

# 自平衡式四吊点液压自动抓梁研发

刘晓光<sup>1</sup>, 张玉星<sup>2</sup>, 林 鹏<sup>3</sup>

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 枣庄市港航和机场建设发展中心, 山东 枣庄 277899;  
3. 济宁矿业集团物流有限公司, 山东 济宁 272100)

**摘要:** 液压自动抓梁是水运工程多节深孔闸门启闭的关键设备。常规液压自动抓梁为双吊点, 吊点连线与闸门重心线须重合, 无自平衡功能, 不适用于重心线不同的闸门启闭。针对双吊点液压自动抓梁通用性较差的问题, 进行自平衡式四吊点液压自动抓梁的研发。自平衡式四吊点液压自动抓梁采用框架式结构, 布置 4 个吊点, 梁体通过联系杆和液压油缸与启闭机相连。当启闭重心线不同的闸门时, 通过液压油缸的伸缩动作, 使倾斜的闸门调整为水平。结果表明, 自平衡四吊点液压自动抓梁可以很好地解决常规抓梁的通用性问题, 并使闸门设计简化, 减小闸门工程量, 降低工程投资。

**关键词:** 闸门; 液压自动抓梁; 自平衡

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)01-0117-03

## Development of self-balancing automatic hydraulic grabbing beam with four lifting points

LIU Xiao-guang<sup>1</sup>, ZHANG Yu-xing<sup>2</sup>, LIN Peng<sup>3</sup>

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

2.Zaozhuang Port, Waterway and Airport Construction and Development Center, Zaozhuang 277899, China;

3.Jining Mining Group Logistics Co., Ltd., Jining 272100, China)

**Abstract:** Automatic hydraulic grabbing beams are the key equipment for the opening and closing of multi-section deep-hole gates in port and waterway engineering. The conventional automatic hydraulic grabbing beams with two lifting points have no self-balancing function and require that the connection line between the two lifting points coincide with the center of gravity line of the gate. Therefore, they are not readily applicable to the opening and closing of gates with different center of gravity lines. Given the poor universality of automatic hydraulic grabbing beams with two lifting points, this paper focuses on the development of a self-balancing automatic hydraulic grabbing beam with four lifting points. The proposed automatic hydraulic grabbing beam adopts a frame structure, where four lifting points are arranged, and connects its beam body with the hoist by a connecting rod and a hydraulic cylinder. When opening and closing gates with different center of gravity lines, the grabbing beam levels incline gates through the extension and retraction of the hydraulic cylinder. The results show the proposed self-balancing automatic hydraulic grabbing beam with four lifting points can well solve the universality problem of the conventional grabbing beams, simplify the gate design and reduce the project amount and investment of the gate.

**Keywords:** gate; automatic hydraulic grabbing beam; self-balancing

## 1 深孔闸门及其启闭方案

### 1.1 多节深孔闸门布置

水运工程中船闸检修闸门一般采用多节叠梁

式检修闸门方案。叠梁式检修闸门有实腹式和桁架式 2 种。实腹式叠梁门为板梁结构, 由横梁、纵梁、边柱和面板组成。底止水布置在底梁下部,

侧止水布置在背水面，依靠水压力和门体自重形成止水线。实腹式叠梁门在 23 和 34 m 口门船闸

均有应用，通过不同高度和厚度的门型组合，适用水头范围广<sup>[1]</sup>。实腹式叠梁门参数见表 1。

表 1 船闸实腹式叠梁门参数

船闸口门宽度/m	工程名称	设计水头/m	长度/m	高度/m	厚度/m	节数	总高度/m
23	利泽上闸首	6.13	23.90	3.20	2.50	10	32.0
	澜皮岭下闸首	12.41	23.90	2.00	2.50	2	13.0
			23.90	1.50	2.50	6	
	万安二线上闸首	19.50	23.90	2.00	3.00	10	20.0
	蜀山下闸首	12.30	23.90	1.90	2.40	7	13.3
	派河口	6.50	23.90	1.90	2.00	4	7.6
34	红花二线上闸首	10.80	35.24	3.20	3.20	9	25.6
	红花二线下闸首	21.74	35.24	1.70	4.00	6	22.4
			35.24	3.05	3.60	4	
	西津二线上闸首	10.32	35.26	3.06	3.35	6	18.4
	西津二线下闸首	18.23	35.26	2.32	3.60	3	19.2
			35.26	3.06	3.35	4	
	清远二线上闸首	7.33	35.44	1.50	3.20	1	8.0
			35.44	2.00	3.20	2	
			35.44	2.50	3.20	1	
	清远二线下闸首	11.15	35.44	1.50	3.20	2	12.0
			35.44	2.00	3.20	2	
			35.44	2.50	3.20	2	
	金家桥上闸首	6.30	35.24	1.75	3.20	4	7.0
	金家桥下闸首	6.20	35.24	1.75	3.20	4	7.0

