

中华人民共和国

内河船舶船员适任考试培训教材

航道与引航

中国海事服务中心组织编审

主编 范晓飏 刘元丰

驾驶专业



大连海事大学出版社

内 容 简 介

《航道与引航》教材共九章,即内河水道;河流水文要素;内河助航及安全标志;航行图与航行安全信息;气象常识;内河引航基本要领;不同类型河段的引航;特殊情况下的引航;雷达助引航技术。本教材编写吸收了国内外有关船舶引航操纵理论和实践方面的最新研究成果,较系统地阐述了与内河船舶引航有关的基础理论和引航操作技术,注重理论与实践的紧密结合,强化了内河船舶驾驶人员岗位适任所需技能训练力度。

本教材作为内河船舶一类证书船员适任考试培训教材,也可作为航海技术专业教学用书,还可供内河船舶驾驶人员和船舶管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

航道与引航 / 范晓飏,刘元丰主编. —大连:大连海事大学出版社,2010. 12
(2011. 3 重印)

中华人民共和国内河船舶船员适任考试培训教材

ISBN 978-7-5632-2513-2

I. ①航… II. ①范… ②刘… III. ①内河航行—领航—技术培训—教材
IV. ①U697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 246326 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2010年12月第1版

2011年3月第2次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:12.125 字数:300千

责任编辑:姜建军

版式设计:晓江

封面设计:王艳

责任校对:沈荣欣

ISBN 978-7-5632-2513-2 定价:33.00元

前 言

根据《中华人民共和国内河船舶船员适任考试和发证规则(2010)》和《内河船舶船员适任考试大纲(2010)》，中国海事服务中心组织在内河船舶运输领域有着丰富教学和培训经验的专家、教授、高级讲师在 2006 年培训教材的基础上重新编写了《内河船舶船员适任考试培训教材》，并组织实践经验丰富的海事管理机构专家和船公司的指导船长、轮机长对教材进行了审定。

在本套教材编写前，中国海事服务中心组织参编专家对内河船舶运输现状进行了广泛的调研和深入的讨论，确保教材内容符合船上实际，反映最新航海应用技术和最新法律、法规、规范与标准，并在表达方式上通俗易懂、易于理解，符合内河船舶船员业务学习和技能培训的需要。

本系列教材分驾驶专业和轮机专业两部分：驾驶专业包括《船舶操纵》、《避让与信号》、《航道与引航》、《船舶管理》、《船舶驾驶与管理》五种教材；轮机专业包括《主推进动力装置》、《船舶辅机与电气》、《机舱管理》、《轮机基础》、《船舶动力装置》、《轮机管理》六种教材。另外，单独编写和开发了内河船舶船员适任考试模拟练习软件，以光盘的形式出版，驾驶专业和轮机专业各一种。

《航道与引航》为一类适任证书考试的科目，适用于内河船舶驾驶部船员考试和培训。本书由重庆交通大学副教授范晓飏、刘元丰主编；芜湖海事局一等船舶船长吴乃平主审。参编人员有重庆交通大学张丹、游泳涛、王东。

教材在编写过程中得到了交通运输部海事局领导和专家的关心和指导，相关海事部门和船公司对教材编写也提供了热情的帮助和支持，在此一并表示感谢！由于时间仓促，书中难免存在错误和疏漏，欢迎广大读者和专家批评指正。

中国海事服务中心

2010 年 11 月

目 录

第一章 内河水道	(1)
第一节 内河水道概况	(1)
第二节 内河航道	(4)
第三节 内河航道等级	(10)
第二章 河流水文要素	(15)
第一节 比降	(15)
第二节 流速	(17)
第三节 流向	(19)
第四节 水位	(20)
第五节 流态	(24)
第六节 河口潮汐	(33)
第三章 内河助航及安全标志	(50)
第一节 内河助航标志	(50)
第二节 内河交通安全标志	(58)
第四章 航行图与航行安全信息	(67)
第一节 航行图的比例尺与图式	(67)
第二节 航行图的种类	(70)
第三节 航行图的使用与改正	(73)
第四节 航行安全信息	(76)
第五章 气象常识	(79)
第一节 气象要素	(79)
第二节 天气系统	(83)
第三节 天气预报常识	(89)
第六章 引航基本要领	(92)
第一节 航行条件分析	(92)
第二节 航路的选择	(93)
第三节 船舶定线	(96)
第四节 船位的摆法	(103)
第五节 转向点和吊向点的选择	(104)
第六节 船舶避让	(106)
第七章 不同类型河段的引航	(109)
第一节 顺直河段的引航	(109)
第二节 弯曲河段的引航	(111)
第三节 浅滩河段的引航	(118)

第四节	桥区河段的引航.....	(126)
第五节	河口段引航.....	(128)
第六节	船闸河段的引航.....	(135)
第七节	急流滩河段的引航.....	(137)
第八节	险槽河段的引航.....	(146)
第八章	特殊情况下的引航.....	(150)
第一节	雷雨大风天引航.....	(150)
第二节	夜间航行.....	(152)
第三节	能见度不良时的航行.....	(155)
第九章	雷达助航技术.....	(158)
第一节	雷达图像的识别.....	(158)
第二节	雷达确定船位和航线方法.....	(159)
第三节	使用雷达避让的方法.....	(161)
习题及答案		(163)
附 录		(183)
附录一	内河助航标志图示.....	(183)
附录二	内河交通安全标志(部分图示).....	(187)

