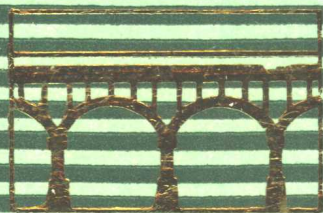


灌区水工建筑物丛书

渡槽

(第二版)

赵文华 陈德亮 颜其照 管枫年 编著



水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

渡 槽

(第 二 版)

赵文华 陈德亮 ~~颜其照~~ 管枫年 编著

水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

渡 槽

(第二版)

赵文华 陈德亮 颜其照 管枫年 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 11印张 294千字

1985年2月第一版

1989年7月第二版 1989年7月北京第二次印刷

印数8900—12780册

ISBN 7-120-00787-4/TV·256

定价8.95元

400948

出版者的话

大搞灌区工程配套，是挖掘现有灌溉设施潜力，加快建设早涝保收、高产稳产农田的一项重要措施。灌区水工建筑物面广量大，是灌溉排水工程的重要组成部分，也是灌区配套的主要内容。各地水利部门在修建灌区水工建筑物方面积累了丰富的经验，无论在建筑物的规划布置、结构型式、建筑材料、设计理论、施工工艺等方面，都不断有所创新，并在科学研究方面取得了一批新的成果。

为了总结交流经验、推广先进技术、反映科研成果，特组织编写了这套“灌区水工建筑物丛书”。丛书包括《渠首工程》、《水闸》、《闸门与启闭机》、《渡槽》、《倒虹吸管》、《涵洞》、《隧洞》、《跌水与陡坡》、《农桥》、《地下排灌工程》等十个分册。

丛书的服务对象以中专毕业的水利技术人员为主；讨论的工程规模以县办工程为主；写法以实用为主，在扼要阐明基本原理的基础上，着重讲述工程布置、结构型式、计算公式、施工要点和常用的图表，并介绍一些工程实例，便于广大读者在设计施工中应用和参考。

参加这套丛书编写工作的单位有：江苏、安徽、山东、广东、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省（区）的水利局，勘测设计、科研部门和有关水利院校。

《渡槽》分册是由武汉水利电力学院的赵文华、陈德亮、颜其照同志，广东省水利水电科学研究所的何家骧、余颢廷、朱传甫同志，山东省水利科学研究所的苏德功同志及黑龙江省水利勘测设计院的管枫年同志共同编写的。各部分编写分工如下：何家骧编写了第二章第一节中的无筋混凝土拱式渡槽、特殊拱型渡槽及第五章第二节中的主拱圈施工验算部分，苏德功编写了第二章第一节中的桁架拱式渡槽部分及第六章，管枫年编写了第八章，

颜其照编写了第九章，余颢廷编写了第二章第一节中的槽墩槽台部分及第四章第二节和第五章第三节，朱传甫编写了第二章第二节及第七章，赵文华及陈德亮编写了其余各章、节的内容并负责全书统稿。此外，武汉水利电力学院的徐云修、陈恭才两同志参加了第三、四、五章算例的计算工作；山东省水利科学研究所的王扬、王翠兰两同志参加了全书插图的描绘工作。

初稿完成后，经湖南省水利厅谢铮铭高级工程师及长沙市农水局柯成椿工程师审稿，并提出了修改补充意见，对提高书稿质量帮助很大。

“灌区水工建筑物丛书”十个分册到目前已全部出齐。为了进一步总结提高这个领域的科技水平，吸取最新成果，我们正对这套丛书组织修订再版。为此，热忱希望同志们将有关意见和要求告诉我们，使第二版的内容更加充实，质量更臻完善。

1984年

第二版前言

“灌区水工建筑物丛书”自1980年陆续出版以来，受到了广大读者的欢迎。大家反映，这套丛书内容比较全面、实用，既有较为系统扼要的理论分析，又有工程实例作为参考，很适合地、县水利工程技术人员的学习使用。根据读者的要求，同时考虑到近几年来这方面科学技术的不断发展，我们决定对这套丛书进行修订，以便更好地满足地、县广大水利工程技术人员的需要。

