

# 半河局部河工模型纵向边界问题初探

周汝盛 徐锡荣 郑巧红

( 河海大学水利水电工程学院 南京 210098 )

**摘 要** 就半河局部河工模型的关键问题——半河纵向边界应具备的条件、选定方法 ,以及半河纵向边界存在的问题发表了看法 ,指出 :半河局部河工模型可以作为一种研究方法 ,单独或与数学模型研究相配合 ,可以解决工程建筑物尺度相对较小而附近水域较宽广条件下的工程实际问题。  
**关键词** 河工模型 相似律 纵向边界  
**中图号** TV83

长期以来 ,实体河工模型试验是解决许多复杂工程问题的重要手段<sup>[1]</sup> ,但模型设计人员有时会遇到这样的情况 :工程所在河段的河宽及水域面积很大 ,而工程本身的尺度相对而言又很小 ,若做较大比尺的河工模型 ,需要投入较多的人力、物力 ,试验周期也比较长 ,往往受到客观条件的限制 ,若缩小模型比尺 ,则模型上有关工程实体就会显得太小 ,难以观测工程附近水域的水流及河床变化情况 ,为了解决这一矛盾 ,设计人员通常采用的办法是 :截取工程附近的部分水域 ,做部分河宽的河工模型 ,以研究工程附近水域的水流运动及河床冲淤情况 ,这种部分河宽的河工模型称为半河模型或局部河工模型。

## 1 半河局部河工模型纵向边界的确定

与一般河工模型相比 ,半河局部河工模型在模型相似律方面并没有什么特别之处 ,它们之间的主要区别在于局部模型中多了一条半河纵向边界 ,对于只包括部分河宽的局部河工模型来说 ,应当弄清楚半河纵向边界应满足什么条件 ,以及如何确定半河纵向边界的问题。

### 1.1 半河纵向边界应满足的条件

笔者认为 ,半河纵向边界至少应满足下列两个条件 :

第一个条件是半河纵向边界的走向应与原型水流方向保持一致 ,使得纵向边界两侧的水量交换趋近于 0。由于实际上局部模型的半河边界常做成封闭式实体边界(即模型边墙) ,因此在模型的这条边界上 ,无论何处 ,垂直于该边界的水量交换都为 0。若将半河纵向边界记为  $\overline{abc}$  ,  $\perp \overline{abc}$  表示垂直于半河纵向边界的方向 ,令  $d$  为半河纵向边界上的任意位置 , $Q$  表示流量 ,则

$$Q_{d \perp \overline{abc}} = 0$$

为了使模型水流运动与原型相似 ,就必须在原型上找到满足  $Q_{d \perp \overline{abc}} = 0$  这一条件的界面  $\overline{abc}$  作为半河纵向边界<sup>[2]</sup>。这就要求界面  $\overline{abc}$  上任意位置  $d$  的水流方向都不与它相交 ,因此 ,半河纵向边界的第一个条件就是它的走向应与原型水流方向一致。

第二个条件是半河纵向边界应选在工程建筑物的影响范围之外。据前人研究 ,工程建筑物对水流的影响范围可达其突出宽度  $B$  的 2~3 倍<sup>[1]</sup>。实际上 ,河工模型设计人员常经验地选择 5~6 倍坝工长度(或工程突出宽度)以外的断面为模型的上下游边界。据比 ,半河纵向边界一般至少应选择在 3~4 倍坝工长度(或工程突出宽度)以外的地方。

根据我们的经验 ,当工程建筑物仅仅占用一部分近岸滩地时(如近岸围堤吹填工程等) ,由于工程附近水深很小 ,水流甚缓 ,工程在河宽方向的影响范围远比工程在沿岸方向的影响范围小 ,达不到工程突出宽度  $B$  的 1 倍。在这种情况下 ,建议半河纵向边界至少选择在 2 倍坝工长度(工程突出宽度)以外的地方。

另外还有一种情形,即工程突出宽度  $B$  虽然较大,但其阻水实体尺度  $b$  却甚小(例如高桩墩台结构的引桥及码头),且其阻水实体常常由若干个( $n$ 个)阻水单元(尺度为  $b_i$ )组成,即

$$b = \sum_{i=1}^n b_i \quad b_i \ll B$$

这类工程在河宽方向的影响范围一般只能达到工程突出宽度  $B$  以外数倍  $b_i$ (阻水单元尺度)处。据此,建议半河纵向边界至少要选择在与  $(B+b)$  或  $(B+2b)$  以外的地方。

## 1.2 半河纵向边界如何确定

确定局部河工模型的半河纵向边界通常采用以下方法:

a. 直接运用原型实测资料来选定。当原型实测的流场资料比较丰富时,可以采用此法。

b. 利用已有小比尺整体河工模型来选定。当已有小比尺河工模型所模拟的范围包括该局部河工模型的模拟范围时,可用整体模型上测得的流场资料选定局部模型的半河纵向边界。

c. 运用数学模型来选定。首先用数学模型计算出有关水域的流场,然后据此流场选定局部模型的半河纵向边界。

d. 依据河道地形图选定。当不具备采用上述3种方法之一的条件时,如果河道比较顺直,河床地形变化不大,则可采用此法。如果是近岸水域模型,纵向边界可大致与河岸平行或沿某一条等深线选取;如果是半河模型,纵向边界可大致沿深泓线(或河道动力轴线)的走向选定。

