



绪 论

水利是国民经济和社会发展的基础产业。这一科学论断,深刻地揭示了水利建设的重要地位。农田灌溉是人类与水旱灾害作斗争、发展农业生产、为国民经济的发展和人民生活服务的重要手段。灌溉事业的发展,不仅是农业和社会文化进步的主要标志,也是社会生产力发展的一个重要方面。

一、我国水资源状况及灌溉与排水的关系

水资源是人类在长期的生活、生产过程中各种需水的基本来源。据统计,我国多年平均降水总量约为 $61\,900 \times 10^8 \text{ m}^3$,相当于全球陆地降水总量的 5%,降水量中约 56% 消耗于蒸发,44% 形成河川径流。我国流域面积在 $1\,000 \text{ km}^2$ 以上的河流有 5 800 多条,其总流域面积达 $667 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土总面积的 65%,其中七大江河流域面积占国土总面积的一半。全国河川年径流量为 $27\,115 \times 10^8 \text{ m}^3$,湖泊总贮水量约 $7\,300 \times 10^8 \text{ m}^3$,冰川总贮水量约为 $51\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,冰川年融水量约为 $560 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源量约为 $8\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,扣除地表水与地下水相互转化重复部分,我国水资源总量约为 $28\,124 \times 10^8 \text{ m}^3$,居世界第六位。但人均水资源占有量还不到世界平均水平的 1/4,列世界第 88 位。

我国水资源的特点:一是降水和河川径流的地区分布不均,水土资源组合很不平衡。降水的总趋势是由东南沿海向西北内陆递减,南方水多地少,北方水少地多。长江及其以南地区河川径流量占全国的 83%,而耕地面积只占全国的 38%;长江以北地区河川径流量只占全国的 17%,耕地面积却占 62%。二是降水及河川径流的年内分配集中,年际变化大。大部分地区冬春少雨(雪),夏秋多雨,年降水量和径流量主要集中在汛期几个月或一二月内,以致造成汛期大量弃水,易发生洪涝灾害,而非汛期水量缺乏,干旱受灾。目前,我国水资源日趋紧缺,在北方地区和沿海城市以及一些污染严重的地方,水资源不足已经严重制约了当地社会经济的发展,因此,加强水资源的保护和管理,包括加强作为水资源系统的灌溉水源和灌溉设施的保护和管理,是一件具有战略意义的大事。

灌溉是一项人工补充土壤水分以改善作物生长条件的技术措施。灌溉工程即以调节、改善农田水分状况,促进农业增产为目的而兴建的水利工程设施。一般来说,农田水分状况的调节与改善,包括土壤水分不足而需要以灌溉手段适量补充水分,土壤水分过多又需以排水手段排除多余水分,这就构成了灌溉与排水的协调统一,因而在灌区工程中,不仅要有配套齐全的灌溉系统,而且要有完善的排水系统,二者缺一不可,相辅相成。从这个意义上讲,我们通常所说的灌溉工程实质上是应包括排水工程设施在内的,通称灌溉排水工程。

二、我国灌溉事业的发展

我国的灌溉事业有着悠久的历史。灌溉工程的修建可以上溯到大禹治水传说时代的“尽力乎沟洫”、“陂障九泽,平殖九菽”。据有关文字记载,早在夏商时期即已在井田中布置沟渠进行灌溉排水。春秋战国时期,兴建了我国历史上有文字记载最早的蓄水灌溉工程——芍陂





(今安徽省寿县南安丰塘)。公元前四世纪修建了我国北方最早的引水灌溉大型渠系工程——引漳十二渠(位于今河北省临漳县西南)。公元前三世纪秦蜀郡守李冰创建了我国古代第一个成功的大型水利工程——都江堰。这项工程历经 2000 多年而不衰,至今仍灌溉着成都平原及四川盆地部分丘陵地区约 $66.7 \times 10^4 \text{hm}^2$ 农田。都江堰的规划、设计、施工都具有较高的科学性 and 创造性,是我国古代科学技术成就的典型代表。此外,我国古代较大的灌溉工程还有陕西的郑国渠、广西的灵渠以及宁夏的秦渠、汉渠、唐徕渠等。其他如遍布南方水稻地区的塘坝、华北各省的水井、新疆的坎儿井等,都是我国古代劳动人民长期与水旱灾害作斗争所创造的伟大功绩,充分显示出中国人民的智慧和创造力,在我国水利史上永远放射着灿烂的光辉。

