

土

木

工

程

系

列

从

桥涵 水文

■ 薛 明 编著

同济大学出版社



土木工程系列丛书

桥涵水文

薛明 编著



同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥涵水文/薛明著. —上海:同济大学出版社, 2002

ISBN 7-5608-2481-1

I. 桥… II. 薛… III. 桥涵工程—工程水文学—
高等学校 教材 IV. U442.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 057248 号

内 容 提 要

本教材是在旧版全国统编教材《桥涵水文》的基础上,依据《公路桥位勘测设计规程》和《海港水文规范》并参考了作者近年来参与的同类工程实践所取得的经验编写的,同时新增加了沿海工程水文内容。主要介绍了公路桥位勘测设计的基本概念,外业勘测与内业设计的基本内容与方法;流量、孔径、冲刷计算的基本原理与实用方法。

本书可作为高等院校公路与城市道路专业、桥梁专业及交通运输专业学生的教材,并可供从事路桥工程技术工作的人员参考。

桥涵水文

薛 明编著

责任编辑 杨宁霞 责任校对 郁 峰 封面设计 晓 陆

出 版

发 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 崇明县裕安印刷厂印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 16.75

字 数 428800

印 数 1 3000

版 次 2002 年 11 月第一版

2002 年 11 月第一次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2481-1/TU·462

定 价 25.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

前 言

随着我国国民经济的持续发展,交通量逐年递增,国内用于交通基础设施建设的投入逐年加大。桥涵构筑物向着更宽阔、更险峻的水域延伸。桥涵构筑物目前是人类克服自然水体阻隔、扩大人类活动范围的最经济、最有效的方法,因此,也是应用最广泛的方法。在交通基础设施建设中,桥涵等跨河构筑物需承受交通荷载及复杂多变的环境因素的综合作用,因此,其设计十分复杂。在桥涵设计工作的组成中,桥涵构筑物的结构设计由“桥梁工程”课程介绍;桥涵构筑物的基础设计由“桥梁地基基础”课程介绍;桥面铺装设计由“路基路面工程”课程介绍;桥涵构筑物的跨径、高度及基础埋深等重要参数的确定由本课程介绍。

本书共分九章,从内容上可分为三部分。第一部分(第1章)介绍了本课程的概貌。第二部分(第2章、第3章)为本课程的理论基础部分,其中第2章“水利学基础知识”介绍了与本课程论述内容相关的水利学基础知识,第3章“河川水文基础知识”介绍了河川自然演变的影响因素、演变规律,该部分内容为学习本课程的理论基础。第三部分(第4章至第9章)介绍了内陆河流及沿海受潮汐影响河段设计流量的确定方法和桥涵构筑物(包含大桥、中桥、小桥及涵洞)孔径(包括跨径及桥高)的确定方法和桥涵构筑物基础部位的冲刷计算及基础埋深的确定等内容。

本课程是一门实践性很强的专业基础课,随着工程的进展,路桥工程定会涌现许多新问题、新难点,并会随着这些问题的解决而涌现许多新理论、新方法,从而使本课程得到不断的充实与完善。因编者理论水平、工程阅历所限,不当甚至错误之处在所难免,敬请读者批评指正,以使本书更趋完善。

本书由同济大学道路与交通工程系黄彭研究员(博士生导师)主审。在本书的编写过程中,自始至终得到了黄彭研究员的指导,领受了许多宝贵的意见与建议;得到了中交水运规划研究院唐敏高级工程师的帮助;还得到了张涛、薛萍、倪卫华、王川、叶奋、严军等同志的帮助,在此一并致谢。

编 者

2002年5月于同济园

目 录

第 1 章 绪论	(1)
§ 1-1 桥涵水文在公路与铁路工程中的地位和作用	(1)
§ 1-2 桥位设计的基本原则	(2)
§ 1-3 桥涵水文学课的主要内容	(3)
复习思考题	(5)
第 2 章 水力学基本知识	(6)
§ 2-1 明渠均匀流	(6)
§ 2-2 明渠非均匀流	(10)
复习思考题	(15)
习题	(15)
第 3 章 河川水文基础知识	(17)
§ 3-1 河流	(17)
§ 3-2 径流	(26)
§ 3-3 泥沙运动与河床演变	(31)
§ 3-4 河床演变	(36)
§ 3-5 河相关系	(41)
§ 3-6 水文资料的收集与整理	(43)
复习思考题	(53)
习题	(54)
第 4 章 公路桥涵布置的一般原则及规定	(56)
§ 4-1 桥涵布置原则	(56)
§ 4-2 桥位选择的一般规律	(59)
§ 4-3 桥位方案比选	(64)
复习思考题	(68)

