

DOI: 10.14042/j.cnki.32.1309.2015.05.012

# 论感潮河段航运工程水文标准分界与衔接

张幸农<sup>1</sup>, 陈长英<sup>1</sup>, 刘慧<sup>2</sup>

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水利部海河水利委员会, 天津 300170)

**摘要:** 针对中国河流与海岸交界处感潮河段航运工程水文标准存在的问题, 特别是设计水位的确定及其衔接和水流、泥沙分析方法的差异, 进行区段划分和标准衔接关系的研究。通过阐述感潮河段区段及基本特征, 分析了各类航运工程的水文指标, 提出以“月平均潮位年变幅多年平均值”和“多年平均潮差”两特征值的比值作为感潮河段不同区段划分的依据指标, 并通过实例计算, 论证了航运工程水文标准分界及其衔接关系。结果表明, 该指标反映了感潮河段不同区段水文条件受径流和潮汐的影响程度, 依据其不同取值, 可对航运工程水文标准予以分界, 形成较好的衔接。

**关键词:** 感潮河段; 航运工程; 水文标准; 分界与衔接

**中图分类号:** TV122      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-6791(2015)05-0707-07

航运工程水文标准及水文分析和计算方法是规划、设计、科研和管理中的重要基础。在内河与外海交界处的感潮河段, 如中国的长江和珠江下游河段、欧洲莱茵河和美国密西西比河下游河段, 水运工程建设发展迅速, 海港与内河航运工程相互交叉现象十分普遍, 不仅形式多样, 而且功能全、等级高。但由于这些工程往往难以定性, 并且感潮河段水文条件十分复杂, 从河口向上, 海港与内河航运工程水文标准究竟如何分界与衔接, 世界各国至今没有统一的规范, 中国的《海港水文规范》和《内河航运工程水文规范》<sup>[1-2]</sup> 以及相关的标准规范<sup>[3-4]</sup> 中也缺乏规定或不甚明确。

如何使感潮河段航运工程水文标准的选取与确定方法更科学, 相互衔接也更合理, 且具有实际可操作性, 关键是要在正确认识航运工程的性质及其水文指标的基础上, 找到一个基于水文参数的河道不同区段的分界依据指标, 在此基础上, 制定合适的水文标准, 并形成良好的衔接关系。关于此问题的讨论, 欧美等国家鉴于各种原因研究极少, 基本是针对具体工程研究确定; 中国近年来相关研究有所涉及, 2000年前研究不多, 文献[5]提出了感潮河段划分指标, 但较为简单且仅针对海轮航道设计水位; 2000年以后虽有多位学者<sup>[6-11]</sup>进行了感潮河段设计水位标准和确定方法的研究, 直至近几年长江南京以下深水航道建设的展开, 仍进行这方面的相关研究<sup>[12-13]</sup>, 取得不少有益的成果, 为此问题的认识和深入研究奠定了基础, 但总体而言尚不够系统和完善。目前, 中国长江和珠江下游感潮河段航运工程发展迅速, 但因水文标准及衔接的问题, 使得内河和海港两水文规范的实用性和可操作性受到影响, 造成许多实际工作中的困难。因此, 对该问题进行深入探讨与研究, 对相关航运工程技术标准和规范的更新具有实质性的助益, 可促进水运工程水平的提高与发展。同时, 也可加深对感潮河段不同区段水文特征与规律的认识, 对丰富河流动力学与海岸动力学也具有较好的学术意义。

收稿日期: 2014-02-10; 网络出版时间: 2015-08-21

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20150821.1731.034.html>

基金项目: 交通运输部水运行业规范专题研究项目(Q209003)

作者简介: 张幸农(1960—), 男, 上海人, 教授级高级工程师, 博士, 主要从事河流泥沙方面研究。

E-mail: xnzhang@nhri.cn

## 1 感潮河段基本特征与航运工程水文指标

### 1.1 感潮河段区段及基本特征

感潮河段受上游径流与河口外潮汐双重影响,河段内水流出现双向流动及(或)水位产生周期性波动。潮区界、潮流界是反映径流、潮汐两大动力系统相互作用与变化的重要特征,也是感潮河段区段划分的关键界面。通常,根据水流动力和地貌特征,感潮河段划分为3个区段,上段称为河口河流段,即自潮区界起至潮流界,区段内仅有潮位涨落变化,水流为单一向海流动;中段称为河口潮流段,即自潮流界起至口门,区段内水流呈双向流动,既有径流下泄,又有潮流上溯;下段称为口外海滨段,即自口门起至水下三角洲的前缘急坡止,区段内以潮汐作用为主,除潮流外,还受波浪及海流的影响。

