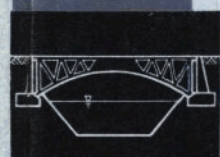
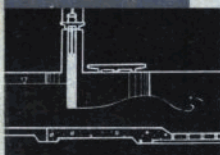


灌区水工建筑物丛书

渡槽

水利电力出版社



灌区水工建筑物丛书

渡 槽

赵文华 陈德亮 何家骧 苏德功 颜其照

水利电力出版社

灌区水工建筑物丛书

渡 槽

赵文华 陈德亮 何家骥 苏德功 颜其照

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 17.375印张 462千字

1985年2月第一版 1985年2月北京第一次印刷

印数0001—8900册 定价3.20元

书号 15143·5572

内 容 提 要

本书较系统地讨论了梁式、拱式、梁型桁架、桁架拱、桁架梁组合式及特殊拱型渡槽的工程布置和结构计算。对结构计算问题除介绍计算方法和计算公式外，还适当介绍了计算项目和计算条件。全书共分九章，取材丰富，论述简明，对于从事渡槽设计施工的工程技术人员来讲，是一本很有实用价值的参考书。

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，余覲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

目 录

出版者的话

第一章 概述	1
第一节 渡槽的作用及发展	1
第二节 渡槽的组成及类型	5
第三节 渡槽设计的基本资料	11
第四节 荷载	12
第二章 渡槽的型式、构造和基本尺寸	18
第一节 槽身及支承结构	18
第二节 渡槽的基础	88
第三节 进出口建筑物	97
第三章 渡槽的总体布置与设计步骤	102
第一节 渡槽轴线及槽身起止点位置选择	102
第二节 渡槽的水力设计	103
第三节 渡槽型式选择、分跨和纵剖面布置	111
第四节 渡槽及其地基的稳定性验算	113
第五节 渡槽的设计步骤	128
第四章 梁式渡槽结构计算	130
第一节 梁式槽身结构计算	130
第二节 槽墩结构计算	172
第三节 槽架结构计算	183
第五章 拱式渡槽结构计算	206
第一节 槽身及拱上结构	206
第二节 主拱圈结构	207
第三节 槽墩及槽台结构	347
第六章 梁型桁架及桁架拱（或梁）式渡槽结构计算	359
第一节 槽身结构计算	359
第二节 下承斜杆式桁架拱内力计算	366

第三节	上承式桁架拱内力计算	373
第四节	复拱桁架内力计算	376
第五节	梁型桁架及桁架梁结构计算	384
第七章	渡槽基础结构计算	339
第一节	整体板式基础结构计算	389
第二节	沉井基础结构计算	394
第三节	钻孔桩基础结构计算	415
第八章	渡槽的冻害及其防治措施	443
第一节	渡槽冻害破坏特征	443
第二节	渡槽冻害的防治	453
第九章	渡槽的施工	474
第一节	基础施工	474
第二节	梁式渡槽的施工	494
第三节	几种典型结构的施工	522
第四节	渡槽的连接与接缝构造的施工	539

第一章 概 述

第一节 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（图 1-1），是灌区水工建筑物中应用最广的交叉建筑物之一。它除用于输送渠水外，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，不使山洪进渠道，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，可在基坑上面架设渡槽（临时性建筑物），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。

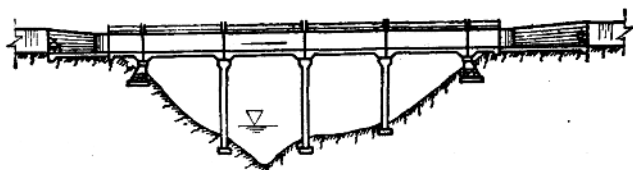


图 1-1 输水渡槽

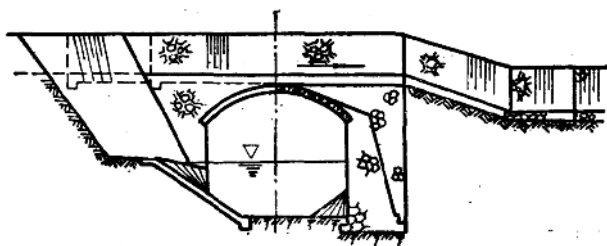


图 1-2 排洪渡槽

渡槽在我国已有悠久的历史。古代，人们凿木为槽，引水跨越沟谷，即为最古老的渡槽。据《水经·渭水下注》：长安城故渠“上承沔水，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，此为西汉时建，距今约两千年。或说公元前二四六年（距今2229年）兴建的郑国渠“绝”诸水，即是渡槽^①，则渡槽见诸记载比长安的“飞渠”更早。这说明渡槽在我国已有两千年以上的历史。