第 5 章 内河桥设计流量的确定	(69)
§ 5-1 洪水频率与桥涵的设计洪水频率	(69)
§ 5-2 有水文观测资料时设计流量的推算	(71)
§ 5-3 洪水实测资料的插补与延长	(93)
§ 5-4 缺乏水文资料时设计流量的推算	(106)
复习思考题	(109)
习题	(109)
第 6 章 沿海工程水文	(113)
§ 6-1 潮水及其对沿海水体水位的影响	(113)
§ 6-2 设计洪水频率	(116)
§ 6-3 设计潮位计算	(117)
§ 6-4 路基高度的确定	(122)
复习思考题	(138)
第 7 章 大中桥孔径计算	(139)
§ 7-1 桥孔布置要点	(139)
§ 7-2 桥孔长度计算	(142)
§ 7-3 桥面及河床内引道路面中心最低标高的确定	(150)
复习思考题	(158)
习题	(158)
第 8 章 建桥河段的冲刷计算	(160)
§ 8-1 建桥后的河床演变	(160)
§ 8-2 河床的自然演变冲刷	(161)
§ 8-3 桥下断面的一般冲刷计算	(161)
§ 8-4 桥梁墩台的局部冲刷计算	(173)
§ 8-5 建桥后桥下河床演变的一般规律及最低冲刷线标高的采用	(179)
§ 8-6 桥梁墩台基础的最小埋深	(185)
复习思考题	(187)
习题	(187)
第 9 章 公路小桥涵设计	(189)
§ 9-1 小流域设计流量的推算	(189)

§ 9-2 小桥孔径计算	(199)
§ 9-3 涵洞孔径计算	(212)
§ 9-4 小桥涵设计要点	(220)
复习思考题.....	(227)
习题.....	(227)
附录	(231)
附录-1 全国分区 c_v/c_s 经验关系表	(232)
附录-2 全国分区 c_v 值表	(234)
附录-3 天然河道洪水糙率系数	(239)
附录-4 全国水文分区经验公式	(241)
附录-5 皮尔逊Ⅲ型曲线方程基本知识	(249)
参考文献.....	(257)

第 1 章 绪 论

§ 1-1 桥涵水文在公路与铁路工程中的地位和作用

在人类繁衍、生息、活动的地球表面,分布着由水体组成的大大小小的海洋、江河、湖泊。人类为了自身活动的需要而在大地表面修筑了各种等级的道路,又为了扩大自身活动范围的需要而创造了多种克服水面阻隔的方法,其中最有效的方法之一就是在阻隔两地的水面上架设桥涵构筑物以沟通两地。

研究自然界中水体的存在、运行和变化规律的科学,称为水文学。河川水文学是其中的一个分支,主要研究从降水到径流入海的这一过程。公路与铁路桥涵构筑物要跨越河流、湖泊、溪流、季节性河流、灌溉渠道、运河以及水库等水面,桥位河段特征直接影响着跨河构筑物的布设与设计,跨河构筑物的建设又反过来引起河段特征的变化。

随着人类经济建设的不断发展以及建桥技术的不断提高,公路与铁路四通八达地伸向了地球陆地的四面八方,跨越了更险峻的地形以及更宽阔的水面,沿海地区迫切需要修筑大桥或特大桥。桥梁总长在不断增加,单跨跨径也在不断增加。跨河构筑物按其总长及单跨跨径可分为特大桥、大桥、中桥、小桥及涵洞,具体区分方法见表 1-1。就单一的跨河工程而言,通常包含跨越河流本身的桥梁和将道路与桥梁衔接起来的桥头引道,桥头引道通常做成路堤形式伸入河床的滩地内。

表 1-1 桥梁涵洞按跨径分类表

桥涵分类	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_0 (m)
特大桥	$L \geq 500$	$L_0 \geq 100$
大 桥	$100 \leq L < 500$	$40 \leq L_0 < 100$
中 桥	$30 \leq L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$
小 桥	$8 \leq L < 30$	$5 \leq L_0 < 20$
涵 洞	$L < 8$	$L_0 < 5$

