

· 航道及通航建筑物 ·



船闸的门槛水深(一) ——规范相关规定解读

吴 澄

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

摘要：《船闸总体设计规范》(JTJ 305—2001)规定，船闸门槛最小水深应满足 $H/T \geq 1.6$ 的要求(H 为门槛最小水深, T 为设计船舶满载时的最大吃水)。本规定的主要目的是为了满足设计船舶满载过闸时有一定的航速，保证过闸效率；满足变吃水船舶满载过闸的要求；并适当考虑船舶大型化的发展需要。但在工程实践中规范的规定并未得到全面的理解和执行。通过分析该规定的执行情况，表明此项规定虽然简单，但不能完全满足工程的实际需求。对于渠化梯级的船闸，上游水位受运行枢纽规则的限制，最低通航水位有 5 种情况分别对应不同的下游水位情况，应分别考虑确定门槛最小水深。

关键词：船闸门槛最小水深；航道设计水深；航道可利用水深；船舶变吃水营运

中图分类号：U 612；U 641

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2023)06-0092-04

Water depth on sill of locks, part 1: Relevant stipulations in Chinese Code

WU Peng

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

Abstract: In the *Code for Master Design of Shiplocks* (JTJ 305—2001), it is stipulated that the minimum water depth on sill should satisfy the requirement of $H/T \geq 1.6$ (H is the minimum water depth on sill, T is maximum draft of design vessel). The objectives of the stipulation are to guarantee certain speed of vessels through locks, make lock operation efficient, satisfy the demand of vessels' changeable draft during flood season and leave space for vessels upsizing. But in practice the stipulation of the code is not fully comprehended and executed. Through analysis to the application of the stipulation, it is found that the simple stipulation cannot fully meet the requirements in the engineering practice. For locks on rivers, the upstream water level is controlled by the reservoir operation rule. There are five possibilities for the lowest navigation level. They are corresponding to different downstream water levels and the minimum water depth on sill should be decided separately.

Keywords: minimum water depth on sill of locks; design depth of waterway; usable depth of waterway; vessels' operation with changeable draft

船闸的门槛水深是指船舶过闸时的水位与闸首门槛顶高程之间的高差。船闸主尺度指标中的“门槛水深”是规范中定义的“门槛最小水深”，即设计最低通航水位至门槛顶部的最小水深^[1]。船闸门槛最小水深的确定在《船闸总体设计规范》(JTJ 305—2001)和《内河通航标准》(GB 50139—

2014)^[2]中有明确的规定。

由于规范中没有严格区分上游和下游门槛最小水深，在实践中普遍认为上、下游门槛最小水深应是一个指标。在实际工程中，只有上、下游水位年内变幅均较小的运河上的船闸，上、下游最小门槛水深取相同的指标是基本合理的。而渠

化河流上的船闸，则很少出现上、下游门槛水深是相同或比较接近的情况，特别是径流量年内变幅较大的渠化梯级上的船闸。这是因为天然径流通过梯级枢纽的人工控制，上、下游很少同时出现最低通航水位，影响上、下游水位变幅的因素发生了显著变化。

目前《船闸总体设计规范》的修订已基本完成，本文结合修订过程中开展的相关专题研究成果，对船闸的门槛水深相关的技术问题进行深入分析，以指导设计人员更深刻地理解规范的本质和内涵。本文是关于船闸门槛水深的第1篇章：“规范相关规定解读”，后续还有针对“船舶过闸时需要的最小水深”和“确定最小门槛水深的方法”等问题的分篇章。

1 规范对门槛最小水深的规定

现行《船闸总体设计规范》(JTJ 305—2001)规定：“船闸门槛最小水深应满足设计船舶、船队满载时的最大吃水加富裕深度的要求，可按 $H/T \geq 1.6$ 计算，其中 H 为门槛最小水深， T 为设计船舶、船队满载时的最大吃水”；同时规定：“设计采用的门槛最小水深和闸室最小水深，在满足计算的最小水深值基础上，应充分考虑船舶、船队采用变吃水多载时吃水增大以及相邻互通航道上较大吃水船舶、船队须通过船闸的因素，综合分析确定”。