解放初期所建渡槽多为木、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排水外，现已很少建造。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，因而在盛产石料的山丘地区，特别是在水泥、钢材等建筑材料供应困难的条件下，仍得到广泛应用，不少小型渡槽还采用了砖砌拱式结构。直到七十年代，在不少灌区的渡槽工程中，石拱渡槽仍占有相当大的比重，且在过流量、结构型式和施工技术等方面均有较大的发展。至于渡槽工程中的墩台结构，采用石料砌筑者就更为普遍。广东地区在钢材供应困难的条件下，还创造性地建成了不少无筋混凝土拱式渡槽，并在结构型式和施工工艺等方面有了较大的改进和发展。

五十年代中后期，随着经济建设的发展，采用钢筋混凝土渡槽日渐增多，槽身多为矩形厚壁及板梁结构，支承结构多为重力式槽墩，施工方法以现浇整体式为主。1955年，黑龙江省首先采用了装配式渡槽，但这一先进施工方法在当时未得到普遍推广。

六十年代初期以后，许多省、区逐步推广了装配式结构。装配式渡槽较现场浇筑可节省大量木材和劳力，显著降低了工程造价，加快了施工进度，并便于施工管理和提高工程质量，因而得到迅速推广。由于装配式渡槽的发展，促进了吊装技术和施工设

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》编：《中国水利史稿》上册，123页，水利电力出版社，1979年8月第一版。

备的改进和提高。许多地、县还建立了群众性的吊装队伍，自制吊装工具，吊件由小到大、由轻到重，1963年湛江地区吴川县用自制吊具吊重已达35吨；另一方面，也促进了渡槽结构型式的改进，使之轻型化并便于分块预制吊装，如实体墩改为空心墩以及各式排架结构的普遍采用；厚壁矩形槽身改为各种轻型薄壁结构等。广东湛江地区除在建筑物型式及预制分块构件的造型等方面不断有所创新外，并在研究国外单向曲率壳槽的基础上，提出了U型薄壳槽身的结构型式及其计算方法。这种槽身，一般为钢筋混凝土结构，具有较好的水力条件和结构性能，且重量较小，便于整体预制吊装。此外，我国南方地区还建了一些钢丝网水泥U型薄壳渡槽，但这种结构不耐久，且钢丝来源困难，现已较少采用。

六十年代后期至七十年代，我国大型灌区有了很大发展，至1975年止，万亩以上灌区已达三千多处，都江堰、淠史杭、韶山、陆浑等灌区的灌溉面积均在百万亩以上。这一时期的渡槽，流量由每秒几个立方米发展到每秒几十个立方米；结构型式既要求适应为数众多的中小跨度，也需适应百米以上的大跨度，并能满足节约木材、钢材和便于预制吊装的要求；这一时期渡槽发展的特点是，各种大跨度拱式渡槽纷纷出现，预制吊装程度进一步提高，吊重不断增大。梁式渡槽中典型例子之一，是湖北省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25米，一节预制槽身长为21.7米，吊装重量达200吨；在槽墩上设置推拖式吊架进行吊装的槽身共157跨；槽墩高达30~40米，最高达49米，采用滑升模板法施工，节约了木材、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。对于拱式渡槽，为适应大中流量，特别是大跨度的需要，主拱结构型式由常见的实体式矩形截面板拱和肋拱发展到双曲拱和各种截面型式的箱型拱。广东省高要县1975年修建的双坑双曲拱渡槽，跨度达100米；广西玉林1976年所建万龙双曲拱渡槽，跨度达126米，为国内跨度最大之渡槽；湖南郴县1975年所建乌石江渡槽，主拱为

箱型，跨度达 110 米。这些大跨度渡槽均为七十年代所建。双曲拱渡槽的主拱结构型式是从桥梁工程引用来的，1964 年江苏无锡成功地创建了双曲拱桥，接着在桥梁工程中得到迅速推广，并在渡槽工程中受到欢迎，七十年代初期，许多省陆续修建了一批双

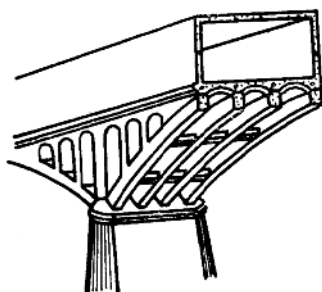


图 1-3 双曲拱渡槽

曲拱渡槽。但双曲拱（图 1-3）构件零碎层次多，施工麻烦，影响进度，在施工过程中容易产生安全事故，且结构的整体性不高，应力状态不够好。箱型拱的装配程度高，且整体性有保证，纵横刚度均较大，结构性能好，因此适宜在大跨度渡槽工程中采用。该时期渡槽发展的另一种型式是桁架拱

