速要求,航程较短且固定。此外,这类船舶除了设置少量照明和航行设备之外,没有其他大功率的用电设备。

2 滚装船利用太阳能的优势

太阳能主要通过布置在船上的太阳能电池板等装置来收集,因此是否有足够的空间布置太阳能电池板及电池板的布置形式是否合理是判断太阳能光伏发电系统能否应用于船上的两大因素^[3]。例如:集装箱船、杂货船及特种船的主甲板上没有大面积区域来安装太阳能电池板;油船的上甲板虽然具有大面积区域,但需要考虑电气设备的防爆性要求,不适宜作为太阳能电池板的安装平台;滚装客货船的顶部拥有较大的空间,可作为太阳能电池板的安装平台;干散货船、趸船和游艇上也有大面积的空间用来安装太阳能电池板。可见,800PCC 滚装船在太阳能利用上有充足的空间条件。该船太阳能电池板安装布置图见图 1。

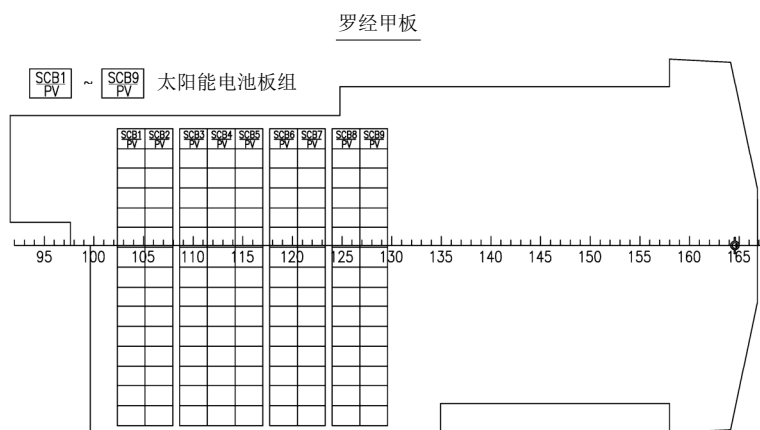


图 1 800PCC 滚装船太阳能电池板布置图

3 太阳能光伏发电系统在 800PCC 滚装船上的应用

3.1 800PCC 滚装船基本参数

3.1.1 船舶基本参数和航线

该船为内河商品汽车滚装船,往返于上海和重庆。船舶主尺度为:总长 110.00m,型深 5.20m,最大船宽 19.20m,设计吃水 2.80m,结构吃水 3.00m。

3.1.2 船级符号

★ CSAD 滚装货船, A级航区、B级航区、C级航区和J2级急流航段。

★ CSMD BRC, 太阳能辅助动力能源。

3.2 800PCC 滚装船太阳能光伏发电系统的组成

该船使用的发电系统是离网型光伏发电系统,由光伏阵列、光伏控制器、光伏逆变配电一体机和电力管理系统构成,其与船舶电力系统之间的拓扑关系见图 2,图中带箭头的线为信号线。

当船舶电网为光伏逆变配电一体机供电时,由BUS-A和BUS-B 2路供电,在光伏逆变配电系统一体机内部设置有自动转换开关。当一路供电出现故障时,可自动转换到另外一路供电。

太阳能电池阵列共有 135 块电池板,按船东的要求,太阳能光伏电池阵列采用 15 串 9 并的方案,每块电池板的峰值功率为 275 W,理论日均最大发电量 167.085 kW·h,实际日均最大发电量 121.05 kW·h。额定输出电压为 320.0 V, SOC 设定最低值 10%~15%。

3.3 800PCC 滚装船太阳能光伏发电系统磷酸铁锂电池应用安全技术要求

中国船级社《太阳能光伏系统及磷酸铁锂电池系统检验指南》^[4]针对安全问题提出以下要求:

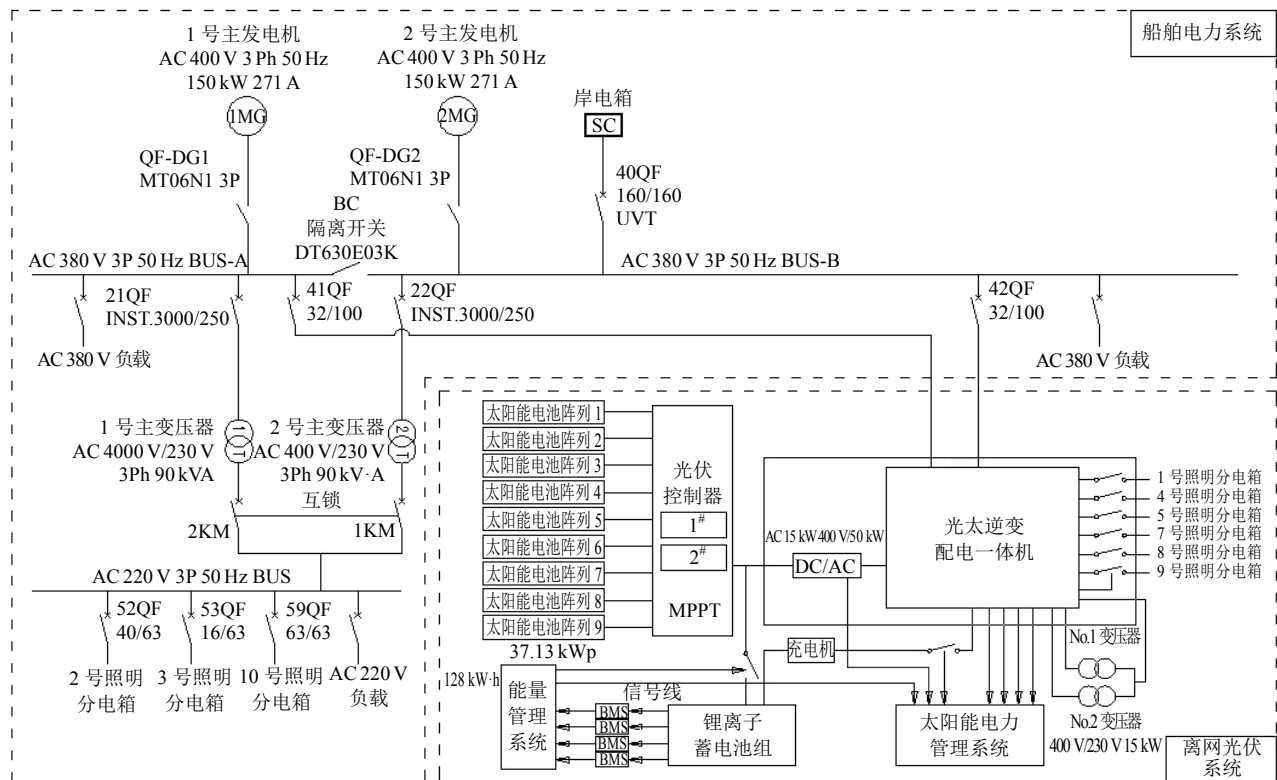


图2 800PCC 滚装船离网光伏电力系统与船舶电力系统之间的拓扑关系

1) 第3.2.2.1条规定, 电池间均应采取机械通风或其他温度调节装置, 以避免蓄电池周围环境温度过高, 通风口应有防止水和火焰进入的措施。

2) 第3.2.2.4条规定, 电池舱(室)、箱、柜内, 除电池系统外应避免安装电气设备, 若必须安装, 应尽可能远离电池, 且应将电气设备的发热量计入蓄电池间通风量的计算中。

3) 第3.2.2.6条规定, 电池舱(室)内必须设有独立的温度探测装置, 当温度高于设定值时, 应能在经常有人值班的处所发出听觉和视觉报警。

4) 第3.2.2.7条规定, 电池舱(室)需要配备固定式灭火系统。

针对以上要求, 该船分别对蓄电池和光伏电力系统相关设备设置磷酸铁锂电池间、光伏电气间及七氟丙烷间。在磷酸铁锂电池间、光伏电气间分别设有温度传感器和机械通风设施。

3.4 太阳能光伏电力系统的供电模式

3.4.1 光伏系统正常运行状态

太阳能电池板将光能转化为直流电, 光伏控制器履行最大输出功率点跟踪(Maximum Power Point Tracking, MPPT)控制功能。在光伏阵列输出功率大于负载功率的情况下, 光伏控制器首先将一部分电能经光伏逆变器单元转换成与船电同压同频(400V/50Hz)的正弦交流电, 然后经变压器转换成220V交流电, 为船舶部分照明供电, 多余的电能给蓄电池充电; 在光伏阵列输出功率小于负载功率的情况下, 切换到为光伏控制器和蓄电池光伏逆变器单元输电, 具体的转换过程与光伏阵列输出功率大于负载功率的情况相同。