显然,潮区界和潮流界的位置并非固定不变,而是随河道径流大小和潮汐强弱在一定范围内变动<sup>[14-15]</sup>。因而,感潮河段水文特征,如潮位、潮流流速和流向以及潮波变形、相位差、滞流点、滞沙点和最大浑浊带等,受到上游径流和河口外潮汐的影响程度也随季节变化。

### 1.2 航运工程及其水文指标

感潮河段航运工程共包括港口、航道及船闸三类形式。感潮河段港口一般采用顺岸式布置,少数情况下也采用挖入式港池,大多数设有海轮码头,因水域相对较小,风浪不大,无需构筑防波堤,水工建筑物主要码头,其前缘临深水,为便于船舶靠拢和装卸作业,多采用直立高桩或板桩结构。感潮河段航道一般开辟有海轮航道,航宽和航深均大于内河航道,水工建筑物主要是整治工程,包括导堤、丁(顺)坝、护底(滩)结构等,多为抛石、混凝土框架或排体。感潮河段或其支流航道上有时为克服内河与河口潮位差而设置船闸,船闸水工建筑物主要由闸首、闸室、闸门、输水系统和引航道等设施组成。主要水流泥沙问题是引航道口门区是否出现碍航流态及严重的泥沙淤积。

感潮河段航运工程需要确定的水文指标主要有两方面,一方面是设计水位的确定,包括码头设计水位、航道和船闸设计通航水位的确定。另一方面是水流和泥沙的分析,主要是如何收集工程河段上游径流和泥沙特征参数和河口外潮汐、波浪特征参数以及工程河段附近水流和泥沙时空上的分布特征参数,包括年径流量和输沙量、年内流量和泥沙含沙量、颗粒大小及其历时过程;潮差、涨落潮历时、潮位和潮流数值大小及其历时过程;波高、波长和波周期;工程段年内水位高低及其历时过程、典型断面最大、最小流速和含沙量以及河床质组成等,确定合适的分析内容与方法,为工程选址、通航水流条件和泥沙冲淤的分析与评估奠定基础。

### 1.3 水文标准方面存在的问题

在现《海港水文规范》和《内河航运工程水文规范》中,关于水流、泥沙分析的内容与方法,虽有差异,如海港规范主要针对海岸波浪和泥沙问题,规定了计算和分析方法;内河规范主要针对工程中出现水流泥沙问题,规定了分析内容和相关要求,两者均无具体的水文标准指标,且部分内容有相似之处,但不易形成混淆。关于设计水位确定,两规范均给出了具体的水文标准取值和确定方法,但无论是统计计算方法,还是资料系列样本选取和标准取值,均存在较大差异。

涉及到感潮河段航运工程水文标准的确定,主要存在以下3方面问题:①如何界定工程属性及水文标准不明确,即哪些工程应执行《海港水文规范》,哪些工程应执行《内河航运工程水文规范》,无明确的划分标准,实际工作中较难分辨;②如何界定感潮明显或是感潮不明显并不明确,两规范虽对“感潮明显或感潮不明显”和“汛期潮汐作用明显或不明显”有规定,但具体指标较为含糊或有待论证,实际操作仍有困难;③海港和内河水文标准及其确定方法的分界与衔接不明确。

## 2 航运工程水文标准分界与衔接

### 2.1 分界依据指标

对于感潮河段,如仅按前述的潮区界、潮流界,或是河口外海滨段、河口潮流段、河口河流段等笼统的概念进行区分,并确定航运工程水文标准,仍有较大的随意性,有必要结合相关水文参数,给出具体的依据指标。如果需准确地定量划分各区段,确定相应的水位特征,必须计算不同时段沿程径流和潮流量的分布,进行比对和划分。此方法虽在理论上可靠,但工作量巨大,也受资料短缺或代表性不够的影响,对于工程设计的通常情况,很难实际应用。鉴于问题主要是确定航运工程设计水位时较易产生内河与海港方法的混淆,因而可直接采用水位资料系列,进行相关计算分析,提出具体的不同区段分界依据指标。

