



广东石化产品码头消防自动控制系统设计

汪作凡, 鞠 进

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 针对液体化工码头业务运行以及码头对消防系统可靠性、安全、可控性要求较高的问题, 进行液体化工码头消防自动控制系统技术应用的论述, 提出采用消防工业冗余环网以及一键启动控制技术手段将码头消防炮设备、消防泵站设备和泡沫站设备进行组网, 实现码头消防系统的完整性、可管可控的要求。结合广东石化产品码头工程介绍消防自动控制系统的特点、网络架构、操作方式、功能, 通过消防控制一键启动操作手段的应用提升港口生产消防系统的安全性、可操作性, 降低误操作率。

关键词: 液体化工码头; 消防; 控制; 一键启动

中图分类号: U653

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)01-0065-06

Design of fire automatic control system for Guangdong petrochemical product terminal

WANG Zuofan, JU Jin

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: In view of the business operation of the liquid chemical wharf and the high requirements of the wharf for the reliability, safety and control ability of the fire control system, this paper discusses the technical application of the automatic fire control system of the liquid chemical wharf, and puts forward that the redundant ring network of the fire industry and the one key start control technology are used to network the wharf fire monitor equipment, fire pump station equipment and foam station equipment, so as to achieve the integrity, manage ability and control ability of the wharf fire control system. The paper introduces the characteristics of the fire control system, control system network architecture, operation mode, and functions of the automatic in the Guangdong petrochemical product terminal project, and applies the fire control one click start operation method to improve the safety, availability, and reduction of misoperation rate of the port production fire control system.

Keywords: liquid chemical terminal; firefighting; control; one click start

中石油广东石化产品码头(简称“石化产品码头”)位于广东省揭阳市惠来沿海港区南海作业 1# 港池。石化产品码头建设内容为: 1 个 10 万吨级成品油泊位, 2 个 3 万吨级、2 个 1 万吨级、3 个 5 000 吨级油品及液体化工品泊位, 1 个 2 万吨级、1 个 5 000 吨级固体散货泊位, 3 个工作船泊位。液体化工泊位为墩台式布置, 由 8 座工作平台、16 座系缆墩、14 座系缆排架、2 座工作楼、1 座泵站以

及油气回收装置组成; 固体散货泊位为沉箱重力连片式布置, 由 2 条胶带机、2 座皮带机栈桥、2 间转换房、1 座变电站、1 台链斗式卸船机、1 台螺旋式卸船机以及 1 台移动式装船机组成。本工程为国家“十三五”能源规划战略布局项目, 工程全部投产后, 预计年产炼化产品 1 652 万 t, 实现年均销售收入 819 亿元, 将成为保障国家能源安全的强力引擎。

收稿日期: 2023-05-08

作者简介: 汪作凡 (1966—), 男, 高级工程师, 从事港口控制及智能化的设计与咨询。

1 石化产品码头平面布置

根据装卸货种及作业管控要求,石化产品码头由液体化工泊位、油气回收装置区和固体散货泊位组成。其中,1[#]~8[#]装卸液体化工泊位从外向内依次布置在防波堤内且为现浇混凝土结构墩台形式,在2[#]和3[#]泊位之间布置1[#]工作楼及1[#]辅助平台,在4[#]和5[#]泊位之间引桥转角处布置1座消防泵房及平台,在6[#]和7[#]泊位之间布置2[#]工作楼及2[#]辅助平台,各墩台、辅助平台、转角平台以及消防平台之间采用联系桥连通;油气回收装置

区由柴油罐组区(2座2 000 m³内浮顶储罐)、5台柴油输送泵、1套油气回收装置组成;9[#]和10[#]固体散货泊位采用沉箱重力式结构岸壁码头,码头设置驱动间、3[#]变电站,负责固体煤炭卸船和硫磺装船的工艺设备供电及控制。

1[#]工作楼内设置1[#]泡沫站、2[#]变配电房、1[#]现场机柜室及码头现场控制室(兼顾消防控制功能);2[#]工作楼内设置1[#]泡沫站、2[#]变配电房及2[#]现场机柜室;3[#]变电站内设置3[#]变配电房及3[#]现场机柜室。石化产品码头平面布置见图1。

