



洋山四期工程供电系统创新应用

姚宇¹, 胡建勇², 陈伟治¹

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032; 2. 中建港务建设有限公司, 上海 200433)

摘要: 洋山四期工程供电系统广泛应用了新技术、新产品、新材料、新工艺。如: 过电压保护装置选用六柱全相双安全保护装置, 为设备更加可靠、安全的运行提供了保障; 使用 DEHN 系列接地夹具不但给施工带来了便利, 而且更易于控制施工质量; 采用洛克赛克穿隔密封系统有效解决了电缆密封和日后的扩容问题。

关键词: 创新应用; 过电压保护装置; 接地线连接方法; 电缆密封解决方案

中图分类号: U 653.95

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0163-04

Innovative application of power supply system for Yangshan deepwater port phase IV project

YAO Yu¹, HU Jian-yong², CHEN Wei-zhi¹

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

2. China State Construction Harbor Construction Co., Ltd., Shanghai 200433, China)

Abstract: New technology, new product, new material, new process are widely used in the power supply system of Yangshan deepwater port phase IV project. For example, the over-voltage protector with dual safety protection device for all phases in six posts guarantees more reliable and safe operation of the equipment; the use of DEHN series earth clamp not only facilitates the construction, but also ensures easy control of construction quality; the roxtec cross sealing system effectively solves the problem of cable sealing and future expansion.

Keywords: innovation application; over-voltage protection device; grounding wire connecting method; cable sealing solution

上海国际航运中心洋山深水港区四期工程是国内首个全自动化集装箱码头, 采用国际上最新一代自动化集装箱装卸设备和一流的自动化生产管理控制系统, 是港口“智能装卸”和“无人码头”等先进技术应用和运营管理模式创新的代表。

创新贯穿于工程建设的始终。在供电系统的设备选型、施工过程中, 通过不断应用新技术、新产品、新材料、新工艺有效解决了所遇到的一些问题, 如: 现今常用的过电压保护装置存在隐患、接地装置不同材料之间连接的防腐、变电所进出电缆的密封和日后扩容等。

1 新型过电压保护装置的应用

目前, 高压开关柜内的过电压保护装置大都选用三相四柱组合式过电压保护器, 考虑其技术上固有的缺陷, 故选用六柱全相双安全保护装置予以替代。

首先, 三相四柱组合式过电压保护器是由4个氧化锌阀片单元(保护单元)组成“四星形”接法, 阀片单元两两组合形成相间、相地保护, 但这种“四星形”组合式原理给保护器人为制造出一个中性点, 使得相间阀片单元运行时长期荷电率过高, 而相地阀片单元在系统出现单相接地故障、中性点偏移时更易发生热崩溃; 同时也由于

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 姚宇(1969—), 男, 教授级高级工程师, 从事港口供电照明的设计工作。

这种“四星级”接法是两个单元分担运行电压，所以当—个单元损坏时，另一个单元会迅速损坏，这样的连锁反应最终会导致相间短路并将事故扩大。

而六柱全相双安全保护装置采用六柱结构，相间和相地均为独立的氧化锌阀片单元组件，所有氧化锌阀片单元都独立运行，不会引起四柱式结构中的损坏连锁效应。并且，六柱式结构无中性点存在，因此也不会发生四柱式结构中相地单元的热崩溃。

其次，由于“四星级”结构使得氧化锌阀片单元荷电率过高，所以不得不加入火花间隙对氧化锌阀片单元进行保护。火花间隙的加入，一方面降低了产品的保护性能，另一方面增加了制造工艺的复杂性，产品的稳定性势必受到影响；而且因无法实现有效的在线监测和离线检验，实际运行故障率会提升，容易造成事故扩大。

而六柱全相双安全保护装置采用无间隙结构。其优点有：

- 1) 陡坡响应特性好，无截波，对保护设备无不良影响；
- 2) 响应速度快，无放电延时，响应速度为纳秒量级；
- 3) 动作稳定，没有四柱式结构因加入火花间隙产生的缺陷、更不存在间隙放电电压受内外环境影响的问题；
- 4) 结构可靠，制造工艺简单，易于实现在线检测及预防性试验，运行更加安全可靠。

此外，六柱全相双安全保护装置采用的是大能容氧化锌阀片，能够有效减少因过电压能量超过保护装置能容而引起的热崩溃事故，能满足多种复杂工作条件下过电压保护的要求。

综上所述，六柱全相双安全保护装置是性能优良的新型过电压保护装置。其保护功能更加完善，能够更加有效地限制大气过电压和操作过电压，对电力系统中各种电气设备的相间、相地及匝间的绝缘能够起到更好的保护作用。装置采用环氧树脂真空浇注机进行真空浇注。还可配置在线监测仪，实时准确记录过电压动作次数以及监

