

输水建筑物 渡槽工程勘察设计95例

顾 辉 等 编著
陈卫国

漕河渡槽



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

输水建筑物 渡槽工程勘察设计95例

顾 辉 等 编著
陈卫国

内 容 提 要

本书论述了新中国成立以来河北省建设的不同规模类型渡槽工程设计。重点介绍了南水北调中线京石段应急供水工程中漕河渡槽、放水河渡槽、水北沟渡槽和沛河渡槽等大型渠道渡槽设计以及跨渠排洪渡槽、渠渠交叉渡槽工程设计。该书内容全面、资料准确、结构清晰。

本书共分 13 章,包括渠道渡槽、排洪渡槽、灌渠渡槽设计原则和方法,各渡槽工程概况、工程地质、工程总体布置、工程选址、水力设计、主要建筑物结构设计、安全监测设计施工设计优化,以及主要施工技术。对渡槽工程设计施工具有一定的指导及借鉴价值。

本书可供从事跨流域调水工程规划、设计、施工及研究渡槽工程研究人员使用,亦可供大专院校水利专业师生阅读、学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

输水建筑物渡槽工程勘察设计95例 / 顾辉等编著

— 北京 : 中国水利水电出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-5084-7968-2

I. ①输… II. ①顾… III. ①渡槽—设计 IV.
①TV672

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第196108号

书 名	输水建筑物渡槽工程勘察设计 95 例
作 者	顾辉 陈卫国 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	210mm×285mm 16 开本 27.5 印张 832 千字
版 次	2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	89.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

《输水建筑物渡槽工程勘察设计 95 例》

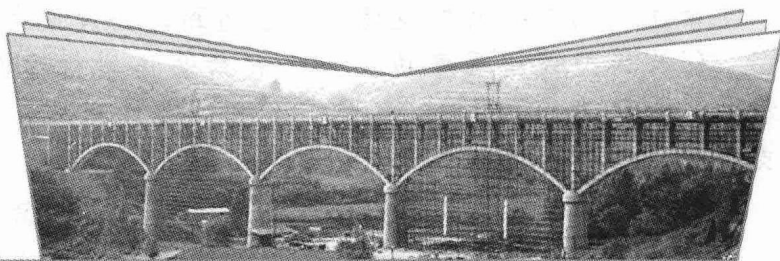
编 委 会

主 编 顾 辉

副 主 编 陈卫国

编写人员	顾 辉	陈卫国	赵运书	牛桂林	霍继申
	康蛇龙	刘 涛	张社荣	刘建明	景书达
	梁信宝	王云仓	侯英杰	何 鷁	袁 浩
	王志刚	刘修水	李 琦	马建礼	王维凤
	张卫东	刘一炜	张 蕊		

自序



我国水土资源、人口分布和经济发展极不均衡。水资源时空分布差别很大，并且许多地区的经济社会发展受到了水资源短缺的制约。为缓解缺水地区的用水紧张问题，我国实施了多项大型跨流域调水工程，其规模之大，距离之长，均创历史之新纪录。

南水北调工程是党中央、国务院为解决我国北方地区水资源严重短缺问题而实施的特大型、战略性基础设施项目，也是当今世界规模最大的跨流域调水工程。南水北调总体规划东线、中线和西线三条调水线路，自南向北跨越长江、淮河、黄河、海河四大流域，构成“四横三纵”的总体布局，以利于实现我国水资源南北调配、东西互济的合理配置格局。

由于渡槽在跨越沟谷和河道时与涵洞相比能通过较大的洪水，一般不影响沟谷和河道的行洪，更重要的是水头损失比其他交叉输水建筑物要小，可以节约中线调水工程的水头损耗。因此，渡槽输水建筑物是调水工程中一种重要的河渠交叉型式。

在南水北调中线工程京石段中建成 40 多座渡槽，涉及的建设条件复杂，具有较高的技术含量。在工程设计实践过程中，解决了大量技术难题。该工程中采用的渡槽类型包含了渠道输水渡槽、左岸排水渡槽和灌渠渡槽，规模大小不一，形式多样，为渡槽技术发展提供了良好的研究平台。