我国的灌溉管理也同样源远流长。早在商周时期就有沟洫管理制度。春秋战国时期,中央和地方开始有设官管理山泽陂池及水利的记载。秦汉时期,灌溉管理制度日趋完善。都江堰设置了专门管理堰务的堰官“都水椽”、“都水长”,三国时蜀汉丞相诸葛亮还征丁 1 200 人组成护堰队伍。唐宋时期,农田水利管理走上更加完善的法制管理轨道,唐代颁布了《水部式》法典,宋代发布了《农田水利约束》。元、明、清以来,灌溉管理制度更加完善。一些著名的大型灌区都由国家设立专门机构管理,管水官吏都具有同级地方官吏的执法权力,沟堰渠道均分别设立沟首、堰长、渠长等。民国时期,随着西方水利科学技术的传入,灌溉管理开始步入现代化管理的轨道。

总之,几千年来,我国灌溉事业不断发展,对推动我国社会生产力的发展起到了很大作用。但是也应该看到,灌溉工程建设也要受到社会生产力发展速度的制约,灌溉管理有着强烈的时代性和社会性,过去的灌溉管理必然受着封建社会制度的支配和约束,大多数灌区的水权是掌握在封建官吏和地主豪绅手里的,所订水规、水法也都是有利于少数统治阶级的,因此积弊甚多。

新中国成立后,我国灌溉事业进入了一个崭新的发展阶段,取得了前所未有的巨大成就。先后建成了安徽省淠史杭灌区、新疆玛纳斯河灌区、陕西省宝鸡峡引渭灌区、湖南省韶山灌区、河南省人民胜利渠灌区等一批大型灌区。据 1993 年统计,全国共兴建各类水库 8.46 万座,总库容 4 717 $\times 10^8 \text{m}^3$;建成万亩以上灌区 5 567 处,全国农田有效灌溉面积 4 984 $\times 10^4 \text{hm}^2$,为 1949 年的 3.12 倍;机电排灌动力达 7 200 $\times 10^4 \text{kW}$,为 1949 年全国机电排灌动力拥有量的 1 014 倍;修建了引滦入津、引黄济青、引大入秦等引水工程,每年为城市供水 500 $\times 10^8 \text{m}^3$,同时还解决了 1.4 亿人口和 8 300 多万头牲畜的饮水困难。在抗御洪涝灾害,满足工农业生产和人民生活用水以及改善水环境方面,发挥了巨大的社会效益和生态效益。

在灌溉管理上,管理组织日渐健全,国家和地方各级人民政府水行政主管部门都设立了负责农田水利建设和管理的专职管理机构;灌区都建立了专业管理机构或设置专业管理人员,全国 2 $\times 10^4 \text{hm}^2$ 以上灌区的管理职工达 10 多万人。灌区工程管理和用水管理制度已日益完善。特别是改革开放以来,我国灌区管理工作正在沿着建立适应社会主义市场经济体制的新型灌区管理体制的方向不断改革、前进。一是加强法制建设,逐步走向依法治水、依法管水的轨道;二是加强经营管理,突破单纯为农业服务的范围,向为国民经济全面服务的方向拓展,生产经营结构正在按照“一业为主,多种经营”的要求,因地制宜、扬长避短地大力发展综合经营;三是灌区管理单位正按照事业单位企业化管理的要求,逐步改变成为独立核算、自我维持的经济实体;四是灌区管理单位内部的经营机制正在进行深入改革探索,普遍推行了多种形式的经营承包责任制和目标管理责任制;五是灌区科学技术有了较大发展,灌区管理正逐步实现现代化管理。





三、灌排工程管理的地位及任务

灌溉管理是对灌溉工程设施的全面管理。一般包括工程管理、用水管理、组织管理和经营管理四个组成部分。它们之间有着相互联系而又有所区别的重要职能。通常的说法是,工程管理是基础,用水管理是中心,组织管理是保证,经营管理是关键。工程管理之所以是灌区管理的基础,这是因为,任何灌排工程的修建都是以一定的社会效益、经济效益和环境效益为目的,要达到预定的效益并使之不断巩固和提高,不仅需要正确的规划设计和良好的施工质量,更重要的是在工程投入使用后要搞好工程的管理养护,以确保工程设施的完整和安全运行。如果工程运行不当,管理维修不善,即使工程设计合理,施工质量再好,也难以达到工程设计能力,发挥不了应有的作用,甚至可能造成严重损坏,给国家和人民带来难以弥补的损失,用水管理的中心任务所赖以实现的物质条件将因其管理不善而受到严重影响和制约。相反,加强工程管理养护就能保证工程的正常运行,防止自然灾害和人为损坏,及时处理病害隐患,从而延长工程使用寿命,长久不衰地发挥工程效益。因此,工程管理是实现用水效益的基础和重要手段。

