

贵港二线船闸闸室消能工优化试验研究

彭永勤, 张绪进

(重庆交通大学, 重庆 400016)

摘要: 依托贵港二线船闸, 建立 1:30 比尺的物理模型, 对闸室不同消力梁布置型式下的水流条件和船舶停泊条件进行研究。结果表明: 底槛高 0.9 m、透水孔口高度 0.4 m 的布置方案, 闸室内水流较均匀, 未观测到明显的横向水面比降, 水面无局部紊动, 船舶停泊条件较好。

关键词: 船闸; 闸室; 消能工; 水流条件; 停泊条件

中图分类号: U 641.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)07-0091-04

Experiment research on Guigan second-lane lock chamber energy dissipater

PENG Yong-qin, ZHANG Xu-jin

(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Based on Guigan second-lane ship lock, we establish a 1:30 physical scale model to study chamber's flow conditions and vessel berthing conditions in different energy dissipater layout patterns. The result reveals that, in bottom still 0.9 m high and permeable water stoma 0.4 m high layout pattern, chamber water flow was uniform, we didn't observe obvious transverse surface slope and partial turbulent, vessel berthing conditions were well, also for future research under the same type of lock head outlet water dynamics of the foundation.

Keywords: ship lock; chamber; energy dissipater; flow condition; berthing condition

随着我国西部大开发的不断深入, 航运作为一种大运量、低成本、低污染的运输方式得到迅速发展。通航船闸以其技术相对成熟、通过量大、运行稳定可靠、建设和维护成本较低等优点, 成为过坝通航建筑物的主要形式而得到广泛应用。然而由于水位差转换而来的动能使得闸室内水流紊动剧烈, 船只停泊条件恶化。为保证船只停泊的安全, 需采用复杂的闸室消能工形式。消能工的优劣不仅影响闸室内船只停泊和输水廊道工作条件, 而且可能使设计和施工难度加大、工程造价增高。因此, 船闸适用于通航建筑物的关键技术之一是闸室消能工形式和消能效果问题^[1-6]。

分散输水系统闸室消能常采用盖板和明沟两种形式: 盖板消能工在我国应用广泛, 研究比较

充分; 明沟消能工作作为一种成熟的技术在美国的船闸建设中应用甚广, 其在葛洲坝 2 号船闸首次得到应用, 但相关的论述文献还不多。因此, 研究船闸明沟消能工的消能效果, 分析其消能特性及适应条件, 为船闸设计提供比选方案是十分必要的。

贵港航运枢纽坝址位于西江郁江河段贵港市上游 6.5 km 处, 贵港枢纽二线船闸尺度为 280 m × 34 m × 5.8 m, 设计最大水头为 14.1 m, 采用较简单的侧墙长廊道支孔输水系统^[1-4], 闸室消能工采用较为简单的双明沟消能形式。由于该船闸平面尺度大、要求的充泄水时间短、充泄水流量大、输水强度高, 闸墙廊道输水系统支孔布置在侧面, 支孔流速一般达到 5~8 m/s, 水流射入闸室经消力梁消能、调整, 力求横向分配均匀。若布置不当,

则会出现水流分配不均、船舶停泊条件不好的情况。本文对闸室不同的消力梁形式进行研究,提出适用于平面大尺度、中水头布置闸墙长廊道支孔输水系统的形式。

1 消力梁形式

贵港二线船闸闸室采用双明沟消能工进行消能,即在闸室两侧各布置一道消力梁。针对消力梁底槛及不同透水孔高度进行了一系列的闸室消能效果试验。本文列出了4种较有代表性的方案进行论述。

方案1:孔口1.3 m高完全透水;

方案2:消力梁完全不透水,即实心消力槛;

方案3:底槛高0.4 m,透水孔口高度0.9 m;