南水北调中线京石段应急供水工程已于近日建成并成功通水。工程中所涉及的许多软科学与硬技术是世界级的，是水利学科与多个边缘学科联合研究的前沿领域。在京石段应急供水工程建设中，科技人员不断创新，实现了重大突破。其中漕河渡槽为目前国内投资及规模均占前列的输水渡槽，全长 2300m，由 24 节 10m 跨落地矩形槽、34 节 20m 跨和 42 节 30m 跨多侧墙渡槽组成；槽身为三槽一联多侧墙简支梁结构形式，单槽尺寸 6.0m × 5.4m，结构总宽度为 22.0m，为三向预应力混凝土结构，其较好地解决了结构纵、横、竖三向大结构应力问题；高性能混凝土的温控防裂是渡槽施工的关键技术，施工中采取内部降温、外部保温措施降低混凝土内外温差，采用骨料预冷、预埋冷却水管等技术，较好地解决了渡槽的温控防裂问题。

南水北调中线大型渡槽设计中遇到的关键技术还包括以下几点：

(1) 大型渡槽温度边界条件和荷载作用机理及对结构的影响研究；高承载、大跨度渡槽结构新型式及优化设计研究；大型渡槽新材料，止水、支座等新结构研究。

(2) 渡槽和槽墩支柱的抗震性能研究，减震措施研究。

(3) 渡槽施工技术和施工工艺研究，施工质量控制指标及控制方法研究。

(4) 外部裂缝预防和补救措施以及与此相关的新型涂料开发。

(5) 大型渡槽的耐久性与可靠性研究。

在工程设计中，对渡槽输水建筑物所涉及的技术问题进行了较为深入的研究，并在工程实践中应用，运行良好，取得了一些极具借鉴意义的工程经验。

目前，渡槽发展研究的总趋势是：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。有的研究在探索中，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，将有一个新的发展和提高。

希望本书的出版能对国内外渡槽工程建设和关键技术的研究有所裨益，同时，能对跨流域调水工程设计起到一定的推进作用，让水利事业更加蓬勃发展。

由于编著时间较紧，难免出现遗漏或表达不准之处，敬请读者提出宝贵意见，取长补短共同改进。

编者

2010年6月

目 录

自序

第 1 章 输水建筑物渡槽工程的发展概况	1
1.1 渡槽的定义及作用	1
1.2 渡槽工程的发展历史	1
1.3 现代渡槽发展趋势	3
第 2 章 南水北调中线京石段调水建筑物分类及渡槽选型原则	5
2.1 工程概况	5
2.2 总干渠线路选定原则	6
2.3 主要建筑物类型	6
2.4 渡槽选型原则	8
2.5 影响渡槽规模的水头优化分配及水面线设计	9
第 3 章 大型跨河渡槽工程设计	13
3.1 南水北调中线京石段渡槽工程概况	13
3.2 渡槽工程设计所需要的基本资料	13
3.3 渡槽工程总体布置设计	14
3.4 渡槽水力设计	17
3.5 槽身荷载及其组合与安全系数	19
3.6 槽身的稳定性验算	21
3.7 渡槽结构设计	23
3.8 冲刷计算与防护设计	25
第 4 章 左岸排洪渡槽及灌渠渡槽工程设计	27
4.1 左岸排洪渡槽工程	27
4.2 渠渠交叉（灌渠）渡槽工程设计	29
第 5 章 南水北调中线京石段漕河渡槽工程	32
5.1 工程概况	32
5.2 工程总体布置	33
5.3 工程地质	37
5.4 建筑物设计方案比选	42
5.5 水力设计	47
5.6 主要建筑物结构设计	50
5.7 安全监测设计	78
5.8 槽身结构内力计算和钢绞线布置	80
5.9 渡槽预应力后张法动态设计	85
5.10 渡槽三向预应力结构优化设计	91
5.11 槽身温度应力对结构的影响	95
5.12 渡槽基础型式设计优化	98