工程管理的基本任务是正确运用和养护维修灌排工程设施,使之经常处于完好状态,保证安全正常运行,充分发挥工程效益。工程管理的主要工作包括经常性的巡查养护、定期的观测检修、汛期的防汛抢险、停水期的岁修清淤以及对工程设施的更新改造等。为了保证工程管理工作的正常进行,管理工作还有一项重要内容,就是要详尽地制订各种工程设施、灌排机具及其他附属设备的操作规程和管理养护办法,建立检查、观测制度,订立群众性的养护公约和奖罚条例,建立岁修养护、防汛抢险的组织和制度。

四、现代水利中灌排工程的地位及任务

在传统水利向现代水利转化的过程中,河渠的功能也发生了很大变化,已由传统的灌溉、航运、防洪型向生态、环保、旅游、教育、经营型扩展。这种变化对河渠的整治设计的思想和理念提出了全新的要求,那种仅考虑防洪、灌溉功能的设计理念和方

法已不适应形势发展的需要。在现代水利中,河渠的功能必须满足社会的多层次、全方位的需求。

在传统水利向现代水利转化过程中,灌排工程应体现资源水利、数字水利、生态水利、人文水利、经营水利的新理念,应以工程手段推动、加快计量用水的实施。

灌排工程应以保护生态为目的,生态渠道的根本目的是:保护水资源,净化、绿化、美化水环境。这既是生态渠道概念的内涵,也是生态渠道的功能和实施方向。绿化是生态渠道的基础,美化、净化是绿化的升华。

生态渠道是宣传《中华人民共和国水法》,教育群众爱护水利工程,水利职工爱岗敬业理念的提升。生态渠道是集渠道病害治理、节水改造、水土保持、净化水源、景观美化为一体的系统工程。





第1章 渠道及渠系建筑物基本知识

【本章要点】

初级工 熟悉渠道及其建筑物的名称、分类和一般布置原则。

中级工 掌握渠道及其建筑物的功能及作用。

高级工 熟练掌握渠道及建筑物的功能及作用；了解灌区规划要点。

技 师 熟练掌握渠道及建筑物的功能及作用；全面了解灌区规划、建设的原则。

概 述

渠道及渠系建筑物是灌溉排水系统的重要组成部分，为了使大家能够深入地了解 and 掌握灌排工程管理运用和维修养护的技术知识与操作技能，这里有必要介绍一下渠道及渠系建筑物的基本知识，如灌区规划、渠系建筑物名称、结构、作用及过水能力等一般概念和常识。

1.1 灌溉排水系统的布置

1.1.1 灌溉排水系统的组成

灌溉排水系统是由各级灌溉渠道、各级排水沟道、渠系建筑物和田间工程组成的灌排网络系统。

灌溉渠道一般分为干、支、斗、农、毛渠五级，前四级为固定渠道，毛渠多为临时灌溉渠。地形复杂的大型灌区有的设总干渠、分干渠、分斗渠等。小型灌区的渠系常采用干、斗、农三级，也有采用两级的。干渠称为输水渠道，支渠以下渠道称为配水渠道。

排水沟道一般亦分为干、支、斗、农、毛沟五级。

田间工程包括斗渠（沟）以下灌排沟渠和建筑物，以及土地平整、道路布局、护田林网和格田、畦块等。

渠系建筑物是渠（沟）道上修建的建筑物，主要有控制建筑物、交叉建筑物、泄水建筑物、连接建筑物、量水建筑物和防渗、防冲、防淤建筑物等。灌排系统组成如图 1-1 所示。