第一章 内河水道

引导船舶以最佳航线航行于内河水道中的技术,称为内河引航技术。航道条件分析,是内河引航技术的重要组成部分,是实现船舶在内河航道中安全、经济航行的前提条件。本章主要介绍天然水道组成和特征,航道尺度、航道标准尺度的构成和确定方法,以及内河通航标准的有关规定,以便对航道条件分析有一个基本的认识。

第一节 内河水道概况

内河水道是指陆地上经常性或周期性集中下泄较大地表径流及地下水补给的水流通道。内河水道可分为天然水道和人工水道,天然水道包括河流和湖泊;人工水道包括运河(渠道)和水库。

一、河流的组成、分段及特点

(一) 河流的形成

河流是在地壳构造运动的基础上,水流与河床不断相互作用形成的。河水是一种天然水体,在重力作用下,起初沿着陆地斜坡及低洼的线性凹地流动,冲刷地表形成干沟,干沟受水流不断地冲刷侵蚀、切穿水层后,得到地下水的补给,成为终年有水的沟谷,流动的水流使沟谷不断壮大而成小河,小河汇集成大河,一直流向最低的地点或海洋。

河流的形成与发展与地壳、气候、土壤和植被等各种自然要素密切相关。由于各条河流所流经地方的自然、地理条件不同,因此,每条河流都具有各自的特征。

(二) 河流的组成

河流是陆地表面上的线性凹地与在其上流动的河水的总称。它最基本的组成可分为两部分:一是陆地表面上的线性凹地,即河谷;二是在河谷上流动的水,即河水。

河谷是河流流经或曾经流经的长条形凹地。它在横断面上成一种线状伸延的倾斜凹地,它的组成如图 1-1 所示。河谷按有无阶地可分为有阶地河谷与无阶地河谷;按地质地貌可分为山区河流河谷与平原河流河谷,一般山区河流河谷狭窄、坡降大、水流急。平原河流河谷较宽阔、坡降小、流速小、形态规则。

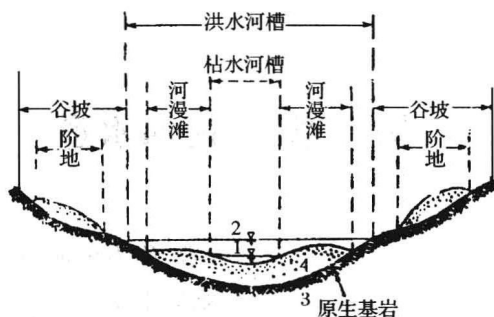


图 1-1 河谷

1—枯水期；2—洪水期；3—谷底(原生基岩)；4—河漫滩

(1) 谷底：谷底是指河谷的最下部分。一般由原生基岩构成。

(2) 冲积层：沉积与谷底的泥、沙、砾石、石块等物质。山区河流由于坡度陡、水流流速大，水流挟沙能力强，冲积层主要由含沙的石块和卵石组成；平原河流类型较为复杂，但多为卵石、细沙及黏土组成。

(3) 河床：河谷中经常被水流淹没的部分称为河床。河床中正被水流淹没的部分称为河槽，河槽因水位高低不同有洪水河槽与枯水河槽之分。按地质地貌可分为山区河流河床和平原河流河床。山区河流河床狭窄、弯曲，组成物质坚硬，抗冲性能强，河床相对稳定。山区河流的峡谷河段河床的横断面形态多呈“V”字形，有的峡谷两岸岸壁垂直，横断面形态呈“U”字形，如图 1-2(a) 所示；在宽谷河段和宽浅形河段，横断面变化剧烈，有抛物线形、不对称三角形或“W”形，如图 1-2(b) 所示。平原河流河床平坦宽阔，土质松软，河床可动性大，其平面形态主要表现为顺直、微弯河段，蜿蜒河段，分叉河段和游荡性河段等四种类型。平原河流河床横断面形态视不同河段而异，在顺直过渡段多为对称抛物线形或矩形，如图 1-3(a) 所示；在蜿蜒河段弯顶部分多为不对称三角形或抛物线形，如图 1-3(b) 所示；在江心洲分汊河段呈“W”形，如图 1-3(c) 所示；在散乱(游荡性)河段呈不规则形态，如图 1-3(d) 所示。

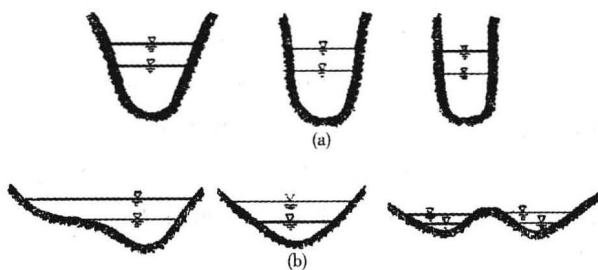


图 1-2 山区河流河床横断面形态

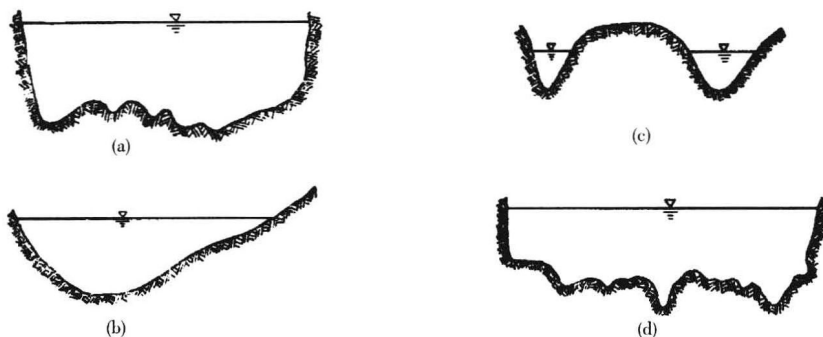


图 1-3 平原河流河床横断面形态

(4) 河漫滩:是指在洪水期被水流淹没,枯水期露出水面的冲积层部分,它是河流侧侵蚀展宽过程中,由水流挟带的泥沙沉积而成。河漫滩包括边滩、洲滩、磧坝、江心洲和冲积扇等。