5.13	渡槽弯道轴线设计	101
5.14	大流量低水头渡槽水力计算和加大流量时水面线推算	104
5.15	渡槽冲孔灌注桩静载试验桩设计	106
第 6 章	南水北调中线京石段放水河渡槽工程	110
6.1	工程概况	110
6.2	工程总体布置	110
6.3	工程地质	113
6.4	工程选址	115
6.5	建筑物结构形式比选	116
6.6	渡槽水力设计	120
6.7	主要建筑物结构计算	124
6.8	安全监测设计	138
6.9	渡槽工程施工	140
第 7 章	南水北调中线京石段水北沟渡槽工程	157
7.1	工程概况	157
7.2	工程布置	157
7.3	工程地质	161
7.4	工程选址	164
7.5	建筑物结构形式选择	165
7.6	渡槽水力设计	170
7.7	主要建筑物结构设计	174
7.8	止水设计	192
7.9	地基处理	192
7.10	安全监测设计	193
7.11	渡槽纵梁及槽身施工	194
第 8 章	南水北调中线京石段洮河渡槽工程	196
8.1	工程概况	196
8.2	工程总体布置及建筑物	199
8.3	工程选址	203
8.4	结构形式比选	205
8.5	渡槽水力设计	207
8.6	建筑物结构设计	212
8.7	地基处理设计	231
8.8	安全监测设计	232
8.9	预应力混凝土钢绞线配置优化设计	235
8.10	纵梁优化设计	243
8.11	横梁优化设计	264
8.12	渡槽横截面优化设计	272
8.13	组合梁变形协调计算	284
8.14	预应力混凝土施工	286

第 9 章 南水北调中线京石段左岸排洪渡槽工程	293
9.1 工程概况	293
9.2 渡槽轴线位置选择	293
9.3 建筑物结构形式和跨径比选	293
9.4 工程布置	304
9.5 水力设计	304
9.6 主要建筑物结构设计	307
9.7 支座及止水设计	326
9.8 进出口导墙设计	327
9.9 交通桥设计	331
9.10 工程安全监测	331
9.11 排洪渡槽结构布置分析	332
9.12 排洪渡槽抗震设计分析	333
第 10 章 南水北调中线京石段灌渠渡槽工程	337
10.1 工程概况	337
10.2 工程地质	353
10.3 工程总体布置	357
10.4 建筑物结构布置及比选	358
10.5 水力设计	358
10.6 主要建筑物结构设计	360
10.7 出口消能工设计	369
10.8 渡槽两侧交通设计	369
10.9 工程安全监测	369
第 11 章 引滦入唐横河渡槽工程	371
11.1 工程概况	371
11.2 横河渡槽工程概况	371
11.3 工程地质	372
11.4 渡槽结构选型	373
11.5 渡槽结构布置	373
11.6 渡槽结构形式选择	374
11.7 槽身结构计算	376
11.8 渡槽断面形式及尺寸	376
11.9 槽身结构计算方法	377
11.10 技术措施	382
第 12 章 河北省中小灌区渡槽工程	384
12.1 中小灌区渡槽工程概况	384
12.2 渡槽主要结构形式	388
12.3 渡槽结构形式技术经济比选	390
12.4 渡槽结构选型原则和方法	394
12.5 拱式渡槽结构设计技术分析	395
12.6 渡槽施工	398

12.7 渡槽施工中的技术问题及经验.....	403
第 13 章 渡槽主要施工技术	412
13.1 混凝土温控技术.....	412
13.2 槽身后浇带混凝土施工技术.....	414
13.3 槽身三向预应力混凝土施工技术.....	414
13.4 大承载力桩基试验技术.....	420
13.5 复杂地质条件桩基施工技术.....	421
13.6 渡槽安全监测设施施工技术.....	423
后记	427

第 1 章 输水建筑物渡槽工程的发展概况

1.1 渡槽的定义及作用

渡槽 (aqueduct) 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, 是水工建筑物中应用最广的立体交叉建筑物之一。除用于输送渠水外, 还可供排洪、排沙、通航和导流等使用。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。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。

由于渡槽在跨越沟谷和河道时与涵洞相比能通过较大的洪水, 一般不影响沟谷和河道的行洪, 而与倒虹吸相比, 渡槽槽身较短, 施工较为简便, 运行管理方便, 更重要的是水头损失小, 可以扩大灌溉效益, 同时对有交通要求的地方, 渡槽上面还可以做成交通便道等, 因此渡槽得到了相当广泛的应用。

1.2 渡槽工程的发展历史

1.2.1 古代渡槽

1.2.1.1 国外古代渡槽

世界上最早的渡槽诞生于中东和西亚地区。公元前 29 世纪前后, 埃及在尼罗河上建考赛施干砌石坝, 坝高 15m, 坝长 450m, 是文献记载最早的坝, 并建渠道和渡槽, 向孟菲斯城供水。

公元前 700 余年, 亚美尼亚已有渡槽。公元前 703 年, 亚述国王西拿基立 (Sennacherib) 下令建一条 483km 长的渡槽引水到国都尼尼微。渡槽建在石墙上, 跨越泽温的山谷, 石墙宽 21m, 高 9m, 共用了 200 多万块石头, 渡槽下有 5 个小桥拱, 让溪水流过。

