



煤炭连续卸船机技术特性及适用性

孟亚好, 崔永鸿

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 连续卸船机的作业效率高、对环境污染小、货损少、可自动运行, 在我国已有40余年的使用经验, 目前已有上百台各种形式的连续卸船机在我国港口使用。结合煤炭连续卸船机的形式及其各自技术特性, 对其发展历程和应用情况及趋势进行分析, 总结其适应性, 并根据连续卸船机设计制造及运营管理的技术水平和当前社会环保要求归纳其适用性。

关键词: 连续卸船机; 技术特性; 适用性

中图分类号: U 653.92

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)S1-0011-05

Technical characteristics and applicability of continuous ship unloader for coal

MENG Ya-hao, CUI Yong-hong

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Featured with higher efficiency, less pollution, little loss of goods and operation automation, the continuous ship unloader has been applied for more than 40 years in China. At present, over a hundred sets of various forms of continuous ship unloaders are used in China's ports. Based on the types of coal continuous ship unloaders and technical characteristics, we analyze the development, application and tendency and summarize its adaptability. According to the technical level of the design, manufacture and operation management, and the current social environmental requirements, we conclude its applicability.

Keywords: continuous ship unloader; technical characteristic; applicability

散货卸船机分周期性作业机械和连续性作业机械两大类。周期性作业机械主要采用间歇式抓斗系统, 有130多年的使用历史, 主要有桥式抓斗卸船机、带斗门座起重机以及门座起重机(带抓斗)等形式。连续性作业机械主要采用气力式或机械式, 气力式连续卸船机主要应用于流动性好的轻质散货, 且能力一般较小, 能耗较大, 不予赘述; 机械式连续卸船机根据取料或提升构件的特性细分为链斗、螺旋、斗轮、悬链式、夹带、波纹挡边带、埋刮板、绳斗、袋斗等形式, 除绳斗、袋斗形式外, 其他形式的连续卸船机在我国港口都有使用, 其中悬链式链斗卸船机主要用于内河小型船舶的卸船作业。

连续卸船机的作业效率高、对环境污染小、货损少、可自动运行, 在我国已有40余年的使用经验。其在我国的使用分为以下几个阶段: 初期的摸索阶段, 到后来的一个迅速发展阶段, 尤其是80年代后, 其技术得到了迅速发展, 我国引进和自行研制了各种类型的连续式卸船机, 目前已有上百台各式连续卸船机使用。进入90年代中期以来, 我国连续卸船机发展的势头有所减弱, 相反, 桥式抓斗卸船机, 尤其是具有较高生产率的桥式抓斗卸船机的市场需求越来越大, 而同期在国外, 特别是日本和欧洲, 连续卸船机技术和市场都得到了持续的发展。2000年以来, 国内对节能减排的要求不断提高, 连续卸船机再次引起关注。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 孟亚好(1980—), 男, 高级工程师, 从事港口工程规划设计工作。

1 连续卸船机形式及技术特性

对连续卸船机的研究要先从对物料的研究开始。不同的物料特性决定连续卸船机取料形式的选择。前面所述机械式连续卸船机的多种形式也主要是为适应散粒物料的品种甚至是品质的多样性而出现的。

国外在连续卸船机的发展方面体现出两大趋势：在专业化大型散货码头上接卸矿石、煤炭等流动性较差的重散货，趋向于采用大型高效的连续卸船机，机型主要有链斗式、螺旋式和斗轮式；对于接卸化肥、粮食、饲料甚至水泥等流动性较好的轻散货，推荐采用小型、流动式、多用途的连续卸船机，机型以夹带式、波纹挡边带式、埋刮板式、螺旋式为主。

以下主要对在煤炭卸船方面应用较多的链斗式、螺旋式两种形式连续卸船机加以介绍。

1) 链斗式卸船机。

链斗式卸船机取料及垂直提升采用钢制链斗，链斗提升机构呈 L 型，它能伸入船舱。取料时，可以采用手动控制、半自动控制 and 给定坐标自动控制 3 种作业方式，经传动链驱动，将物料由船舱内连续卸到机上皮带机上，该机大车沿轨道行走，对准船舱进行卸料作业。垂直臂可以摆动 $\pm 30^\circ$ ，使链斗达到船舱内的角落卸料。水平臂架可以变幅，工作变幅角度根据物料允许的输送角度和潮位变化确定，非工作状态变幅角度要考虑整机脱离船舶和不影响船舶的靠离泊。另外，该机还具有旋转功能以便于卸船作业和维修，适于粒度小的物料卸船作业。