(5) 谷坡:河漫滩以上两侧的陆地部分称为谷坡。山区河流的峡谷和宽谷河段的谷坡陡峻,丘陵宽浅形河段谷坡相对较为平缓;平原河流谷坡平缓,尤其是下游广阔的冲积性平原地区,没有明显的谷坡。

(6) 阶地:河流下侵蚀和堆积作用交替进行,在河谷两岸形成的台阶状,一般不再为洪水所淹没的地貌,称为阶地。

(三) 河流的分段及特点

根据航运管理、地质研究、水文分析和防洪等不同的需要可将河流划分为河源段、上游段、中游段、下游段和河口段。但对较小的河流或支流并不适合,有的各段差别不大,没有严格的界限,有的全部处于山区,这类河流通常不分段。

(1) 河源段:是河流的发源地。它可能发源于雪地、冰川、深山、沟谷、湖泊、沼泽等。如果发源地是由多条支流汇合而成,则按照“河源唯远”的原则,将最长的支流河源作为该河流的河源。由于河源段是河流的初始段,因此水流分散多岔,游荡于深山峡谷之中,河谷横断面呈“V”字形,河道具有狭窄、弯曲、水浅、险陡等特点,属于未开发的河段。

(2) 上游段:介于河源与中游之间的河段。一般位于山区峡谷和丘陵地区。河床由基岩、卵石组成,河床稳定少变,航道弯曲、狭窄,礁石林立,纵比降大,流速大,水位变幅大,流态紊乱,航行条件差。

(3) 中游段:介于上游与下游之间的河段。一般流经平原地区,也间有山区或丘陵地区。河床主要由卵石和泥沙组成,冲淤变化明显,泥沙堆积显著,常有沙洲、浅滩和汉道,航道弯曲多变,水位变幅较大,坡度平缓,流速较小,流态较为平稳,航行条件较好。

(4) 下游段:介于中游与河口之间的河段。一般位于冲积平原地区,河床多为泥沙质,地势低平,坡度平缓,河道宽广,水量丰富,比降小,流速缓慢,水流的侵蚀能力弱,水流自上游带来的泥沙在此大量沉积,河槽中浅滩、沙洲和岛屿较多,形成分叉河道,河道周期性变化相对稳定,航行条件较上、中游优越。

(5) 河口段:是河流流入海洋、湖泊、水库或另一河流的出口处。根据河口的注入状态,可将河口分为外流河和内流河。凡直接注入海洋的河流,称为外流河;凡注入湖泊、水库或另一河流出口的支流河口或没有河口的河流,均称为内流河,如塔里木河。某些流量较小的河流,由于

水流下渗或水分大量蒸发,以至于在下游河水逐渐全部消失而没有河口,这种河流称为瞎尾河。

二、湖泊的分类及特点

湖泊是陆地表面洼地积水形成的比较宽广的水域。在地壳构造运动、冰川作用、河流冲淤等地质作用下，地表形成许多凹地，积水成湖。湖泊因其换流异常缓慢而不同于河流，又因与大洋不发生直接联系而不同于海。湖泊是盆湖和湖水的矛盾统一体。湖盆是在内力（地壳运动、火山活动）和外力（水流、风等）相互作用下形成的。从湖泊形成起，湖盆与湖水之间就发生相互的作用，并受外界条件的影响促进湖泊的演变。

湖泊主要通过入湖河川径流、湖面降水和地下水而获得水量。湖泊按排泄条件分为内流湖和外流湖两种类型。内流湖是湖水不能流入海洋的湖泊,在我国分布于大兴安岭—阴山—贺兰山—祁连山—昆仑山—唐古拉山—冈底斯山一线西北的内陆湖区,以咸水湖和盐湖为主,多处于内流河的尾间,为不排水湖,如内蒙古的呼伦池、西藏的纳木错等。外流湖是湖水与河流相通,最终汇入海洋的湖泊外流湖是船舶通航能力较大的湖泊,如洞庭湖、鄱阳湖等,它可视为河流的展宽段,对河流的水位、流量起调节作用。水位的变化随季节及各水源来水量而变化,雨季及汛期,水位上涨,水面浩瀚,一片汪洋,湖面宽敞,航线四通八达;枯水季节洲滩毕露,航道弯曲浅窄,水流流向顺逆不定;受外流河影响的湖泊,由于外河水位的涨落,使湖泊内产生雍水、倒流或滞流现象,湖水流速一般较小,水流输沙能力较弱,泥沙淤积严重,河床不断抬高,尤其湖口处冲淤变化较大,航道极不稳定,船舶航行受到一定影响和制约。我国的外流湖主要分布于东北、华东、华南和西南地区,主要指大兴安岭—阴山—贺兰山—祁连山—昆仑山—唐古拉山—冈底斯山一线东南的外流湖区,如鄱阳湖、洞庭湖、扎陵湖、鄂陵湖等。