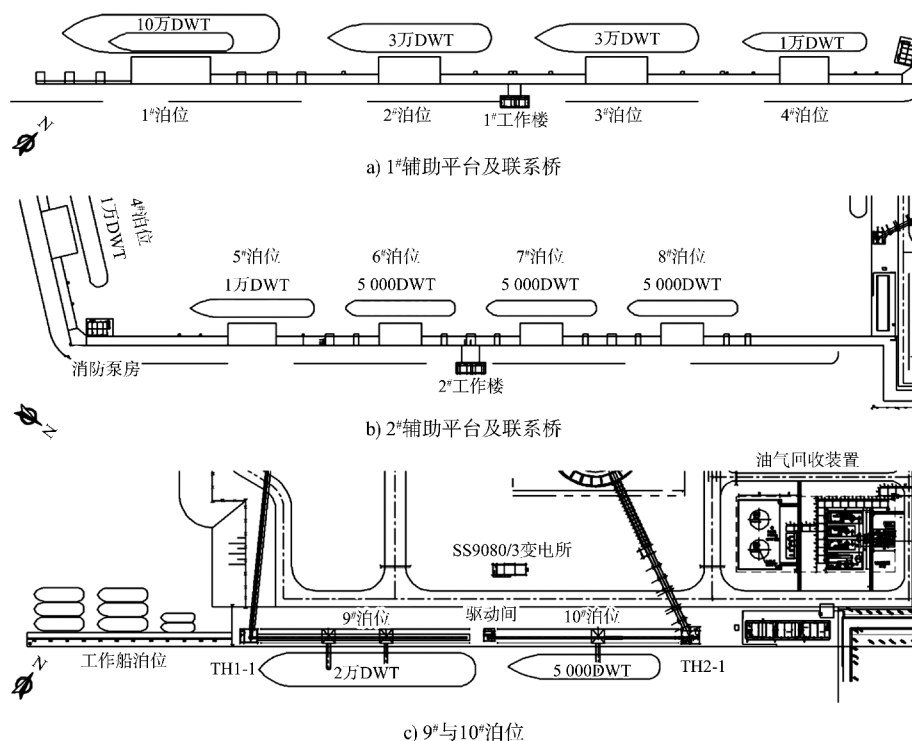


图1 石化产品码头平面布置

2 石化产品码头消防工艺设备

液体散货泊位消防冷却水源由码头自建海水消防泵房供给,冷却水供给量为320 L/s,泡沫用水供给量为160 L/s,水压为1.8 MPa;固体散货泊位的消防冷却水源来自后方厂区的淡水消防泵房,压力不小于0.8 MPa,流量40 L/s。

消防系统的设置是为产品码头以及工作楼平台提供消防冷却水及泡沫混合液。系统设备涉及消防水炮、电动泵、柴油泵、泡沫炮、干粉炮、发泡比例混合装置、消防干粉储罐及氮气瓶组、水幕装置、消防炮操作装置、泡沫罐、电极防海

生物装置及与之配套的管道、阀门等。

消防炮作为灭火及冷却作业船的主要设备,控制方式采用电动远控形式。消防操作员可通过控制设施和码头视频监控系统,使用电子终端设备和遥控装置操纵消防火炮向起火点喷射泡沫。在1[#]~8[#]泊位工作平台前沿各设置2座塔架式泡沫、水消防炮,在7[#]泊位前沿设置2座塔架式干粉、泡沫、水消防炮,在9[#]、10[#]泊位配置消火栓系统。在油气回收装置区和柴油罐区各配置1台推车式泡沫灭火装置且由消防车提供泡沫混合液。消防炮技术参数见表1。

表 1 消防炮技术参数

泊位	消防炮类型	流量/(L·s ⁻¹)	射程/m	工作压力/MPa
1 [#]	水炮	150	100	1.2
1 [#]	泡沫炮	120	80	1.2
2 [#] 、3 [#] 、7 [#]	水炮	100	85	1.0
2 [#] 、3 [#]	泡沫炮	80	70	1.0
4 [#] 、5 [#]	水炮	60	70	1.0
4 [#] ~8 [#]	泡沫炮	48	60	0.8
6 [#] 、8 [#]	水炮	40	60	0.8
7 [#]	干粉炮	40 kg/s	50	1.0~1.6