链斗式卸船机技术相对成熟，在国内应用较多，华能福州电厂、华能南通电厂、惠来靖海电厂、汕尾电厂、沙角 C 电厂、江门电厂、漳州后石电厂和珠海神华煤炭储运中心等均采用链斗式卸船机。其中福州电厂和南通电厂的链斗式卸船机由于属早期产品，故障率及维护成本高，现均废弃。

2) 螺旋式卸船机。

螺旋式卸船机利用螺旋机构的机械旋转将物

料提升，主要由垂直臂、水平臂、旋转塔、末端螺旋或带式输送机 and 门架等构件组成。垂直臂包括箱型罩和垂直螺旋输送机，水平臂包括箱型臂架和水平螺旋或水平皮带输送机两部分。垂直螺旋输送机由内螺旋、机壳外螺旋组成，内螺旋用于垂直提升物料，外螺旋用于物料松散及供料；垂直螺旋采用单头或双头螺旋。在垂直臂架的头部设有反向螺旋喂料装置（喂料器），卸船时，先把喂料器降入待卸物料中，物料在喂料装置中的正向螺旋的作用下向下推送，继而由取料螺旋向中心提升反向螺旋处挤送，反向螺旋则将物料输送到螺旋提升管中，接着内螺旋便把物料垂直提升，然后通过水平输送机把物料输送到码头皮带机接口处。

螺旋式卸船机通过液压缸可以实现垂直臂前后、左右摆动 $\pm 30^\circ$ ，水平臂架工作俯仰角度水平 $\pm 20^\circ$ ，非工作角度最大达 45° 。卸船机旋转是靠液压马达来实现，一般旋转角度选用 $\pm 110^\circ$ 。螺旋卸船机的特点式自重轻、效率高、造价相对其他连续形式低、防尘性好、噪音低、清舱量少和易于实现自动化控制等优点，适于粒度小、密度小的物料卸船作业。

早期的螺旋卸出力小，对煤炭颗粒度要求较高，可靠性差，如华能岳阳电厂早期配套 2 台螺旋卸，由于设计不合理（定机移船）及当年煤炭杂质多，现已废弃。发展至今大型的螺旋卸船机技术先进、成熟，已投产并成熟运行的螺旋卸船机最大卸船能力可达 2 400 t/h，最大作业对象为 20 万吨级散货船。从使用分布来看，在海外应用相对较多，新加坡大士公司、台湾兴达电厂、台湾麦寮电厂、台湾塔林电厂等均有应用，特别是台塑集团，近些年所上项目基本均采用螺旋卸船机；国内大陆方面在煤炭方面业绩也逐渐增加，有湄洲湾电厂（1 400 t/h）、台塑宁波热电厂（1 000 t/h）、中山电厂（1 400 t/h）等。

链斗式卸船机和螺旋式卸船机卸船能力与船型、清舱量关系见表 1。

表 1 链斗式卸船机和螺旋式卸船机比较

项目	单机生产率/(t/h)	适应船型/万 t	清舱量	适应物料粒度范围	适应物料堆密度/(t/m ³)
链斗式卸船机	300~3 500	30 以下	小	小	~2.5
螺旋式卸船机	200~2 400	20 以下	小	小	~1.2

2 应用情况统计与分析

一般来说, 连续卸船机构造比较复杂, 使用维护技术水平相对要求较高, 这使得连续卸船机必须具有更高的产品质量和使用可靠性。国产连续式卸船机的制造历史较短, 受设计制造经验和国内技术条件制约, 前些年国内投产的大宗散货码头中, 多数业主码头和几乎所有公用码头, 接卸煤炭、矿石者基本均选用了较大型的桥式抓斗卸船机。随着连续卸船机技术的不断发展完善, 以及国内对连续卸船机的认识和技术掌握的进步, 近些年尤其是 2000 年以后国内电厂煤码头已开始采用大型连续式卸船机, 使用经验不断积累, 国内厂家也开始掌握了大型连续卸船机的技术, 上海振华重工(集团)股份有限公司近几年已累计生产 10 余台连续式卸船机(链斗)项目, 并交付使用。