现行规范对1987版《船闸设计规范》^[3]的相应条文做出了修订，1987版规范规定 $H/T \geq 1.5$ ，现行规范将1.5提高至1.6，从现行规范的条文说明可知，修订的主要目的是：1) 满足设计船舶满载过闸时有一定的航速，保证过闸效率；2) 满足变吃水船舶满载过闸的要求；3) 适当考虑船舶大型化的发展需要。

可见规范规定的门槛最小水深是一个设计指标，并非船舶过闸时需要的最小水深。

2 规范相关规定的执行情况

规范规定的 $H/T \geq 1.6$ 看似很简捷明了，但在

执行中要得到一个确定的 H 值，还须回答两个问题：1) “设计船舶满载时的最大吃水 T ” 如何确定？2) 如何使 $H/T \geq 1.6$ 的规定结合各项目的具体情况变成等式？

在规范执行过程中，对“设计船舶”一般能够达成共识，即指船闸等级对应的相应吨级的船舶。但对“设计船舶满载时的最大吃水 T ”有不同的理解。多数项目是按照《内河通航标准》《运河通航标准》^[4]等相关标准规范建议的相应吨级的主尺度，选取最大的吃水值作为 T 的取值。有些设计人员根据船闸所在的航道上或相连的航道上，调研得到的与设计船舶相同吨级船舶的实际尺度选出最大吃水值，通过比较选取 T 值。

2019年《内河过闸运输船舶标准船型主尺度系列》^[5]发布后，船闸设计均须遵照执行该标准中的船型主尺度。但该标准只给出了船型的平面尺度，未规定吃水值。这与实际运行中的船舶有变吃水运行的需求密切相关，而变吃水的幅度因各条航道自然条件的不同，不能规定统一的标准。这给设计人员留下了一定的“创作”空间。

确定设计船舶最大吃水时，还需要注意一个要点，相关标准规范对内河船舶各吨级的载重吨范围和大于3 000吨级船舶的分级还没有统一规定，需要补充完善。

第2个问题是如何使 $H/T \geq 1.6$ 的规定结合各项目的具体情况变成等式，实践中通常是通过分析和论证后，确定一个 T 值，然后计算满足 $H/T = 1.6$ 对应的 H 值，取该值或比该值稍大一些的规整值作为上下游统一的船闸门槛最小水深。

3 规范规定的适用性分析

规范规定船闸门槛最小水深应满足 $H/T \geq 1.6$ ，目的是为了满足设计船舶满载过闸时有一定的航速，保证过闸效率；满足变吃水船舶满载过闸的要求；适当考虑船舶大型化的发展需要。该规定能否达到上述目的？存在什么问题？

与船舶在航道上的航行相比，船舶过闸时的阻塞系数较大，船舶航速受极限航速的限制，即

使是通过相对较宽的船闸，船舶要完成启动、制动、停泊等操作，因此过闸船舶的航速相对较低。这种情况下，只要 $H/T \geq 1.6$ 的条件得到满足，设计船舶的过闸航速和过闸效率是可以得到保证的。

船舶变吃水营运的需求在径流量较大的河流中普遍存在。我国的航道等级是按照保证率较高的最小水深划分。随着丰水期径流量的提高，航道水深在设计水深的基础上会有一定程度的提高。这时船舶就有条件提高装载吃水，提高营运效率，降低营运成本。船闸的设计尺度应能满足船舶的这一营运需求，这也是规范规定 $H/T \geq 1.6$ 的初衷之一。

