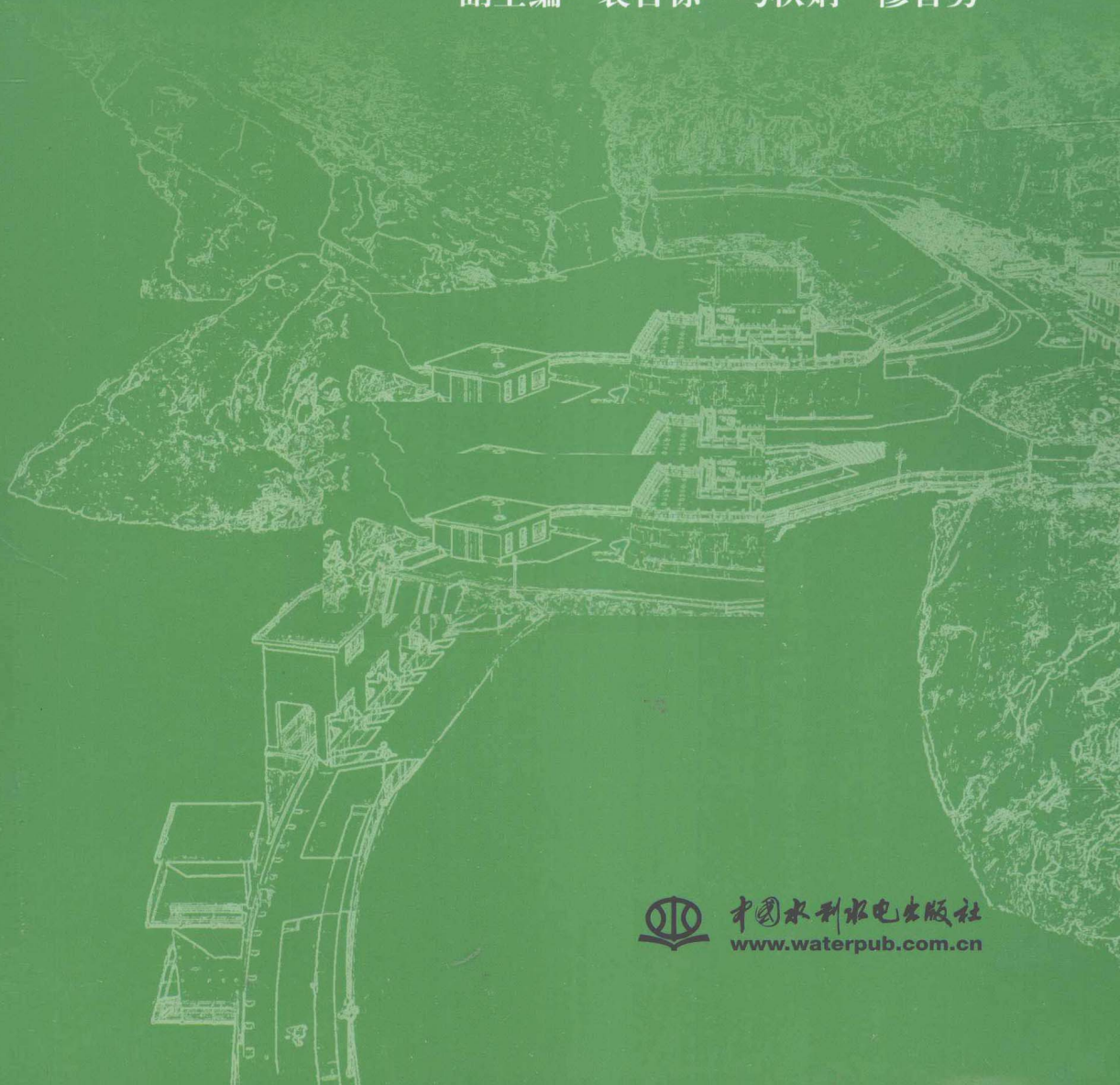




普通高等教育“十二五”规划教材

渠道和渠系建筑物

主 编 马文英 张红光
副主编 袁吉栋 马秋娟 穆智勇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

渠道和渠系建筑物

主 编 马文英 张红光
副主编 袁吉栋 马秋娟 穆智勇



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为高等院校水利水电工程建筑和农业水利工程专业教材，主要内容包括渠道工程及其渠系建筑物（渡槽、倒虹吸、水利工程中的桥梁、跌水、陡坡、涵洞、渠道专门量水设施）。其中在“渡槽、倒虹吸、桥梁、涵洞”中引进了南水北调工程中大流量输水条件下采用的新结构型式。

本书除可用作上述专业的普通高等院校本科、专科及成人高等教育学生教材外，还可用作相近专业学生和从事水利水电工程设计与施工人员的参考用书。

图书在版编目（C I P）数据

渠道和渠系建筑物 / 马文英, 张红光主编. -- 北京
: 中国水利水电出版社, 2011.3
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-8461-7

I. ①渠… II. ①马… ②张… III. ①渠道—高等学校—教材②渠系建筑物—高等学校—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第040359号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 渠道和渠系建筑物
作 者	主编 马文英 张红光 副主编 袁吉栋 马秋娟 穆智勇
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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12印张 285千字
版 次	2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	25.00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