注:① 单孔跨径系指标准跨径而言。

② 多孔跨径总长仅作为划分特大桥、大桥、中桥、小桥及涵洞的一个指标。对梁式桥、板式桥涵而言,为多孔标准跨径的总长;对拱式桥涵,为两岸桥台内起拱线间的距离;对其他形式桥梁,为桥面车道长度。

③ 圆管涵及箱涵不论管径或跨径大小和孔数多少,均称为涵洞。

§ 1-2 桥位设计的基本原则

一、以地区发展为第一要素

地区总体发展是一个综合的概念,它包含了地区政治、军事、经济、文化等方面。道路工程的实施应促进地区发展,而不应地区发展造成制约,这是在道路工程决策阶段勿庸置疑的第一决策要素。在建设决策过程中,可以从对技术经济诸因素的综合考虑出发提供多种方案供选择,如有多个跨河点,每个跨河点又有多种技术方案,它们都会对项目投入、运营及地区发展产生不同影响。在确定这些方案时,应站在地区发展的高度去考虑问题,进行各方案的取舍。路线与桥位较合理的方案未必就是最经济合理的路桥方案。

比如,要在某大河的某地修筑桥梁,虽说方案选择的桥位与路线都是最佳的,但它的修筑可能会影响到本地区的发展战略的实施,此时就应当改线。再如,在某大河的某地修筑桥梁,按规范规定,桥梁梁底距设计通航水位 38m 即可,但从大河上游河床条件及两岸经济发展前景来看,当该地区经济实力有了一个飞跃后,将可能对航运提出更高要求。为此,在前期就应考虑适当提高道路、桥梁的投资,将桥建得高一些,以适应航运发展的需要,而不要简单地从节约投资这一局部利益考虑,避免为地区经济总体发展埋下隐患。因此,桥位方案应从政治、经济、技术上进行多方面比较;在项目立项的研究阶段,就应充分考虑上述诸方面的要求,在项目决策阶段,也应广泛征求各有关部门的意见。

二、处理好道路与桥梁之间的关系

跨河构筑物本身是道路的一个组成部分,因此,桥涵设计的一项基本原则就是要服从道路的总体走向,最大限度地为道路运输服务。跨河桥址的选择必须首先服从上述要求。也就是说,跨河桥址的选择应首先服从道路的总体走向,与国家或地区道路网络建设一致。但上述原则并不意味着桥涵设计必须在细部完全服从路线走向。跨河构筑物通常是道路的节点、咽喉,与道路相比,其所处的自然环境更为复杂严酷、建设单价昂贵、结构构造复杂、养护修复困难,因此,道路路线走向在局部应服从桥位的选择,桥位应该在路线总体走向的方位范围内选择最合理的跨河地点。

三、跨河构筑物的布设应保障天然河水的顺利宣泄并顺应预计河道的自然演变

自然界的天然河道是该地水流、泥沙、土质、地质等自然因素长期演变的产物,就当地的自然条件而言,它是最合理、最稳定的。但是河道会随着制约其变化的自然因素的改变而变化。通常,我们修筑一个跨河构筑物时,希望它能稳定地提供一个尽可能长的服务时间,因此,设计的跨河构筑物应能满足桥位河段自然因素的运行规律,在可见的一个有限周期内保证天然河水的顺利宣泄;同时还需预估建桥河段的自然演变趋势,并使其顺应这一演变趋势;或采取技术措施限制危及构筑物安全的演变发展;或预先设置应对构筑物,使其在天然河道发生自然演变后,跨河构筑物整体仍能发挥其应有的作用。

四、保证跨河构筑物对车辆安全稳定的服务态势

修建跨河构筑物的目的是为车辆通行服务,其上通行的车辆有荷载、宽度、速度等运行

指标限制。同时,地区交通运输会有一个明确的发展规划。车辆与跨河构筑物相互作用,当跨河构筑物安全、平整、稳定时,车辆会平稳行驶。车辆行驶时颠簸比较轻微,对跨河构筑物产生的冲击力也较轻;反之,当跨河构筑物不够平整、稳定时,通过其上的车辆将大幅颠簸,从而对跨河构筑物产生较大的冲击力,加剧跨河构筑物的失稳。