丛书的这次修订是按下述原则进行的：重点介绍常用的理论和方法，注意反映国内外的先进技术，认真总结近几年经过实践证明，技术上先进、经济上合理、运用时安全可靠的先进经验，删去陈旧过时和实用价值不大的内容；在扼要阐明基本原理的基础上，着重讲述工程布置、结构型式、构造、计算公式的应用、施工要点及管理注意事项，并编写一些实例，供广大读者应用参考。为了节省设计中繁琐的计算工作，有些分册将适当地编入实用性强的电算程序。

参加这套丛书修订编写工作的单位有：江苏、安徽、广西、湖南、河南、陕西、黑龙江等省(区)的水利厅(局)，勘测设计、科研部门以及有关的水利院校。为保证书稿质量、统一写作风格、提高工作效率，每本书的编写人不宜过多。因此，第二版的某些分册将减少或调整了部分参编人员。

为了进一步提高第二版的质量，决定成立“丛书编审组”，负责组织全套书的审稿和归口工作。

本分册《渡槽》第二版由武汉水利电力学院的赵文华、陈德亮、颜其照及黑龙江省水利勘测设计院的管枫年编写。

修订稿经水利电力部西北水利科学研究所的李崇智审阅，并提出了修改补充意见，对提高书稿质量帮助很大。

修改后的“灌区水工建筑物丛书”（第二版）中的《地下排灌工程》、《闸门与启闭机》、《水闸》、《跌水与陡坡》、《农桥》分册已于1988年出版，其它各分册将陆续出版。为了搞好这套丛书的再版工作，使它更好地为广大读者服务，诚恳希望读者对书中错漏之处，及时提出批评指正。

灌区水工建筑物丛书编审组

组长 陈德亮

成员 李崇智

张世儒

赵文华

王诒昭

1988年1月

目 录

出版者的话

第二版前言

第一章 概述	1
第一节 渡槽的作用、组成及类型	1
第二节 渡槽设计的基本资料及荷载	5
第三节 渡槽的总体布置及设计步骤	11
第二章 梁式渡槽	29
第一节 槽身结构	29
第二节 槽墩、槽架和基础	105
第三节 渡槽的整体稳定性验算	153
第三章 拱式渡槽	160
第一节 槽身及拱上结构	160
第二节 主拱结构的型式、布置和构造	168
第三节 主拱结构计算	185
第四节 槽墩、槽台及拱座	265
第四章 桁架式等其它型式渡槽	273
第一节 梁型桁架式渡槽	273
第二节 桁架梁式渡槽	277
第三节 桁架拱式渡槽	283
第四节 拱管式及斜拉式渡槽	291
第五章 渡槽的冻害及其防治措施	295
第一节 渡槽冻害破坏特征	295
第二节 渡槽冻害的防治	302
第六章 渡槽的施工	318
第一节 渡槽基础的施工	318
第二节 滑升模板法施工	322
第三节 吊装法施工	328

第一章 概 述

第一节 渡槽的作用、组成及类型

一、渡槽的作用及发展

渡槽是输送渠道水流跨越河渠、道路、山冲、谷口等的架空输水建筑物，是灌区水工建筑物中应用最广的交叉建筑物之一，除用于输送渠水（图1-1）外还可供排洪和导流等之用。当挖方渠道与冲沟相交时，为排泄冲沟来水和泥沙，不使山洪及泥沙进入渠道，可在渠道上面建排洪渡槽（图1-2）。在流量较小的河道上修建闸、坝，用上、下游围堰拦断河道时，可在基坑上面架设导流渡槽，使上游来水通过渡槽泄向下游。本书只讨论渠系工程中的输水渡槽。渡槽顶部一般应设置便道，以通过行人并利于