石化产品码头在 1[#]、2[#]工作楼各设置 2 套泵入平衡压力式泡沫比例混合器及泡沫原液储罐。1[#]工作楼的泡沫混合装置及泡沫原液储罐供给 1[#]~4[#]泊位灭火所需泡沫液, 泡沫混合器设计流量为 130 L/s; 2[#]工作楼的泡沫混合装置及泡沫原液储罐供给 5[#]~8[#]泊位灭火所需泡沫液。泡沫混合器设计流量为 56 L/s, 2 套设备混合比均按照 3%, 泡沫液泵均采用水轮机驱动。另在 7[#]泊位设置 2 套电控干粉灭火系统, 包括干粉储罐及氮气瓶组等组件, 通过管道连接炮塔上面的干粉消防炮, 作为气体火灾的灭火设施。石化产品码头消防泵站主要设备及技术参数见表 2。

表 2 产品码头消防泵站主要消防设备及技术参数

设备名称	流量/(L·s ⁻¹)	扬程/m	数量/台	类型
电动消防泵	320	180	1	一用
柴油机消防泵	320	180	1	备用
消防稳压泵	10	100	2	一用一备
电动泡沫消防泵	160	180	1	一用
柴油机泡沫消防泵	160	180	1	备用
稳压泵	6	100	2	一用一备

在石化产品码头工作泊位码头装卸设备前方设置水幕装置, 隔绝辐射热, 以保护码头工作人员和装卸设备的安全。水幕的设置范围为装卸设备的两端各延伸 5 m 以及登船梯前沿区域, 工作平台水幕的设计流量为 86 L/s。

3 消防控制系统

3.1 消防控制系统特点

1) 合规性。消防控制系统的设计符合 GB 55036—2022《消防设施通用规范》^[1]、GB 50116—2013

《火灾自动报警系统设计规范》^[2]、JTS 158—2019《油气化工码头设计防火规范》^[3]以及消防工艺流程控制功能的要求。

2) 安全性。该系统采用光纤通信, 在满足不同场所防爆要求的同时, 具有较强的抗干扰能力, 可在恶劣环境下工作。控制系统采用了现场人工控制、远程控制、无线遥控等控制方式, 满足消防人员在不同火灾危险等级下可操作性, 保障消防人员安全^[4]。

3) 先进性。该控制系统是以工业以太网环网技术为基础, 系统集成了可编程逻辑控制器 (PLC) 技术、光纤通讯技术、人机界面技术、组态软件技术、传感技术、无线遥控技术等关键技术, 采用冗余的光纤环网通讯方式, 将消防系统中分散的各类设备集成在一起, 组成可满足消防系统控制要求的完整控制网络^[5]。

4) 经济性。通过骨干环网结构, 现场控制设备布线简洁, 避免使用大量的控制电缆, 提高设备的安装调试效率, 在减少电缆使用量的同时, 减少系统占用主路由布线空间, 节省材料, 降低工程成本。

本消防控制系统具有高集成度自动化水平, 其冗余网络可靠性高、扩展能力强, 对消防灭火系统的各消防子系统资源整合, 具备高效、经济等特点。

3.2 消防控制系统组成

消防控制系统由集中操作台、消防炮控制柜、2 套平衡式泡沫系统、1 套消防水泵构成。消防控制系统受控设备主要包含: 4 台立式海水长轴消防泵、2 台比例混合装置设备、16 门电控消防水炮、16 门电控消防泡沫炮、2 套电控干粉炮、16 套消防无线遥控装置、16 套现场控制柜、56 台水路电动阀门、2 台电磁流量计、1 套巡检柜、1 套联络柜、2 套稳压设备。

在 1[#]~8[#]泊位上, 每个泊位由 2 个现场集中防爆控制柜组成, 现场控制柜与码头中控室操作台组成光纤环网, 通过上位机软件对消防水泵控制柜进行平衡比例混合装置、控制系统操作指令下