公元前 700 年左右, 西亚的新亚述帝国曾建成长约 300m、宽 13m, 有 14 个墩座的巨型渡槽。

古希腊的许多城市建有良好的渡槽, 但古罗马人最为认真, 把供水系统看作是公共卫生设施的重要部分。罗马共建有 10 条渡槽, 第一条供水渡槽建于公元前 312 年的阿彼渡槽; 最后一条则是公元 226 年建成的阿历山大渡槽; 最长最壮观的是建于公元前 114 年的马西亚渡槽, 虽然水源离罗马仅 37km, 但渡槽本身长达 92km。这是因为渡槽要保持一定坡度, 依地形蜿蜒曲折地修建。

国外古代比较著名的渡槽有公元前 814 年突尼斯迦太基 (Carthage) 古城遗址的迦太基渡槽、建于公元前 1 世纪的罗马渡槽、建于公元前 19 年的罗马高架渡槽桥加尔拱桥、建于古罗马图拉真大帝时代 (公元 53~117 年) 的西班牙塞哥维亚 (Segovia) 渡槽; 建于近代的有 18 世纪以前的意大利渡槽、建于 1726~1738 年的墨西哥渡槽、建于 18 世纪末的墨西哥莫雷利亚渡槽、建于 1931 年的葡萄牙高架渠, 此外还有以色列渡槽、德国高尔兹莎多高架水道桥等。

1.2.1.2 中国古代渡槽

渡槽在我国已有悠久的历史。古代, 人们凿木为槽用以引水, 即为最古老的渡槽。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。

我国古代比较著名的渡槽有: 古代陕西关中地区大型引泾灌区——郑国渠, 是中国古代最宏大的

水利工程之一。公元前246年（秦始皇元年）由韩国水工郑国主持兴建，约10年后完工。它位于泾水和渭水的交会处，干渠西起泾阳，引泾水向东，下游入洛水，全长150余千米，其间使用了“渡槽”技术，横穿多条天然河流。郑国渠的建成，使关中干旱平原成为沃野良田，粮食产量大增，直接支持了秦国统一六国的战争。

宁夏回族自治区的古灌渠，创始于西汉元狩年间（公元前122年～前117年）的引黄灌区，当年曾实行大规模屯田，“皆引河及川谷（水）以溉田”。东汉也在这一带发展水利屯田。唐代宁夏引黄灌区有薄骨律渠、汉渠、胡渠、御史渠、百家渠、光禄渠、尚书渠、七级渠、特进渠等。

1.2.2 现代渡槽

1.2.2.1 国外现代渡槽

国外现代渡槽的详细资料不多，所建渡槽也比较少，其中印度戈麦蒂渡槽是目前世界上已建的最大渡槽之一。

戈麦蒂渡槽位于萨尔达—萨哈亚克调水工程总干渠163km处，是总干渠跨越戈麦蒂河的大型交叉工程，也是目前世界上已建成的最大渡槽之一。总干渠设计流量为 $357\text{m}^3/\text{s}$ ，戈麦蒂河设计洪水流量为 $4530\text{m}^3/\text{s}$ ，渡槽总长为473.6m，其中：进口渐变段37m，槽身段381.6m，出口渐变段55m。过水槽宽12.8m，高7.45m，由9.9m高的预应力混凝土纵梁、加劲肋和横梁、上连杆组成的框架系统支承。左右纵梁顶部均设有5m宽的公路桥连接戈麦蒂河两岸交通。渡槽下部结构空心槽墩和基础沉井，槽墩长18m，宽3m，高9m；沉井长27m，宽12m，深35m。

西班牙藤普尔（Tempul）渡槽建于1926年，它是世界上最早的一座带挂梁的斜拉输水结构。它是由槽身（又称主梁，含悬臂梁与挂梁）、塔墩、斜拉索几个部分组成，槽身与塔墩为钢筋混凝土结构，钢质斜拉索外包混凝土以防生锈。该斜拉渡槽属双塔双面斜拉索，主跨长60.3m，两侧边跨长20.1m，主跨比值为0.33。当斜拉结构边、主跨比值小于0.4时，如跨中采取连续梁式，跨中轴向拉力与弯矩均较大，因而采取带挂梁的形式，跨中轴向、挂梁端部弯矩也为零。