前言

随着我国经济建设飞速发展的需要,跨流域调水越来越成为解决区域性用水紧缺的一项重要措施,仅从20世纪80年代以来我国就先后建成近10项跨流域调水工程。在跨流域调水工程中,渡槽、倒虹吸、桥梁、涵洞等交叉输水建筑物被大量采用,例如仅南水北调中线干渠上就穿河219处,需修建渡槽、桥梁、倒虹吸、闸涵等建筑物多达936座。为了适应跨流域调水工程建设对水利人才知识结构的需要编写了此书。本书较为详细系统地讲述了渠道工程和渠道系统以及渠系上的水工建筑物(包括渡槽、倒虹吸、水利工程中的桥梁、涵洞、跌水、陡坡、量水设施等)的布置要求、结构类型、工作特点、设计内容及其设计原理与方法等。其中在桥梁一章,由于新规范《公路桥涵设计通用规范》(JTGD 60—2004)在对桥梁结构整体计算时采用车道荷载,对桥梁结构局部加载、涵洞、桥台和挡土墙等计算时采用车辆荷载,故分别介绍了车辆荷载及车道荷载的相关内容,同时引进了荷载效应组合及其极限状态设计表达式,以适应基于可靠度设计理论的土木结构设计规范的应用;在渡槽、倒虹吸、桥梁、涵洞等章节中,引进了南水北调工程中在大流量输水条件下采用的新结构型式,介绍了其工作特点及受力特征等问题。在章节编排上,由于有关“渡槽”的内容相对较多,涉及知识面广泛,本书分为三章编写(即水力计算与荷载计算、梁式渡槽、拱式渡槽)。此外,渠道工程作为渠系建筑物的载体,将其两者合编,使本书更有利于建立学生知识结构的系统性和完整性。

参加本书编写的有马文英(第2章、第6章及全书习题)、张红光(第3章和第8章)、袁吉栋(第4章和第7章)、马秋娟(第9章及附录内容)、穆智勇(第5章及插页图)、高子兰(第1章第1、2、4、5、6节)、焦玉倩(第1章第3节)、马文英、张红光担任主编并统稿。本书由河北工程大学刘建中教授级高级工程师担任主审。编写过程中,硕士研究生任益楼、袁海军、刘艳虎、李增坤参与了前期文字及图表编辑工作。