借鉴文献[5]提出的方法,本文采用“月平均潮位年变幅多年平均值”和“多年平均潮差”两特征值的比值,作为分界依据指标。“月平均潮位年变幅多年平均值”可按式计算:

$$\Delta Z_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{i1} - Z_{i2}) \quad (1)$$

式中  $n$  为统计年数;  $Z_{i1}$  为统计年内某年最高月平均潮位,  $m$ ;  $Z_{i2}$  为统计年内某年最低月平均潮位,  $m$ 。

“多年平均潮差”以  $\Delta Z_2$  表示,即统计年数内每日最高潮位与最低潮位差值的平均值。“月平均潮位年变幅多年平均值”的量值大小主要是上游径流所决定,说明了径流对河道水流特征(水位、流速等)的影响程度;“多年平均潮差”的量值大小则由河口外潮汐所决定,说明了潮汐对水位变化的影响程度。因此,  $\Delta Z_1 / \Delta Z_2$  是一个反映径潮强弱关系对河道水流影响程度的特征值,将其作为感潮河段分区依据指标,在理论上是合理的。同时,在实际工程设计中,每日高、低潮位资料较易获取,  $\Delta Z_1$  和  $\Delta Z_2$  的计算较为简便,以其作为判别指标也颇为现实可行。

### 2.2 实例计算分析

在现《海港水文规范》和《内河航运工程水文规范》中,设计高水位统计计算方法不相同,海港规范采用累积频率法,内河规范采用频率法;设计低水位统计计算方法相同,海港规范采用累积频率法,内河规范采用保证率法(即累积频率法),两者资料系列样本选取和标准取值不相同。但两者有一个基本的共同点,就是设计高水位的历时累积频率应小于1%;设计低水位的历时累积频率应大于98%。在感潮河段,须以长系列的每日24h整点潮位为样本进行计算分析,但许多实际情况中,获取此类资料极为困难。在海港水文标准的演变过程中,相关研究<sup>[13-14]</sup>表明,对潮汐作用明显的海岸或河口,高潮累积频率10%潮位与历时累积频率1%潮位、低潮累积频率90%潮位与历时累积频率98%潮位,差值不大,考虑到资料获取和统计计算的简便易行,可采用前者替代后者;对受径流影响大的河口港,差值较大,前者不可替代后者,但研究未涉及感潮河段区段划分并给出两者的差值。

显然,上述两种计算方法结果的差异与自河口上溯不同区段内受径流和潮汐影响的程度有关。为此,本文针对长江下游干流、珠江下游各水道等感潮河段,选取20多个水文(位)站,各站位置见图1,依据各站近20多年来实测潮位系列资料,计算出高潮累积频率10%潮位和低潮累积频率90%潮位及其各自所对应的历时累积频率,并相应计算出各处的  $\Delta Z_1 / \Delta Z_2$  特征值,见表1。表1反映,各处高潮累积频率10%潮位所对应的历时累积频率均达不到1%,说明感潮河段因受径流影响,高潮累积频率10%潮位已明显低于历时累积频率1%潮位;而各处低潮累积频率90%潮位所对应的历时累积频率,则有大于和小于98%的情况,说明在一定条件下,低潮累积频率90%潮位是高于历时累积频率98%潮位的。依据表1计算结果,建立低潮累积频率90%潮位对应的历时累积频率与  $\Delta Z_1 / \Delta Z_2$  之间的关系,如图2所示,可见两者基本呈现幂函数关系,且有一定的幅度范围,说明并不能以某一  $\Delta Z_1 / \Delta Z_2$  数值来区分历时累积频率是否大于98%,或者说历时累积频率达到98%就需要多大的低潮累积频率,而应有一个相应的过渡段,其下包络线则说明了不同区段低潮累积频率90%潮位实际所对应的历时累积频率的下限值。