美国纽约市的给水系统和渡槽，是从老巴豆水库向城市送水的水工设施。这个渡槽，今天叫做老巴豆渡槽，在1842年每天大约可供水34万 m^3 。1883年，美国政府组成委员会修造从巴豆分水岭的第二渡槽到另外的存储水库，这个渡槽，命名为新巴豆渡槽，建设年限为1885～1893年，1890年使用。现在各区的供水系统在原有的基础上都进行了加固，包括曼哈顿、布鲁克林、王后街和斯坦登岛自治市镇。

美国莫诺卡西（Monocacy）渡槽全长152m，该七拱形的渡槽是运河上最美丽的景点之一。渡槽采用从苏嘎娄夫山附近挖掘的白色和桃红色石英砂岩修建，1829年开工，1833年完工。

加拿大布鲁克斯（Brooks）渡槽像一个巨大的蜈蚣，跨越沟谷绵延达3.2km，宽20m的混凝土水道架设在宽阔的大草原之上。曾几何时，它满载宝贵的水浇灌着干涸的南阿尔伯塔大地，现在它已经成为人们的记忆。渡槽由加拿大太平洋铁路灌溉公司建设，在广阔的灌溉网络中担当着重要的角色。渡槽的工程设计和施工技术，就是在今天也超出大家的想象。

英国旁特塞斯特（Pontcysyllte）渡槽是兰果嫩运河穿越底伊河谷的输水交叉建筑物，在兰果嫩北部，威尔士的东边，1805年建成。

1.2.2.2 中国现代渡槽

我国从20世纪50年代开始建造渡槽，目前国内已建的各类渡槽有很多。其中单槽过流量最大的为1999年修建的新疆乌伦古河渡槽，设计流量为 $120\text{m}^3/\text{s}$ ，为预应力混凝土矩形槽。单跨跨度最大的为广西玉林县万龙渡槽，拱跨长达126m。2002年完成的广东东江—深圳供水改造工程在旗岭、樟洋、金湖的3座渡槽上采用了现浇预应力混凝土U形薄壳槽身，为国内首创。

河南省陆浑灌区总干渠上的东方红一号渡槽为混凝土双曲拱形渡槽，过水流量 $77\text{m}^3/\text{s}$ ，跨度90m，1973年建成并投入运用；铁窑河渡槽是陆浑灌区东一干渠跨越铁窑河的交叉建筑物，是该灌

区最高的一座输水建筑物；口孜渡槽是陆浑灌区东一干渠跨越马涧河的交叉建筑物，是该灌区最长的一座输水建筑物。

浙江省里石门水库灌区渡槽群：峇溪渡槽为石拱渡槽，总长 225m，槽分 5 跨，每跨长 36m，1972 年动工，1978 年竣工；红旗渡槽原设计为混凝土排架渡槽，因水泥、钢材缺乏，改变为截面悬链线浆砌石拱渡槽，1977 年 9 月 15 日开工，1980 年 12 月竣工；天宫桃源渡槽为钢筋混凝土排架 U 形断面渡槽，全长 240m，分 24 跨。

军都山渡槽桥位于北京市延庆县，该渡槽桥全长 276m，主跨长 126m，是我国第一座跨度超过百米的大型斜拉输水建筑物，于 1988 年 7 月建成输水。

江西省莲花九曲山渡槽是我国第一座半自锚式斜拉渡槽，槽身全长 155.53m，距谷底最大高度 52m。

深圳水库渡槽位于深圳水库大望桥上游，是水库东西侧两条输水隧洞互相联通的纽带，渡槽全长 530m，设计净断面为 $4.2\text{m} \times 4.2\text{m}$ ，设计过水能力为 $24\text{m}^3/\text{s}$ 。

1.3 现代渡槽发展趋势

根据目前我国渡槽的发展状况，渡槽在横断面上，以 U 形和矩形槽应用较为广泛，特别是随着施工方法的改进，如采用预制吊装的渡槽，越来越广泛地采用各种更轻、更强、更巧、更薄的结构，即槽身趋向采用 U 形、半椭圆形、环形、抛物线形等薄壳结构或薄壁肋箱等。