由于水平所限,本书存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2011年1月

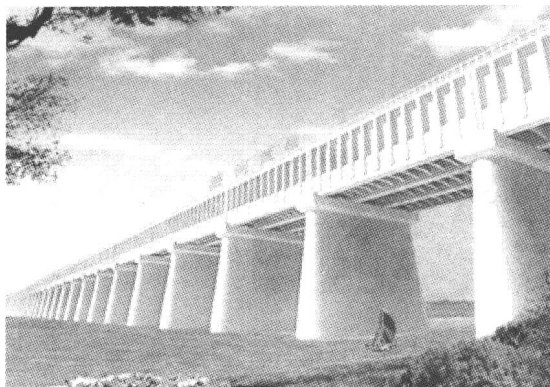


图 1 漕河渡槽 30m 跨段

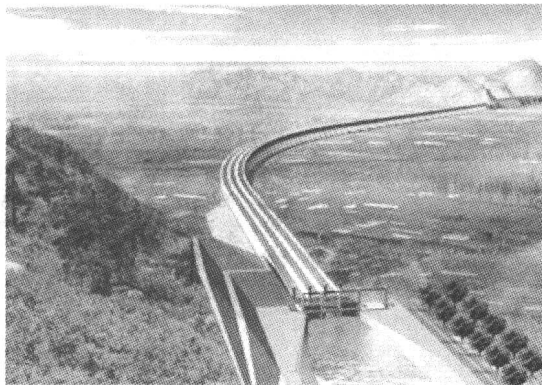


图 2 漕河渡槽全景

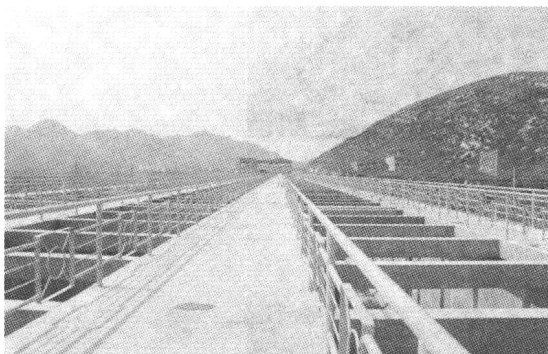


图 3 漕河渡槽栏杆

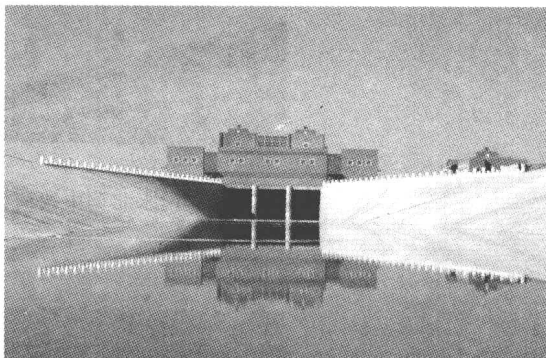


图 4 滹沱河倒虹吸进口闸

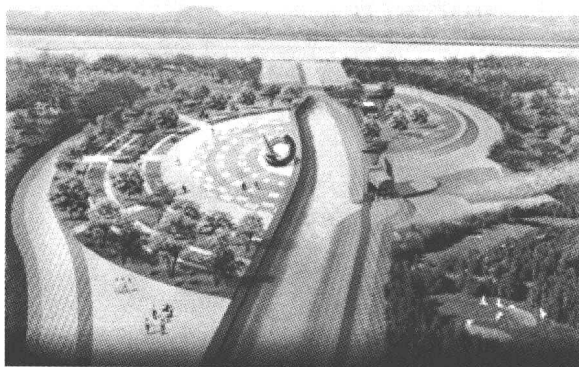


图 5 滹沱河倒虹吸全景

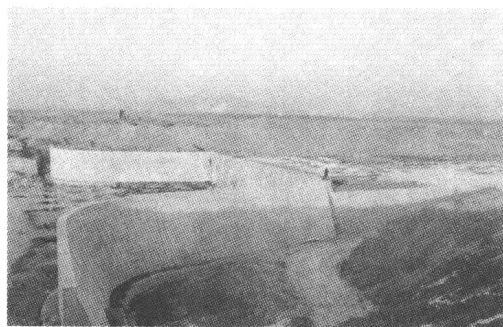


图 6 曲逆南支排水涵洞进口



图 7 南水北调中线满城韩庄大桥

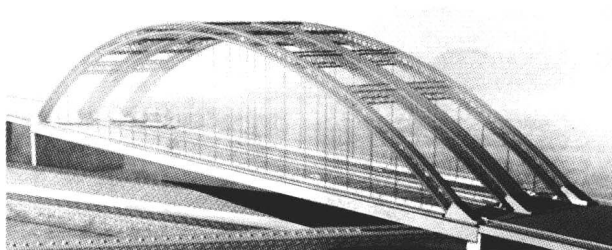


图 8 南水北调中线蒲山特大桥（下承式桁架拱桥）

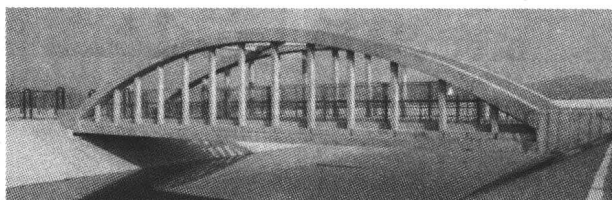


图 9 南水北调中线京石段西车亭桥

前言

第 1 章 渠道与渠系建筑物的作用	1
1.1 灌溉渠道系统的组成与布置	1
1.2 灌溉渠道的流量	2
1.3 渠道纵横断面设计	4
1.4 渠道横断面的结构形式	13
1.5 渠道防渗	14
1.6 渠道上的渠系建筑物	15
思考题	16
第 2 章 渡槽及其水力计算与荷载计算	18
2.1 概述	18
2.2 水力计算	20
2.3 荷载计算	22
思考题	23
第 3 章 梁式渡槽	25
3.1 槽身	25
3.2 南水北调工程中的渡槽	36
3.3 支承结构——槽墩、槽台和槽架	39
3.4 基础	44
3.5 进、出口建筑物	46
思考题	48
第 4 章 拱式渡槽	50
4.1 主拱圈	50
4.2 拱上结构	54
4.3 主拱轴线的形式	57
4.4 主拱圈的内力与稳定计算	60
4.5 墩台	68
思考题	70

第 5 章 倒虹吸	71
5.1 概述	71
5.2 倒虹吸管道的构造	74
5.3 倒虹吸管的水力计算	83
5.4 倒虹吸管的结构计算	86
5.5 南水北调工程中的倒虹吸	90
思考题	93
第 6 章 水利工程中的桥梁	95
6.1 概述	95
6.2 桥上的荷载及其荷载组合	96
6.3 常见梁式桥的构造与内力计算方法	108
6.4 梁式桥的墩台与支座	120
6.5 拱式桥	121
6.6 南水北调工程中的桥梁型式	123
思考题	131
第 7 章 跌水和陡坡	132
7.1 跌水	132
7.2 陡坡	138
思考题	143
第 8 章 涵洞	144
8.1 概述	144
8.2 涵洞各组成部分的型式与构造	145
8.3 水力计算	148
8.4 结构计算	153
8.5 南水北调工程中的涵洞	153
思考题	153
第 9 章 渠道上的量水设施	155
9.1 量水设施的作用与类型	155
9.2 量水堰	155
9.3 量水槽	163
9.4 量水管嘴	171
思考题	173
附录	174
参考文献	181

第 1 章 渠道与渠系建筑物的作用

渠道是水利建设中的输水工程，用来从河流、水库、湖泊等水源引水以供农业灌溉、发电、工业与民用等，是应用最为普遍的水利工程，也是渠系建筑物的载体。本章以灌溉渠道为主讨论渠道系统的布置、纵横断面的设计及防渗措施等。