测氧化锌阀片老化和熔丝熔断状况等；并可通过RS485通讯接口和内置的通讯规约，与港区电力自动化监控系统的后台连接，实现远方操作和信息上传等通讯功能。

2 接地夹具的应用

我国传统接地装置大多采用钢材质，考虑防腐，在表面热镀锌。由于接地体的腐蚀主要有化学腐蚀和电化学腐蚀两种形式，而铜在土壤中的耐腐蚀性大约是镀锌钢的3倍以上，且电气性能稳定，所以应该是解决接地装置腐蚀问题的最好选择。但是由于我国铜资源匮乏，为了节约有色金属，“以钢代铜”的做法一直得到大力的推广和延续。再加上纯铜材的一次造价又远高于钢材，因此除腐蚀严重地区外，还是以镀锌钢为首选材质。

小洋山岛受海雾、海风含盐及其他介质的影响，浸蚀、腐蚀现象严重，因此，四期工程的室外接地线和建筑物接闪器等选用纯铜材。但是，由于都是优先利用建筑物的自然接地体，即利用建筑物钢筋混凝土屋面、梁、柱、基础内的钢筋作为引下线和接地装置，因此不可避免地会涉及到不同材料之间的连接方法问题。

2.1 涉及的国内相关规范条文有：

- 1) GB 50169^[1]第3.4.3条要求“接地体(线)为铜与铜或铜与钢的连接工艺采用热剂焊(放热焊接)”并对其熔接接头提出具体工艺要求；
- 2) GB/T 50065^[2]第8.1.3条要求“接地导体(线)与接地极的连接应牢固，且应有良好的导电性能，并应采用放热焊接、压接器、夹具或其他机械连接器连接。机械接头应按厂家的说明书安装。采用夹具时，不得损伤接地极或接地导体(线)。”

3) GB/T 21714.3^[3]第5.5.3条规定“连接应牢靠，可通过钎接、焊接、夹接、压接、缝焊、螺钉或螺栓连接。且需达到IEC 62561-1的测试要求”；在附录E.5.6.6.2规定“应避免不同材料之间相互连接，否则，应采取防腐措施。”

2.2 目前各种常用连接方法的比较

目前各种常用连接方法的比较见表1。

表1 常用连接方法比较

焊接方式	技术	经济	材料
电气焊接	1)需用电、动火,质量的可控性差;2)焊点镀层被破坏,焊点易腐蚀	可能需停止生产,加设防护设施	镀锌钢-镀锌钢之间(铁焊条+防锈漆+电源+工具等)
放热焊接	1)需动火,质量的可控性差;2)焊点镀层被破坏,焊点易腐蚀;3)潜在的安全和环保问题	可能需停止生产,加设防护设施	铜-铜、铜-镀锌钢之间(铜粉+模具+电源+工具等)
不锈钢夹具连接	1)标准化夹具连接:无需用电、动火,安装简单;2)质量可控,连接点不破坏镀层	人工成本极低,无需停止生产,无污染问题	任何材料之间:铜-铜、铜-镀锌钢、镀锌钢-镀锌钢(不锈钢夹具)

从中可以看出夹具连接的优点:

1) 防腐方面:夹具连接是唯一不破坏导体镀层的电气连接方法。无论是电气焊接还是放热焊接,都会对连接点的导体镀层进行彻底的破坏,从而与连接点周边的导体形成电化学腐蚀。连接点的腐蚀对于接地系统来说,是最致命的问题,一旦第一个连接点腐断、纵使后面还有无数接地导体也都无济于事。

2) 施工方面:夹具连接仅需按照产品说明中的力矩要求安装即可,无需用电、无需动火、无需特定的技术培训;方便快捷、还可重复拆卸;不含易燃易爆品、安全环保。

3) 可靠性方面:焊接无法进行 IEC 62561-1^[4] 所要求的测试内容,而夹具产品可以测试。IEC 62561-1 对夹具产品的标准进行了详细的定义,包括:盐雾环境耐腐蚀、硫化环境耐腐蚀和雷电流冲击耐受等性能参数。所以,相比于电气焊接和放热焊接的定性型要求,夹具连接的定量型要求更加具体,具有更高的可靠性。

基于以上分析,夹具连接是目前技术上可实现的最优化连接方法,是不同材料之间唯一的连接方法。国内正在针对夹具产品制定等同于 IEC 62561-1 的国内标准。本次选用的 DEHN 系列夹具均有相关测试报告。

3 电缆密封的新解决方案

四期工程 1[#]~5[#]变电所、9[#]~14[#]变电所和 16[#]变电所,因供电负荷数量多或单机容量大等原因,出线电缆数量相当可观。若按常规做法,在变电所墙体处设置穿墙管,不但电缆敷设难度很大,而且无法与户外电缆沟进行很好的衔接,故只能