在支承形式上，除梁式渡槽和拱式渡槽外，又发展了一种拱梁组合式，拱梁式渡槽是从 20 世纪 90 年代逐步发展起来的，是在折线拱和桁架梁渡槽的基础上，经过研究改进发展起来的一种新型渡槽结构形式。它具有结构轻巧，受力状态良好，外形美观，便于施工，安全可靠，经济适用等特点。如湖南岳阳地区的凉清渡槽，槽身全长 75.2m，由一跨 50.4m 的拱梁组合式结构与两端各一跨 12.4m 的简支结构组成。1990 年建成后投入使用，运行状况良好。

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形式渡槽以及双悬臂两型桁架渡槽等，尽管有的形式还存在一些缺点，但却代表了渡槽结构形式向经济合理方向发展的一种趋势。

在材料使用上，在使用一般钢筋混凝土的基础上，趋于使用钢丝网水泥、高标号预应力混凝土，钢材采用高强钢丝、低合金钢等。采用这种材料后，一是降低混凝土槽身的壁厚，能使混凝土的壁厚由过去的几十厘米减为十几厘米；二是由于渡槽槽身构件采用预应力工艺处理后，使渡槽在结构上发生了质的变化，抗裂性、抗震性和刚度大大提高，克服了钢筋混凝土过早出现裂缝的弱点，充分发挥了高强钢材的潜力，渡槽的断面和变形也相对减少，而跨度却可显著地增大。

从施工方法角度出发，渡槽越来越趋于装配式，由于灌溉及用水事业的发展和地形的需要，大流量、大跨度的装配式渡槽逐年增多，并且这些大跨度、大流量的渡槽结构多采用预应力结构和拱架支承。小型壳槽则较多采用钢丝网水泥结构以有利于农村小型工地的运输和装配。

从施工工艺方面，预应力施工工艺逐渐广泛地被采用，槽身的张拉方法，小型壳槽则采用先张法，即在预制厂内固定的台座上成批张拉高强钢丝或钢绞线，大型槽身则采用后张法施工，以构件本身为台座。在采用装配式渡槽方面，由于吊装技术和设备的改进，构件的单元重量也逐渐增大，以适应大断面、大跨度结构的需要。如湖北省 1973 年修建的排子河装配式渡槽，采用钢桁架梁垂直吊升巨型的槽身构件，起重量达 200t，提升高度达 50 多米。

斜拉渡槽作为一种新型输水建筑物，近几年在国内发展迅速，从各地已建成的斜拉渡槽看，总体布置多采用双塔结构，因索塔高，荷载集中，施工难度大，特别是对小流量渡槽，当主跨过大时，主梁宽跨比小，其抗振、抗风性能较差。

目前，渡槽发展研究的总趋势是，适应各种流量、各种跨度特别是大跨度渡槽结构形式的研究；应用先进理论和先进手段进行结构形式优化设计；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形式的研究；过水与承重相结合的合理结构形式的研究；利用电子计算技术及先进设计理论优选结构形式的研究；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应用；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，渡槽工程在结构形式、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2章 南水北调中线京石段调水建筑物 分类及渡槽选型原则

2.1 工程概况

2.1.1 综述

南水北调中线工程是一项跨流域、跨省市的特大型水利工程，是优化我国水资源配置、关系到实现全面建设小康社会宏伟目标的重大基础性战略工程，对国民经济全局和中华民族的长远发展具有重大而深远的意义。该工程的实施不仅可有效缓解京津和华北地区的缺水状况，而且可改善区域生态环境，支撑该地区国民经济和社会的可持续发展，惠及子孙后代。

南水北调中线工程南起湖北省丹江口水库、北至北京市颐和园的团城湖，输水总干渠全长1275km，其中河北省渠段由冀豫交界处的漳河北始至冀京边界处的北拒马河中支南止，全长464.037km。

2002年12月，国务院原则批准了由国家发展计划委员会和水利部共同编制完成的包括东、中、西3条线在内的《南水北调工程总体规划》。总体规划明确中线一期工程年均调水规模为95亿 m^3 ，并确定了进河北、北京、天津各控制点的设计流量和水位。

近几年来，由于北方地区持续干旱，密云水库几年来入库水量不足2亿 m^3 ，蓄水量迅速减少，致使北京市出现水资源危机，影响到首都的经济发展和生活质量。但由于中线工程规模巨大，实现全面通水需到2014年。因此国家有关部门决定，先期实施中线总干渠石家庄至北京市段一期工程，2007年开始暂将河北省岗南、黄壁庄、王快、西大洋4座大型水库原供农业、环境用水引入北京，实现向首都应急供水，确保首都的供水安全和确保奥运会的成功举办。

