



长江南京以下深水航道设计最低通航水位初析

陈晓云

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 长江南京以下深水航道地处感潮河段, 如何计算设计最低通航水位是航道建设技术论证的首要工作。通过初步论证分析, 得到一些基本认识: 对于南京以下河段, 现行航道水深起算基面不能视同为设计最低通航水位、不宜轻易调整航道水深起算基面、设计最低通航水位宜统一采用海港方法计算并根据水文条件变化作必要调整、个别河段航道设计水深需大于12.5 m。

关键词: 设计最低通航水位; 深水航道; 航道设计水深

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0140-04

On design lowest navigable water level of deep-water channel in Yangtze River reach below Nanjing

CHEN Xiao-yun

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: Deep-water channel in Yangtze River reach below Nanjing is located in a tidal reach, and how to calculate its design lowest navigable water level is an essential work to the technical demonstration of its channel construction. According to a preliminary demonstration and analysis, some basic conclusions are obtained as follows: the initial base plane of existing channel depth for Yangtze River reach below Nanjing shall not be regarded as its design lowest navigable water level and it shall not be easily adjusted; its design lowest navigable water level shall be calculated by adopting a recommended method listed in Code of Hydrology for Sea Harbor and is necessarily adjusted in the light of a change in hydrological conditions; the design water depth at very few sections should be larger than 12.5 m.

Key words: design lowest navigable water level; deep-water channel; designed depth of navigation channel

设计最低通航水位计算是航道建设技术论证最基础的工作。对于长江南京以下深水航道建设前期工作, 针对感潮河段复杂的水位变化特征, 研究径流与潮流共同作用下潮水位的变化规律, 寻求合理的设计最低通航水位, 以充分开发利用南京以下河道水深资源。

1 现行航道水深起算基面不能视同为设计最低通航水位

长江大通以下为感潮河段(图1), 一般认为

江阴为潮流界, 其上约400 km主要由径流控制, 潮汐对水位的抬升作用较小; 其下至长江口门(鸡骨礁)约240 km, 受径流与潮流相互作用, 愈往下游, 潮汐对水位的抬升作用愈明显。基于这些认识, 多年来以江阴为界采用了两种不同的方法确定航道水深起算基面^[1], 江阴以上采用“航行基准面”, 江阴以下采用“理论最低潮面”。两个基面的本质意义是航道图的绘图基面, 图上水深表示基面以下水深深度。

收稿日期: 2012-08-29

作者简介: 陈晓云(1952—), 女, 教授级高工, 主要从事长江干线航道整治规划、设计与研究工作。



图1 长江大通—河口河道

1.1 航行基准面

1958年以前，长江航道图的绘图基面沿用各港埠水尺零点。1958年始，采用多年水位保证率曲线法制定长江江阴以上河段“航行基准面”，并颁布作为长江航道测绘、疏浚、整治设计的水深起算基面。1970年利用1925—1969年水位资料，采用枯水位经验频率法，计算出相应保证率99.5%、约5 a一遇的水位作为汉口站航行基准面；同时利用枯水期最低水位前后观测资料，绘制相邻水位站的相关水位曲线，向其上下游推求各站航行基准面，并用保证率曲线法和经验频率法校核。1971年正式颁布（表1）沿用至今。

表1 长江南京—江阴河段航行基准面

地点	85国家高程基准/m
南京	0.03
镇江	-0.28
三江营	-0.49
七圩	-0.74

由于航行基准面的计算方法与内河设计最低通航水位计算方法基本一致，在径流影响明显的感潮河段可以将航行基准面视同设计最低通航水位；但在潮汐影响明显的感潮河段，因航行基准面计算样本采用日均水位，未能反映低潮位情况，因此不能视同设计最低通航水位。南京—江阴河段水位不同程度受到潮汐影响，特别是枯水期潮汐特征明显，因此在推求设计最低通航水位前，首先要对该河段进行潮汐影响程度判断^[2]，然后再选择合适的方法计算设计最低通航水位。

1.2 理论最低潮面

1958年以前，长江吴淞口—江阴河段曾以“略最低低潮面”、“吴淞零点”等作为水深起算基面。1958年颁布“理论深度基准面”为水

深起算基面，在使用中发现存在未考虑上游径流和枯水期影响、采用相邻两站推算潮差不合理等问题。1971年进行调整，利用多站枯水期同步一个月的潮位资料，用调和分析法计算各站11个调和常数，再按符拉基米尔法计算各站理论上可能出现的最低潮面，统一归化至历年最低月平均水位，确定为1971理论深度基准面（表2）。1990年改称“理论最低潮面”沿用至今。

表2 长江江阴以下河段理论最低潮面

地点	85国家高程基准/m	地点	85国家高程基准/m
江阴	-0.82	杨林	-1.57
段山	-1.12	石洞口	-1.60
天生港	-1.29	吴淞	-1.66
徐六泾	-1.49	横沙	-1.84
白茆	-1.51	北槽中	-1.92