达给现场 PLC，用于消防火炮实施远程操作。在整个光纤环网中任意一台 PLC 设备通讯断线，数据通过网络上传至上位监控电脑，上位机软件可

实时进行远程监测，通过网络诊断显示网络断线，同时可查找对应的交换机或光纤来查找故障^[6]。光纤环网架构见图 2。

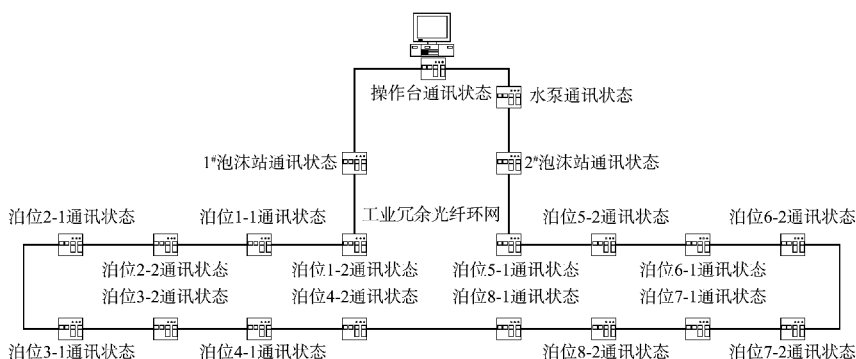


图 2 光纤环网架构

3.3 消防控制系统控制模式

1) 现场手动控制。由工作平台现场控制柜操作面板上按下各功能按钮，控制各炮的上、下、左、右等动作，并完成炮前阀开关动作。

2) 中控室手动控制。通过软件鼠标点击各按钮实现相关操作功能。由中控室操作台工控机对各泊位界面控制各炮的上、下、左、右等动作，按钮完成各炮及炮前阀开闭动作。

3) 无线遥控器控制：遥控器开机时，将红色“急停按钮”旋转松开，将“绿色 ON/OFF 按钮”置于 ON 位置后，按下“炮选”键遥控器开始工作。当“炮选”按钮按下后按“水炮”键，随即可进行水炮的上、下、左、右、开花、直流动作；按下“泡沫炮”键，随即可进行泡沫炮的上、下、左、右动作；当“阀选”按钮按下后，按“水阀”键，再按“开阀”、“关阀”键可以实现当前阀的开闭。

4) 消防作业流程及一键启动流程，通过火灾报警系统确认发生着火点后可通过手动和自动方式进行操作。手动操作方式：将操作台选择到手动模式，可通过软件手动一键启动泡沫站、消防泵，开启当前泊位炮塔的炮前阀，手动操作消防炮。自动操作方式：系统处于自动状态时，当发生火灾，操作系统软件会提示火警，人工确认后，分别选择当前泊位的火警确认信号后，点击一键

启动后，系统会自动启动当前炮位的炮前阀及开启对应消防水泵及泡沫站。

3.4 消防控制系统功能

3.4.1 消防炮控制系统功能

1) 控制系统采用光纤以太环网架构，集中控制台由主控制器、人机界面、驱动模块、状态显示模块、控制输入模块和以太网接口组成。

2) 集中控制操作台控制 16 门消防炮的旋转与俯仰、56 台阀门的启闭、2 套干粉炮旋转与俯仰控制及启动罐瓶电磁阀开启。

3) 实现操作图形化界面，为控制提供图形化交互信息。

4) 消防炮控制功能包含所有消防电动阀门的开启、关闭、故障；消防炮、泡沫炮的俯仰、水平回转动作；控制器在动作角度误差不超过 5%，启动至炮体响应时间不超过 5 s。

5) 具有接警、报警及报警解除功能。

6) 无线控制器具有显示其工作状态功能。

7) 具备远控、场控、无线遥控 3 种控制方式的转换功能。

通过码头消防控制室监视各设备的状态，其功能主要包含监视消防炮各限位信号反馈及炮体运行反馈、监视系统控制模式及状态、监测当前状态及炮前阀运转状况、监视各现场控制箱通讯状态反馈、监视现场控制箱无线遥控器当前动作状态反馈等。

3.4.2 平衡式泡沫比例混合装置控制系统功能

1) 装置控制柜在接到消防控制室火警信号后, 可在系统内自动开启消防进水阀, 系统泡沫泵进液阀和主泡沫泵。

2) 泡沫罐体设有低液面报警器开关和枯液面报警器开关。当罐体内液面过低时, 控制柜可以向外发出声光报警的功能; 当泡沫液快用完时, 控制柜具备强行停泵的功能。

3) 能在控制柜上显示泵运行、停止及阀门的开启、关闭状态。当系统存在故障时, 控制柜面板上系统故障指示灯报警, 同时具备把泵运行、故障、阀门的开启及系统故障状态信号上传至码头消防控制室的功能。