3.4.2 光伏系统输出功率不足状态

在长期阴雨天的情况下, 当光伏阵列电力输出不足且蓄电池能量不足以支撑用电负载正常运行(降到SOC 下限值)时, 由船舶电力系统旁路给照明负载供电。同时, 为避免锂离子蓄电池因长期处于亏电状态而导致储电特性降低的现象, 利用船舶电力系统经充电器单元给蓄电池充电。

3.4.3 光伏系统故障状态

当光伏系统出现故障时, 采用船舶电力系统供电模式, 将手动联锁断路器切换至原船舶电力系统, 由船舶电力系统旁路给照明负载供电。

以上几种供电模式中的电流流向见图3。

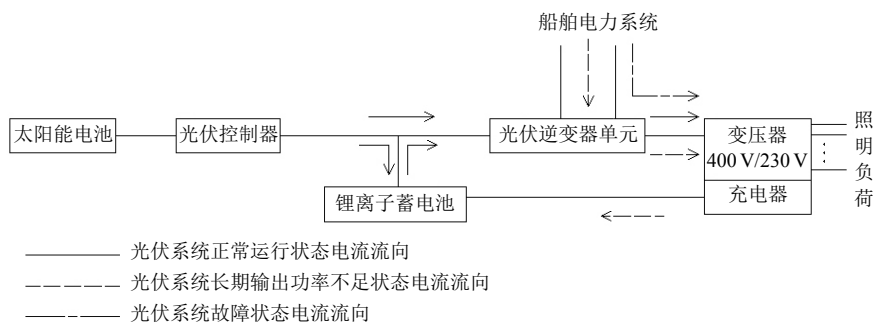


图 3 光伏系统供电电流流向

3.5 太阳能光伏电力系统部分照明分电箱供电负载表

太阳能光伏电力系统部分照明分电箱供电负载配置见表 1。

表 1 照明分电箱负载配置

参数	货舱	机舱	室外	生活区室内	艙部舱室
功率/kW	4.896	1.484	0.588	2.162	0.270
运行时间/h	6	24	4	24	5
功率因数 P_F	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860
使用系数	0.250	1.000	0.170	1.000	0.210
所需容量/(kV·A)	1.370	1.726	0.116	2.514	0.066
日均能耗/(kW·h)	29.376	35.616	2.352	51.888	1.350

4 能效设计指数和《船舶能效管理计划》^[5]

根据中国船级社《内河船舶能效设计指数（EEDI）评估指南》，该船EEDI的计算完全满足要求。为积极承担长江流域环境保护的社会责任，打造绿色航运企业，按照中国海事局和中国船级社等相关管理机构、行业组织的要求，针对该船建立《船舶能效管理计划》（Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP）。该计划是遵照中国船级社《内河绿色船舶规范》和《内河船舶能效计划（SEEMP）编制指南》等相关导则及国内相关法律法规和文件的要求编制的，明确要求充分利用太阳能光伏辅助发电的功能，为该船的照明系统供电，同时利用锂电池组进行电能储备。充分利用太阳能光伏辅助发电为照明系统供电的功能，降低辅机的发电功率，减少燃油消耗及NO_x和CO₂排放，达到降低船舶能源消耗、提高能源利用效率和促进环境保护的目的，以满足中国船级社《内河船舶绿色规范》及国内其他相关法律法规的要求。

根据实船测试计算，Attained EEDI=52.878 g/(t·n mile)；根据《内河绿色船舶设计规范》（2013版）的要求，绿色船舶-I的能效设计指数限制为RLV=ab^{-c}=54.163。Attained EEDI<RLV，该船符合绿色船舶-I的要求。

5 结 语

根据太阳能光伏电力系统在800PPC滚装船上的应用及对该船的能效分析，在该船上应用太阳能可节省船舶辅机的燃油消耗，优化EEDI。太阳能在该船上的成功应用为今后太阳能在该船型乃至其他大型船舶上的应用积累了宝贵经验。

【参 考 文 献】

[1] 卢晓平, 魏光普, 张文毓. 太阳能动力船舶发展综述[J]. 海军工程大学学报, 2008, 20 (4): 45-50.
[2] 陈立剑, 徐建勇. 太阳能光伏电力推进在船舶上的应用研究[J]. 船海工程, 2013, 42 (2): 160-164.
[3] 林杰, 袁成清, 孙玉伟, 等. 太阳能电池板在不同类型船舶上的布置优化[J]. 船海工程, 2010, 39 (6): 116-120.
[4] 中国船级社. 太阳能光伏系统及磷酸铁锂电池系统检验指南[S]. 2014.
[5] 王分良. EEDI 时代的船舶减排[J]. 中国船检, 2009 (8): 62-65.