京石段应急供水工程（河北段）起点为石家庄市西郊田庄村附近的古运河暗渠进口前，终点北拒马河中支南岸，渠道途经石家庄市的新华区、正定、新乐；保定市的曲阳、定州、唐县、顺平、满城、徐水、易县、涞水、涿州等12个县（市）。渠段总长227.391km，其中渠道长201.047km，建筑物长26.344km。渠道沿线交叉建筑物共334座。

2.1.2 工程规模与等级标准

根据南水北调中线工程的规模和《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000），南水北调中线一期工程为Ⅰ等工程，京石段应急供水工程总干渠渠道、隧洞工程、各类交叉建筑物、控制建筑物及其连接工程等主要建筑物为1级；附属建筑物、防护工程及河穿渠工程的上下游连接段等次要建筑物为3级；临时建筑物为4级；应急供水连接段与总干渠相连接的建筑物为1级；与灌溉渠道连接建筑物与原渠道级别相同；其他建筑物为3级。

根据有关标准以及总干渠的工程等别和建筑物级别，集水面积不小于20 km^2 河流的河渠交叉建筑物防洪标准按100年一遇洪水设计，300年一遇洪水校核；集水面积小于20 km^2 的左岸排水建筑物防洪标准按50年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核；渠道与各类河渠交叉建筑物的连接段，与相应建筑物的洪水标准相同。

根据当地洪水特点，施工洪水标准按非汛期（9月1日至翌年6月30日）考虑，重现期分别为5a、10a和20a，具体标准结合建筑物的施工特点和重要性确定。

2.1.3 抗震设防标准

根据国家地震局分析预报中心 2004 年 4 月提出的《南水北调中线工程沿线设计地震动参数区划报告》和《南水北调中线工程沿线地震加速度图》，所在地区地震动峰值加速度分别为 0.05g、0.1g、0.15g，相当于地震基本烈度为 6 度区和 7 度区。

根据《水工建筑物抗震设计规范》(SL 203—97)，设计烈度不大于 6 度的渠道和建筑物均不进行抗震计算，但采取适当的抗震措施。设计烈度为 7 度的主要建筑物进行抗震设计，设计烈度为 8 度的隧洞工程进行抗震设计。高填方、高边坡和特殊类土或饱和砂层等不良地质段的渠道进行抗震设计。建筑物采用地震基本烈度作为抗震的设计烈度。

2.2 总干渠线路选定原则

(1) 满足供水目标要求，在保证向京津两市自流输水的同时，还要考虑便于向京广铁路沿线诸城市供水，尽量扩大自流供水范围。

(2) 为确保总干渠工程输水安全，尽量避免深挖方和高填方，尽量使水面线与地面持平。

(3) 在保证安全输水的前提下，以线路最短，投资最省为目标。渠线力求顺直，并选择地质条件相对较好的地段布设渠线。

(4) 尽量避开居民点、工矿企业、重点文物及军事设施。

(5) 穿越铁路、公路以及河流时，尽量与之正交，并选择顺直、稳定的河段布设渠线。

2.3 主要建筑物类型

为保障总干渠安全输水，防止水质污染，提高供水保证率，便于运行管理，总干渠与沿途河流、灌渠、铁路、公路的交叉工程全部采用立交布置。因此在总干渠上需要修建各类功能的建筑物，以满足工程安全和供水任务的目标完成。