采用以上任何一种方法研究的半河纵向边界,在局部模型验证试验中还可以进行适当调整。

## 2 半河局部河工模型纵向边界存在的问题

由于天然河道的河床形态极为复杂,水流的运动情况也极为复杂。例如,在同一流量下,同一条垂线在不同水深处的水流方向并不一致,当流量改变或者河床发生冲淤变化后,水流方向都将发生变化<sup>[3,4]</sup>。因此,已经选定的半河纵向边界,可能与某一级流量、某一水深(例如水面)的水流情况比较吻合,而在其他情况下则会有有一定的偏差。对于感潮河段来说,涨潮流与落潮流的方向常不在同一条直线上,有时偏角较大,这时半河纵向边界走向的选定只能以某一方向的水流为依据,而容许它与另一方向的水流存在偏离。这就是说,局部河工模型的半河纵向边界在许多情况下不能做到完全与原型水流方向保持一致。加之局部模型的半河纵向边界通常是封闭的而不是开放的,因此在纵向边界两侧原型上实际存在的少量水体交换在模型上不能模拟出来。

另一方面,由于半河纵向边界的截取,使得模型纵向边界附近的流场与原型相应部位的流场情况发生差异。因为实际上,半河纵向边界完全是人为的,它在原型上并不存在。或者换句话说,在原型上半河纵向边界是一部分流动的水体与另一部分流动的水体之间的“软”边界,而在模型上则变成了流动的水体与边墙之间的“硬”边界。显然,这两种边界条件有很大差别,使模型半河纵向边界附近的水流运动不可能做到与原型相似。

由上所述,半河纵向边界带来的负面影响是客观存在的,只要我们正确地预计到半河纵向边界的影响性质和影响范围,根据自己的实践经验,进一步加大大半河纵向边界与工程建筑物之间的距离,就有可能大大减小半河纵向边界对工程附近流场的影响,从而提高局部河工模型试验成果的可靠性。

## 3 半河局部河工模型实例

**实例1** 某电厂附近水域水质模型。该电厂位于长江口南支南岸,电厂附近水域码头及取排水口等工程建筑物比较密集,电厂取水口位于电厂煤码头下游侧,距离江岸约800m,取水口上游约900m处有一大型城市排污口(规划中将在此处兴建污水处理厂)。由于电厂拟利用排污口两侧的岸边滩地建设事故灰场,将使排污口从距离岸边70m处外移到450m处。为研究新灰场建设对其附近水域流场及污水浓度场的影响,预测新灰场工程对电厂取水口水质影响情况,探求改善电厂取水口水质的工程措施,需进行电厂附近水域水质模型试验。电厂附近江面宽达14~15km,原型有关测验资料甚少,加之电厂事故灰场工程规模不大,不可能进行全部河宽的整体模型试验。根据研究任务及场地、资料等条件,确定采用电厂附近水域局部水质模型进行研究。模型水平向和竖向几何比尺为  $\lambda_L = 200$ ,  $\lambda_h = 100$ , 模拟范围长约5km,宽约2.4km,纵向边界处河床高程

为 -14.0 m 左右(吴淞零点),大致与江岸平行,模型宽度约为排污口外移距离的 6 倍.从不利情况考虑,试验中选用枯水小潮和洪水小潮作为典型潮,根据原型实测资料,对模型潮位和潮流量进行验证,并对电厂附近水域工程前后的流场进行测试.在此基础上,采用标准光染色剂罗丹明 B( $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ )溶液模拟排放污水浓度,布设 10 个断面共 100 余个测点,取样观测工程前后电厂附近水域污水浓度场的变化情况,并进行了改善电厂取水口水质的工程方案的研究.试验取得了较好的研究成果.

**实例 2** 某市第二水厂水源工程附近水域模型.该工程位于长江口南支南岸,工程附近江面宽约 10 km.该项工程拟利用近岸滩地修建 1 座蓄淡避咸水库.该水库外堤距离江岸约 700 m,水库外侧 450 m 处建一取水口.为了进一步论证围滩建库工程的可行性,预估水库工程对大江河势、长江行洪及工程附近流场的影响,预演工程附近河床的冲淤变化,采用整体定床模型( $\lambda_L = 900, \lambda_h = 150$ )与局部河工模型( $\lambda_L = 500, \lambda_h = 100$ )相结合的试验研究方法.整体模型主要研究水库工程对现有河势及大江行洪的影响情况,同时为局部模型确定纵向边界,并可提供其他有关边界条件.局部模型模拟段长约 16 km、宽约 3 km,主要研究工程附近水域流场变化及河床冲淤变化情况,以便对工程方案提出改进意见.由于采用了整体模型与局部模型相结合的方法,试验研究工作进行得较为顺利,所取得的成果也比较令人满意.

从以上实例可以看出,半河局部河工模型可以作为一种研究方法,单独或与其他研究方法相配合,解决工程中遇到的实际问题.

## 4 结 束 语

只包括部分河宽的局部河工模型,由于在其纵向边界附近的水流运动与原型不尽相似,难免有一些不足之处.但是,只要在确定半河纵向边界时尽可能满足笔者提出的两个条件(使半河纵向边界的走向与原型水流方向一致,半河纵向边界选在远离工程影响范围的地方),就有可能大大减小半河纵向边界带来的负面影响,从而提高半河局部河工模型试验成果的可靠性.

## 参 考 文 献

1 左东启,王世夏,刘大恺等.模型试验的理论和方法.北京:水利电力出版社,1984.153

2 李昌华,金德春.河工模型试验.北京:人民交通出版社,1981.25~98

3 钱宁,张仁,周志德.河床演变学.北京:科学出版社,1987.153~249

4 张书农,华国祥.河流动力学.北京:水利电力出版社,1988.3~42,165~193

# Discussion about the Longitudinal Boundary in Semi-River Models

Zhou Rushen Xu Xirong Zheng Qiaohong

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098)

**Abstract** Some key problems in semi-river models such as the longitudinal boundary and condition selection are discussed. It is considered that the model can be used alone or combined with mathematical models to solve practical problems encountered in engineering practice.

**Key words** river engineering model; similarity law; longitudinal boundary