渡槽。1966 年上海市金山县建成第一座斜杆式钢筋混凝土桁架拱桥，在江苏省农桥工程中得到普遍推广。山东省吸取这一型式的特点，提出图 1-4 所示的桁架拱结构，槽身采用微弯板组装，使槽身重及水重等成为桁架拱的节点荷载，并建成了几座这类型式的桁架拱渡槽。这一时期，在应用先进理论和计算技术方面也有一定进展。例如，对各种型式桁架拱渡槽的试验研究；用电子计算机按刚架计算钢筋混凝土桁架拱的内力，并根据试验研究及

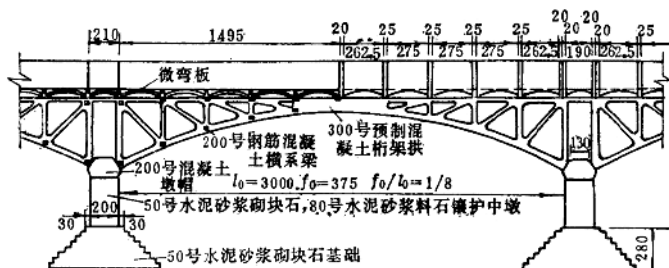


图 1-4 桁架拱渡槽 (单位: 厘米)

计算成果的分析,提出了各种型式桁架拱结构内力的简化算法;用折板法、有限单元法计算U型壳槽内力等方面也取得了一定成果。

近几年来,先后出现了三铰片拱式、马鞍式、拱管式和桁架—梁组合式等过水结构与承重结构相结合的几种型式渡槽以及双悬臂梁型桁架渡槽等,尽管有的型式还存在一些缺点,但确实代表了渡槽结构型式向经济合理方向发展的一种趋势。目前,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;应用先进理论和先进手段进行结构型式优化设计;材料及施工技术的改进等。如斜拉式及悬吊式这类跨越能力最大的渡槽型式的研究;过水与承重相结合的合理结构型式的研究;利用电子计算技术及先进设计理论优选结构型式的研究;早强快干混凝土和钢纤维混凝土等材料以及新型止水材料的研制采用;构件预制工厂化及大型机械吊装等,有的已在逐步开展,有的在探索中,但是可以预见,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。

第二节 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)。槽身置于支承结构上,槽身重及槽中水重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。各种施工方法将在第九章“渡槽的施工”中介绍。

按渡槽所用材料分,有木渡槽、砖石渡槽、无筋及少筋混凝土渡槽、钢筋混凝土渡槽以及钢丝网水泥渡槽等。本书主要讨论石、混凝土及钢筋混凝土渡槽。

按槽身断面型式分,有U形槽、矩形槽、梯形槽、抛物线或

椭圆形槽以及圆管形等。渡槽工程中常用的是前两种型式。

按支承结构型式分，有梁式、拱式、梁型桁架及桁架拱式、桁架梁组合式以及悬吊或斜拉式等。此外，尚有三铰片拱式（或片拱式）、马鞍式、拱管式等过水结构与承重结构相结合的特殊拱型渡槽。

以上分类方式甚多，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，这也是渡槽设计的主要科学依据，本书即按这种分类方式进行论述。下面先对这种分类方式作些简要介绍，以后再分章讨论各类渡槽的工程布置、结构计算和施工方法等问题。

1. 梁式渡槽

梁式渡槽的槽身直接搁置于槽墩或槽架上（图 1-1）。特点是，槽身既起输水作用，又是能承受荷载起纵梁作用的结构，在铅直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，又可分为简支（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。连续梁式渡槽较单跨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，为两跨连续梁式渡槽，跨度达 20 米。但是，连续梁式槽身施工时，如采用整体预制吊装方法，各支点要保证连续梁式的支承往往较难；如果各支点产生不均匀沉降时，槽身将产生较大的附加弯矩，还可能产生扭曲应力，因而对地基条件要求高（或采用不易产生沉陷但工程量较大的基础结构），故在实际工程中采用较少。梁式渡槽的适用跨度，一般在 20 米以内。

2. 拱式渡槽

拱是一种轴线为曲线形、在铅直荷载作用下产生水平推力（条件是拱脚具有水平向约束）的结构，如果拱脚无水平约束，

在铅直荷载作用下只产生竖向反力的拱形结构，只能称曲梁。这是拱结构与梁结构的根本区别。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上结构，拱上结构将上部荷载传给主拱圈，主拱圈对墩台产生强大的水平推力。主拱圈是拱式渡槽的主要承重结构，各径向截面具有明确的形式，其重心的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，并对墩台产生强大的水平推力，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。