渠段建筑物工程按照建筑物的功能划分，可以分为控制工程、河渠交叉工程、渠渠交叉工程、路渠交叉工程、输水隧洞工程 5 种类型，如图 2.1 所示。

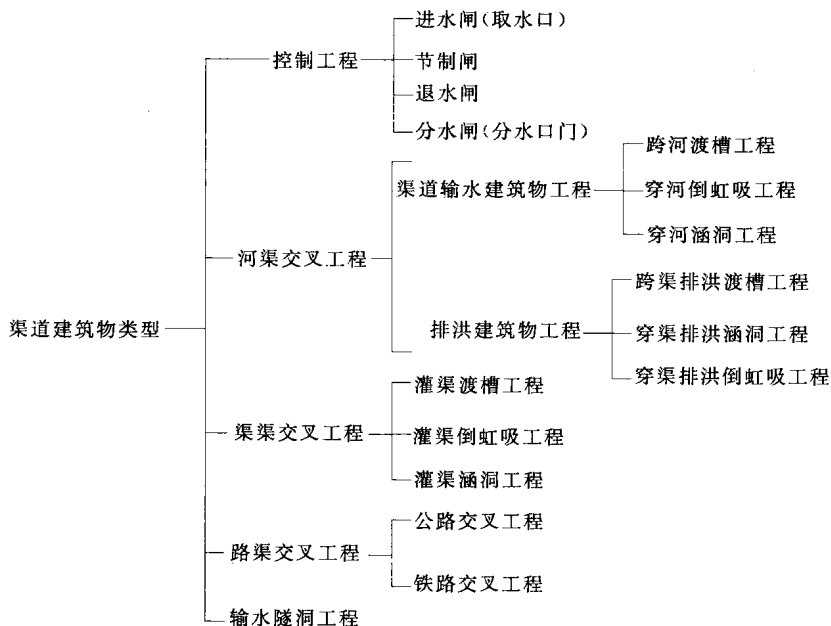


图 2.1 渠道建筑物分类图

(1) 控制工程：指控制渠道运行的建筑物，包括进水闸节制闸、退水闸和分水闸（口门）。

(2) 河渠交叉工程：指总干渠与天然河道交叉时，修建的建筑物工程。河渠交叉分为渠道建筑物工程和河道建筑物工程两类，河道建筑物也就是排洪建筑物工程。

其中，交叉断面以上流域面积不小于 20km^2 的天然河道与总干渠的交叉建筑物，一般按照渠道建筑物设计，为大型河渠交叉工程。建筑物形式分为渠道（跨河）高架渡槽、涵洞式渡槽、渠道倒虹吸、渠道暗渠等 4 种，需消耗总干渠水头。

交叉断面以上流域面积小于 20km^2 的天然河道以及无天然河沟的坡水区，与总干渠的交叉建筑物一般按照河道建筑物设置，即为排洪建筑物。跨渠排洪建筑物。一般由总干渠的左侧流向右侧故跨渠建筑物亦称左岸排洪建筑物，也有个别地段为右岸排洪建筑物。左岸排水建筑物的形式根据河沟底高程、洪水位与总干渠底高程和渠水位的关系，分别为排洪渡槽、排洪倒虹吸、排洪涵洞 3 类。

(3) 渠渠交叉工程：指总干渠与灌溉渠道的交叉建筑物。按照灌渠和总干渠水位关系分为灌渠渡槽、灌渠涵洞（管）和灌渠倒虹吸。中线总干渠与石津灌区总干渠、沙河灌区总干渠的交叉工程规模较大，归入河渠交叉工程内，前者称为石津渠暗渠，后者并入孟良河渠道倒虹吸工程。

(4) 路渠交叉工程：总干渠与公路交叉建筑物称为公路交叉工程，与铁路的交叉建筑物称为铁路交叉工程。

(5) 输水隧洞工程：主要根据总干渠总体布置，经方案比选后，采用穿山方案时，采用隧洞工程。

该渠段共布设总干渠交叉建筑物 334 座，其中：控制建筑物 37 座，河渠交叉建筑物 23 座，隧洞 7 座，左岸排水建筑物 105 座，渠渠交叉建筑物 29 座，公路交叉建筑物 131 座，铁路交叉建筑物 2 座。该渠段总干渠各类建筑物数量详见表 2.1。

表 2.1

总干渠交叉建筑物数量汇总表

单位：座

项 目		合计	所在地		备 注
			石家庄市	保定市	
控制工程 K	节制闸 K_j	13	4	9	除西黑山节制闸，磁河古道、曲逆中支、瀑河退水闸外，其余节制闸、退水闸均与大型建筑物结合布置
	退水闸 K_j	11	3	8	
	分水口门 K_f	13	3	10	
	合计	37	10	27	
大型河渠 交叉工程 H	总干渠穿 河道工程	梁式渡槽	3	3	
		暗渠	2	2	
		渠道倒虹吸	16	3	
		小计	21	5	
	河道穿 总干渠工程	排洪涵洞	2	2	
		小计	2	2	
	合计	23	5	18	
输水隧洞工程 R		7		7	
左岸排水工程 P	排水渡槽	23		23	白莲峪沟排水倒虹吸为右岸排水工程
	排水涵洞	18		18	
	排水倒虹吸	65	15	50	
	合计	106	15	91	
渠渠交叉工程 Q	灌渠渡槽	17		17	
	灌渠涵洞	2		2	
	灌渠倒虹吸	11		11	
	合计	30		30	