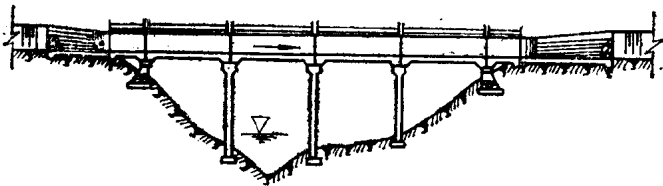


图 1-1 输水渡槽（简支梁式）

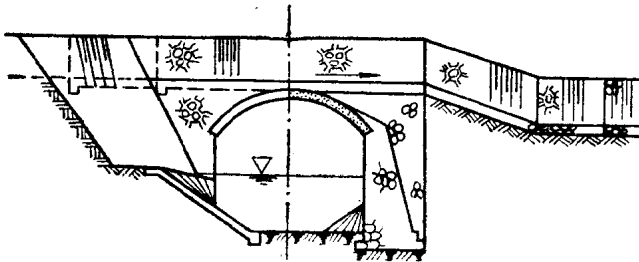


图 1-2 排洪渡槽（实腹拱式）

管理和修检，但通常不与桥梁合建，仅排洪渡槽可兼作农村便桥用。

渡槽在中国已有悠久的历史。古代，人们凿木为槽用以引水，即为最古老的渡槽。据《水经·渭水注》：长安城故渠“上承泂水于章门西，飞渠引水入城，东为仓池，池在未央宫西。”“飞渠”即为渡槽，建于西汉，距今约2000年，或说公元前246年兴建的郑国渠“绝”诸水即利用了渡槽^①，则渡槽见诸历史记载者就比长安城的飞渠更早。这说明渡槽在中国已有2000年以上历史。

50年代初期，我国所建渡槽多为木、石结构。木渡槽因木材缺乏且维修费用大、寿命不长，故除少数用作临时性引水外已不再采用了。石拱渡槽是就地取材的建筑工程，由于石料的开采、加工和砌筑等常为手工操作，故需用大量劳力。但可节约水泥、钢材，且施工技术易为群众掌握，因而直到70年代，在不少灌区的渡槽工程中，石拱渡槽仍占有相当大的比重。至于墩台结构，采用石料砌筑者就更为普遍。50年代中后期，随着经济建设的发展，采用钢筋混凝土渡槽日渐增多，施工方法以现场浇筑为主。1955年，黑龙江省首先采用了装配式渡槽，到60年代初期以后，在许多省、区逐步得到了推广。装配式渡槽较现场浇筑可节省大量木材和劳力，显著降低工程造价，加快施工进度，并便于施工管理和提高工程质量，因而得到迅速推广。

到70年代，我国大型灌区有了很大发展，渡槽流量由几个立方米每秒发展到几十个立方米每秒，结构型式既要求适应为数众多的中小跨度，也需适应百米以上大跨度，并满足节省三材和便于预制吊装等要求。湖北省1974年修建的丹江灌渠上的排子河简支梁式渡槽，槽墩中心距达25m。一节预制槽身长21.7m，吊装质量重达200t。在槽墩上设推拖式吊架吊装的槽身共157跨。槽墩高达30~40m，最高达49m，采用滑升模板法施工，节约了木

① 武汉水利电力学院、水利水电科学院中国水利史稿编写组：《中国水利史稿》上册第123页，水利电力出版社，1979年8月第1版。

材、加快了施工进度、保证了浇筑质量，为浇筑高墩、柱开拓了新途径。广东省高要县1975年修建的双坑双曲拱渡槽，跨度达100m。广西玉林1976年所建万龙双曲拱渡槽，跨度达126m。湖南郴县1975年所建乌石江渡槽，主拱为箱型，跨度达110m。70年代初期，许多省、区陆续修建了一批双曲拱渡槽（图1-3）。但半装配式双曲拱，构件零碎层次多，施工麻烦影响进度，且结构整体性不高，应力状态不够好，施工过程中还易产生安全事故。箱型拱的装配程度高，纵向刚度均较大，结构性能好，整体性有保证，因此适宜在大跨度拱式渡槽中采用。

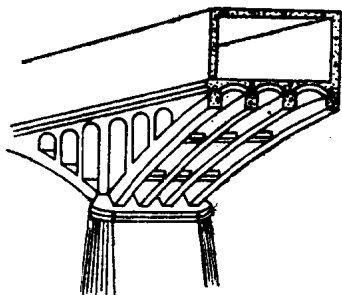


图 1-3 双曲拱渡槽（空腹式）

近几年来，渡槽发展的总趋势是，适应各种流量、各种跨度特别是大跨度渡槽结构型式的研究，设计理论和计算方法的研究，建筑材料以及施工技术的研究和改进等，有的在逐步开展，有的在探索中。可以预见，渡槽工程在结构型式、设计理论、建筑材料以及施工技术等方面，将有一个新的发展。

二、渡槽的组成及类型

渡槽是由槽身、支承结构、基础及进出口建筑物等部分组成的（图1-1）。槽身搁置于支承结构上，槽身及槽中水的重力通过支承结构传给基础再传至地基。渡槽的类型，一般是指输水槽身及其支承结构的类型。槽身及支承结构的类型各式各样，所用材料又有不同，施工方法也各异，因而分类方式就甚多。