五、最佳的综合技术经济指标

跨河构筑物不同的选点、定型方案,会导致不同的路线走向、引接线规模、调制构筑物组合、车辆运行损耗及养护维修费用投入等近、长期经济发展指标差异。通常,前三个方面反映工程建设阶段的投入规模,后两个方面反映跨河构筑物使用中的长期技术经济支撑规模,其中第四点更能影响跨河构筑物的使用乃至整条道路的营运效率。因为,任何运输运营单位都会选择那些距离近、路况好、车辆运营损耗小的路线,从而使本单位在最小投入的前提下完成运输任务。大量运输车辆的通过会使该线车辆运行费收入增加。因此,跨河构筑物选点、定型既要考虑到一次性建设投入,又要保证长期运营费用最低。

六、尽量选用与自然环境协调美观的桥型

在世界各地,造型美观的桥梁(通常为大桥)往往被人津津乐道,甚至成为地区的标志,如美国旧金山的金门大桥、北京的芦沟桥等。因此,在桥位选择及设计时,在考虑充分满足功能作用的同时,应尽量使桥梁的造型美观并与周围环境协调。

§ 1-3 桥涵水文学课的主要内容

桥涵水文课程是一门研究建桥(涵)河段河流在自然阶段、桥涵建设及建成营运阶段发生变化与发展规律的一门学科。

天然河流是千百万年来河流在所经地段的水流、泥沙、土质、地质等自然条件作用下演变形成的,在绝大部分情况下,天然河流处于该处自然条件下最合理、最稳定的形态。但所有的天然河流都处于不停顿的变化中,流量有大有小,水位有涨有退,河底有冲有淤,河床会游移,深泓会摆动……如何在这变化的环境中设置安全而稳定的跨河构筑物,是“桥涵水文”这门课的研究内容。它具体包括下述内容。

一、跨河构筑物过河点的选择与确定

一条天然河流,由发源地到入海口或大河汇入口,短的仅几十公里;而大江、大河长度达数千公里,河流全程流量不同,流速不同,所经地域地质条件不同,河流各部分的平面形态也各不相同。因此,不同河流会有不同的稳定程度,不同地区的河流会有不同的稳定程度,同一条河流的不同河段也会有不同的稳定程度。有些河段在相距不远的地方,其稳定程度却有极大差异。本课程分析了各种不同河段的稳定程度及变化特点,纯从河床水文泥沙变化规律出发,论述跨河构筑物过河点(桥位)的选择原则与确定方法。

二、设计流量的确定

在地球表面流动的河流,无论是大江、大河,还是细流小溪,通过某一河床断面的流量无

时不在变化着。通常在雨季或融雪季节会发生洪峰,在雨量较少的旱季或冬季,河床断面的水流通过量会减少,甚至断流。另外,每一年或某一个时间段内通过某一河床断面的最大流量也是不相同的,通常,丰水年或雨季相对集中的年份年最大流量较大,枯水年或雨季较长的年份年最大流量较小。这一较大流量与较小流量的差值因各条河流特征而异。就某一河床断面而言,在洪峰流量通过时需要的过水面积 A 、洪水水面可能达到的标高 H 、洪峰通过此断面时的流速 v 及河床可能遭到的最大冲刷 h 等要素均是流量 Q 的函数,也就是说,流量 Q 的确定是确定上述各要素的先决条件。当在此河床断面上进行桥涵设计时,设计流量 Q 是必须确定的最重要的设计参数之一。设计流量 Q 确定过大,所设计的桥梁是不经济的;但当设计流量 Q 确定的过小时,以此为参数设计的桥梁是不安全的。

对时时处于变化着的流量而言,本课程将讲述以下两种流量的确定方法。

(1) 河床任一断面某一洪峰流量的确定方法;