方案4:底槛高0.9 m,透水孔口高度0.4 m。

消力梁设底槛及0.4 m透水孔高度布置见图1。在设计的上、下游水位43.1~29.0 m组合下,在同等条件、同精度分别观测了闸室充水流态、船舶停于闸室内的纵、横向力,以判别其各方案的优劣。

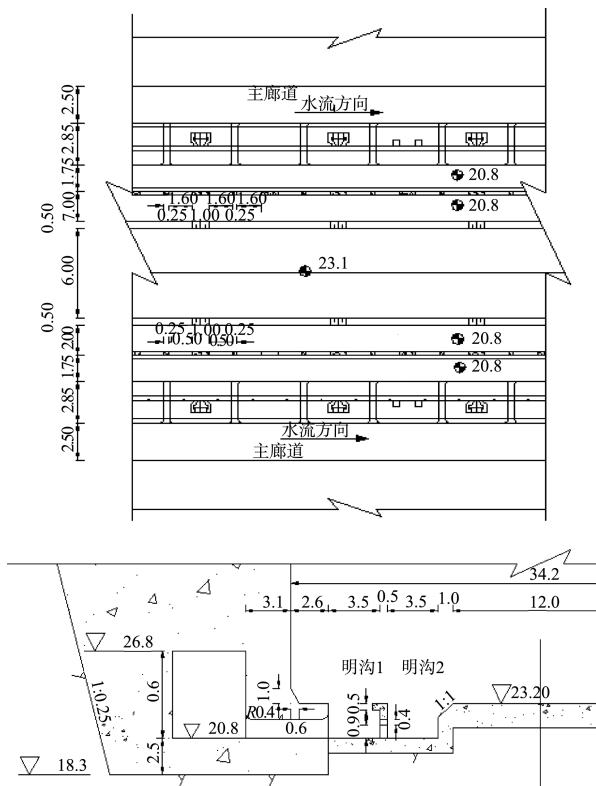
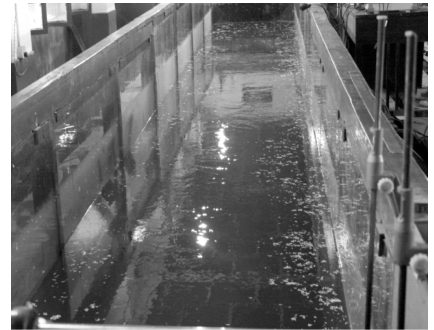


图1 消力梁设底槛及0.4 m透水孔高度布置(方案4)(单位:m)

2 闸室充水流态

针对上述4种不同布置消力梁方案,试验中详细比较了闸室流态(图2)。



a) 方案1



b) 方案2



c) 方案3



d) 方案4

图2 方案1~4 闸室充水过程流态

试验结果表明: 方案 1、3 的闸室流态表现形式大同小异, 都是闸室中部涌水较多。方案 1 有局部水流翻涌, 第 2 道明沟水流不显。从闸室横向水面看, 中部水面高于两侧, 但涌流强度较小; 后者涌水强度大且局部不均匀; 方案 3 在整个充水过程中也有不规则的局部水流泡涌, 闸室中部涌水较多且强度较大。闸室内水流的横向比降较前者大些。分析上述现象出现的原因, 方案 1 由于梁上孔口较大, 当支孔水流进入闸室第 1 道明沟时, 底部水流未受到充分的碰撞、阻挡, 大部分水流通过消力梁孔直接进入闸室中部翻涌而上, 致使闸室中部水流较为集中; 方案 3 虽然设有 0.4 m 高底槛, 但槛高过低, 阻流能力差, 支孔水流与消力梁孔口边壁接触较少。加之加槛后抬高了射流流核高程, 减小了支孔高度, 增大了孔口流速, 致使大部分水流仍然通过孔口进入闸室中部, 水流翻涌更加明显。上述两方案闸室流态与初设方案差别不大, 显然, 闸室的消能效果不理想。