3.4.3 消防水泵控制系统功能

1) 水泵集中控制柜可实现与消防控制室控制

台远程控制并向码头消防控制室上传下列信号: 消防泵和稳压泵的运行状态及故障信号、消防泵和稳压泵手动/自动切换开关状态信号、总管出水压力信号、电动阀开关状态信号、消防泵电动机测温的显示、远程启泵功能等。

2) 集中控制柜具备与消防泵出水电动阀及出水管的电磁流量计进行联动的功能。

3) 消防泵联控柜具备与码头消防控制室进行联动功能。

4) 巡检柜具有自动巡检、显示巡检信息的功能。

3.5 消防控制系统界面

消防控制系统界面见图 3。消防控制系统界面直观展示了消防控制系统设备工作状态和操作方式, 为消防人员提供方便、快捷、准确操作模式。

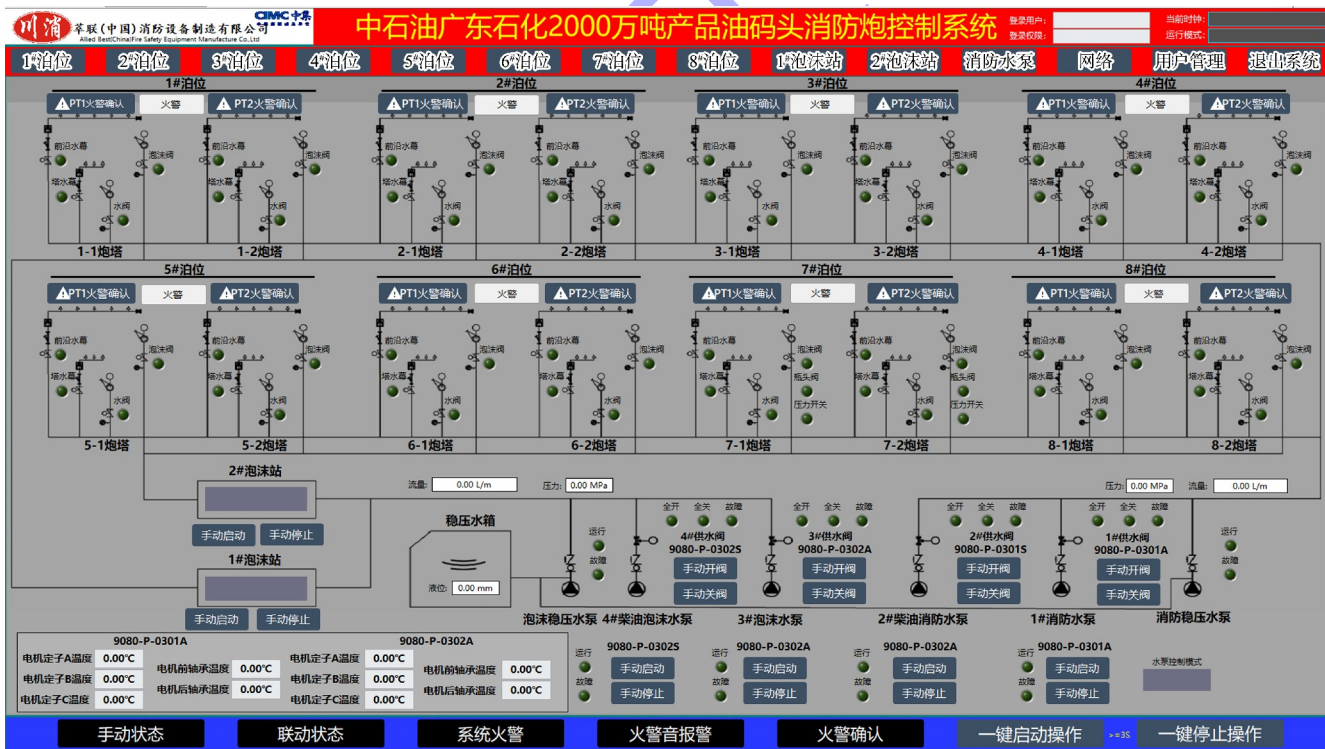


图 3 消防控制系统界面

4 本消防控制系统与传统消防控制系统比较

本消防控制系统与传统消防自控系统对比见表 3。可以看出, 本消防控制系统具有高集成度自

动化水平, 冗余网络可靠性高, 扩展能力强, 对消防灭火系统的各消防子系统资源整合, 具备高效、经济等特点。

表 3 码头消防自控系统优缺点对比

系统类型	系统布线特点	可靠性	安全性	先进性	经济性	适用性
传统码头消防控制系统	星型网络架构, 结构简单, 网络扩展方便。布线复杂, 节点多, 通信线路利用率不高	线缆传输, 抗干扰能力弱。节点较多, 故障点多, 可靠性低	系统布线复杂, 节点多, 增加故障率。爆炸危险场所使用电信号传输, 存在安全隐患	技术成熟, 共享资源的能力较差。操作复杂, 易产生误操作	布线复杂, 线缆量大, 造成工程造价成本较高	适合少量货种、规模较小码头工程
广东石化产品码头消防控制系统	工业以太网环网架构, 布线简单, 连接方便。光纤环网的拓扑结构相对复杂, 网络扩展变更须调整	光纤环网传输, 通讯冗余, 抗干扰能力强, 可实现高速传输。节点少, 故障点少, 可靠性高	系统布线简单, 节点少, 降低故障率。爆炸危险场所控制信号采用光纤传输, 不存在安全隐患	多技术同时应用, 集成度高, 共享资源能力强。操作直观简单, 一键启动, 快速且不易产生误操作	布线简单, 线缆量少, 工程造价成本较低	适合多货种、规模较大的码头工程

5 结语

1) 广东石化产品码头消防控制系统设计借鉴了国内同类型港口消防操作理念及控制方式, 同时也解决了传统消防控制系统发生误操作概率高的问题。本消防控制系统是国内少有的大型“液体+固体”模式的港口工程成功应用案例。