(2) 年最大洪峰流量是变化的,在研究或计算洪峰流量时取的代表年限越长,对应的最大洪峰流量越大。本课程将解决设计流量的确定方法。

三、跨河构筑物孔径的确定

建成跨河构筑物之后,水流、水流所夹带的泥沙及水流表面的漂浮物(流冰、流木、航船)等天然河流的动态不会因跨河构筑物的建成而改变,因此,跨河构筑物的设计必须要保证它们的顺利宣泄与通过。这就需要确定跨河构筑物的跨径与高度,以保证在设计流量发生时洪峰可以顺利从桥下通过;并保证在设计洪峰水位发生时,水位与跨河构筑物的结构底面之间的距离能满足水面漂浮物的通过。如跨径过大,或梁底过高,则需付出较大的建造费用;但如跨径过小,或梁底过低,轻则限制了建桥河段乃至整个桥位上游航运的发展,重则会危及跨河构筑物的稳定与安全。本课程的重要内容之一就是如何确定跨河构筑物的孔径,具体有以下两点:

(1) 跨河构筑物的跨径(两桥台前缘之间的距离)及桥孔的布置方法;

(2) 跨河构筑物的高度设置。

四、跨河构筑物基础埋深

河道在水流、泥沙的综合作用下会有冲刷与淤积,当桥位河段修筑了跨河构筑物时,由于跨河构筑物压缩河道,缩小了洪水期间桥位断面的过水面积,因此桥下流速会加大,从而加剧了冲刷的程度;另外,由于桥梁墩台的局部阻水作用,使桥梁墩台处的水流产生复杂的变化,如产生绕流、底流等水流的紊乱现象,从而造成对桥梁墩台附近的局部冲刷。桥梁墩台基础的埋置深度与工程投资及跨河构筑物的安全有着极密切的联系。本课程将论述河床断面的冲淤规律,以及河床部位冲刷深度值的计算及设计取值。

比如说,某一河床断面较宽,预计桥梁共需 20 跨,其中一侧河滩布 9 跨,另侧河滩布 6 跨,河槽布 5 跨;每一墩台均需确定基底埋深,这一基底埋深不应根据水流最恶劣处的最大埋深设置,而应根据各点的水势、河势、土质、地质情况及预计河床冲刷演变规律分别计算、分别采用。

五、河道中调制构筑物的设计

在天然河床上修筑跨河构筑物时,为了能安全、稳定、长期地为车辆交通服务,而设计了桥孔及桥梁墩台。桥梁工程师的愿望是在行洪阶段洪水能从设置的桥孔中顺利宣泄;而且在宣泄时不对桥梁墩台产生冲刷,或将冲刷限制在设计允许范围内。但天然河道在行洪阶段会产生冲刷,修筑了跨河构筑物后,会加剧冲刷的进程;冲刷又会在墩台的局部部位增大。另外,在桥涵设计中设置了通航孔;在万不得已时,还要设置预留通航孔,以防止河床深泓线摆动带来的航道改变,保证正常通航。在桥涵设计中,既希望河道深泓线不要摆动,这样就可无需设置预留通航孔,更不愿意见到深泓线摆动到非通航孔位置。若真发生这种情况,由于非通航跨径较小,梁高较低,虽说水深可供船舶航行通过,但墩间宽度与通航净空均已不能满足航行需要;而墩间宽度与通航净空均满足通航需要的设计通航孔或预留通航孔,又由于河底淤塞而无法通航。

河道的冲、淤以及河床的变化是必然的,是不以人们的意志为转移的客观现实,是符合江河自然演变规律的,因此,在桥涵设计中,就有一个引导问题。路桥工程界设计人员考虑的是能否使冲刷不要集中地发生在跨河构筑物的墩台附近,而将冲刷引导到设计通航孔道中。能否引导水流的主流流经通航孔或预留通航孔,并在上述部位避免淤积的产生,而将必然产生的淤积引导到非通航孔下,这些可以通过在河道中设置调制构筑物来达到,这一部分内容也是本课程讲述的内容。

复习思考题

- 1-1 在公路与铁路工程中,桥涵的分类依据是什么?
- 1-2 桥位设计的基本原则有哪些?
- 1-3 本课程的主要内容有哪些?
- 1-4 综合已学课程及已掌握的专业知识,试述学习本课程的重要性及必要性。

第2章 水力学基本知识

水力学是研究水体平衡和运动规律及工程应用的科学,是学习桥涵水文课程的基础,要研究好桥涵水文的规律,就应首先巩固水力学中有关知识,并以此作为桥涵水文课主要的理论基础,以确保本课程学习中的科学性和连贯性。

§ 2-1 明渠均匀流

明渠是一种具有自由表面液流的渠道,其表面压强一般为大气压强,相对压强为零,因此又称为无压流。明渠中的水流称为**明渠水流**。道路工程中遇到的天然河流、人工渠道部分涵洞内的水流、路侧排水沟渠中的水流大多均为明渠流。