在墙上开孔洞供电缆穿越。于是墙洞的封堵方案成为主要的关键。除了要满足很好的防水、防火、防啮齿动物等防护要求外,还要解决各个施工阶段产生的一系列问题,包括:土建施工结束、电缆敷设前如何处理?电缆敷设完毕后如何处理?日后再加装电缆如何处理,等等。

通过多方搜集信息、组织调研,最终确定选用烙克塞克密封系统作为解决方案。该系统由框架、密封模块、压紧件、隔层板、润滑脂等组成。

1) 框架。常用框架有 3 种类型:

①S 型,用于焊接安装。提供单一开口,或在宽度方向和高度方向几个开口的组合。材质可选优质低碳钢、耐酸不锈钢或铝材。

②G 型,为带法兰框架。提供单一开口,或在宽度方向和高度方向几个开口的组合。通过螺栓、浇铸或焊接方法安装。材质可选优质低碳钢、镀锌低碳钢或耐酸不锈钢。

③GHM 型,在无法实施焊接安装的环境内使用,通过螺栓固定安装。使用密封带将框架密封到结构上。材质为优质低碳钢。

2) 密封模块。特点是多径技术,有 RM15、RM20、RM30、RM40、RM60 等系列,可密封直径在 3~99 mm 之间的电缆。施工时,只需剥离芯层,便可使单个模块密封不同直径的电缆。若不移除中心塞,则可把模块作为备用件。

3) 压紧件。用于安装时压紧和密封电缆、模块、隔层板。

4) 隔层板。安装在框架各排开口之间,用于防止电缆被拔出。

5) 润滑脂。用于润滑密封模块,压紧件和框

架内部；可确保正确的压紧和安全的密封。

烙克塞克密封系统有两大系列产品，本工程使用的是 RM 系列，其框架、模块和圆形密封件的标准深度为 60 mm，用于墙壁内电缆的穿隔密封。根据变电所近、远期进出电缆的数量和型号规格，就可以设计出烙克塞克多径模块组的解决方案。其独特的多径技术(可剥芯层的橡胶模块)，可以简化设计、加快安装速度。无论电缆外径如何变化，都可保证高质量的安装密封效果。同时，还能将来预留内置的备用容量，为日后的安装扩容提供方便。

烙克塞克密封系统通过了所有主要船级社的测试和认证，充分显示出其优异的性能和防护能力，能满足对安全的需求，是高效安全的密封解决方案。产品的多样化可适用于客户的不同需求。

4 结语

过电压保护装置选用六柱全相双安全保护装置，为设备更加可靠、安全的运行提供了保障；使用 DEHN 系列接地夹具不但给施工带来了便利，而且更易于控制施工质量；采用烙克塞克穿隔密封系统有效解决了电缆密封和日后的扩容问题。

参考文献：

- [1] GB 50169—2006 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范 [S].
- [2] GB/T 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范 [S].
- [3] GB/T 21714.3—2015 雷电防护.第 3 部分: 建筑物的物理损坏和生命危险 [S].
- [4] IEC 62561-1—2012 避雷系统组件(LPSC).第 1 部分: 连接组件的要求 [S].Switzerland: IEC Central Office, 2012.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 162 页)

4 结语

洋山四期工程采用“双小车岸桥+AGV+自动化轨道吊”的自动化装卸工艺系统，并针对工程特点在工艺系统的设备选型和平面布置方面进行了细化和优化，解决了以下主要问题：

1) 岸桥吊具的选择既考虑了船舶大型化对装卸效率的要求，又便于与水平运输环节的衔接，AGV 的形式及充电方式充分考虑了自动化作业区域对设备维护管理的要求。

2) 堆场应用多种形式轨道吊，解决水-水中转比例高所致的海陆侧轨道吊作业量不均衡、互拖箱作业成本高、运输距离长等问题，同时提高了装卸系统对船舶大型化趋势的适应性。

3) 在保证箱区作业效率的前提下通过扩大自动化堆场区域以及轨道吊轨距的合理选择，实现堆场容量和作业效率的综合平衡，解决陆域狭小

对大型深水泊位通过能力的制约。

本项目围绕自动化作业的特点和工程具体条件，以高效、可靠、节能、安全为目标进行装卸工艺设计，为建成后充分发挥出集装箱码头自动化的优势奠定基础。

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] 何继红, 林浩, 姜桥.自动化集装箱码头装卸工艺设计[J].中国港湾建设, 2016(4): 67-70.
- [3] 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总平面及装卸工艺方案研究报告[R].上海: 洋山深水港区四期工程建设指挥部, 2014.

(本文编辑 郭雪珍)