1.1 灌溉渠道系统的组成与布置

按地形条件和控制面积大小，农业水利工程中的渠道系统一般由干、支、斗、农四级固定渠道构成，干渠主要起输水作用，支、斗渠主要起配水作用。

对于灌溉渠系的布置，应尽可能将渠线选择在较高地带，以便控制较大的自流灌溉面积；而对局部高地可采用提水灌溉，以节省造价；输水渠道宜布置在挖方中，配水渠道宜布置成半挖半填的形式，以利于输水安全和配水方便；在有中小型水库、塘堰、泵站及井灌设施的地区，可考虑建立蓄、引、提或井、渠结合的水利系统；有时还应考虑综合利用问题，例如利用渠道落差建筑物的水头发电或水力加工，利用大型渠道开展航运等；为适应农业现代化发展要求，灌溉渠道还应与公路、机耕道路、林带及排水沟等统一规划、全面安排。

为了保证渠道运行安全，在渠道的下列地方应设置退水（或称泄水）建筑物：引水渠末端，渠首闸下游，有大量山坡洪水汇入渠段的下端，渠道穿越滑坡体及其他易出事故渠段的上端，大型填方渠段、渡槽、倒虹吸等重点建筑物的上游，必要时全部泄走渠水。退水建筑物可以是退水闸或沿渠堤设置的侧向溢流堰。

沿山麓或盘山修建的渠道，为防止暴雨时山洪冲垮渠道，可用排洪渡槽或排洪涵洞（管）将山洪排泄至沟溪的下游，一般沟溪底高于渠道设计水位时，宜用排洪渡槽，沟溪中的设计水位低于渠底时，宜用排洪涵洞；当山洪较小而渠道较大且附近有退水建筑物时，也可将山洪引入渠道，借助附近的退水建筑物排走；当沟溪洪水较大而渠道流量较小时，宜将渠水用渡槽或倒虹吸穿越沟溪，输送至沟溪对岸，而山洪由原沟溪宣泄，即遵循“小穿大”原则；当沟溪设计洪水位与渠道中的设计水位相近时，只能采用倒虹吸，但山洪一般含沙量大、污物多，易于淤塞；当渠底远高于沟底而沟谷又很宽时，用渡槽输送渠水并可兼作跨越沟溪的交通桥用，且水头损失较小，但比采用倒虹吸造价高。

当渠线遇到山峦高地时，可采用绕线渠道、隧洞穿越、明挖等几种方式，具体采用哪种方式须经技术经济比较确定。工程规模较小时，也可采用经验性的综合经济指标简略地比较确定，例如有些工程总结出的综合经济指标为：1m 长穿山石隧洞相当于 10m 长的盘山石渠；1m 长穿山土隧洞相当于 30m 长的盘山土渠等。

1.2 灌溉渠道的流量

1.2.1 灌溉渠道的设计流量

农业水利工程中灌溉渠道的设计流量 $Q_{\text{设}}$ 可由式 (1-1) 计算:

$$Q_{\text{设}} = Q_{\text{毛}} = Q_{\text{净}} + Q_{\text{损}} \quad (1-1)$$

其中

$$Q_{\text{净}} = q_{\text{净}} \omega$$

$$Q_{\text{损}} \approx \sigma L Q_{\text{净}}$$

$$\sigma = \frac{A}{Q_{\text{净}}} (\%)$$

式中 ω ——渠道控制的灌溉面积, 万亩;

$Q_{\text{损}}$ ——渠道损失的流量, m^3/s ;

σ ——每公里渠道渗漏损失水量占渠道净流量的百分数;

L ——渠道长度, km;

A 、 m ——渠床土壤的透水系数及透水指数, 应由实测资料分析确定, 缺乏实测资料时可按表 1-1 采用;

$q_{\text{净}}$ ——设计净灌水率或称设计净灌水模数 [$(\text{m}^3/\text{s}) \cdot \text{万亩}$], 一般大面积水稻灌区 $q_{\text{净}} = 0.45 \sim 0.60$, 大面积旱作灌区 $q_{\text{净}} = 0.20 \sim 0.35$, 对灌溉面积较小的斗、农渠常需在短期内集中灌水, 其 $q_{\text{净}}$ 应远比上述经验数字为大。

表 1-1 土壤透水参数 A 、 m 值表

渠床土壤	透水性	A	m
重黏土及黏土	弱	0.7	0.3
重黏壤土	中下	1.3	0.35
中黏壤土	中等	1.9	0.4
轻黏壤土	中上	2.65	0.45
砂壤土及轻砂壤土	强	3.4	0.5

通常 $Q_{\text{损}}$ 由三部分组成: ①渠道的渗透损失, 由上述公式计算; ②渠道的水面蒸发损失, 一般不超过渗透损失的 5%, 常忽略不计; ③渠道的漏水损失, 主要指应予以避免而未能避免的水量损失, 一般也常忽略不计。

对于万亩以上的灌区, 一般干渠的 $1\text{m}^3/\text{s}$ 设计流量约可灌溉稻田 0.75 万~1.0 万亩或旱作物 2.0 万~2.5 万亩。