明渠水流的过水断面形状有多种(图 2-1)。在公路工程中经常遇到的有梯形、矩形、圆形、半圆形、抛物线形及复式断面等。其渠底在沿程线上一般呈平面,在纵剖面上则为一直线,称为**渠底线**。渠底线的坡度称为**渠道底坡**,在工程界称为**比降**,常以 i 表示。

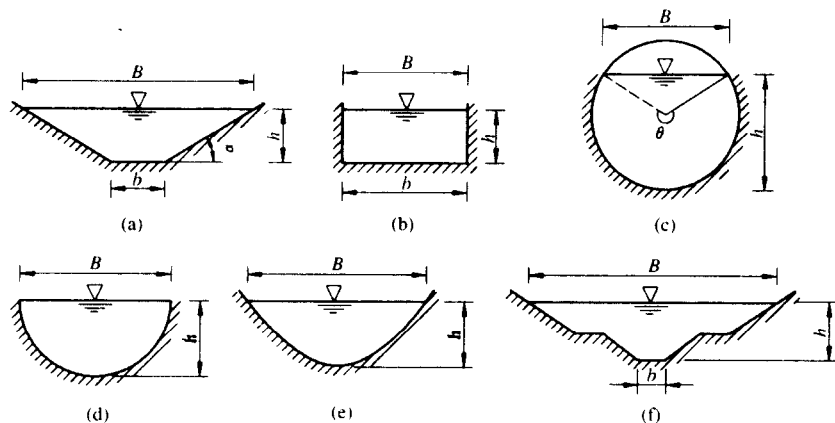


图 2-1 明渠的断面形状

明渠均匀流是指水流的水深、断面平均流速沿程都不变的均匀流动。明渠均匀流是路桥工程中最常遇到的问题。明渠中需具备一定的条件才能形成均匀流动,这些条件是:

(1) 明渠均匀流是依靠重力的分力来驱使水流运动的重力流,要保证产生均匀流,必须要有作用力,且保持不变,因此,渠底必须是沿程降低,即 $i > 0$,并且要在一段较长距离内保持不变。平坡和逆坡中是不可能产生均匀流的。

(2) 渠道必须具备不产生局部阻力的长而直的平面线形。换言之,在产生局部阻力如弯道、阀门、水坝、桥孔等处均会使重力产生不平衡,因此会导致非均匀流。

(3) 渠道表面的粗糙系数 n 决定了渠中水流在流动过程中所受阻力的大小, 若 n 发生变化, 势必造成流动阻力变化而导致非均匀流, 因此渠道表面的粗糙系数 n 应沿程不变。

(4) 渠道中应是稳定水流, 即流量 $Q=C$ (常数), 否则水深 h 和流速 v 会变化。水在渠道中流动时, 由于边界的影响, 水流的能量将不断损失。我们将流经单位长度的单位体积水流能量损失称为水力坡度用 J 表示。明渠均匀流存在的条件为由重力分力得到的单位体积水流的动能与水力坡度 J 正好互相抵消, 由于单位体积水流的重力分力是由底坡 i 提供的, 因此, 明渠均匀流渠道具有 $J=i$ 的关系式, 谢才公式也可改写为

$$v=C\sqrt{Ri} \quad (2-1)$$

式中 v —— 流速 (m/s);
 R —— 水力半径 (m);
 i —— 渠道底坡;
 C —— 谢才系数。

$$R=\frac{A}{\chi} \quad (2-2)$$

式中 A —— 过水断面面积 (m²);
 χ —— 湿周 (m)。

$$C=\sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (2-3)$$

式中 g —— 重力加速度;
 λ —— 沿程阻力系数。

1895 年, 爱尔兰工程师满宁提出了计算谢才系数的经验公式, 后被称之为满宁公式:

$$C=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}} \quad (2-4)$$

谢才公式可改写为便于计算的谢才-满宁公式:

$$v=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}i^{\frac{1}{2}} \quad (2-5)$$