第二节 内河航道

一、航道概念及分类

(一) 航道基本概念

航道是水运的三大要素之一。航道是水运赖以发展的基础,有“航运之母”之称。航道从广义上必须把理解为水道或河道整体,它可以不包括堤防和整个河漫滩,但不能不包括常遇洪水位线以下的基本河槽或者是中高潮位以下的沿海水域。航道从狭义理解等同于“航槽”。因为航道应当有尺度标准和设标界限,航道位置可以随河床演变或水位变动而随时移动,航道尺度也可以随季节与水位变化以及治理工程的实施而有所调整。除了运河、通航渠道和某些水网地区的航道以外,航道宽度总是小于河槽的宽度。在天然河流、湖泊、水库内,航道的设定范围总是只占水面宽度的一部分而不是全部。用航标标示出的可供船舶航行利用的这一部分水域,受到客观自然条件的制约。在天然条件下,不同水位期能供船舶安全通航的那一部分水域,既有尺度要求,也有水流条件的要求。在某些特定的航段内,还受到过河建筑物,如桥梁、过江管道、缆线的限制。因此,狭义的航道是一个在三维空间尺度上既有要求、又有限制的通道。综上所述,按《水运技术词典》解释航道就是沿海、江河、湖泊、水库、渠道及运河内可供船舶、排筏在不同的水位期通航的水域。它由可通航水域、助航设施和水域条件组成。

(二) 航道分类

1. 按航道形成原因分为天然航道和人工航道

天然航道系利用天然水域提供的航道尺度行驶相应尺度的船舶,如果局部河段尺度不足,则通过整治与疏浚的手段使之达到要求的尺度。人工航道包括渠化河流航道和人工开挖的运河、渠道。渠化河流是在天然河流上分段筑坝,壅高水位,以提高航道水深,并在坝址处兴建过船建筑物。

2. 按管理属性分为国家航道、地方航道和专用航道

国家航道是指:构成国家航道网、可通航 500 吨级以上船舶的内河干线航道;跨省、自治区、直辖市可常年通航 300 吨级以上船舶的内河干线航道,可通航 3 000 吨级以上海船的沿海干线航道;以及对外开放的海港航道和国家指定的重要航道。地方航道是指:可以常年通航 300 吨级以下(含不跨省可通航 300 吨级)船舶的内河航道;可通航 3 000 吨级以下海船的沿海航道、地方沿海中小港口间的短程航道;非对外开放的海港航道;其他属于地方航道主管部门管理的航道。专用航道是指由军事、水利电力、林业、水产等部门以及其他企业事业单位自行建设、使用的航道。

3. 按航道所处地域划分为内河航道和沿海航道

内河航道是指在内陆水域中用于船舶安全航行的通道。内陆水域包括江、河、湖、水库、人工运河和渠道等。其中天然的内河航道又可分为山区航道、平原航道、潮汐河口航道、湖区航道、库区航道等等,而湖区航道又可进一步分为湖泊航道、河湖两相航道和滨湖航道。山区航道是指位于山区或丘陵地区,具有山区水文特征的航道。平原航道是指位于平原地区的航道,两侧约束较弱,易发生演变。湖区航道是指在湖区内开辟的航道,高水位时水面宽广,航道宽畅短捷;枯水位时洲滩显露,航道曲折窄浅;水流流向顺逆不定,常出现壅水、滞流现象。湖泊航道是指位于湖泊内、穿过湖泊的航道;河湖两相航道是指高水位时为湖泊、低水位时为河流的水域内的航道;滨湖航道是指靠近湖泊、在湖水顶托影响范围内的航道。库区航道是指位于水库库区的航道。沿海航道是指位于海岸线附近,具有一定边界可供海船航行的航道。

4. 按航道的通航条件划分

(1) 依通航时间长短可分为常年通航航道和季节通航航道。常年通航航道是指可供船舶全年通航的航道;季节通航航道是指只能在一定季节(如非封冻季节)或水位期(如中洪水期或中枯水期)内通航的航道。(2) 依通航限制条件可分为:单行航道、双行航道和限制性航道。单行航道是指在同一时间内,只能供船舶沿一个方向行驶,不得追越或在行进中会让的航道;双行航道是指在同一时间内,允许船舶对驶、并行或追越的航道,又可称为双线航道或双向航道;限制性航道是指因水面狭窄、断面系数小而对船舶航行有明显限制作用的航道,包括运河、通航渠道、狭窄的设闸航道、水网地区的狭窄航道,以及具有上述特征的滩险航道等。断面系数是指设计最低通航水位时,过水断面面积与设计通航船舶或船队设计吃水时的中横剖面浸水面积之比。一般以 n 表示。航道断面系数与船舶航行阻力关系密切, n 值越小,航行阻力越大, n 值还随船速的提高而增大。航道阻力越大,同样增加 n 值。国内外研究成果认为 $n = 7$ 是最经济合理的,当 $n > 10$ 时,断面形状对航道阻力的影响可忽略不计,当 $n \geq 14$ 时, n 值的增减对阻力影响不明显。在平原河床上,由于河流横断面面积较大, n 值一般都能满足船舶航行要求。新开挖的狭窄浅水航道或运河必须考虑 n 值,《内河通航标准》规定,限制性航道的 n 值不应小于 6,流速较大的航道不应小于 7。