2) 目前, 广东石化产品码头已顺利通过了竣工验收, 消防控制系统运行稳定, 消防通讯响应迅速。同时该工程正式向社会开放, 整个工程消防控制系统将为广东石化炼化一体化项目产品走向市场提供强大助力和安全保证。

参考文献:

[1] 中华人民共和国应急管理部, 中华人民共和国住房和城乡建设部. 消防设施通用规范: GB 55036—2022[S]. 北京: 中国计划出版社, 2022.

[2] 公安部沈阳消防研究所. 火灾自动报警系统设计规范: GB 50116—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

[3] 中交水运规划设计院有限公司, 交通运输部公安局. 油气化工码头设计防火规范: JTS 158—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.

[4] 王红, 尹青云, 尹小清. 30 万吨原油码头消防自控系统[J]. 水运工程, 2009(6): 88-90, 102.

[5] 卜雪民. 消防炮 CAN 总线控制系统的应用设计[J]. 价值工程, 2013, 32(13): 206-207.

[6] 张明江. 天津港石化码头消防现状与消防自动化系统构建[J]. 商品储运与养护, 2008, 30(4): 142-144.

(本文编辑 王璁)

· 消 息 ·

中交集团连续 18 年入选“中国承包商 80 强和工程设计企业 60 强”榜单, 位居“最具国际拓展力承包商”榜首

2023 年 12 月 22 日, 美国《工程新闻纪录》(ENR) 和中国《建筑时报》共同发布 2023 年度“中国承包商 80 强和工程设计企业 60 强”排名, 中交集团以工程承包营业额 8 795 亿元位列“2023 年中国承包商 80 强”第 3 名, 连续 18 年入选榜单, 并再度荣膺“最具国际拓展力承包商”榜首。

面对新形势新任务新征程, 中交集团将继续保持战略定力, 坚持“123456”总体发展思路, 把高质量发展作为首要任务, 持续深入实施国有企业改革深化提升行动, 坚定不移把握“三个总”、用好“两个途径”、发挥“三个作用”, 深化“六化”建设, 全力打造业务覆盖全面、技术保障一流、管理高效专业、品牌形象良好的一流工程承包商, 全力推动“中交设计”成为央企专业化整合的示范标杆, 进一步聚焦主责主业, 着力提升设计咨询高端引领、全过程引领和品牌引领三大能力, 充分发挥设计咨询对公司高质量发展的价值提升和放大作用, 奋力谱写加快建设具有全球竞争力的科技型、管理型、质量型世界一流企业新篇章。