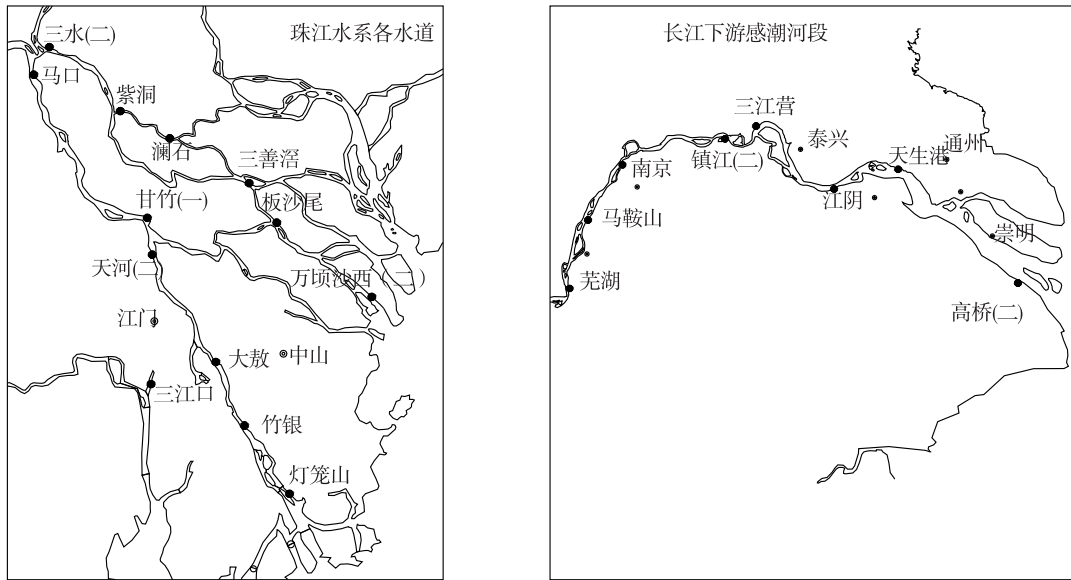


图 1 实例计算选用的水文(位)站

Fig. 1 Hydrological station (tidal gaging station) selected in case study and calculation

表 1 各站径潮特征值和潮位历时累积频率

Table 1 Characteristic values and diachronic cumulative frequency of tidal level in every station

河流	站名	$\Delta Z_1/\Delta Z_2$	高潮 10%潮位 对应的历时 累积频率/%	低潮 90%潮位 对应的历时 累积频率/%	河流	站名	$\Delta Z_1/\Delta Z_2$	高潮 10%潮位 对应的历时 累积频率/%	低潮 90%潮位 对应的历时 累积频率/%	
长江	高桥	0.24	1.4	98.8	长江下游河段	天河(二)	4.71	4.3	95.9	
	天生港	0.59	2.0	98.3		西江干流	甘竹(一)	5.72	4.9	95.6
	江阴	0.91	2.3	98.0			马口站	10.23		95.6
	三江营	2.07	3.5	98.3		洪奇沥水道	万顷沙西(二)	0.29	2.4	98.2
	镇江	3.19	4.4	97.7			板沙尾	0.68	4.3	98.0
	南京	8.30	5.2	96.7		顺德水道	三善滘	0.81	4.7	97.5
	马鞍山	13.58	5.0	95.6		潭洲水道	澜石	1.61	5.0	97.4
	芜湖	24.74	5.0	95.2		北江	紫洞	3.58	4.8	96.8
	灯笼山	0.39	2.8	97.8			三水(二)	7.70		96.3
	磨刀门水道	竹银	0.92	4.4		97.4	江门水道	三江口	0.27	2.0
	大敖站	1.66	4.7	96.9						

进一步可反过来计算,多少低潮累积频率的潮位才可达历时累积频率 98%。依据表 1 计算结果,当  $\Delta Z_1/\Delta Z_2=1$  左右时,即长江在江阴附近、珠江磨刀门水道在竹银附近,也就是在洪水潮流界附近,低潮累积频率 90%潮位的历时累积频率才会大于 98%;同理,在长江当  $\Delta Z_1/\Delta Z_2=5$  左右(镇江附近,即枯水潮流界)、 $\Delta Z_1/\Delta Z_2=10$  左右(南京附近)和  $\Delta Z_1/\Delta Z_2=25$  左右(芜湖附近),分别是各处低潮累积频率 91%~92%、93%~94%和 95%以上的潮位所对应的历时累积频率才可能大于 98%。同理,不难推算出珠江水系各水道及其他河流感潮河段也有类似的规律。