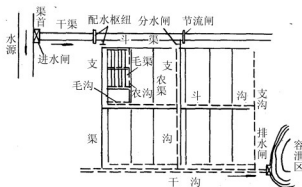


图 1-1 灌溉排水系统示意图

1.1.2 灌排渠系布置的基本原则

灌排渠系的布置是灌区规划的重要内容。规划布置是否合理，直接关系到灌区的工程投资和效益，影响到管理养护的难易。渠系布置的基本原则是：

(1) 尽量做到使自流灌溉面积最大 渠道应根据水源条件布置在较高地带和分水岭上，以便控制较多的自流灌溉面积。

(2) 经济合理 布置的渠线要短，附属建筑物要少，尽可能减少占地、拆迁民房。

(3) 工程要安全 尽量避免深挖、高填和险工地段。

(4) 要便于用水管理和工程管理

1.1.3 灌区类型与工程等级划分

一、灌区类型

所谓灌区是指一个灌溉系统所控制的土地范围。根据灌溉面积的大小可分为大型灌区、中型灌区和小型灌区；根据取水方式的不同可分为自然灌区（或称自流灌区）和提水灌区；根据地理位置和自然条件的不同又可分为平原灌区和丘陵灌区。对后两种划分，灌区可以是相对独立的某一类型，也可以是不同类型的组合。

二、工程等级的划分

1. 工程等级的划分

水利部、能源部颁发的《水利水电工程等级划分及洪水标准（SL252—2000）》规定，水利水电工程根据其工程规模、效益和在国民经济中的重要性划分为五等，等别划分如表 1-1 所示。

2. 灌排工程级别划分

国家技术监督局、建设部颁布标准《灌溉与排水工程设计规范》（GB50288—99）规定：灌溉渠道或排水沟的级别应按灌溉和排水流量的大小确定，水闸、渡槽、倒虹吸、涵洞、隧洞、跌水、陡坡等灌排建筑物的级别应根据过水流量的大小确定。级别划分如表 1-2、表 1-3 所示。





表 1-1 水利水电工程分等指标

工程 规模	水库总 库容 ($\times 10^8 \text{m}^3$)	防 洪		治 涝	灌 溉	供 水	发 电
		保护城镇及工矿 企业重要性	保护农田 ($\times 10^4$ 亩)	治涝面积 ($\times 10^4$ 亩)	灌溉面积 ($\times 10^4$ 亩)	供水对象 重要性	装机容量 ($\times 10^4 \text{kW}$)
大(1)型	≥ 10	特别重要	≥ 500	≥ 200	≥ 150	特别重要	≥ 120
大(2)型	$10 \sim 1.0$	重要	$500 \sim 100$	$200 \sim 60$	$150 \sim 50$	重要	$120 \sim 3$
中型	$1.0 \sim 0.1$	中等	$100 \sim 30$	$60 \sim 15$	$50 \sim 5$	中等	$25 \sim 25$
小(1)型	$0.1 \sim 0.01$	一般	$30 \sim 5$	$15 \sim 3$	$5 \sim 0.5$	一般	$2.5 \sim 0.5$
小(2)型	$0.01 \sim 0.001$		< 5	< 3	< 0.5		< 0.05

注：①水库总库容指水库最高水位以下的静库容。

②灌溉面积和排涝面积均系设计面积。

③挡潮工程的等级参照防洪工程规定划分，在潮灾特别严重地区其工程等级可适当提高。

④供水工程的重要性应根据城市及工矿区的工业和生活供水规模、经济效益和社会效益分析确定。

表 1-2 灌排渠沟工程分级指标

工程级别	1	2	3	4	5
灌溉流量 (m^3/s)	> 300	$300 \sim 100$	$100 \sim 20$	$20 \sim 5$	< 5
排水流量 (m^3/s)	> 500	$500 \sim 200$	$200 \sim 50$	$50 \sim 10$	< 10

表 1-3 灌排建筑物分级指标

工程级别	1	2	3	4	5
过水流量 (m^3/s)	> 300	$300 \sim 100$	$100 \sim 20$	$20 \sim 5$	< 5

1.2 渠 道

渠道是人工开挖填筑或砌筑的输水设施。按存在形式可分为明渠和暗渠两类；按用途可分为灌溉渠道、引水渠道、通航渠道、给水渠道、流送木材渠道、排水渠道和综合性渠道等；按渠床材料的不同又可分为土渠道、石渠道和衬砌渠道。

1.2.1 渠道横断面

渠道横断面是渠道垂直于水流方向的剖面。常见的断面形状有梯形、矩形、半圆形（U形）和复式断面（如图 1-2 所示）。从施工条件和边坡稳定条件考虑，梯形断面和复式断面具有较好的水力性能，用得最多；断面接近矩形的渠道主要用于岩石或半岩性土壤处；半圆形（U形）断面为水力特性最优的断面形式，但施工不便，仅用于由不同材料建筑的小型开敞式人工渠道和容易滑坡的地段，且常用挖渠机械一次压成。