1.2.2 各级渠道的毛流量

渠道设计时, 往往是根据田间作物的净用水量 $Q_{\text{净}}$, 加上各级渠道的水量损失后得到渠首引入的毛流量 $Q_{\text{毛}}$; 具有已成灌区的水量量测资料时, 也可利用以下经验系数即水利用系数推求各级渠道流量直至渠首毛水量; 渠道输水时各个环节的水利用系数如下计算:

1. 渠系水利用系数 $\eta_{\text{系}}$

渠系水利用系数 $\eta_{\text{系}}$ 是渠系灌入田间的净流量 $Q_{\text{净}}$ 与渠首引入的毛流量 $Q_{\text{毛}}$ 之比, 在

数值上它等于各级渠道水利用系数的乘积，即：

$$\eta_{\text{系}} = \eta_{\text{干}} \cdot \eta_{\text{支}} \cdot \eta_{\text{斗}} \cdot \eta_{\text{农}} \quad (1-2)$$

式中 $\eta_{\text{干}}$ 、 $\eta_{\text{支}}$ 、 $\eta_{\text{斗}}$ 、 $\eta_{\text{农}}$ ——同时工作的干、支、斗、农渠的水利用系数，可由总结已成灌区的水量量测资料得到；灌区规划时， $\eta_{\text{系}}$ 值也可参考表 1-2 选用。

表 1-2 自流灌区 $\eta_{\text{系}}$ 值表

灌溉面积 (万亩)	<1	1~10	10~30	30~100	>100
$\eta_{\text{系}}$	0.85~0.75	0.75~0.70	0.70~0.65	0.6	0.55

2. 渠道水利用系数 $\eta_{\text{渠道}}$

渠道水利用系数 $\eta_{\text{渠道}}$ 等于渠道出口净流量 $Q_{\text{净}}$ 与进口毛流量 $Q_{\text{毛}}$ 之比，即：

$$\eta_{\text{渠道}} = \frac{Q_{\text{净}}}{Q_{\text{毛}}} \quad (1-3)$$

对渠系中任一渠道，在进口处从上一级渠道引入的流量就是它的毛流量，分配给下级各条渠道的流量总和就是它的净流量， $\eta_{\text{渠道}}$ 的数值可由总结灌区水量量测资料得到。

3. 田间水利用系数 $\eta_{\text{田}}$

田间水利用系数 $\eta_{\text{田}}$ 是指实际灌入田间的水量与末级固定渠道（农渠）放出的水量之比，即：

$$\eta_{\text{田}} = \frac{\omega_{\text{净}} m_{\text{净}}}{W_{\text{农净}}} \quad (1-4)$$

式中 $\omega_{\text{净}}$ ——农渠的灌溉面积，亩；

$m_{\text{净}}$ ——田间的净灌水定额即单位面积上的灌水量， $\text{m}^3/\text{亩}$ ；

$W_{\text{农净}}$ ——农渠放出的净水量， m^3 。

$\eta_{\text{田}}$ 的数值，对于旱作物区约为 0.9，水田地区可达 0.95 以上。

4. 灌溉水利用系数 $\eta_{\text{水}}$

灌溉水利用系数 $\eta_{\text{水}}$ 是实际灌入田间并储存在作物根系吸水层中的有效水量（对稻田是指灌入格田的水量）与渠首引入总水量之比，即：

$$\eta_{\text{水}} = \frac{\omega m_{\text{净}}}{W_{\text{毛}}} = \eta_{\text{系}} \eta_{\text{田}} \quad (1-5)$$

式中 ω ——一次灌水的总灌溉面积，亩；

$W_{\text{毛}}$ ——一次灌水渠首引入的总水量， m^3 ；

其余符号意义同前。

须指出，上述诸水利用系数的数值与灌区大小、渠道长度、田间状况、渠床土质及防渗措施、灌溉技术及管理水平等因素有关。实际工程中，应选择条件相近的灌区实测数值进行计算。通过水利用系数求得各种毛流量后，即可进行各级渠道及其渠系建筑物的设计。

1.2.3 渠道工作方式

灌溉渠道的工作方式有续灌和轮灌两种。续灌是指在一次灌水延续时间内渠道连续输水，按此方式工作的渠道称为续灌渠道；若在同一级渠道中，在一次灌水延续时间内各条渠道分组轮流输水，则为轮灌，按轮灌方式工作的渠道称为轮灌渠道。实行轮灌时，输水

流量集中,同时工作的渠道短,输水损失小,但渠道设计流量大,修建渠道土方量及渠系建筑物规模也大,一般较大的灌区,只在斗渠以下实行轮灌。

1.2.4 渠道的加大流量和最小流量

渠道设计时,一般按设计流量计算渠道过水断面尺寸,但考虑到渠道运行时常会在小于设计流量或大于设计流量的情况下工作,因此为使渠道适应各种工况,还需用加大流量 $Q_{\text{加大}}$ 和最小流量 $Q_{\text{最小}}$ 对渠道设计进行校核。