但过闸船舶的吃水变幅受船闸所在航道以及船舶航线上的航道水深条件在年内变化幅度的影响，而影响水深变化幅度的因素众多，图 1 中的航道可利用水深，在各条航道之间的差异较大，另外船舶过闸时需要的最小水深也受多种因素的影响。没有简单的方法可以把 $H/T \geq 1.6$ 变成等式并确定等号右边的数值。

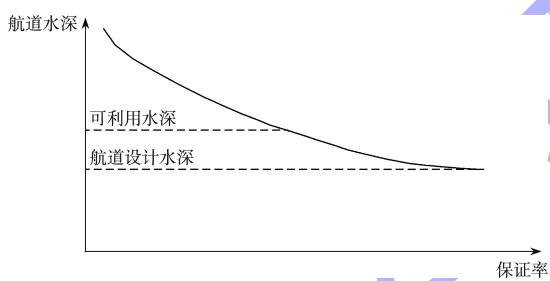


图 1 航道的设计水深和可利用水深

在满足 $H/T \geq 1.6$ 的前提下，得到了一个船闸门槛最小水深 H ，目前通行的做法是取统一的上、下游门槛最小水深。但实践证明对于多数工程来说这样做并不合理。

对于渠化梯级的船闸，下游最低通航水位通常对应航道的最低通航水位，航道水深增加后，船闸的门槛水深也随之增加，需要注意的是航道水深的增加基本可用于船舶吃水的增加，所以当航道水深增加后，下游门槛水深与船舶吃水的比值将随之变小，这时需要结合水位情况对最大吃水船舶过闸时是否有足够的富裕水深进行论证。

上闸首门槛水深的情况要复杂得多。根据上

游最低通航水位对应的水位情况可分为以下 5 类：

1) 上游最低通航水位 = 正常蓄水位，这种情况不太常见，运河工程中偶有出现；2) 上游最低通航水位 = 枯期消落水位(有时也称死水位)，枯期消落水位一般用于电站日调节；3) 上游最低通航水位 = 某级洪水流量枢纽敞泄时水位，这时电站一般不能发电，航道水深有保证；4) 上游最低通航水位 = 枢纽汛前防洪限制水位，这种情况下枢纽在汛期基本维持这个水位，除拦洪时水位短期有所提高；5) 上游最低通航水位 = 枢纽有特殊要求的死水位，例如，水库有放空的要求或水资源在特殊年份的调度要求等，这个水位一般情况下出现的概率很低。

上游最低通航水位 = 正常蓄水位情况下，一般上游最高通航水位与最低通航水位的差值较小，上游门槛水深在较长的时间内维持在最小门槛水深，若这个时间段内下游门槛水深随下泄流量的提高有所提高，且下游航道水深也有所提高，上游门槛将成为“瓶颈”。

上游最低通航水位 = 枯期消落水位(有时也称死水位)，与第 1 种情况基本类似，若正常蓄水位与枯期消落水位之间的差值为 Δh ，则上游门槛水深在较长的时间内维持在 $H \sim H + \Delta h$ 之间，如果 Δh 是用于日调节的，则水位变动比较频繁，增加的水深不能得到充分利用，同样存在下游门槛水深和航道水深随下泄流量的提高有所提高时，上游门槛可能成为“瓶颈”的问题。

上游最低通航水位 = 某级洪水流量枢纽敞泄时的水位，上游为最低通航水位时，上游门槛水深为最小门槛水深，而下游门槛处和航道的水位已有明显提高，上游门槛可能成为“瓶颈”。这时应仔细分析上游水位在最低通航水位和最高通航水位间变动时与同期下游门槛水深的匹配情况。

上游最低通航水位 = 枢纽汛前防洪限制水位，在整个汛期，上游水位基本维持在汛限水位，上游门槛水深为最小门槛水深，而下游水位和航道水位在汛期会有明显提高，船舶具备增加吃水的条件，应分析汛期上游门槛水深与同期下游门槛