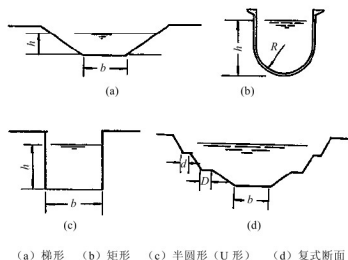


图 1-2 渠道断面形态示意图

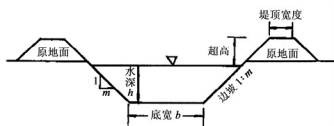


图 1-3 挖方渠道横断面

渠道断面结构可分为挖方、填方和半挖半填三种类型：

(1) 挖方渠道 当沿渠地面高程高于设计水位，而又不需要开挖隧洞时，可修建挖方渠道。其横断面结构如图 1-3 所示。

(2) 填方渠道 当渠底高程高于地面高程时，须采用填方渠道，其横断面结构如图 1-4 所示。

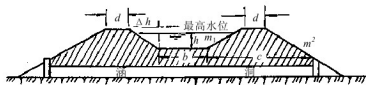


图 1-4 填方渠道横断面示意图

(3) 半挖半填渠道 当沿渠线地面高程介于渠底与设计水位之间时，可采用半挖半填渠道。其横断面结构如图 1-5 所示。



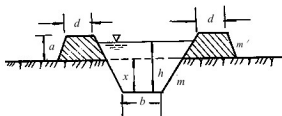


图 1-5 半挖半填渠道横断面示意图

1.2.2 渠道纵断面

渠道纵断面是沿渠道中心线的剖面，包括沿渠线的地面线、设计水位线、最低水位线、最高水位线、渠底线和渠顶线、分水口及渠系建筑物位置等，如图 1-6 所示。

渠道纵断面的结构设计是与横断面的结构设计互相联系、交替进行的，其主要作用是要保证渠道具有足够的输水能力和稳定的渠床，设计水位能满足所控制面积的自流灌溉。

1.2.3 渠道过水能力

渠道过水能力，一般是指渠道在正常情况下能通过的流量。通常有设计过水能力与实际过水能力之分。设计过水能力，包括正常流量、最小流量和加大流量，作为设计与校核之用；实际过水能力则是渠道经过运行而发生不同程度的变化后实际能通过的流量。

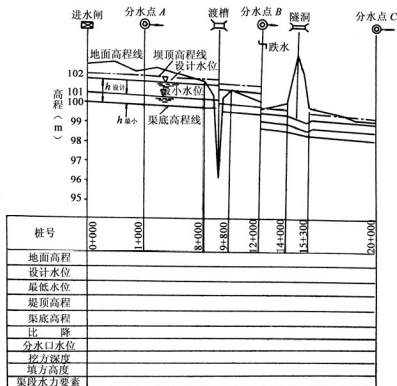


图 1-6 渠道纵断面示意图





一、正常流量

正常流量表示渠道正常工作条件下通过的流量,常用 $Q_{\text{正常}}$ 符号表示。它是渠道和渠系建筑物设计的主要依据,是经水利计算所求得灌溉农作物及其他用水所需的净流量和渠道损失流量之和来确定的。

二、最小流量

最小流量用来检验、核下一级渠道的控制条件,以及确定节制闸建筑物的位置。它是根据水利计算中采用的设计灌水模数图或灌溉用水量过程线中的最小值来确定的。最小流量不应低于设计流量的40%。

三、加大流量

加大流量是为满足渠道运行中可能出现的气候剧变或灌区内作物组成可能有变化及综合利用的发展,需水量增大;或因渠道发生事故,需在短时间内通过较大流量等因素而在正常流量的基础上加大的流量。它是确定渠道堤顶高程的依据。一般在正常流量基础上增加10%~30%。