连续卸船机以其环保、节能、高效等突出优势, 在发达国家对于单一物料卸船有取代抓斗卸船机之势; 在亚洲, 日本、韩国、印尼、马来西亚以及中国台湾省新建电厂也已基本上均采用连续卸船机。粗略估计, 全球煤炭连续卸船机的应用在 300 台以上。

从国内外煤炭连续卸船机的使用统计情况看, 链斗式和螺旋式的应用居多, 斗轮式应用案例较少。链斗式是比较传统的应用于煤炭卸船的连续式机型, 螺旋式最初用于煤炭卸船相对较少但近年来呈上升趋势, 两种机型的应用不相上下。据不完全统计, 2000 年以后链斗及螺旋式卸船机在国内应用约 33 台(其中台湾 14 台、内地 19 台), 八九十年代另有 20 台以上; 2000 年以后国外应用约 62 台, 八九十年代另有 70 台以上; 链斗式和螺旋式统计分析见表 2。

分析两种机型应用情况可知: 2000 年前, 链斗式与螺旋式相比略占优势; 但在 2000 年后, 螺旋式的应用已有并驾齐驱甚至超越链斗式之势, 尤其在台湾, 新建的电厂基本采用了螺旋式。麦

寮电厂最初的 2 台链斗卸船机也已淘汰, 新启用了 5 台螺旋卸船机。

表 2 国内外典型煤炭连续式卸船机应用统计

时间	地区	类型		总计
		链斗式	螺旋式	
20 世纪 80 年代后	中国内地	24	7	31
	中国台湾	4	17	21
	国外	84	47	131
2000 年后	中国内地	2	12	14
	中国台湾	13	6	19
	国外	33	29	62

3 优劣势对比

卸船机类型及作业效率见图 1、2。

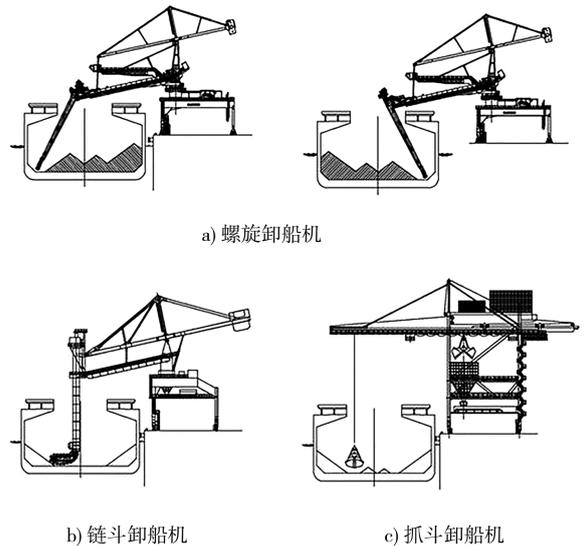


图 1 卸船机类型

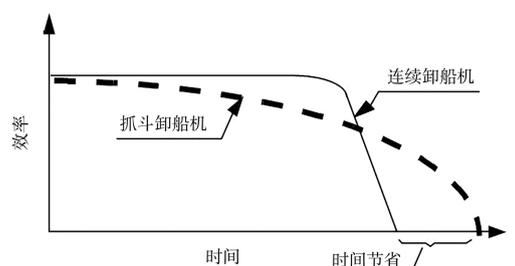


图 2 卸船机作业及效率-时间关系曲线

结合不同机型的作业特点及使用情况进行分析对比, 结果见表 3。

表3 连续卸船机与桥式抓斗卸船机对比^[1]