从理论最低潮面推求方法和使用效果得出，理论最低潮面对应的潮位接近于多年最低潮位平均值，其保证率接近100%，高于国家建设标准。如果将其作为设计最低通航水位使用，未充分利用潮汐资源，是不恰当的，因此不能将理论最低潮面视同设计最低通航水位。在南京以下深水航道建设一期工程太仓—南通河段通航标准专题研究中^[3]，采用海港方法计算设计最低通航水位，天生港以下设计最低通航水位普遍高于理论最低潮面0.7 m左右（表3），为合理衡量航道建设标准提供了依据。

表3 长江南通—太仓河段设计最低通航水位

地点	85国家高程基准/m	当地理论最低潮面/m
天生港	-0.60	0.69
徐六泾	-0.75	0.74
白茆	-0.75	0.76

2 南京以下深水航道设计最低通航水位宜统一按海港方法计算

很长一段时期，感潮河段设计最低通航水位尚未明确规定计算方法，一般由设计者根据建设项目具体分析，选择内河或海港方法进行计算。直到GB 50139—2004《内河通航标准》作出明确规定：不受潮汐影响和潮汐影响不明显的河段，设计最低通航水位采用综合历时曲线法或保证率

频率法计算确定（即内河方法）；潮汐影响明显的河段，设计最低通航水位应采用低潮累积频率90%的潮位（即海港方法）。同时还指出，潮汐影响明显的判据是多年月平均潮位年变幅小于或等于多年平均潮差。由代表径流动力特征的“多年月平均水位年变幅” ΔH 与代表海洋动力特征的“多年平均潮差” δ 之间的强弱对比来反映径流或潮汐对水位变化的控制程度。当 $\Delta H/\delta=1$ 时，表示潮汐动力与径流动力对水位变化的影响程度相当，由此作为评价潮汐影响程度的临界值。 $\Delta H/\delta<1$ ，潮汐对水位变化的影响程度大于径流；反之，径流大于潮汐。

2.1 潮流界随径流减小可上溯南京

随着对长江水资源的开发利用，人们开始关注在径流作用下潮流界的变化规律。据河海大学^[4]等有关实测资料，当大通流量5万~6万 m^3/s 时，天生港一带在中、小潮时主槽无涨潮流，仅支汊存在涨潮流。而当大通流量下降到3.4万~3.6万 m^3/s 时，南京长江大桥最大涨潮流速可达0.05 m/s；大通流量2.5万~2.8万 m^3/s 时，南京龙潭西渡电厂最大涨潮流速可达0.1 m/s；大通流量1.15万~1.17万 m^3/s 时，南京梅山码头最大涨潮流速可达0.3 m/s。研究揭示，由于长江径流洪枯季流量变化很大，潮流界随径流大小下移上溯。在大流量下，潮流界可以下移到江阴下游50 km以远；随着径流减小，潮流界可以上溯到江阴以上190 km的南京河段。在涨潮流上溯活动的河段与时段，潮汐动力对水位的影响是明显的。这些实测资料和研究结果帮助我们更为全面地认识南京以下潮汐规律，更好地利用潮汐特征建设深水航道。

2.2 统一采用海港方法计算设计最低通航水位是适宜的

《内河通航标准》提出了对潮汐影响程度的判别标准，但如何选取样本资料，仍然需要设计者结合论证内容合理选取计算样本。设计最低通航水位主要反映枯水期水位状态，在此期间，径流一般处于全年较小时段，潮汐对水位变化的影响程度相对较强，吴玲莉等撰文^[5]分析认为，在感潮河段，宜以枯水期（当年12月一次年2月）的

ΔH 和 δ 比值选取设计最低通航水位计算方法。若取全年水文资料计算 ΔH 和 δ 值， $\Delta H/\delta=1$ 的交点在江阴附近；取中枯水水文资料计算，交点则在江阴和南京之间；取枯水期水文资料计算， ΔH 和 δ 的交点则上移南京附近（图2），表明南京以下河段枯水期水位变化受潮汐影响为主，与“枯季小流量期间，潮流界可上溯南京”的认识一致。该文章认为南京以下河段应采用海港方法计算设计最低通航水位，即采用低潮累积频率为90%的潮位。

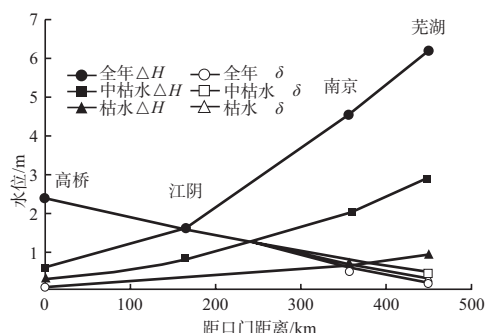


图2 长江下游站点分不同时段计算的月平均水位年变幅和年平均潮差关系

采用海港方法的本质是以低潮位作为计算样本，一方面可以清晰反映最低潮位的运动状态，航道水深的安全性强；另一方面可以充分认识潮汐特征，开发利用潮汐动力带来的水深资源，客观衡量深水航道建设效益。