1. 加大流量 $Q_{\text{加大}}$

渠道的加大流量 $Q_{\text{加大}}$ 按式 (1-6) 计算:

$$Q_{\text{加大}} = jQ_{\text{设}} \quad (1-6)$$

式中 j ——流量加大系数,对续灌渠道,可按表 1-3 选用。

对轮灌渠道,因其控制面积较小且输水量可在轮灌组间调节,不考虑加大流量影响,取 $j=1$ 。

表 1-3 续灌渠道的流量加大系数 j 值

设计流量 (m^3/s)	<1	$1\sim5$	$5\sim10$	$10\sim30$	>30
加大系数 j	1.35~1.30	1.30~1.25	1.25~1.20	1.20~1.15	1.15~1.10

2. 最小流量 $Q_{\text{最小}}$

当渠道流量过小时,可能会因水位过低导致下级渠道引水困难,因此设计时需用渠道通过最小流量时的水位校核下级渠道能否引取相应的水量。不能满足下级渠道引水要求时,应在分水口下游设置节制闸,雍高水位以保证下级渠道引水。

一般 $Q_{\text{最小}}$ 值采用渠道设计流量的 40%,或使通过 $Q_{\text{最小}}$ 时的渠道水深为通过设计流量 $Q_{\text{设}}$ 时渠道水深的 70%。

1.3 渠道纵横断面设计

在确定了渠道的 $Q_{\text{设}}$ 、 $Q_{\text{加大}}$ 、 $Q_{\text{最小}}$ 后,即可进行渠道纵、横断面设计。合理的渠道纵横断面除满足输水、配水要求外,还应满足渠道纵、横向稳定条件。纵向稳定即在设计条件下工作时渠道不发生冲刷或淤积,即在一定时期内保持冲淤平衡;横向稳定即渠道不发生水平面上的左右摆动,也即保持渠道在横断面上的平面稳定。

1.3.1 渠道纵断面设计

渠道纵断面设计的任务,是根据灌溉水位要求确定渠道的空间位置,即确定渠道水面在不同桩号处的高程。

1. 灌溉渠道的水位确定

要满足自流灌溉要求,各级渠道入口均应有足够的水位,该水位应根据其所辖灌溉面积上控制点的高程,加上控制点以上渠道的沿程水头损失及各建筑物的局部水头损失,自下而上逐级推算而得,即:

$$H_{\lambda} = A_0 + \Delta h + \sum Li + \sum \xi \quad (1-7)$$

式中 H_A ——渠道入口处水位，m；
 A_0 ——渠道所辖灌溉面积上控制点（较难灌到水的地面点）高程（m），当沿渠地面坡度大于渠道比降时，控制点往往在渠道入口附近；反之控制点在渠尾附近；
 Δh ——所选控制点与末级固定渠道出口处地面的高差，一般取 0.1~0.2m；
 L ——计算渠道入口下游各级渠道的长度，m；
 i ——计算渠道入口下游各级渠道的比降；
 ξ ——水流通过渠系建筑物的水头损失，m，可按表 1-4 采用。

表 1-4 渠系建筑物局部水头损失 ξ 最小值表

渠别	控制面积 (万亩)	进水闸 (m)	节制闸 (m)	渡槽 (m)	倒虹吸 (m)	公路桥 (m)
干渠	10~40	0.1~0.2	0.10	0.15	0.40	0.05
支渠	1~6	0.1~0.2	0.07	0.07	0.30	0.03
斗渠	0.3~0.4	0.05~0.15	0.05	0.05	0.20	0
农渠		0.05	—	—	—	—

2. 渠道纵断面图

渠道纵断面图包括：沿渠地面高程线、渠道内设计水位线及最低水位线、渠底及渠道堤顶高程线、分水口及渠系建筑物的位置等，如图 1-1 所示，绘制步骤如下：

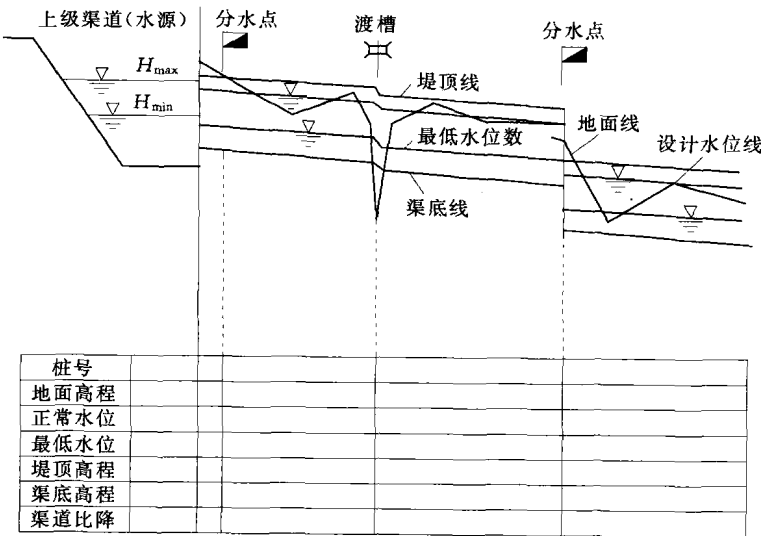


图 1-1 渠道纵断面图

- (1) 绘制地面高程线。根据渠道中心线的水准测量成果（桩号和地面高程）按一定比例绘制；无测量成果时，也可由地形图量取不同桩号处的高程确定。
- (2) 绘制渠道设计水位线。先根据水源或上一级渠道的设计水位、沿渠地面坡降、各