项目	螺旋式卸船机	链斗式卸船机	桥式抓斗卸船机
环保	喂料装置从物料表面以下提取物料,从船舱至码头皮带机的输送过程全封闭,无扬尘现象	从取料开始,物料均在全封闭环境下输送,基本无扬尘现象	抓斗提升及水平移动过程中均有漏煤现象,抓斗(卸)放料过程有明显扬尘现象
能耗	能耗约0.5~1.0 kW·h/t,由于机构较多,装机容量稍大,整机装机容量为桥抓的1.2倍左右,1 800 t/h螺旋卸船机能耗约0.6 kW·h/t	能耗约0.5~0.75 kW·h/t,略低于螺旋卸船机,1 800 t/h链斗卸船机能耗约0.55 kW·h/t	物料提升时抓斗也要提升,且卸料后小车返回至船舱过程同样耗能。一般能耗0.4~0.85 kW·h/t,1 800 t/h桥抓能耗约0.45 kW·h/t
整机质量	~0.6(1 800 t/h螺旋卸船机质量质量约900 t)	~1.1(1 800 t/h链斗卸船机质量约1 600 t)	1(1 800 t/h桥抓质量约1 500 t)
清舱量	垂直臂的摆动功能结合舱底约0.5 m厚需辅助设备清舱,清舱量少,但最后剩余物料不易卸出	链斗卸船机取料头能伸到船舱角落,但卸船船型跨度较大时实际清舱量将加大,需辅助设备清舱作业	抓斗不能伸到船舱各角落,物料剩余较多时(约全仓的1/3)即需吊入推料机辅助清舱。最后剩余少量物料时易卸出
平均卸船率	对于卸单个舱:75%~90%额定出力; 对于卸整条船:70%~75%额定出力(仓底余料0.5 m以上可发挥额定出力)	对于卸单个舱:75%~90%额定出力; 对于卸整条船:60%~75%额定出力	对于卸单个舱:最高70%额定出力; 对于卸整条船:最高55%额定出力。 常规出力45%~50%
系统设备配置	完成相同的码头卸船量,所需螺旋卸船机规格及数量合计为1.45,相应后方皮带机输送线和堆料机能力均可降低,减少设备及供电、土建费用	完成相同的码头卸船量,所需链斗卸船机规格及数量合计为1.55,相应后方皮带机输送线和堆料机能力均可降低,减少设备及供电、土建费用	完成相同的码头卸船量,所需桥抓规格及数量合计为2
物料适应性	对物料中含有大型异物或含水量过高者适应性差(煤炭水分含量超过15%对作业效率会产生一定影响)。一般要求物料块度250 mm左右	对物料中含有大型异物或含水量过高者适应性差。一般要求物料块度200 mm左右	对各种物料适应性均较强
船型适应性	适应船型较广	船型范围变化较大时,适应能力相对较差	适应各种船型
作业条件敏感性	对船舶泊稳条件要求较高,对不同的水文和气象条件较敏感,连续式卸船机的喂料头部位均设置保护装置,当船舶泊稳条件较差,船体上下浮动行程较大时,保护装置会自动进入保护状态,垂直臂停止工作的同时向上提升一定的高度,避免波浪引起的冲击,保护状态暂停作业,但由于链斗卸船机的L型斗式取料头尺寸更大,导致其对波浪影响相较螺旋卸船机更为敏感;不像抓斗卸船机的钢丝绳可以消化波浪的影响		绳索柔性牵引,对不同的水文和气象条件适应性较强
造价、维修	①同规格造价约是桥抓的1.5倍左右,设备需进口或部分国产。②喂料器及垂直提升螺旋部分的磨损严重(使用寿命约10 000 h),为主要维护部件,维修成本稍高,结合国内设备使用情况,单位作业量维护成本约0.8~1元/t	①同规格造价约是桥抓的1.7倍左右,设备需进口或大部分国产。②液压系统较多,维护量大,且故障率相对较高。③取料机提升料斗部分的磨损严重(使用寿命约2 500 h),维护工作量较大,备件维修成本高,结合国内设备使用情况,单位作业量维护成本约1.2元/t	①价便宜,整机均可实现国内厂家供货。②备件、维修容易,维护工作量小且成本较低,主要需维护部件为钢丝绳(使用寿命约为1 500 h),以国内桥抓使用进行统计,单位作业量维护成本约0.7元/t
故障率	较高(主要为垂直提升螺旋的卡塞)	最高(主要为垂直提升链斗的卡塞或转接点的堵料)	较低(主要为电控系统、液压系统等较易解决)
使用经验		使用经验相对较少	使用经验丰富

从表3可知,桥式抓斗卸船机的最大优点是工作可靠、适应性强、设备投资较低,使用经验丰富;而连续卸船机的突出优点是清舱量小,平均卸船效率系数高、全封闭设计,环保效果好,虽然码头环节设备投资较大,但考虑到系统其他设备投

资、码头结构投资、土地利用的节省,以及运营过程中系统能耗、物料遗失、用水量的减少等因素,综合投资比桥式抓斗卸船机方案并不会增加太多,而运营成本明显降低、环保效果改善明显。

