

· 新材料新工艺 ·



复合材料冷藏箱电源插座支架 在自动化集装箱码头中的应用

姜 桥¹, 严德薇¹, 周亚平²

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032; 2. 洋山同盛港口建设有限公司, 上海 201308)

摘要: 针对集装箱码头传统冷藏箱钢结构电源插座支架易腐蚀、维护工作量大的特点, 采用防腐性能优异的连续纤维增强树脂基复合材料代替传统钢结构制作冷藏箱支架。对复合材料冷藏箱电源插座支架的设计、计算、制造、安装进行研究, 研究表明复合材料冷藏箱电源插座支架在整个生命周期维护需求小、综合成本低, 对自动化集装箱堆场作业干扰小, 适合自动化集装箱码头作业特点。

关键词: 自动化集装箱码头; 复合材料; 冷藏箱电源插座支架; 连接节点

中图分类号: U 652.7⁺2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0151-04

Application of fiber reinforced polymer refrigerated container power socket bracket in automated container terminal

JIANG Qiao¹, YAN De-wei¹, ZHOU Ya-ping²

(1. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China;

2. Yangshan Tongsheng Port Construction Co., Ltd, Shanghai 201308, China)

Abstract: Because the steel structure power socket bracket is corrodible and needs maintenance in the traditional container terminal, fiber reinforced polymer materials is considered to instead of traditional steel structure power socket for its excellent anticorrosion performance. This paper introduces and summarizes the design, calculation, manufacture, installation characteristics of fiber reinforced polymer refrigerated container power socket bracket. Research shows that fiber reinforced polymer refrigerated container power socket bracket in the whole life cycle maintenance costs less and has less influence on the automation of container yard operation interference, which is suitable for automated container terminal operation.

Keywords: automated container terminal; fiber reinforced polymer materials; refrigerated container power socket bracket; connection node

随着自动化港口技术的迅速发展, 自动化集装箱码头由于其高效、安全、绿色的特点, 迎来了发展的黄金时期。在集装箱码头设计中, 考虑到冷藏箱作业要求, 需要设置供操作人员插拔冷藏箱电源使用的冷藏箱电源插座支架^[1]。传统的钢结构冷藏箱电源插座支架采用型钢焊接而成, 防腐性能较

差、维护周期较短、保养维护自动化集装箱码头作业影响较大、综合使用成本高。高性能的连续纤维增强树脂基复合材料具有优异的防腐性能、较高的强度、全生命周期内无需维护, 非常适合自动化集装箱码头使用特点。本文探讨复合材料冷藏箱电源插座支架在自动化集装箱码头应用的可能性。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 姜桥 (1984—), 男, 工程师, 从事港口工程装卸工艺机械设计工作。

1 工程概况

上海国际航运中心洋山深水港区四期工程为全球规模最大全自动化集装箱码头。工程共建设7个5万~7万吨级集装箱泊位(水工结构按靠泊15万吨级集装箱船设计)、工作船码头及必要的配套设施,利用港口岸线2 770 m(集装箱码头岸线2 350 m、工作船码头等岸线420 m),港区陆域总面积223.16万m²,设计年通过能力为初期400万TEU、最终630万TEU。堆场分为自动化堆场(含空重箱箱区和冷藏箱箱区)和辅助堆场(超线箱堆场和危险品箱堆场)。冷藏箱区共6块区域,共布置冷藏箱电源插座支架60座。

2 冷藏箱电源插座支架

冷藏箱电源插座支架用于安装冷藏箱电源插座和供作业人员上、下进行电源插拔操作。支架共3层,每层设置操作人员通行平台,每层平台之间及第一层平台与地面设置斜梯供人员上下。整体结构纵向3跨,跨度均为6 300 mm;横向1跨,跨度为1 500 mm;竖向共3层,每层高2 700 mm^[1]。

冷藏箱电源插座支架由主体结构和附属结构组成。主体结构由立柱、横纵梁系、斜梯支撑梁系等组成,见图1。附属结构主要包括走道板、栏杆、斜梯、电源插座固定装置、电缆槽固定装置、照明灯固定装置等,见图2。