按施工方法分，有现浇整体式、预制装配式及预应力渡槽等。按所用材料分，有木渡槽、砖石渡槽、混凝土及钢筋混凝土渡槽等。本书主要讨论砌石、混凝土及钢筋混凝土渡槽。按槽身断面型式分，有矩形槽、U形槽、梯形槽、椭圆形槽以及圆管形等，渡槽工程中常用的是前两种。按支承结构型式分，则有梁

式、拱式、桁架式、组合式以及悬吊或斜拉式等。以上分类方法甚多，但能反映渡槽的结构特点、受力状态、荷载传递方式和结构计算方法区别的则是按支承结构型式分类，故本书即按这种分类方式进行论述。

梁式渡槽的支承结构是重力墩或排架。槽身搁置于墩、架顶部（图1-1），既起输水作用，又是承受荷载而起纵梁作用的结构，竖向荷载作用下产生弯曲变形，支承点只产生竖向反力。按支承点数目及布置位置的不同，又分为简支（图1-1）、双悬臂、单悬臂及连续梁四种型式。前三种，一节槽身在纵向只有两个支点，是静定结构，为常用型式。连续梁式渡槽的一节槽身，在纵向的支点数目大于二，是超静定结构。连续梁式渡槽，较简支梁式的受力条件好，在同样跨度和同样荷载条件下，前者的弯矩较后者为小，因而可以加大前者的跨度。湖南郴县柳家泉渡槽，一节槽身在纵向是三个支点，为两跨连续梁式结构，跨度（支点距）达20m。但是，连续梁式槽身施工，如果采用整体预制吊装方法，各支点要保证连续梁式支承条件很难；如果各支点产生不均匀沉降时，槽身将产生较大附加弯矩，还可能产生扭曲应力，因而对地基条件要求高，或采用不易产生沉降的基础结构，故在实际工程中采用较少。梁式渡槽的实用跨度，一般在20m以内。

拱是一种轴线为曲线或折线形、在竖向荷载作用下拱脚产生水平推力的结构，条件是拱脚须具有水平向约束。如果拱脚无水平向约束，在铅直荷载作用下只产生竖向反力的结构，只能称为曲梁。拱式渡槽与梁式渡槽不同之处，是在槽身与墩台之间增设了主拱圈和拱土结构（图1-3）。拱上结构将上部荷载传给主拱圈，主拱对墩台产生强大的水平推力。主拱圈是主要承重结构，各径向截面具有明确的形式，其重心连线即为主拱的轴线，即主拱圈具有明确的拱轴线。主拱圈将拱上铅直荷载转变为轴向压力，并给墩台以水平推力，而拱内弯矩则较小，这是拱式渡槽的主要特点。因主拱圈以承受轴向压力为主，拱内弯矩较小，故拱式渡槽的跨度较大，可达百米以上。主拱圈有不同的结构型式，如板拱、肋拱、箱型

拱和双曲拱等。其轴线可以是圆弧线、悬链线、二次抛物线和折线等。可以设有不同的铰数，如无铰、双铰和三铰。并且，拱上结构还有实腹（图1-2）与空腹（图1-3）之分。因此，拱式渡槽又可分为不同类型。

梁式和拱式是两种最基本也是应用最广的渡槽型式，故本书主要讨论这两类渡槽的有关问题和设计方法，对于其它型式渡槽仅作概要介绍。

第二节 渡槽设计的基本资料及荷载

一、基本资料

基本资料是渡槽设计的依据和基础，主要包括以下几个方面内容。

（1）灌区规划要求：在灌区规划阶段，渠道的纵横断面及建筑物的位置已基本确定，可据此得出渡槽上下游渠道的各级流量和相应水位、断面尺寸、渠底高程以及渠道水流通过渡槽时的允许水头损失值等。

（2）设计标准：设计标准直接关系到渡槽的安全和经济，须慎重选定。凡直接应用于渡槽设计的国家规范，如《水工钢筋混凝土结构设计规范》^①等的规定必须遵守。若无直接应用于渡槽设计的国家规范可查用时，则设计中采用的计算方法和有关依据，可参考类似建筑物的国家规范，如《公路桥涵设计规范》等的规定。关于渡槽级别的划分，在无统一规范规定之前，设计时可根据当地规定确定。对于跨越铁路、重要公路以及墩架很高或跨度很大的渡槽，应采用较高的级别。对于跨越河道、山溪的渡槽，应根据其级别、地区的经验，并参考有关规定选择洪水标准，计算决定相应的槽址水位、流量及流速。