### 2.3 水文标准分界与衔接

根据实例计算结果,结合感潮河段特征,按潮流的

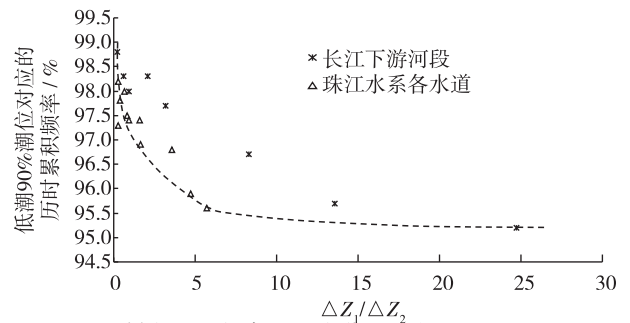


图 2 低潮累积频率 90%潮位对应的历时累积频率与  $\Delta Z_1/\Delta Z_2$  的关系

Fig. 2 Relation between diachronic cumulative frequency corresponding to low tidal level of 90% cumulative frequency and  $\Delta Z_1/\Delta Z_2$



常年到达点、季节性到达点和潮区界3个点为界限,可将感潮河段划分为3个区段,其中最下游的区段称常年潮流段,位于洪水潮流界以下,对应的 $\Delta Z_1/\Delta Z_2 < 1$ ,表明区段内潮汐影响十分明显;中间区段称季节性潮流段,位于枯水潮流界至洪水潮流界之间,对应的 $\Delta Z_1/\Delta Z_2$ 为1~5,表明区段内潮汐作用影响不甚明显;最上游的区段称常年径流段,位于枯水潮流界以上,对应的 $\Delta Z_1/\Delta Z_2 > 5$ ,表明区段内潮汐影响不明显。以下针对3个区段,分别讨论海港与内河航运工程水文标准的分界与衔接。

(1) 关于设计高水位,在3个区段中,若采用高潮累积频率10%的潮位,其所对应的历时累积频率均达不到1%,也远低于上游径流河段重现期20年一遇水位,明显降低了标准,是不可取的。因而须按频率法分析确定,以年最高潮位为计算样本序列(对受风暴潮影响严重的增水情况,可按水文统计理论进行大值处理),标准取重现期20年一遇,资料取用年限则大于20年。对于潮汐作用影响明显的常年潮流段( $\Delta Z_1/\Delta Z_2 < 1$ ),可按耿贝尔极值I型曲线进行理论频率适线,对潮汐影响不太明显的季节性潮流段和不明显的常年径流段( $\Delta Z_1/\Delta Z_2 > 1$ ),可按皮尔逊III型频率曲线进行理论频率适线。由于采用的方法和标准与上游径流河段相同,样本取值也相同,只是在理论频率适线方法略有区别。可见,各区段及与上游径流河段设计高水位不存在分界,且自然形成衔接。

(2) 关于设计低水位,情况较为复杂,在某一区段内,若采用内河多年综合历时曲线法保证率98%水位或海港累积频率法低潮累积频率90%潮位,均有可能降低标准。因而,对于航道工程,为保持与上游径流河段标准一致,可按低潮累积法进行计算确定,但须分段提高标准取值形成逐渐过渡,基本点是设计低水位所对应的历时累积频率应大于98%。根据各等级航道,确定出设计最低通航水位标准取值,见表2;对于港口工程和通航建筑物工程,设计低水位的计算确定可与其所在的航道工程相一致。

表2 航道设计最低通航水位低潮累积频率标准取值

Table 2 Selection of low tidal level cumulative frequency of designed lowest navigable water level

航道等级	常年潮流段 $\Delta Z_1/\Delta Z_2 \leq 1$	季节性潮流段 $\Delta Z_1/\Delta Z_2 = 1 \sim 5$	常年径流段 $\Delta Z_1/\Delta Z_2 > 5$
I、II	$\geq 90\%$	$\geq 95\%$	$\geq 98\%$
III、IV	90%	90%~95%	95%~98%
V~VII	$\geq 85\%$	$\geq 90\%$	90%~95%

可见,在感潮河段3个区段,航运工程设计低水位依据低潮累积频率法计算按表2取值确定,可保持或超过上游径流河段的标准,且结果偏于安全。实际工作中,可根据工程等级和水位变化特征,考虑表2的取值范围,与上游径流河段设计低水位形成平顺衔接。