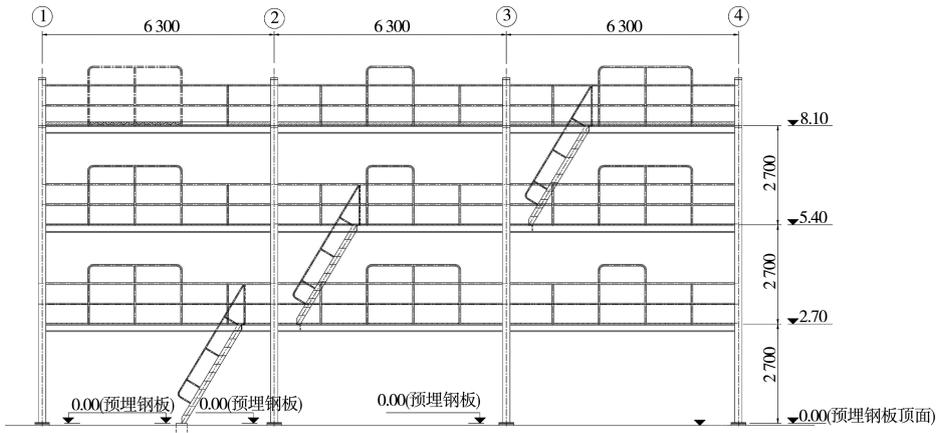


图1 冷藏箱电源插座支架结构布置(尺寸: mm; 高程: m)

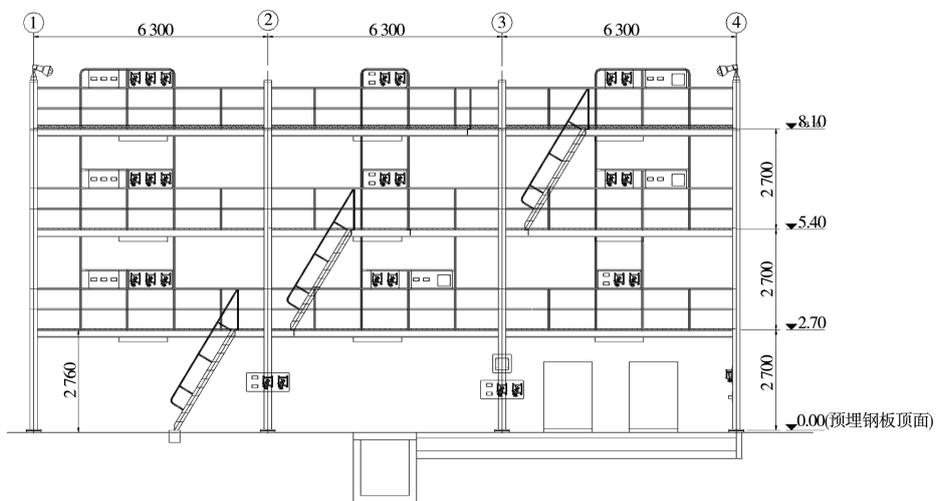


图2 冷藏箱电源插座支架配电设备布置(尺寸: mm; 高程: m)

3 复合材料冷藏箱电源插座支架的设计、制造、安装特点

3.1 复合材料冷藏箱电源插座支架材料截面

3.1.1 梁、柱等主要结构

本工程复合材料冷藏箱电源插座支架采用高性能连续纤维增强树脂基复合材料(fiber reinforced polymer, 简称 FRP)作为主要承载构件及维护构件。框架结构的柱、梁采用工业化连续生产的 FRP 外壳,内部为空心方钢管。钢管与 FRP 外壳之间采用泡桐木夹芯层。钢管与泡桐木保证了主结构具备相应的结构强度和刚度,外表覆盖的 FRP 层起到隔绝防腐的作用(图 3)。

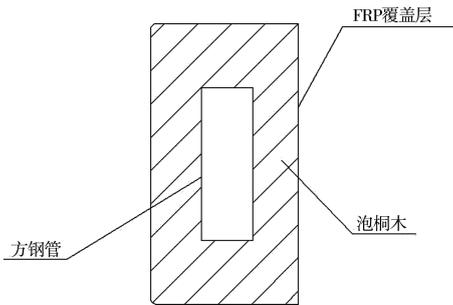


图 3 FRP 复合材料冷藏箱电源插座支架梁、柱截面

3.1.2 附属结构

附属结构主要包括走道板、栏杆、斜梯、电源插座固定装置、电缆槽固定装置、照明灯固定装置等。采用 FRP 材料模具一体成型,材料本身具有相当的刚度和强度,可满足使用要求。

3.2 复合材料冷藏箱电源插座支架结构计算与试验分析

3.2.1 结构计算

由于冷藏箱电源插座支架所采用的复合材料为多种材质组合而成,较难以某一均质材料特性来进行分析,因此对结构建立力学模型,采用有限元软件(如 PKPM、ANSYS 等)进行空间计算,得到其梁柱等主要结构内力。

有限元模型约束及荷载情况如下:1) 立柱刚性固定,梁柱采用刚接。2) 支架荷载为自重+走道平台荷载 2 kN/m^2 ,基本风压按 1.43 kN/m^2 (洋山地区)考虑。抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度为 $0.10g$ 。

3.2.2 试验分析

经有限元计算得到梁柱等主要结构内力后,需在实验室根据实际荷载加载,测试支架的结构强度和变形量,检验其是否满足使用要求。主体结构安全系数在 1.3 倍以上,结构变形挠度 $<1/250^{[2]}$ 。