方案 2 消力梁完全不透水, 充水过程中, 闸室水面紊动较小, 但闸墙两侧水流有均匀翻涌及涌高, 呈两侧高中间低横向水面比降, 闸室水流相互交错剧烈, 横向水流尚均匀; 方案 4 梁上设 0.4 m 高孔、底槛高 0.9 m 后, 由于支孔水流经底槛碰撞, 部分留于第 1 道明沟内, 其余部分水流经过消力梁孔口进入第 2 道明沟及闸室中部, 其流量分配比较恰当。因此闸室内横向水流较均匀; 未观测到明显的横向水面比降, 闸室水流相互交错较小, 水面无局部紊动。

3 闸室船舶系缆力

在上下游水位组合 29.0~43.1 m、阀门双单边开启 $T_v=7$ min 充水工况下, 试验比较量测了各方案布置下的 3 000 t 单船系缆力。

试验研究结果表明: 方案 1 无论阀门双边、单边开启, 船舶横向系缆力曲线大部分时段均往闸墙偏离, 也说明了闸室中部水流多于两侧的横向分配情况; 船舶最大平均横向系缆力分别为 18.6 和 19.5 kN。虽然其值未超过规范允许值, 但闸室内横向水流分配不均, 流态不太好; 方案 3 船舶往闸墙偏移的情况与方案 1 大致相仿, 但单边开启往闸墙偏移的情况加剧, 阀门双、单边开启充水, 其船舶最大平均横向系缆力分别为 23.6 和 41.0 kN, 远超过规范允许值。上述两方案的船舶往闸墙偏移及受力与观测流态的结论是一致的。

方案 2 阀门双边开启, 船舶横向系缆力曲线未偏离中轴线; 而阀门单边开启, 船舶横向系缆力曲线大部分时段偏向闸中方向, 也说明闸室闸墙侧水流多于闸中的横向分配情况; 船舶最大平均横向系缆力分别为 18.1 和 20.1 kN。虽然其值未超过规范允许值, 但闸墙侧水流分配稍多, 阀门单边开启的船舶横向系缆力偏大; 方案 4 无论阀门双边、单边开启, 船舶横向系缆力曲线一直围绕中轴线摆动, 说明船舶在充水过程中, 未向任何方向偏离, 闸室水面交错旋转紊动较小, 横向水流分配较为均匀。船舶最大平均横向系缆力分别为 14.7 和 17.2 kN。远小于规范允许值。上述各方案 3 000 t 船舶最大平均系缆力值比较见表 1, 方案 4 下阀门双边 7 min 开启充水过程船舶系缆力过程线见图 3。

表 1 3 000 t 船舶停于闸室内船舶最大平均系缆力

		kN							
停泊位置		方案 1		方案 2		方案 3		方案 4	
		双充	单充	双充	单充	双充	单充	双充	单充
闸室中部 左岸位置	前横	16.9	19.3	17.3	18.1	23.6	41.0	14.5	17.2
	纵向	17.5	8.8	17.0	13.4	20.0	16.0	17.9	16.4
	后横	18.6	19.5	17.0	20.1	15.7	38.4	14.7	15.9