式中, n 为粗糙系数, 反映渠道壁面粗糙性质, 是与流动性质无关的系数。

公路工程经常遇到的河、渠、沟、管壁的粗糙系数见表 2-1 及表 2-2。

我们将单位时间内流过某过水断面的液体总量称为流量, 用 Q 表示:

$$Q=vA \quad (2-6)$$

式中 Q —— 流量 (m³/s);
 v —— 流速 (m/s);
 A —— 过水断面面积 (m²)。

[例 2-1] 某公路 (从 K9+450~K11+050) 路段两侧的排水沟在设计排水量时, 具备了明渠均匀流的条件, 排水沟断面如图 2-2 所示, 沟壁为不抹面的浆砌块石, 排水沟底部起点标高为 1295.86m, 终点标高为 1290.82m, 求设计排水量。

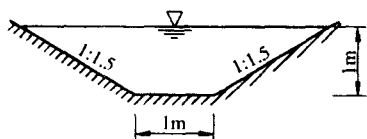


图 2-2 公路两侧排水渠横断面

〔解〕 沟壁为不抹面的浆砌块石,查表 2-2 得渠道粗糙系数 $n=0.017$, 则
渠道底坡

$$i = \frac{1295.86 - 1290.82}{11050 - 9450} = \frac{5.04}{1600} = 0.00315$$

过水断面面积

$$A = \frac{4+1}{2} \times 1 = 2.50 (\text{m}^2)$$

湿周

$$\chi = 1 + 2\sqrt{1^2 + 1.5^2} = 4.60555 (\text{m})$$

水力半径

$$R = \frac{A}{\chi} = \frac{2.50}{4.60555} = 0.54282 (\text{m})$$

明渠作均匀流时的流速

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{0.017} \times 0.54282^{\frac{2}{3}} \times 0.00315^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.017} \times 0.66543 \times 0.05612 = 2.20 (\text{m/s})$$

设计排水量

$$Q = vA = 2.20 \times 2.50 = 5.50 (\text{m}^3/\text{s})$$

表 2-1

各种不同粗糙面的粗糙系数 n

等级	槽 壁 种 类	n	$1/n$
1	涂覆珐琅或釉质的表面,极精细刨光面而拼合良好的木板	0.009	111.1
2	刨光的木板,纯粹水泥的粉饰面	0.010	100.0
3	水泥(含 1/3 细砂)粉饰面,安装和结合良好(新)的陶土、铸铁管和钢管	0.011	90.9
4	未刨而拼合良好的木板,在正常情况下内无显著积垢的给水管,极洁净的排水管,极好的混凝土面	0.012	83.3
5	砖石砌体,极好的砖砌体,正常情况下的排水管,略微污染的给水管,非完全紧密拼合的、未刨的木板	0.013	76.9
6	“污染”的给水管和排水管,一般砖砌体,一般情况下渠道的混凝土面	0.014	71.4
7	粗糙的砖砌体,未琢磨的石砌体,有洁净修饰的表面,石块安置平整,极多污垢的排水管	0.015	66.7
8	普通块石砌体(其状况尚可),破旧砖砌体,较粗糙的混凝土,光滑的开凿得极好的崖岸	0.017	58.8
9	覆有坚厚淤泥层的渠槽,用致密黄土和致密卵石做成而为整片淤泥薄层所覆盖的、无不良情况的渠槽	0.018	55.6
10	有粗糙的块石砌体,大块石的干砌体,碎石铺筑面,纯由岩石中开筑的渠槽,由黄土、卵石和致密泥土做成而为淤泥薄层所覆盖的渠槽(正常情况)	0.020	50.0

续表

等级	槽 壁 种 类	n	$1/n$
11	尖角的大块乱石铺筑,表面经过一般处理的岩石渠槽,致密粘土渠槽,由黄土、卵石和泥土做成而非整片的(有些地方断裂的)淤泥薄层所覆盖的渠槽,受到较好养护的大型渠槽	0.0225	44.4
12	受到一般养护的大型土渠,受到良好养护的小型土渠,在有利条件下(自由流动无淤塞和显著水草等)的小河和溪涧	0.025	40.0
13	中等条件以下的大渠道,中等条件的小渠槽	0.0275	36.4
14	条件较差(有些地方有水草和乱石或显著的茂草,有局部的坍塌等)的渠道和小河	0.030	33.3
15	条件很差(断面不规则,受到石块和水草的严重阻塞等)的渠道和小河	0.035	28.6
16	条件特别差(沿河有崩崖的巨石,绵密的树根、深潭、坍岸等)的渠道和小河	0.040	25.0