3.3 复合材料冷藏箱电源插座支架结构节点设计

传统钢结构支架冷藏箱电源插座支架节点连接采用焊接方式,复合材料支架不能焊接,因而对其节点设计提出了较高的要求。为保证结构受力良好和具备一定的刚度,结构连接节点应为刚性连接^[3]。

结合复合材料主要梁系、立柱截面特点,采用榫头加不锈钢螺栓连接方式。立柱内与梁系连接处设置内置式钢结构节点,梁系端部为榫头,插入立柱后以不锈钢螺栓连接固定,最后采用 FRP 材料密封,起到防水防腐的作用,见图 4。

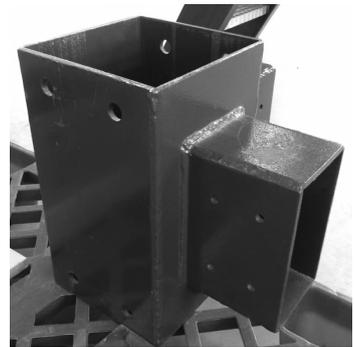


图 4 立柱内置式钢结构节点

斜梯与次梁和地面采用不锈钢螺栓连接,栏杆与梁、柱采用开孔螺栓连接,供电支架采用螺栓与主结构连接。所有外露不锈钢螺栓均采用 FRP 材料包封,见图 5。



图 5 附属结构固定

3.4 复合材料冷藏箱电源插座支架结构安装

复合材料冷藏箱电源插座支架主体结构如梁、柱等采用复合材料组合而成,次要构件如栏杆、支架、走道平台、斜梯等采用FRP拉挤成型。

冷藏箱电源插座支架采用单品在工厂预拼装成型,在现场整体安装。纵梁采用榫头与立柱内置连接接头通过不锈钢螺栓连接。次要构件采用不锈钢螺栓连接,所有不锈钢螺栓外露部分采用FRP材料现场包封。

支架立柱与地面采用现场化学植筋方式固定。

4 复合材料冷藏箱电源插座支架与传统钢结构冷藏箱电源插座支架比选

在特殊海洋气候环境中,空气湿度高,空气中含有大量的氯化物和硫酸盐积附在钢结构表面,经过干湿循环不断交替后一方面在表面形成了酸性水膜,另一方面氯离子具有很强的穿透性,均能加速对钢材的点蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀、缝隙腐蚀等局部腐蚀,使用钢结构人行支架加速腐蚀,导致钢结构人行支架使用周期大大缩短。为延长使用周期必须定期维护,这就产生了非常可观的后期维护费用,且对自动化集装箱码头冷藏箱区作业造成明显的干扰。与传统的钢结构冷藏箱电源插座支架相比,复合材料冷藏箱电源插座支架具备以下优点:

1) 耐腐蚀性强,耐久性能优异,全生命周期综合成本低,对自动化集装箱码头生产作业影响小。

传统钢结构支架,一般3~5a需维护涂装一次。自动化集装箱码头为无人操作模式,涂装维护将对港区生产作业产生明显的影响。与传统钢结构相比,复合材料无需另外再做防腐涂装,而且经久耐用,无需后期维护费用,在无需维护的情况下使用年限为40a,尤其适用腐蚀性强的海洋环境。

2) 轻质高强,节省土建成本。

复合材料密度为 2.0 g/cm^3 ,远远低于普通钢材密度。复合材料抗拉强度大于350MPa,抗压强度大于300MPa,可满足荷载使用安全。由于复合材料支架质量相比传统钢结构支架轻很多,降低了土建荷载要求,可以节约基建成本。

3) 运输更换方便,安装方式绿色环保。

与传统的钢材相比,复合材料的密度为钢材的25%左右。单个复合材料支架总质量只有钢结构支架的50%(含芯材、金属节点连接件及其他配件在内)。复合材料支架通过专用节点连接而成,现场采用搭积木式拼装方式,安装便捷高效,单个节段损坏后维修更换方便,避免了传统钢结构支架现场焊接造成的污染和火灾隐患。

5 结语

1) 复合材料冷藏箱电源插座支架由于其优异的力学性能、良好的耐腐蚀性、无需维护的特点适用于自动化集装箱码头。

2) 复合材料冷藏箱支架设计需经过理论计算、实验室分析,并对相应节点进行专门设计,外露部分需采用复合材料现场包封。

3) 复合材料冷藏箱支架现场安装方便,无需焊接,绿色环保。在完整生命周期内,复合材料冷藏箱电源插座支架综合使用成本更低。

参考文献:

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.
- [2] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程冷藏箱电源插座支架技术要求[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2015.
- [3] 江苏江苏博泓新材料有限公司.冷藏箱电源插座支架测试数据报告[R].江苏:江苏江苏博泓新材料有限公司,2015.