实腹式叠梁门单节门质量较大，据统计，23 m 口门船闸实腹式叠梁门单节门质量为 45~70 t，34 m 口门船闸实腹式叠梁门单节门质量为 55~130 t。因此，实腹式叠梁门对启闭设备的要求较高，一般选用台车式启闭机、A 形门机及 L 形门机配双吊点液压自动抓梁进行启闭。

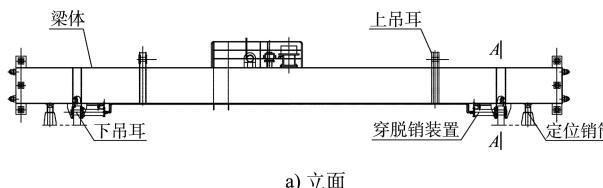
桁架式叠梁门利用节点板和型钢代替实腹式叠梁门腹板，形成独特的空间桁架结构，使材料强度得到充分应用<sup>[2]</sup>。在满足应力和变形要求下，单节门质量较实腹式叠梁门轻，一般为实腹式叠梁门单节门质量的 36%~56%。桁架式叠梁门多用于 23 m 口门中低水头船闸，一般采用汽车吊或浮吊进行启闭，不设置固定启闭设备。

通过对两种叠梁式检修闸门特点、适用范围以及启闭设备进行初步统计和分析可知，实腹式叠梁门启闭一般由启闭机配套液压自动抓梁完成，液压自动抓梁是实腹式检修闸门启闭过程中的重要设备。特别是 34 m 口门高水头船闸，其实腹式

检修闸门通常有多种规格，对液压自动抓梁提出更高的要求。为此，本文从提高液压自动抓梁启闭不同规格检修闸门的通用性以及简化检修闸门设计等角度出发，对其进行改进和优化。

## 1.2 双吊点液压抓梁结构及工作原理

液压自动抓梁在我国最早应用于三门峡水电站工程，以后推广到刘家峡、丹江、龚嘴、富春江等水电站工程<sup>[3]</sup>。应用在水电和水运工程中的液压自动抓梁多为销轴式，通常为两点吊装。液压自动抓梁除可自动抓取闸门吊装外，还可以起到平衡梁的作用，可保持闸门起吊时的平衡。液压自动抓梁主要由梁体、吊耳、支撑导向装置、定位装置、液压泵站、穿脱销装置、信号装置及电气控制等部分组成<sup>[4]</sup>，具体布置见图 1。



a) 立面

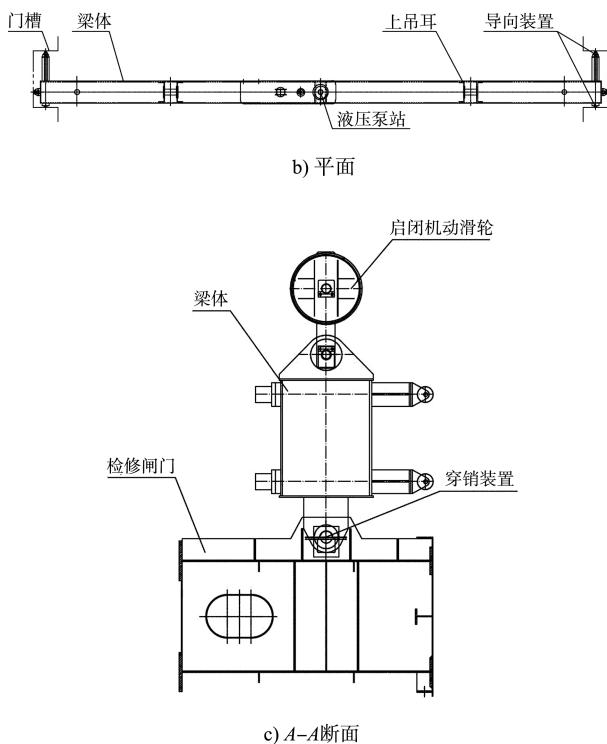


图1 双吊点液压自动抓梁布置

液压自动抓梁沿门槽下落至检修闸门上方, 进行定位后通过信号传递, 泵站开始运行, 自动穿销装置穿销, 穿销结束后再通过信号传递, 泵站停止运行, 启闭机开始起吊。按顺序起吊, 至检修闸门全部启闭完成。