(3) 关于水流、泥沙分析,应针对3个区段中水流、泥沙运动特征,结合不同航运工程特点和设计要求,分别考虑分析内容和方法。

对于常年潮流段,基本上应执行河口海岸的水沙分析方法,边界条件除了要考虑上游洪、中、枯季的来水来沙变化外,还必须与下游大、中、小潮的不同潮型构成多种水情组合,作为分析研究的控制条件;统计分析和模拟试验均要按照非恒定流的理论和方法进行;盐淡水混合的影响已不可忽视,动力分析需增加密度环流的影响作用;泥沙絮凝所引起的沉降变化已成为河床变化的重要影响因素;潮波变形、相位差、滞流点、滞沙点和最大浑浊带等特征也是应考虑的内容;拦门沙形成机理及发展趋势成为冲淤演变分析的关键内容。

对于常年径流段,基本上应执行径流河段的水沙分析方法,除枯水期外,边界条件仅考虑上游来水来沙的变化,不考虑潮汐影响;统计分析和模拟试验按恒定流的理论和方法进行;基本不考虑盐淡水混合、密度环流、泥沙絮凝以及潮波变形、相位差、滞流点、滞沙点、最大浑浊带等潮汐水沙特征。

对于季节性潮流段,水沙分析考虑潮汐和径流交互情况,枯水期分析方法基本同常年潮流段,洪水期分析方法则按常年径流段的规定执行。

### 3 结 论

(1) 感潮河段受上游径流与河口外潮汐双重影响, 河段内水流出现双向流动及(或)水位产生周期性波动。航运工程共包括港口、航道及船闸三类形式。主要水文指标有两方面, 一方面是设计水位的确定, 另一方面是水流、泥沙分析, 包括分析内容与方法。

(2) 感潮河段航运工程水文标准存在 3 方面问题: ① 如何界定工程属性及水文标准; ② 如何界定感潮明显或是感潮不明显; ③ “河与海” 水文标准及其确定方法分界与衔接。

(3) 感潮河段“月平均潮位年变幅多年平均值”和“多年平均潮差”两特征值之比 $\Delta Z_1/\Delta Z_2$ , 反映了水文条件受上游径流和河口外潮汐影响程度, 统计计算较为简便, 将其作为感潮河段分区依据指标, 具有合理性和可行性。

(4) 感潮河段可按潮流常年到达点、季节性到达点和潮区界 3 个点为界限, 将感潮河段划分为常年潮流段、季节性潮流段和常年径流段 3 个区段。各区段依据 $\Delta Z_1/\Delta Z_2$ 不同取值, 可对海港和内河航运工程水文标准予以分界, 并形成较好的衔接。

#### 参考文献:

- [1] JTS 145-2—2013 海港水文规范 [S].北京: 人民交通出版社, 2013. (JTS 145-2—2013 Code of Hydrology for Sea Harbour[S]. Beijing: China Communications Press, 2013. (in Chinese))
- [2] JTS145-1—2011 内河航运工程水文规范 [S].北京: 人民交通出版社, 2012. (JTS145-1—2011 Code of Hydrology for Inland Navigation Engineering [S]. Beijing: China Communications Press, 2012. (in Chinese))
- [3] GB50139—2014 内河通航标准 [S].北京: 中国计划出版社, 2014. (GB50139—2014 Navigation standard of inland waterway [S]. Beijing: China Planning Press, 2014. (in Chinese))
- [4] JTJ311—97 通航海轮桥梁通航标准 [S].北京: 人民交通出版社, 1998. (JTJ311—97 Bridge Navigation Standard for Seagoing Vessel [S]. Beijing: China Communications Press, 1998. (in Chinese))
- [5] 常征, 尹光荣, 王志云. 感潮河段设计水位标准的选用 [J]. 港工技术, 1997(1): 12-14. (CHANG Zheng, YIN Guangrong, WANG Zhiyun. Selection of standard of design water level in tidal reach [J]. Port Engineering Technology, 1997(1): 12-14. (in Chinese))
- [6] 邓年生, 王炳奇. 河口潮流段设计最低通航水位计算方法的探讨 [J]. 水运工程, 2004(5): 62-63. (DENG Niansheng, WANG Bingqi. Methods for calculating the designed lowest navigable stage of channel in estuarine tidal current reach [J]. Port & Waterway Engineering, 2004(5): 62-63. (in Chinese))
- [7] 吴玲莉, 张玮, 高龙琨, 等. 长江下游感潮河段设计通航水位计算方法比较 [J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(8): 36-38. (WU Lingli, ZHANG Wei, GAO Longkun, et al. Comparison of calculation methods for navigable stage design of tidal reach of the lower Yangtze River [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2005, 25(8): 36-38. (in Chinese))
- [8] 吴玲莉, 张玮, 张幸农, 等. 感潮河段设计水位计算方法选择判据研究 [J]. 人民长江, 2005, 36(8): 40-42. (WU Lingli, ZHANG Wei, ZHANG Xingnong, et al. Study on selection and judgment of computation method for design water level of tidal reach [J]. Yangtze River, 2005, 36(8): 40-42. (in Chinese))
- [9] 张幸农, 陈长英, 吴建树. 感潮河段设计通航水位确定方法及标准初探 [J]. 水道港口, 2006, 27(4): 243-248. (ZHANG Xingnong, CHEN Changying, WU Jianshu. Essential study on definition method and standard of designed navigable stage in tidal reaches [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2006, 27(4): 243-248. (in Chinese))
- [10] 彭钜新. 对确定航道设计最低通航水位中河段划分标准的设想 [J]. 水运工程, 2007(8): 82-84. (PENG Juxin. On standard of design lowest navigable stage in tidal reach [J]. Port & Waterway Engineering, 2007(8): 82-84. (in Chinese))
- [11] 彭钜新. 潮汐河段航道设计最低通航水位标准的研究 [J]. 水运工程, 2008(1): 73-77. (PENG Juxin. On determination of river reach dividing standards of inland waterway design lowest navigable stage [J]. Port & Waterway Engineering, 2008(1): 73-77. (in Chinese))