表 2-2

各种人工渠道的粗糙系数 n

类别	N
缸瓦管(带轴)	0.013
混凝土和钢筋混凝土的雨水管	0.013
混凝土和钢筋混凝土的污水管	0.014
石棉水泥管	0.012
铸铁管	0.013
钢管	0.012
水泥砂浆抹面渠道	0.013
砖砌渠道(不抹面)	0.015
砂浆块石渠道(不抹面)	0.017
干砌块石渠道	0.020~0.025
情况不好的石渠道	0.025~0.035
木槽	0.012~0.014
情况很好的土渠	0.020~0.025
土渠(包括带草皮的)	0.025~0.030
情况极坏的土渠(断面不规则,有块石、杂草、水流不畅等)	0.035~0.045
天然河道:情况很好	0.025~0.035
情况不好	0.045~0.060
杂草丛生,情况极坏	0.075~0.150

§ 2-2 明渠非均匀流

人工渠道和天然河道中的均匀流动,如果因某种因素的变化而破坏了明渠均匀流的条件,如底坡的变化,过水断面几何形状或尺寸的改变,壁面粗糙程度的变化,人工渠道或天然河道平面线形的变化,或在明渠中修建人工建筑物,均会影响水流的均匀流动,使其变为非均匀流。

在明渠非均匀流中,若流线的曲率半径很大,各流线接近于互相平行的直线,这种水流称为**明渠非均匀渐变流**,反之为**明渠非均匀急变流**。明渠急变流过水断面及流速沿程变化急剧,水深在局部渠段会形成突跃性增高或急剧下降,如图 2-3 所示。

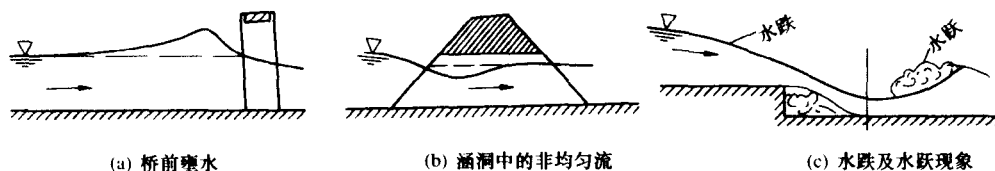


图 2-3 明渠非均匀流现象

明渠中水深沿程变化所构成的水面线被称为**水面曲线**,常用 $h = h(l)$ 表示。水面曲线的形状及变化有四种类型:

1. 壅水曲线——渠中水深沿程增大的水面线(图 2-3(a)),有 $\frac{dh}{dl} > 0$;

2. 降水曲线——渠中水深沿程减少的水面线(图 2-3(b)),有 $\frac{dh}{dl} < 0$;

3. 水跌现象——水面曲线在局部渠段呈急剧下降的水力现象,又称跌水(图 2-3(c)),上游渐变流水面曲线到水跌处终止;

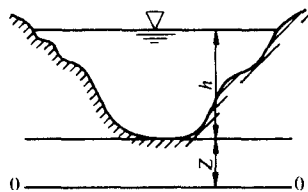


图 2-4 明渠渐变流横断面

4. 水跃现象——局部渠段内流速急剧变化,水深呈突越式增高,表面出现逆流旋滚的水力现象(图 2-3(c))。

产生明渠非均匀流的原因是明渠均匀流条件被破坏。如渠中有桥、涵、堰、坝、水闸、跌坎等建筑物,以及渠底坡度折变或局部断面突变等,都会破坏渠中的均匀流条件而产生非均匀流现象。

在自然界的河流中最多见的是明渠非均匀流,如因自然地形而形成水跃、水跌、壅水旋涡等等。另外,由于人类在河道上修筑的妨碍水体通过的工程(如桥墩、堰、坝、路堤、水闸等),更加加剧了水流的不均匀程度。

本节主要研究在恒定流的情况下,明渠非均匀流渐变流中水面曲线沿流变化的规律及其计算方法。从而为解决路桥工程中常见的水文问题打下基础。

一、断面比能

如图 2-4 所示,明渠水流中任一过水断面均具有一定的机械能,其中任一单位质量液体对基准面 0-0 的总机械能可由式(2-7)表示