① 《水工钢筋混凝土结构设计规范》SDJ20-78(试行)，水利电力出版社，1979年5月。

(3) 地形资料: 应有1/200~1/2000的地形图。测绘范围应满足渡槽轴线的修正和施工场地布置, 在进出口及有关附属建筑物布置范围以外, 最少尚应有50m富裕宽度。对于小型渡槽, 也可只测绘渡槽轴线的纵剖面及若干横剖面图。跨越河道的渡槽, 应加测槽址河床纵横断面图。

(4) 地质资料: 通过挖试坑及钻探等方法, 探明地基岩层的性质、厚度、有无软弱层及不良地质隐患, 要注意河道及沟谷两岸是否稳定, 是否有可能滑动、崩塌的岩体, 并绘制沿渡槽轴线的地质纵剖面图; 通过必要的试验, 测定地基土及基岩的物理力学指标, 决定地基承载力等。对于地震区, 尚应收集地震资料。

(5) 水文气象等资料: 调查渡槽所在地区的最大风力等级与风向, 最大风速及其出现频率; 多年月平均气温, 年平均气温, 最高及最低月平均气温, 冬夏季的最低、最高温度, 最大温差以及冰冻情况等。渡槽跨越河流时应收集河流的水文资料及飘浮物情况等。

(6) 建筑材料: 砂料、石料及混凝土骨料的储量、质量、位置与开采、运输条件以及木材、水泥、钢材的供应情况等。

(7) 交通要求: 槽下为通航河道、铁路、公路时, 应了解船只、车辆所要求的净宽、净空高度; 槽上有行人及交通要求时, 要了解荷载情况及今后发展要求等。

(8) 施工条件: 施工设备、施工技术力量、水电供应条件以及对外交通条件等。

(9) 运用管理要求。

以上各项资料并非每一渡槽设计全需具备, 每项资料调查、收集的深度同广度, 则随工程规模的大小、重要性以及设计阶段的不同而异。

二、荷载及其组合

1. 荷载计算 作用于渡槽上的荷载有结构重力、水压力、土压力、风压力、动水压力及飘浮物的撞击力, 温度变化及混凝土收缩引起的力、地震力、人群荷载以及施工吊装时的动力荷载等,

对于中小型渡槽工程一般不考虑地震力。重力、水压力及土压力可采用一般方法计算，下面只介绍其余各项荷载的计算方法。

(1) 风压力：作用于建筑物表面的风压力 W (N/m^2) 按下式计算

$$W = K K_z g W_0 \beta \quad (1-1)$$

式中 K ——风载体型系数；

K_z ——风压高度变化系数；

g ——重力加速度， $g = 9.81$ (m/s^2)；

W_0 ——基本风压 (N/m^2)；

β ——风振系数。

风载体型系数 K 建议按如下数值计算：①对于矩形槽身，满槽水时取 $K = 1.3$ ；空槽时，如 $H/B = 0.5$ 取 $K = 1.7$ ；如 $H/B \geq 1.0$ 取 $K = 1.5$ ， H 为槽身的深度， B 为槽身宽度；②对于 U 形槽身，满槽水时取 $K = 1.1 \sim 1.2$ ，直段高度较小者取小值，空槽时取 $K = 1.5 \sim 1.4$ ，深宽比小者取大值；③对于槽墩结构，不论墩头形状如何均可取 $K = 1.3$ ；④对于排架结构取 $K = 1.3$ ，不计前肢对后肢的挡风影响，前后两肢分别计算所受风压；⑤对于板拱及箱型拱结构，取 $K = 1.3$ ；对于肋拱取 $K = 1.3$ ，为安全计不考虑前肋对后肋的挡风影响；对于桁架结构，按 $K = 1.3\phi(1+\eta)$ 计算， ϕ 为桁架实有挡风面积与轮廓面积之比值， η 与面积系数 ϕ 、两片桁架的间距 b 及桁架的高度或桁架拱的矢高 f 有关，对于大跨度小流量渡槽 b/f 常小于 1.0，当 $\phi \leq 0.1$ 时，取 $\eta = 1.0$ ；当 $\phi = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ 时，取 $\eta = 0.85, 0.66, 0.50, 0.33$ 。