### 1.3 双吊点液压抓梁启闭检修闸门存在的问题

常规双吊点液压自动抓梁启闭检修闸门时, 为使抓梁、检修闸门不与门槽卡阻, 抓梁吊点连线需要与闸门重心线重合, 使得双吊点自动抓梁的通用性较差。当检修闸门规格不同, 各门重心线不重合时, 需要在检修闸门上布置配重使不同规格的检修闸门重心线重合, 这增加了检修闸门的设计难度及工程量, 对启闭机能力的要求也相应提高<sup>[5]</sup>。特别对于山区河流高水头船闸, 部分工程的上闸首检修闸门兼具挡洪功能, 使得检修闸门高度高、分节数量和规格多, 导致双吊点液压抓梁启闭不同规格检修闸门的问题更为突出。

## 2 自平衡式四吊点液压自动抓梁

### 2.1 组成

为解决常规双吊点液压自动抓梁启闭不同规

格检修闸门的问题, 提出一种自平衡式四吊点液压自动抓梁装置。该装置通过液压油缸的伸缩动作, 使抓梁具有自平衡功能, 可以在不调整闸门重心线的情况下启闭不同规格的检修闸门, 提高液压自动抓梁的通用性。自平衡式四吊点液压自动抓梁组成与常规双吊点液压自动抓梁相同, 在梁体、吊耳、电控装置及抓梁与上部启闭机之间的连接等方面有所不同。

自平衡式四吊点液压自动抓梁的梁体为框架式结构, 由2根主梁组成, 每根主梁顶部对称布置2个吊点, 与液压油缸或者联系杆铰接, 与液压油缸连接的吊点布置在同一根主梁上, 液压油缸和联系杆通过连接构件与启闭机动滑轮连接。每根主梁底部对称布置2个定位销筒和穿销装置, 定位销筒用于与闸门的定位及到位检测, 保证抓梁与闸门连接的可靠性。主梁顶部布置倾角传感器, 用于测量抓梁的水平度, 并将信号反馈至控制系统。自平衡式四吊点液压自动抓梁布置见图2。

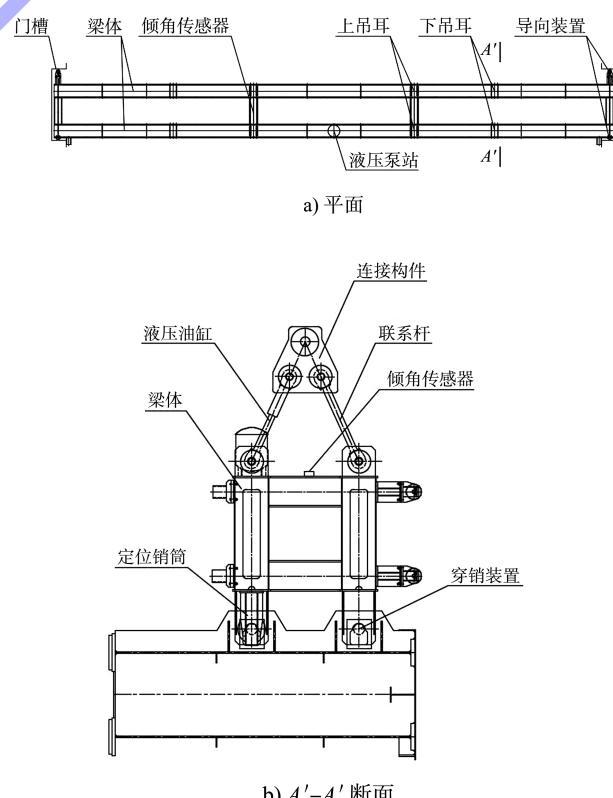


图2 四吊点液压自动抓梁布置