螺旋式连续卸船机相比链斗式能耗和磨损稍

大, 清舱量也略多, 但自重较小, 造价略低, 对物料粒度的不均匀和湿度的差异适应性较好、密封性更好, 且喂料装置在物料表面以下作业, 基本无扬尘, 更环保。

4 适用性分析

连续卸船机的选用在很大程度上受下列环境和经济因素的影响: 1) 环保方面的规章制度, 以及环境成本; 2) 初始一次性投入较大; 3) 国产化水平、维护保养及备件费用、成熟的技术支持; 4) 高效率、低运行成本; 5) 不同水文和气象条件下的高性能卸船作业; 6) 物料性质; 7) 船型大小; 8) 码头自动化需求。

从当前形势和连续卸船机的最新技术发展来看, 煤炭卸船采用连续卸船机的条件已渐趋成熟。

1) 近年来, 国家大力提倡节能减排, 对项目建设环保措施及标准要求越来越高, 对环境污染的惩罚也越来越严苛, 社会公众环保意识也越来越强, 对于连续卸船机的推广使用已具备政策和社会土壤。

2) 上海振华、无锡三和重工等一批国内制造商已开始具备连续卸船机的设计及制造能力, 国内也已有数年连续卸船机使用的技术经验积累, 制造和备件及维护费用均会大幅降低, 对于连续卸船机的推广使用已具备技术和经济条件。

3) 连续卸船机技术发展至今已能够通过液压随动控制臂架系统以及柔性取料装置适应在作业标准条件下船体的晃动, 这也已在实际工程中得到了检验。

4) 鉴于连续卸船机的本身作业特性和机构设置, 以下几点仍会对其使用有一定制约: ①码头水域风浪较大, 靠泊时船体晃动较大时, 会频繁引起连续卸船机的作业停止, 影响使用; ②由于其取料装置的特点, 对物料的粒度极为敏感, 适应粒度较小, 故而物料较复杂(粒度大、特别不均匀、含水量大、粘度大等)时仍不适宜采用; ③连续卸船机通过自身臂架系统的旋转、俯仰机摆动适应船型, 但船型兼顾范围较大时, 其适应能力稍差。

5) 连续卸船机与抓斗卸船机相比更容易实现

自动化作业; 与散货码头由当前的仅能实现堆场自动化向未来堆场及码头全自动化发展的趋势相一致。已经有国外公司开发了以卸船程序自动化为目的的连续式卸船机的全套控制系统。以手动方式执行卸船过程后, 卸船的顺序就编入并记忆到 PLC 内, 此后, 就可以在单层或多层卸料时“回放”卸船过程。自动化卸船操作可以从司机室或通过遥控器控制, 也可实现“恒定进给量卸船”。这是通过以下方式自动调整设备的 3 个运动(悬臂回转、提升机回转和大车行走)来达到的, 即按照提升机驱动功率和悬臂输送机的出力, 或按照预先设定的取料速度相对于喂料头取料量的数值^[2]。

5 结语

煤炭卸船采用连续卸船机的条件已渐趋成熟, 具备以下条件时可优先考虑使用:

1) 泊稳条件: 风浪较小, 泊稳条件较好, 船体晃动幅度小(不超过 0.6 m), 有利于连续卸船机作业, 比较适合河港及掩护较好的海港等情况^[3];

2) 物料性质: 煤炭货种较单一, 粒度较均匀且不是太大, 含水量和粘度不大等, 比较适合业主码头等情况;

3) 船型大小: 船型大小范围较小, 尤其是船型也较大时(如 10 万吨级以上), 有利于连续卸船机连续高效作业;

4) 自动化作业需求: 当前或未来码头有自动化作业需求时, 可考虑连续卸船机方案。

随着连续卸船机国产化水平的提高以及自动化运转技术、遥控作业技术的国产化, 连续卸船机在新建和改造煤炭卸船码头中的利用空间巨大。

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院深圳有限公司. 华能海门煤炭中转基地工程卸船设备选型优化专题[R]. 深圳: 中交水运规划设计院深圳有限公司, 2009.
- [2] 郑见粹. 国内外连续卸船机的发展情况[J]. 起重运输机械, 2000(6): 1-4.
- [3] 沈卓, 王培林, 吴丹. 大型化矿石链斗连续式卸船机现状及特点[J]. 起重运输机械, 2009(7): 87-89.