风压高度变化系数 K_z 按表 1-1 选用。风力在槽身上的着力点可按迎风面的形心考虑， K_z 值由形心距地面的高度选定。对于

表 1-1 风压高度变化系数 K_z

离地面高度 (m)	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
K_z	0.78	1.00	1.15	1.25	1.41	1.54	1.63	1.71	1.78	1.84	1.90

排架或重力墩，可按顶部离地面的高度选定 K_z ；对于高度很大的墩、架，可沿高度方向分段计算而选用不同的 K_z 值。

当地如有风速资料，基本风压可按 $W_0 = \alpha V^2$ 计算。 V (m/s)是在空旷平坦地面、离地10m高处30年一遇的10分钟平均最大风速值。 α 为风压系数，东南沿海地区可取为1/17，内陆一般地区可取为1/16，高山和高原地区可取为1/18~1/19。对于与大风方向一致的谷口、山口，基本风压还应乘以1.2~1.4的调整系数，如为山间盆地则应乘以小于1.0的调整系数。当地如果没有风速资料，则可参照《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ9-74中全国基本风压分布图上的等压线进行插值酌定，但不得小于 250N/m^2 。

对于高度不大的渡槽，风荷载计算时可不考虑风振影响，而取 $\beta = 1.0$ 。对于高度较大的排架、梁式渡槽，应计入风振影响， β 值可根据结构的基本自振周期按表1-2采用。

表 1-2 风 振 系 数 β

$T(s)$	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.5	5
β	1.25	1.40	1.45	1.48	1.50	1.55	1.60

较高的排架、梁式渡槽，其基本自振周期 T (s)可近似按下式计算

$$T = (2\pi/\sqrt{3})\sqrt{H^3 M/(EJ)} \quad (1-2)$$

式中 H ——排架的高度(m)；

M ——搁置于排架顶部的槽身质量(空槽情况)或槽身及槽中水体的总质量(kg)；

E ——排架材料的弹性模量(N/m^2)；

J ——排架横截面的惯性矩(m^4)。

按上法求得风压力 W 是作用于单位面积上的。如槽身迎风面投影面积为 $\omega_1(\text{m}^2)$ ，则作用于 ω_1 形心上的风压力为 $P_1 = W\omega_1$ (N)， P_1 通过槽身与槽墩(架)接触面上的摩擦作用传给槽墩

(架)。如槽墩(架)迎风面投影面积为 ω_2 (m^2)，则作用于 ω_2 形心上的风压力 $P_2 = W\omega_2$ (N)。

(2) 动水压力：作用于槽墩(架)单位面积上的动水压力 p_a (kN/m^2)按下式计算^①

$$p_a = K_d \frac{\gamma v^2}{2g} \quad (1-3)$$

式中 p_a ——与水流成正交的面上槽墩(架)每一平方米投影面积上的动水压力 (kN/m^2)；

γ ——水的重度 (kN/m^3)；

v ——水流的设计平均流速 (m/s)；

g ——重力加速度 ($9.81\text{m}/\text{s}^2$)；

K_d ——槽墩(架)形状系数，与迎水面形状有关，可按表1-3选用。

表 1-3 槽 墩 (架) 形 状 系 数 K_d

槽墩(架)迎水面形状	K_d	槽墩(架)迎水面形状	K_d
方 形	1.5	尖 圆 形	0.7
矩形(长边与水流方向平行)	1.3	圆 端 形	0.6
圆 形	0.8		

作用于一个槽墩(架)上的动水压力 P_s (kN)为

$$P_s = p_a \omega_3 \quad (1-4)$$

式中 ω_3 ——水面以下槽墩(架)在水流正交面上的投影面积 (m^2)。

动水压力 P_s 的作用点可近似取在水面下离水面 $1/3$ 水深处。由式(1-3)及式(1-4)可知， P_s 与平均流速及水深有关。洪水时期，平均流速及水深均较大，故动水压力也较大。目前渡槽

① 本公式及式(1-5)均引自中华人民共和国交通部，《公路桥涵设计规范》(试行)，人民交通出版社，1975年。