水深的匹配情况。

上游最低通航水位=枢纽有特殊要求的死水位，这个水位出现的概率一般很低，这时应做技术经济分析，在提高保证率和适当降低投资之间寻求平衡。

这5种情况下，上、下游门槛的变化不同步，变化幅度也有差异，因此对上、下游门槛最小水深取相同的数值是不合理的。

在船闸最小门槛水深中预留未来船舶大型化发展的空间，主要看未来航道等级提升的可能性，难以做出统一规定。目前在工程实践中对航道的规划等级有提升需求和可能性的船闸项目，船闸的建设标准有按照比当前规划等级提高一级建设的案例。

运河上的船闸上下游的通航水位变幅通常不太大，但存在设计阶段确定的通航水位范围在运行阶段被超过的情况，与天然或渠化河流相接一侧的通航水位变幅会比较大，需要针对具体情况做深入细致的分析。

4 结论

1) 现行行业规范《船闸总体设计规范》(JTJ 305—2001)对船闸门槛最小水深有非常简明的规定，即 $H/T \geq 1.6$ 。此规定欲达到的目标是：满足设计船舶满载过闸时有一定的航速，保证过闸效率；满足变吃水船舶满载过闸的要求；适当考虑船舶大型化的发展需要。按此确定的船闸门槛最小水深是一个设计指标，并非船舶过闸时需要的最小水深。

(上接第73页)

参考文献：

- [1] 靳廉洁, 姚海元, 胡贵麟, 等. 我国沿海集装箱运输及码头能力适应性分析[J]. 水运工程, 2022(5): 44-49.
- [2] 刘利民. 宁波建设上海航运中心南翼国际枢纽港的定位与模式选择[J]. 浙江万里学院学报, 2009, 22(1): 59-63.
- [3] 刘然, 杜柏松, 蔡龙浩, 等. 宁波舟山港对上海国际航运中心的作用研究[J]. 特区经济, 2020(7): 69-71.
- [4] 中共中央, 国务院. 交通强国建设纲要[R]. 北京: 中共中央, 国务院, 2019.

2) $H/T \geq 1.6$ 的规定实际上规定了一个很宽的范围，对如何满足变吃水船舶满载过闸的要求和适当考虑船舶大型化的发展需要，没有给出具体指导性建议。但是由于船闸的尺度和运行条件以及相关联的航道水深变化条件千差万别，在设计阶段确定船闸门槛最小水深时应开展深入细致的分析论证工作，简单地采用 $H/T = 1.6$ 或比 1.6 稍大一些的结果是不够的。

3) 渠化梯级上船闸的上游水位通常受枢纽运行调度的规则控制，水位的变化和变化幅度存在上、下游有明显差异的情况。这时船闸上、下游的门槛最小水深不应该取相同的指标。上游最低通航水位通常可分为 5 类情况，应根据不同类别结合航道的水深变化情况分别分析论证上游门槛最小水深的合理取值，保证船闸在通航期内不致成为通航瓶颈。

参考文献：

- [1] 中交水运规划设计院. 船闸总体设计规范: JTJ 305—2001[S]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
- [2] 长江航道局. 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [3] 中交水运规划设计有限公司. 船闸设计规范: JTJ 261~266—1987(试行)[S]. 北京: 人民交通出版社, 1987.
- [4] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 运河通航标准: JTS 180-2—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [5] 中华人民共和国交通部. 内河过闸运输船舶标准船型主尺度系列: GB 38030—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.

(本文编辑 王璁)

- [5] 交通运输部等九部委. 关于建设世界一流港口的指导意见[R]. 北京: 交通运输部等九部委, 2019.
- [6] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [7] 刘碧涛, 江文成, 桂傲然. 集装箱船大型化趋势及通航条件研究[J]. 船舶物资与市场, 2018(5): 48-51.
- [8] 丁敏, 王海霞. 船舶大型化发展趋势及其对我国港口业发展的影响[J]. 中国港口, 2013(7): 9-12.

(本文编辑 赵娟)