- [12] 闻云呈, 夏云峰, 蔡翠苏, 等. 长江下游南京至浏河口河段沿程设计最低通航水位分析[J]. 水运工程, 2012(3): 99-103. (WEN Yuncheng, XIA Yunfeng, CAI Cuisu, et al. Design lowest navigation water level of river reach from Nanjing to Liuhe River estuary on lower Yangtze River[J]. Port & Waterway Engineering, 2012(3): 99-103. (in Chinese))
- [13] 陈晓云. 长江南京以下深水航道设计最低通航水位初析[J]. 水运工程, 2013(3): 140-143. (CHEN Xiaoyun. On design lowest navigable water level of deep-water channel in Yangtze River reach below Nanjing[J]. Port & Waterway Engineering, 2013(3): 140-143. (in Chinese))
- [14] 宋兰兰. 长江潮流界位置探讨[J]. 水文, 2002, 22(5): 25-26. (SONG Lanlan. Research on the location of tidal current of limit of the Yangtze River [J]. Journal of China Hydrology, 2002, 22(5): 25-26. (in Chinese))
- [15] 侯成程, 朱建荣. 长江河口潮流界与径流量定量关系研究[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2013(5): 18-26. (HOU Chengcheng, ZHU Jianrong. Study on the quantitative relationship of the location of the tidal current limit and the river discharge in the Changjiang estuary[J]. Journal of East China Normal University: Natural Science, 2013(5): 18-26. (in Chinese))

## Studying on dividing and connecting of the hydrology standard between river and sea navigation engineering\*

ZHANG Xingnong<sup>1</sup>, CHEN Changying<sup>1</sup>, LIU Hui<sup>2</sup>

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;*

2. *Haihe River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Tianjin 300170, China*)

**Abstract:** Aiming at problems existing in hydrology standard for navigation engineering of tidal reach, especially difference and junction of confirmation of the design water level and research of flow and sediment for seaport and inland navigation engineering, studying on demarcation and connection of hydrology standard of tidal reach was performed. Through expounding the basic features of the tidal reach, hydrology factors of all kinds of navigation engineering were analyzed. Then, the ratio of two characteristic values that are annual average of in-year variation amplitude of monthly average water level and annual average of tidal range, was presented as a dividing index of different sections in the tidal reach. By means of case study and calculation, demarcation and connection of the hydrology standard of two kinds of engineering was demonstrated. The result shows that the ratio reflects the influence of runoff and tide to hydrology condition in different sections. The hydrology standard of two kinds of engineering in tidal reach can be divided and connected preferably according to its different value.

**Key words:** tidal reach; navigation engineering; hydrology standard; demarcation and connection

---

\* The study is financially supported by the Monographic Research Project on Water Transport Standard of Ministry of Transport of China (No. Q209003).