(5) 按运营经济效益分为经济航道和非经济航道

经济航道是指能缩短船舶航程、减少航行时间、提高航速和船舶经济效益的航道；反之为非经济航道。经济航道有三种：上行船舶经常选择的流速较主流缓慢的缓流航道；航程较主航道短的短捷航道；航程虽较主航道长，但由于流速小，上行船舶仍能缩短航行时间的经济迂回航道。

二、航道尺度

航道尺度是通航尺度的一种尺度，通航尺度是航道尺度、航道断面系数、通航净空尺度、船闸有效尺度等尺度因素的总称。

(一) 航道尺度定义

航道尺度是指一定水位下的航道水深、航道宽度、航道弯曲半径的总称。航道尺度随季节的不同，水位的涨落变化而变化。通常，洪水期航道尺度大，枯水期航道尺度小。

1. 航道水深

是指航道范围内从水面到底部的垂直距离。就局部河段而言，通常指航道内最浅处水面到河底的垂直距离。航道水深是体现航道维护状况的重要指标，也是航行船舶合理配载、控制吃水、安全航行所不能缺少的指标。航道水深一般又分为航道维护水深和航道标准水深。航道维护水深是根据水位、航道变迁和维护能力，确定的水深维护指标。

2. 航道宽度

是指航道中心线的航道两边线之间的水平距离。就局部区段而言，通常指航道最窄处的水平距离。航道宽度也分为航道维护宽度和航道标准宽度。航道维护宽度是根据航道实际情况结合航道维护能力制订的维护计划值。

3. 航道弯曲半径

是指航道中心线的曲率半径，某航段的弯曲半径通常指该航段航道中心线上曲率最大处的圆弧半径。又称航道曲度半径或曲率半径。在进行航道建设时，应当尽可能使航道弯曲半径大一些，以方便于船舶快速、安全通行。

(二) 航道标准尺度

航道标准尺度，又称航道维护尺度或航道保证尺度，它是指在一定保证率的设计最低通航水位下，为保证标准船舶安全通航，航道所必须维护的最小航道尺度。同一条河流，根据河段、船舶流量、密度等条件，可分段制定各自的航道标准尺度，通常下游河段航道标准尺度大于上游河段。它包括航道标准深度、航道标准宽度和航道最小弯曲半径。

1. 航道标准深度

航道标准深度又称最小保证水深，它是设计代表船型在设计最低通航水位时，须保证的航道最小水深。航道标准深度是通航标准的主要指标，其标准值不小于设计代表船型的最大吃水加上富余水深，如图 1-4 所示。

$$H \geq T + \Delta h$$

式中： H 为航道标准深度(m)； T 为设计代表船型的最大吃水(m)； Δh 为富余水深(m)。

(1) 富余水深(Δh) 及作用

富余水深或称剩余水深，是指自船舶平板龙骨外缘最低点至相应河底的垂直距离。富余水深的作用是保证船舶的航行安全。具体说是为了保证船舶航行时，因船体下沉需增加的水深，

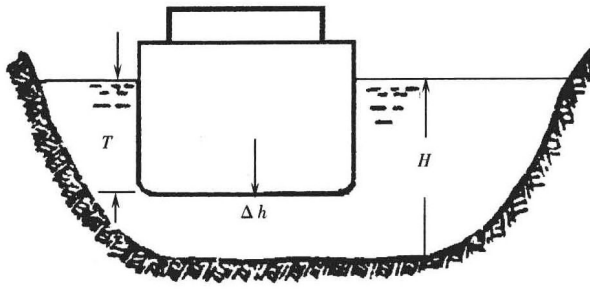


图 1-4 航道标准深度

H —航道标准深度； T —设计代表船型的最大吃水； Δh —富余水深

保证船舶推进器的安全而增加的水深，保证船舶舵效应，以达到操纵灵活、安全而增加的水深，保证为防止船舶因波浪或其他原因偶然触及河底需增加的水深。

(2) 确定富余水深的依据

① 船舶航行时，因船体下沉需增加的水深：船舶航行时，一般均有下沉量，有时它占富余水深的 2/3。影响船舶下沉量的因素很多，在理论上有不少半经验公式，其中以霍密尔公式较为简便

$$\Delta T_{op} = m \sqrt{\frac{T}{h}} v^2$$

式中： ΔT_{op} 为平均吃水增量，即船舶动吃水量(m)； h 为航道深度(m)； v 为船舶对水速度(m)； T 为船舶吃水(m)； m 为与船型(L/b)有关的系数。

这个公式较好地反映了 m 、 T 、 v 三个方面的变化及对 ΔT_{op} 的影响。用霍密尔公式计算而得的 ΔT_{op} 值与相似船型的实测 ΔT_{op} 值比较接近。目前在理论上计算船舶动吃水量的公式虽然较多，但都有一定的局限性，只能作为参考。在一般河流中，主要还是靠实船试验来确定。

② 保证船舶推进器的安全而增加的吃水。

③ 保证船舶舵效应，以达到操纵灵活、安全而增加的吃水。

④ 为防止船舶因波浪或其他原因偶然触及河底需增加的水深。

一般将第 ② 项至第 ③ 项共需增加的水深用 Δh_1 表示，其中只需某一项满足时，另一项也能满足，因此各项需增加的水深不需叠加。一般情况下 $\Delta h_1 = 0.1$ m 左右；当河底为岩石时， $\Delta h_1 = 0.1 \sim 0.5$ m；当河底为卵石时， $\Delta h_1 = 0.1$ m。但有些河段为了避免卵石上吸而打坏螺旋桨， Δh_1 也应与岩石河底相同。在沙质河床， Δh_1 一般小于 0.1 m。