2.3 设计最低通航水位计算与分析

基于上述认识，将南京以下河段视为潮汐影响明显河段，统一采用海港方法，利用近年来能够获得的样本资料计算设计最低通航水位，低潮累积频率为90%的潮位^[3, 6]结果见表4、表5。

表内数据显示：计算结果除江阴外，大多高于水深起算基面0.7 m左右，江阴为0.5 m。这一现象揭示，水深起算基面的标准高于设计最低通

表4 长江南京—江阴河段设计最低通航水位

地点	85国家高程基准/m	当地航行基准面/m
南京	0.74	0.71
镇江	0.47	0.75
三江营	0.26	0.75
七圩	0.02	0.76

表5 长江江阴以下河段设计最低通航水位

地点	85国家高程基准/m	当地理论最低潮面/m
江阴	-0.32	0.50
天生港	-0.56	0.69
徐六泾	-0.75	0.74
白茆	-0.75	0.76
杨林	-0.86	0.71
石洞口	-0.92	0.68
吴淞	-0.99	0.67
高桥	-1.06	0.65
横沙	-1.30	0.54
北槽中	-1.49	0.43
牛皮礁		0.54

航水位（图3），与前述航行基准面保证率达到99.5%，约5 a一遇的水位，理论最低潮面接近多年最低潮位平均值，其保证率接近100%的实际情况一致。同时，由于水深起算基面已经使用40余年，通过近期潮位资料校核^[6]，近年来低潮位存在抬升0.10~0.20 m的现象，也是原因之一。

表6 5万吨级海船通航水深计算

船型	船舶吨级/万t	吃水情况/m	咸水中净吃水/m	咸淡水超深/m	航行富余水深/m	淡水中通航水深/m
集装箱船	5	11.5（实载）	11.5	0.29	1.41	13.2
原油船	5	12.8（满载）	12.8	0.32	1.57	14.7
液体化工品船	5	12.5（满载）	12.5	0.31	1.54	14.4
散货船	5	12.8（满载）	12.8	0.32	1.57	14.7

注：航行富余水深按船舶吃水的12%计算。

3.2 航道设计水深

长江口12.5 m深水航道以理论最低潮面下航道设计水深12.5 m而定义，习称“12.5 m深水航道”，但设计通航水深是13.2 m，上延工程建设标准与此一致。通过设计最低通航水位初步判断，南京以下绝大部分河段设计最低通航水位高于水深起算基面0.7 m左右，能够达到设计通航水深13.2 m的要求（水深起算基面下航道水深12.5 m + 水深起算基面上潮位0.7 m）。但也发现，在江阴—天生港河段即福姜沙水道，设计最低通航水位仅高出理论最低潮面0.5 m，比其他河段低0.2 m。如果福姜沙水道仍然按理论最低潮面下航道水深12.5 m进行治理建设，有可能出现达不

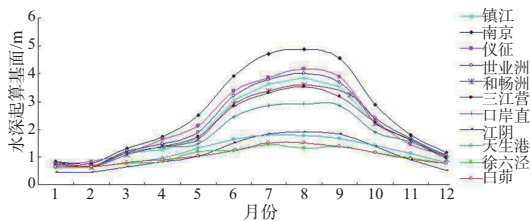


图3 近年各站累积频率90%低潮位值逐月变化

3 长江口12.5 m深水航道上延南京，个别河段航道设计水深须大于12.5 m

3.1 设计通航水深

南京以下深水航道建设定位于长江口12.5 m深水航道上延，设计代表船型为5万吨级集装箱船（实载吃水 ≤ 11.5 m），其他5万吨级海船有散货船、油船和液体化工品船（满载吃水12.5~12.8 m）。随着船舶由外海进入长江水域，河水含盐度减少，水动力条件变化，船舶吃水相应增加，经计算^[3]5万吨级设计代表船型通航水深13.2 m（表6），即南京以下深水航道建设，设计通航水深取13.2 m。

到设计通航水深13.2 m的现象。

4 结论与建议

4.1 水深起算基面宜保持相对稳定

对航道建设标准起控制作用的是设计最低通航水位，水深起算基面只是水深与潮水位承接换算的平台（图4），航道设计水深取决于设计潮位的确定，两者之和必须满足设计通航水深的要求。由于南京以下水深起算基面已经使用40余年，大量的历史资料需要借鉴对比，水深起算基面应保持相对稳定为宜。若要适应数字航道建设的需要，水深起算基面宜调整与设计最低通航水位一致。

（下转第157页）