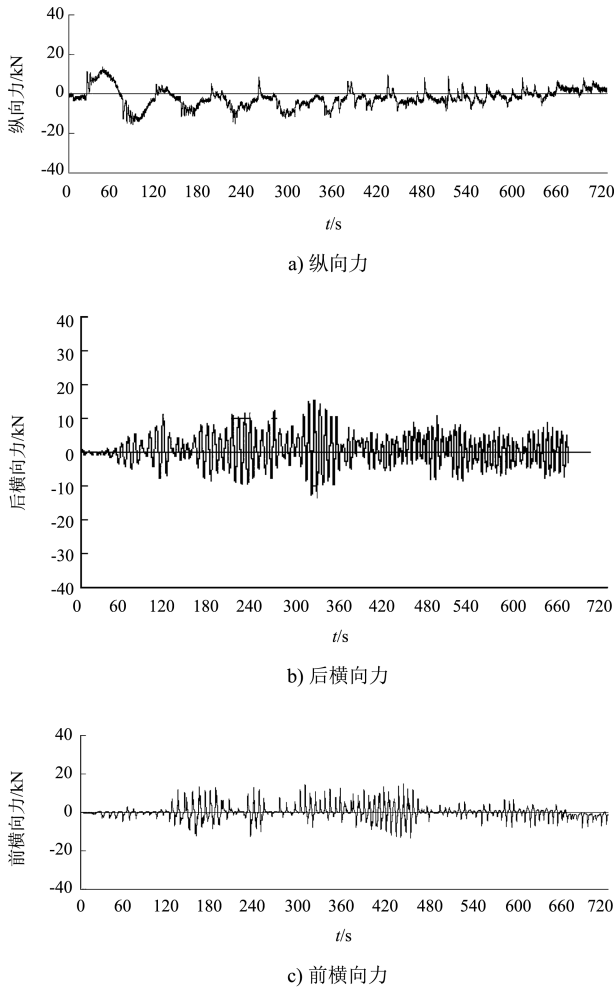


图3 3 000 t 船舶停于闸室系缆力过程线 (方案 4)

对 4 个方案的试验结果进行比较可知：布置底槛高 0.9 m、孔口高 0.4 m 的方案 4，在阀门双边、单边开启工况下，虽然充水过程中，闸室水流有较小交错流动，但闸室充水水面平稳，横向水流分配较为均匀，船舶未有明显偏移。JTJ 306—2001《船闸输水系统设计规范》^[7]中规定船舶允许的纵向水平分力为 46 kN，横向水平分力为 23 kN，实测船舶最大平均纵、横系缆力均满足规范要求，横向系缆力仅占规范允许值的 63% 和 74%。其各项水力指标均优于其他方案。

为了再节省一点工程量，试验中又将第 2 道明沟底高程提高 0.9~21.7 m，第 1 道明沟底高程不变。经闸室流态观测发现，由于减小了第 2 道明沟内的消能水体，充水过程中，经消力梁上的透水孔水流，未经 2 道明沟水体的消能而直接冲入闸室中部，闸室内又呈现中部水面高于两侧的横比降，闸室流态不佳。因此，试验未对该方案进一步研究。

通过上述的多方案的试验比较认为，方案 4 的消能工布置是合理的，可以作为推荐方案。

4 结语

对不同型式的闸室双明沟消能工的研究结果表明，底槛高 0.9 m、孔口高 0.4 m 的型式消能效果最优，其应用于平面大尺度、中水头布置闸墙长廊道支孔输水系统的贵港二线船闸上，有效地解决了阀门双、单边充水过程中闸室内横向水流分配均匀难题，显著改善了闸室内船舶停泊条件。为国内外平面大尺度、中水头类型船闸闸室消能工设计提供了参考。明沟消能工结构简单，但在我国应用不多，建议对其加强进行研究和应用。

参考文献：

- [1] 王召兵, 陈亮. 船闸闸室明沟形式及消能效果分析 [J]. 水运工程, 2015(7): 129-134.
- [2] 杨忠超, 杨斌. 高水头船闸闸室明沟消能效果及机理分析 [J]. 水运工程, 2009(12): 168-173.
- [3] 杨忠超, 陈明栋. 高水头船闸闸室消能工消能效果实验研究 [J]. 重庆交通大学学报, 2010(3): 461-465.
- [4] 朱磊. 船闸明沟消能研究综述 [J]. 东北水利水电, 2015, 33(7): 67-70.
- [5] 吕伟东, 刘平昌. 船闸闸室明沟消能工消能效果三维数值模拟 [J]. 水道港口, 2013, 34(6): 508-512.
- [6] 杨斌, 陈明栋. 超高水头船闸输水系统消能试验研究 [J]. 水运工程, 2007(3): 73-77.
- [7] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范 [S].