⑤ 顶推船队编队后的吃水增值 Δh_2 ：根据实船试验，山区河流大型顶推船队，编队后船舶吃水量略有增加，一般为 0.06 m 左右，中小型河流船队较小，可以不考虑。

综上所述，船舶所需富余水深为： $\Delta h = \Delta T_{op} + \Delta h_1 + \Delta h_2$ 。

(3) 富余水深的有关规定

我国建设部颁布的《内河通航标准》(GB 50139-2004) 规定了船舶富余水深的值，见表 1-1。

表 1-1 富余水深值(m)

航道等级	I	II	III	IV	V	VI	VII
富余水深	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4	0.3 ~ 0.4	0.2 ~ 0.3	0.2 ~ 0.3	0.2	0.2

注:① 富余水深值主要包括船舶航行下沉量和触底安全富裕量;

② 流速或风浪较大的水域取大值,反之取小值;

③ 卵石和岩石质河床富余水深值应另加 0.1 ~ 0.2。

2. 航道标准宽度

航道标准宽度是指在设计最低通航水位时,设计代表船型或船队满载吃水航行所需的航道最小宽度,即整个通航期内航道中应保证的最小宽度。

航道标准宽度是由有关部门经过综合分析、计算得出的,并以指令性的形式颁布执行。在制定航道标准宽度时必须综合考虑代表船型或船队的尺度、代表船队的队形、船舶(队)的航行和操纵性能、航道条件、水流流态、气象要素等因素。

限制性航道和天然航道的航道标准宽度是不一样的。对于限制性航道,航道宽度是指设计最低通航水位时船舶在设计吃水时船底处的断面水平宽度;对于天然、渠化河流航道,航道宽度是指设计最低通航水位时,具备航道标准水深而为船舶航行所必需的宽度。

3. 航道最小弯曲半径

(1) 航道最小弯曲半径的定义、确定依据及规定

航道最小弯曲半径是指在设计最低通航水位时,应保证航区设计代表船型或船队,下行安全通过弯曲河段所必需的航道弯曲半径。航道最小弯曲半径的确定除与船长有关外,还与航道条件、水流条件、船宽与航宽、航速与流速、船队尺度与系结方式、船舶操纵性能与引航技术等因素有关。内河航道的最小弯曲半径,一般采用顶推船队长度的 3 倍或货船长度、拖带船队最大单船长度的 4 倍。

(2) 航道弯曲半径求法

一般可以从资料中得知,也可以从航行图或航道图上量取获得,其方法和步骤如下,如图 1-5 所示。

在航道中心线上的最弯曲部分截取一线段,从线段上取上、下起止点和顶点 A、B、C 视作圆弧线上的三点;联结 AB、AC,并于 AB、AC 两线段各作其垂直平分线交于 O 点;OC 即为弯曲半径,实际长度可从该图的比例尺上量取。

(三) 通航净空尺度

随着交通网络化发展 and 河流的综合开发利用,在河流上将出现越来越多的水上过河建筑物,如桥梁、架空电缆和架空管道等。要保证船舶安全航行,就必须使这些建筑物下有一定的安全航行空间,即具有一定的通航净空尺度,它包括通航净高度和通航净空宽度(简称为通航净高和通航净宽)。

1. 通航净高

通航净高指适应船舶安全通过的最低高度。航道部门和桥梁工程部门通常把水上过河建

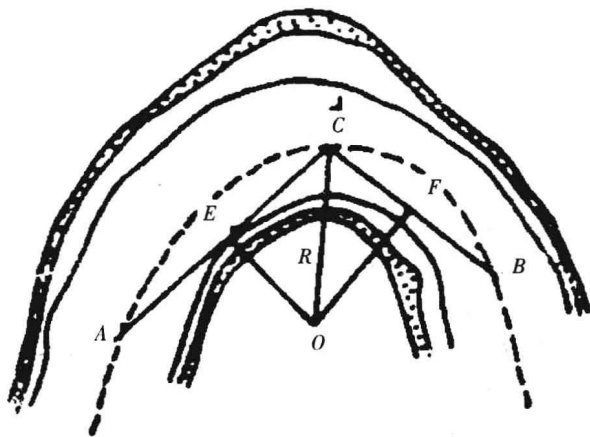


图 1-5 航道弯曲半径的求法示意图

筑物下缘最低点到设计最高通航水位面的垂直距离,称为通航净高(又称设计净空高度);为了驾驶员便于计算和掌握船舶通过跨河净空建筑物的安全高度,航运部门常把水上过河建筑物的下缘最低点至当地零水位面的垂直距离,称为通航净高(习惯称净空高度),如图 1-6 所示。

【例】黄石长江大桥船舶通航净空高度为设计最高通航水位 25.70 m(吴淞水位)上 24 m,黄石的当地水位面的吴淞高程为 9.06 m。请问按航运部门定义其净空高度是多少?