分水点的水位要求和渠系建筑物的水头损失，初步拟定一个水面设计比降绘出渠道设计水位线，再经过与横断面设计的水深成果反复协调修正后最终确定。

(3) 绘制渠底高程线。利用横断面设计成果，在渠道设计水面线以下，以渠道设计水深为间距作一平行线即为渠底高程线。

(4) 绘制渠道最低水位线。在渠底线以上，以渠道通过最小流量时的最小水深为间距，作渠底线的平行线即为渠道最低水位线。

(5) 绘制渠道堤顶线。在渠底线以上，以通过加大流量时的加大水深加安全超高为间距，作渠底线的平行线即为渠道堤顶线。

3. 渠道纵断面的水位衔接

渠道沿途分水后，渠中流量逐段减小，因此过水断面可随之减小。当渠道横断面变化时，断面变化处常设在渠系建筑物的下游端。当渠道沿线地面坡度较陡或有跌坎时，常在满足自流灌溉的条件下，在渠道上设置跌水、陡坡等落差建筑物。在诸如上述部位，应通过渠系建筑物的合理选型考虑局部水头损失后，使渠道水位合理衔接。

1.3.2 渠道横断面设计

渠道横断面设计的主要任务，是由水力计算确定渠道横断面尺寸。由于灌溉渠道大多在一定长度内具有相同的流量、底坡、断面尺寸及相近的渠床糙率，渠内水流符合明渠均匀流条件，渠道横断面尺寸按明渠均匀流公式计算，即：

$$Q=\omega C \sqrt{Ri}$$
(1-8)

式中 Q 、 ω ——渠道的设计流量（ m^3/s ）及过水断面面积， m^2 ；

R 、 i ——水力半径（ m ）及渠道比降；

C ——谢才系数，一般采用 $C=\frac{1}{n}R^{1/6}$ ；

n ——渠床糙率系数，可按表 1-5 采用。

表 1-5 渠床糙率系数 n 值表

流量范围 (m^3/s)	渠 床 特 征	糙 率 系 数 n	
		灌 溉 渠 道	退、泄水渠道
1. 土渠			
>25	平整顺直，养护良好	0.020	0.0225
	平整顺直，养护一般	0.0225	0.025
	渠床多石，杂草丛生，养护较差	0.025	0.0275
25~1	平整顺直，养护良好	0.0225	0.025
	平整顺直，养护一般	0.025	0.0275
	渠床多石，杂草丛生，养护较差	0.0275	0.030
<1	渠床弯曲，养护一般	0.025	0.0275
	支渠以下的固定渠道	0.0275	—
	渠床多石，杂草丛生，养护较差	0.030	—

1.3 渠道纵横断面设计

续表

2. 岩石渠床

渠床表面的特征	糙率 n
经过良好修整	0.025
经过中等修整, 无凸出部分	0.030
经过中等修整, 有凸出部分	0.033
未经修整, 有凸出部分	0.035~0.045

3. 护面渠床

护面类型	糙率系数 n
抹光的水泥抹面	0.012
修理得极好的混凝土直渠段	0.013
不抹光的水泥抹面	0.014
光滑的混凝土护面	0.015
机械浇筑表面光滑的沥青混凝土护面	0.014
修整良好的水泥土护面	0.015
平整的喷浆护面	0.015
料石砌护	0.015
砌砖护面	0.015
修整粗糙的水泥土护面	0.016
粗糙的混凝土护面	0.017
混凝土衬砌较差或弯曲渠段	0.017
沥青混凝土, 表面粗糙	0.017
一般喷浆护面	0.017
不平整的喷浆护面	0.018
修整养护较差的混凝土护面	0.018
浆砌块石护面	0.025
干砌块石护面	0.033
干砌卵石护面, 砌工良好	0.025~0.0325
干砌卵石护面, 砌工一般	0.0275~0.0375
干砌卵石护面, 砌工粗糙	0.0325~0.0425

1.3.2.1 渠底比降 i

渠底比降的选择关系到控制灌溉面积和工程造价。为减少工程量, 应尽可能选用和地面坡度相近的渠底比降, 一般随着流量的逐级减小渠底比降应逐级增大。当干渠及较大支渠的上下游流量相差较大时, 下游段的渠底比降应增大些; 其他各级渠道的比降, 一般不变。清水渠道易产生冲刷, 宜采用较缓的渠底比降; 浑水渠道比降应适当加大些。平原灌

区地势平缓,宜采用较小的比降,以便控制较大的灌溉面积。石渠及衬砌的土渠可采用较大的比降,以节省工程量。设计时,一般是参照地面坡度及下级渠道的水位要求初拟一个渠底比降,求得渠道断面尺寸后再按不冲、不淤条件进行校核,不满足要求时,修改比降重新计算,直至满足要求为止。土渠初拟渠底比降时也可参考表 1-6 采用。

表 1-6 土渠渠底比降 i 值参考表

渠道设计流量 (m^3/s)	<1	$1\sim10$	>10
土渠比降	$1/200\sim1/2000$	$1/1000\sim1/5000$	$1/2000\sim1/5000$