拱式渡槽的主拱圈有不同的结构型式，如板拱、肋拱、双曲拱、箱型拱和折线拱等；其轴线可以是圆弧线、二次抛物线、悬链线和折线等；可以设有不同的铰数，如无铰、双铰和三铰；并且，拱上结构又有不同的型式，如实腹和空腹。因此，拱式渡槽又有不同类型，有关问题在后面有关章节讨论。

3. 梁型桁架及桁架拱（或梁）式渡槽

桁架是将若干直杆的杆端用铰相互联接成的几何不变体系，外荷载作用于节点上，各杆只产生轴向力。在铅直荷载作用下，支承点只产生竖向反力的桁架，其作用与梁相同，称为梁型桁架。在铅直荷载作用下，支承点产生水平反力（条件是支承点具有水平向约束）的桁架，其作用与拱相同，称为拱型桁架或桁架拱；如果支承点不具有水平向约束，桁架虽呈拱形但不产生水平反力的，仍为梁型桁架。

梁型桁架式渡槽又有简支和双悬臂两种类型。简支梁型桁架渡槽的桁架，按弦杆的外形分，有平行弦桁架、折线或曲线弦桁架、三角形弦桁架等数种；六十年代以来，我国许多省修建了这种型式的渡槽。如湖北应山县蔡家畈拱形桁架渡槽，跨度 $L=40$ 米，流量 $Q=6.5$ 立方米/秒；广西中间山三角形桁架渡槽， $L=19$ 米， $Q=8.5$ 立方米/秒；青海黄南州矩形桁架渡槽， $L=16.63$ 米， $Q=6.5$ 立方米/秒，均属此类。湖南省长沙县1981年建成的

[illegible]

桁架拱式渡槽按槽身在桁架拱上位置的不同，可分为上承式、中承式、下承式和复拱式四种型式（图2-49），按复杆的布置型式则有斜杆式桁架拱和竖杆式桁架拱（只有竖杆无斜杆）。渡槽工程中实际采用的桁架拱结构布置形式如图1-4所示，并不

完全符合上述拱型桁架的条件。例如，各种型式的桁架拱当不设斜腹杆时，便成为空腹拱型刚架，这种竖杆式结构如果结点按铰接考虑便成为几何可变结构；其次，上承式的跨中为实腹段，两端也不能分别用一个铰代替，而必须承受弯矩；中承式的拱形弦杆和水平弦杆相交的结点，也不能按铰接考虑。但是，这类结构型式的渡槽确有共同的特点和相近的设计方法，因而，为了便于讨论和避免分类过于烦琐，本书将这类渡槽型式统称为桁架拱式，即兼有桁架和拱两种结构的性能。

梁型桁架和桁架拱式渡槽，其跨度一般较梁式渡槽为大，宜在中等跨越条件下采用。

图1-6所示渡槽，是桁架和梁（槽身）相组合的型式，称为桁架梁组合渡槽，或简称桁架梁式渡槽。桁架梁结构，是以矩形截面槽身的侧墙和二分之一槽底板（做成L形）取代梁型桁架的下弦杆或上弦杆而成的，是不产生水平反力的梁型结构；取代下弦杆的即为下承式桁架梁渡槽，取代上弦杆的则是上承式桁架梁渡槽。图1-6（a）所示下承式桁架梁渡槽，是1978年湖南长沙县建成的春华渡槽，跨度 $L=20.4$ 米的有95跨，最大高度达30米，设计流量 $Q=2$ 立方米/秒。图1-6（b）所示上承式（也称下撑式）桁架梁渡槽，是1980年湖南长沙县建成的年鱼神渡槽，跨度 $L=24$ 米，共7跨，设计流量 $Q=3.5$ 立方米/秒。这类渡槽的槽身既起输水作用，又起纵向梁作用，在部分铅直荷载作用下受弯；另一部分铅直荷载通过桁架作用使槽身产生轴向力，下承式槽身受拉，上承式槽身受压。

4. 特殊拱型渡槽

三铰片拱式（或片拱式）（图2-53）、马鞍式（图2-54）和拱管式（图2-57）等几种型式渡槽的共同特点是，输水槽（或管）身在铅直荷载作用下，支承产生水平反力，因而是拱型结构，但其与前述拱式及桁架拱式渡槽相区别的突出特点是，槽（或管）身既输水又承重，并且，除拱式渡管外，无明确的拱轴线。因此，为区别于拱式及桁架拱式，将这类型式渡槽另立为特