解:按航道整治和桥梁设计部门定义净空高度为 24 m。

按航运部门定义净空高度为: $(25.70 - 9.06) + 24 = 40.54 \text{ m}$ 。

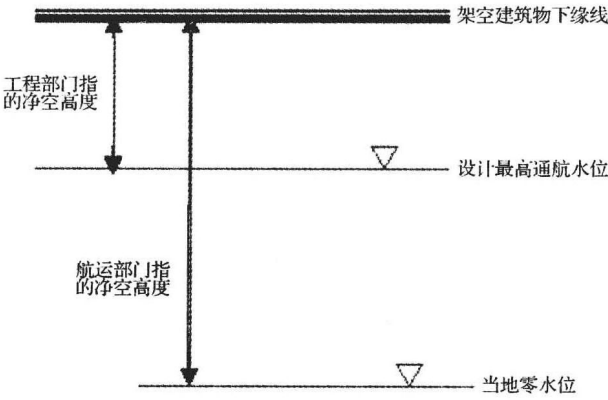


图 1-6 设计净空高度和净空高度的关系

(1) 剩余高度。为了保证跨河架空建筑物及船舶在各种情况下的航行安全,船舶在通过水上过河建筑物时,其最高点与水上过河建筑物的下缘最低点之间的必须留一定的富余高度,此高度称剩余高度或安全系数。剩余高度的确定必须考虑当地水位涨落变化的幅度、航区风浪的大小、船舶吃水的变化、跨河架空建筑物设计和安装的误差、热胀冷缩或下垂的幅度、电缆还要考虑不同等级电压电缆电磁场的强度和范围(如 50 万伏超高压电缆的富裕净空高度应不小于 6 m)。剩余高度是由航保部门制定的,一般为桥梁定位 1.0 ~ 1.5 m。

(2) 船舶安全通过跨河架空建筑物的计算方法,如图 1-7 所示。

如果净空高度 - 当地水位 - 剩余高度 - 船舶最大水上高度 ≥ 0 ,理论上说船舶就能安全通航,不需倒桅。

【例】某船最大高度为 17.5 m、艏吃水为 4.0 m、艉吃水为 3.5 m,当汉口水位为 8.2 m 时,该船能否安全通过武汉长江大桥?

解:船舶水上最大高度 = $17.5 - 3.5 = 14.0(\text{m})$ 。

武汉长江大桥剩余高度 1.0 m,大桥维修期间还应加上 1.5 m 高的修桥滑车,但此处不考虑。

武汉大桥通航净空高度 = 34.0(m);

汉口当地水位 $h = 8.2(\text{m})$;

根据:通航净空高度 - 当地水位 - 剩余高度 - 船舶最大

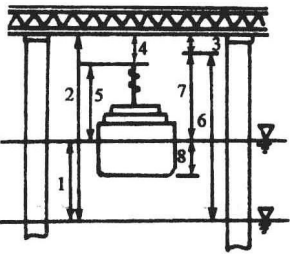


图 1-7 船舶安全通过跨河架空建筑物各部分名称

- 1— 当地水位;2— 净空高度;
- 3— 剩余高度;4— 实际富裕高度;
- 5— 船舶最大水上高度;
- 6— 实际通航最大高度;
- 6— 自由通航最大高度(安全通航高度或允许通航的最大高度);7— 吃水

水上高度 = $34.0 - 8.2 - 1.0 - 14 = 10.8 \geq 0$;

因此,当日船舶能安全通过武汉长江大桥。

2. 通航净宽

通航净宽是指水上过河建筑物通航孔相邻两墩内侧,可供设计船舶或船队安全航行的有效宽度。对于天然河流和渠化河流是按单向船舶或船队通过所需要的宽度来确定的。为了保证通航安全,须使船舶或船队宽度与水上过河建筑物两墩内缘之间留有一定的富裕宽度。船舶或船队的实际最大通航宽度必须小于净空宽度与富裕宽度的差值。如果水上过河建筑物轴线的法线与水流流向的交角大于 5° (一般应小于 5°),通航净空宽度还须相应增大;当水流横向流速大于 0.8 m/s 时,应一跨过河或在通航水域中不得设置墩柱。

(四) 船闸有效尺度

船闸有效尺度:是指船闸闸室内能够满足设计通航标准的有效尺度。该尺度包括船闸有效长度、船闸有效宽度、门槛最小水深。

1. 船闸有效长度

指闸室内允许船舶(队)安全停泊的长度。船闸有效长度应根据设计船舶、船队或其他船舶、船队合理组合的长度并考虑富余长度确定。

2. 船闸有效宽度

指闸室或闸首边墩墙迎水面最突出部分之间的最小距离。船闸有效宽度系列应为 34 m 、 23 m 、 18 m 或 16 m 、 12 m 、 8 m 。

3. 门槛最小水深

指设计最低通航水位至门槛顶部的垂直距离。门槛最小水深不应小于设计船舶或船队满载时最大吃水的 1.6 倍。

第三节 内河航道等级

一、内河航道等级划分

为统一我国内河通航技术要求,促进内河通航的标准化、现代化,发挥内河水运优势,适应交通运输发展的需要,我国建设部于2004年重新发布了《内河通航标准》(GB 50139-2004),该标准于2004年5月1日实施。现将该标准与船舶安全航行有关内容摘要如下。

(一) 适用范围

(1)《内河通航标准》适用于天然河流、渠化河流、湖泊、水库、运河和渠道等通航内河船舶的航道、船闸和过河建筑物的规划、设计和通航论证。升船机的规划和设计可参照执行。国际河流的航道,除与邻国有航运协定并在协定中对通航标准有明确规定者外,可参照执行。

(2)内河航道通航海轮河段的规划和设计,除应符合《内河通航标准》的有关规定外,桥梁的通航净空尺度尚应符合国家现行标准《通航海轮桥梁通航标准》(JTJ311)的有关规定。