1.3.2.2 渠床糙率系数 n

渠床糙率系数 n 的选取影响到渠道工程量和渠道的运用,若选用的 n 值比实际值偏大,则渠道的实际过水能力比设计要求的偏大,无形增加了渠道工程量,且会因流速大、水位低,引起渠道冲刷和影响下级渠道引水;若设计选用的 n 值比实际值偏小,则渠道实际输水能力小于设计要求,影响灌溉用水。因此,渠床糙率系数 n 选定时,要综合考虑渠床性质、施工质量和运用管理等因素。

1.3.2.3 渠道边坡系数 m

渠道边坡与水平线夹角的余切值称渠道的边坡系数 m ,它关系到渠道的边坡稳定。大型渠道的 m 值应由土工试验及稳定分析确定,一般渠道的最小边坡系数可参考表 1-7 和表 1-8 采用。

表 1-7 挖方渠道最小边坡系数 m 值表

渠床条件	水深 h (m)			渠床条件	水深 h (m)		
	<1	$1\sim2$	$2\sim3$		<1	$1\sim2$	$2\sim3$
稍胶结的卵石	1.00	1.00	1.00	轻壤土	1.00	1.25	1.50
夹砂的卵石和砾石	1.25	1.50	1.50	砂壤土	1.50	1.50	1.75
黏土、重壤土、中壤土	1.00	1.25	1.50	砂土	1.75	2.00	2.25

表 1-8 填方渠道最小边坡系数 m 值表

渠床条件	流量 Q (m^3/s)							
	>10		$10\sim2$		$2\sim0.5$		<0.5	
	内坡	外坡	内坡	外坡	内坡	外坡	内坡	外坡
黏土、重壤土、中壤土	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
轻壤土	1.50	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
砂壤土	1.75	1.50	1.50	1.25	1.50	1.25	1.25	1.25
砂土	2.25	2.00	2.00	1.75	1.75	1.50	1.50	1.50

1.3.2.4 渠道断面宽深比 b/h

渠道断面宽深比即渠道底宽与水深的比值 b/h ,它影响到渠道性能和造价。选择 b/h 时常应考虑以下几方面因素。

1. 水力最优断面

当渠底比降和糙率一定时,通过某一规定流量所需的最小过水断面称水力最优断面,

此时渠道工程量最小。对于梯形渠道，水力最优断面的宽深比为：

$$\frac{b}{h} = 2(\sqrt{1+m^2} - m) \quad (1-9)$$

式中 m ——渠道边坡系数。

不同边坡系数下，渠道水力最优断面的宽深比见表 1-9。

表 1-9 不同边坡系数 m 下水力最优断面宽深比 $(b/h)_{\text{最优}}$ 值表

边坡系数 m	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	3.00
$(b/h)_{\text{最优}}$	2.0	1.56	1.24	1.00	0.83	0.70	0.61	0.53	0.47	0.32

满足水力最优断面的渠道一般为窄深形，适用于石方或衬砌渠道以及挖方较深、流量较小的渠道。对大型渠道，开挖深度大，地下水位高时将施工困难，且往往因流速过大产生冲刷，因此较为宽浅的断面更为多用。

2. 断面稳定

实际应用中，渠道断面宽深比过小时易产生冲刷，过大时又易于淤积，都会使渠道变形。因此防止渠道变形的稳定断面宽深比，应该使渠道不冲、不淤或保持周期性冲淤平衡，对于一般梯形渠道，满足不冲不淤相对稳定的适宜宽深比 b/h 值，可见表 1-10。

表 1-10 梯形渠道稳定断面宽深比 b/h 值表

渠道流量 (m^3/s)	<1	1~3	3~5	5~10	10~30	30~60
b/h	1~2	1~3	2~4	3~5	5~7	6~10

对多泥沙的浑水渠道，稳定断面的宽深比 b/h 值与渠道流速、水流含沙情况等因素有关，应根据当地具体情况总结经验而定，初选时可参考陕西省提出的以下经验公式：

水深：
$$h = \beta Q^{\frac{1}{3}} \quad (1-10)$$

式中 $\beta = 0.58 \sim 0.94$ ，一般可用 0.76。

宽深比：当流量 $Q < 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，即

$$\frac{b}{h} = NQ^{\frac{1}{10}} - m \quad (1-11)$$

式中 $N = 2.35 \sim 3.25$ ，一般取 2.8。

当 $Q = 1.5 \sim 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 时，即

$$\frac{b}{h} = NQ^{\frac{1}{4}} - m \quad (1-12)$$

式中 $N = 1.8 \sim 3.4$ ，一般取 2.6。

以上各式中 m ——渠道边坡系数。

3. 利于通航

渠道内有通航要求时，还应考虑船舶吃水深度、错船裕度以及通航流速等要求来确定渠道的断面尺寸，一般要求水面宽度不小于 2.6 倍船舶宽度，船底以下水深不小于 15~30cm。

1.3.2.5 渠道的不冲不淤流速

为保持渠道的纵向稳定，所选断面尺寸还应使渠道的设计流速 $v_{\text{设计}}$ 满足不冲、不淤流