(二) 内河航道等级划分标准

内河航道应按可通航内河船舶的吨级划分为7级,见表1-2。说明:船舶吨级是按通航内河

驳船和货船设计载重吨确定;通航3 000吨级以上船舶的航道列入Ⅰ级航道;通航标准低于Ⅶ级的航道可称为等外级航道。

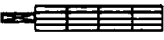
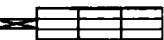
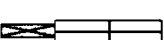
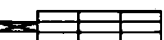
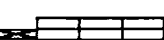
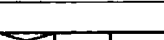
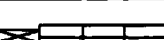
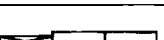
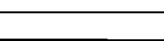
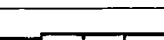
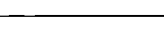
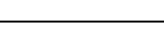
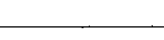
表 1-2 航道等级划分

航道等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ
船舶吨位(t)	3 000	2 000	1 000	500	300	100	50

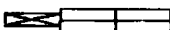
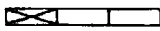
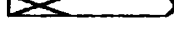
(三) 天然和渠化河流航道尺度标准

天然和渠化河流航道尺度标准,见表 1-3。说明:天然和渠化河流航道尺度不得小于表 1-3 所列数字;当船队推论吃水等于、大于驳船吃水时,应按推论设计吃水确定航道水深;流速 3 m/s 以上、水势汹乱的航道,直线段航道宽度应在表列宽度的基础上适当加大;黑龙江水系和珠江三角洲至港澳线内河航道尺度标准另有规定。

表 1-3 天然和渠化河流航道尺度

航道等级	船舶吨级(t)	代表船型尺寸(m) (总长×型宽×设计吃水)	代表船舶、船队	船舶、船队尺度(m) (长×宽×设计吃水)	航道尺度(m)		
					水深	直线段宽度	
						单线	双线 弯曲半径
Ⅰ	300	驳船 90.0×16.2×3.5 货船 110.0×16.2×3.0	(1) 	406.0×64.8×3.5	3.5 ~ 4.0	125	250 1200
			(2) 	316.0×48.6×3.5		100	195 950
			(3) 	223.0×32.4×3.5		75	135 670
Ⅱ	200	驳船 75.0×16.2×2.6 货船 90.0×16.2×2.6	(1) 	270.0×48.6×2.6	2.6 ~ 3.0	100	190 810
			(2) 	186.0×32.4×2.6		70	130 560
			(2) 	182.0×16.2×2.6		40	75 550
Ⅲ	1000	驳船 67.5×10.8×2.0 货船 85.0×10.8×2.0	(1) 	238.0×21.6×2.0	2.0 ~ 2.4	55	110 720
			(2) 	167.0×21.6×2.0		45	90 500
			(3) 	160.0×10.8×2.0		30	60 480
Ⅳ	500	驳船 45.0×10.8×1.6 货船 67.5×10.8×1.6	(1) 	167.0×21.6×1.6	1.6 ~ 1.9	45	90 500
			(2) 	112.0×21.6×1.6		40	80 340
			(3) 	111.0×10.8×1.6		30	50 330
			(4) 	67.5×10.8×1.6			

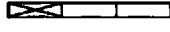
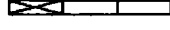
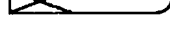
(续表)

航道等级	船舶吨级 (t)	代表船型尺寸(m) (总长×型宽× 设计吃水)	代表船舶、船队	船舶、船队尺度(m) (长×宽×设计吃水)	航道尺度(m)			
					水深	直线段 宽度		弯曲 半径
						单线	双线	
V	300	驳船 35.0×9.2×1.3 货船 55.0×8.6×1.3	(1) 	94.0×18.4×1.3	1.3 ~ 1.6	35	70	280
			(2) 	91.0×9.2×1.3				
			(3) 	55.0×8.6×1.3		22	40	270
VI	100	驳船 32.0×7.0×1.0 货船 45.0×5.5×1.0	(1) 	188.0×7.0×1.0	1.0 ~ 1.2	15	30	180
			(2) 	45.0×5.5×1.0				
VII	50	驳船 24.0×5.5×0.7 货船 32.5×5.5×0.7	(1) 	145.0×5.5×0.7	0.7 ~ 0.9	12	24	130
			(2) 	32.5×5.5×0.7				

(四) 限制性航道尺度标准

限制性航道尺度标准,见表 1-4。说明:限制性航道是指因水面狭窄、断面系数小而对船舶航行有明显限制作用的航道,《内河通航标准》中主要指运河、渠道、河网地区的部分航道;湖泊和水库航道尺度可采用本标准表 1-4 所列数值;受风浪影响的航道,应适当加大航道尺度。

表 1-4 限制性航道尺度

航道等级	船舶吨级(t)	代表船型尺寸(m) (总长×型宽×设计吃水)	代表船舶、船队	船舶、船队尺度(m) (长×宽×设计吃水)	航道尺度(m)		
					水深	直线段 双线底宽	弯曲 半径
II	2000	驳船 75.0×14.0×2.6 货船 90.0×15.4×2.6	(1) 	180.0×14.0×2.6	4.0	60	540
III	1000	驳船 67.5×10.8×2.0 货船 80.0×10.8×2.0	(1) 	160.0×10.8×2.0	3.2	45	480
IV	500	驳船 42.0×9.2×1.8 货船 45.0×7.3×1.9	(1) 	108.0×9.2×1.9	.5	40	320
			(2) 	45.0×7.3×1.9			
V	300	驳船 30.0×8.0×1.8 货船 36.7×7.3×1.9	(1) 	210.0×8.0×1.9	2.5	35	250
			(2) 	82.0×8.0×1.9			
			(3) 	36.7×7.3×1.9			