1.3 渠系建筑物

渠系建筑物是为安全、合理地输配水量,以满足各用水单位的需要,在渠道系统上修建的建筑物,又称灌区配套建筑物。

渠系建筑物一般具有单个工程不大、数量多、总工程量和造价大的特点。现分类介绍如下。

1.3.1 调节及配水建筑物

这类建筑物又称控制建筑物,用于调节水位和分配流量,如进水闸、节制闸、分水闸、斗门等。

一、进水闸

进水闸是从灌溉水源引取水量的控制性建筑物。一般情况下,它常和抬高水位的壅水坝或拦河闸、防止泥沙入渠的冲砂闸、保证建筑物安全的溢洪道、防洪堤等组成取水枢纽。

进水闸一般由闸室、上游连接段和下游连接段三部分组成。闸室是水闸挡水和控制水流的主体部分,它由水闸底板、闸墩、边墩(或岸墙)、胸墙、启闭台及交通桥等组成;上游连接段由上游翼墙、防冲铺盖、上游护底、护坡及防冲槽等组成,其作用是引导水流平顺地进入闸室,保护上游河(渠)底及岸坡免遭冲刷,延长闸基及两岸的渗径长度,防止渗透变形;下游连接段由下游翼墙、护坦、海漫、防冲槽及下游护坡等组成,其作用是引导水流向下游均匀扩散,消减出闸水流的能量,保护下游渠床及岸坡免遭水流冲刷而危及闸室安全。水闸的各部分组成如图1-7所示。



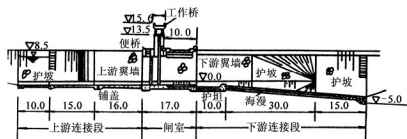


图 1-7 开敞式水闸 (单位: m)

二、节制闸

由于农田灌溉、发电引水或改善航运等要求,常需横跨河渠(河道和渠道)修建水闸,以控制闸前水位和过闸流量,这类水闸称为节制闸。河道上的节制闸也称拦河闸。在洪水期,拦河闸还起排泄洪水作用。在平时,通过节制闸抬水,能增加亲水性、近水性,充分显示水利工程的景观效果。

渠道上的节制闸位于渠道分水口下游,当所在渠道出现低水位时,用以抬高水位,以满足下一级渠道引取设计流量。如果所在渠道的下游水工建筑物或下游渠道发生异常现象,也可闭闸进行检查维修。节制闸的设置应根据上、下游渠道水位衔接情况具体考虑。从管理部门实际情况看,为了便于轮灌配水可在轮灌配水渠段分界处设置节制闸。

三、分水闸

位于干渠以下各级渠道首部的进水闸,称为分水闸,将上一级渠道的流量按需要分送到其所在的渠道。位于支渠首部的分水闸,工程上称为支渠口,位于斗渠首部的分水闸,工程上常称为斗门。

1.3.2 交叉建筑物

当渠道穿越山冈、河流、山谷、道路、低洼地带或其他渠道相遇时,必须修建交叉建筑物。常用的交叉建筑物包括隧洞、渡槽、倒虹吸管、涵洞和桥梁等。

一、隧洞

在山体中或地下开凿的通道,又称隧洞。广泛运用在铁路、公路、水运、水利等工程中。通水用的隧洞称为水工隧洞,在渠系建筑物中通常为输水隧洞。

输水隧洞一般是无压隧洞,其进出口不设闸门等控流设施。洞线纵坡和断面尺寸需与上下游渠道相适应,其横断面形式多为圆拱直墙式,又称为门洞形隧洞或城门洞形隧洞。其洞顶为圆拱,洞两侧为直墙,洞底为平面(如图 1-8 所示)。输水隧洞在岩体

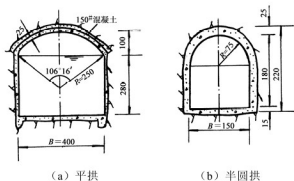


图 1-8 圆拱直墙式 (单位: cm)



开凿成洞后一般要衬砌。当岩层坚硬、致密，洞内流速不大时，可不加衬砌或只部分衬砌。对无压隧洞，为提高其过流能力，可在过水部分用水泥砂浆或混凝土抹平，断面尺寸和石料条件具备的，可用浆砌石衬砌。

二、渡槽

渡槽是输送渠道水流跨越河渠、溪谷、洼地和道路的交叉建筑物。它由进口段、出口段、槽身和支承结构等部分组成（如图 1-9 所示）。进口段和出口段是槽身两端与渠道连接的渐变段，并起平顺水流作用；槽身主要起输水作用，其过水断面形式有矩形、U 形、半椭圆形和抛物线形等，通常为矩形和 U 形；支承结构是支承槽身荷载的结构。

渡槽按建筑材料可分为木渡槽、砖石砌渡槽、混凝土渡槽、钢筋混凝土渡槽、预应力混凝土及钢丝网水泥渡槽。按支承结构可分为梁式、拱式、桁架拱式、桁架梁式及斜拉式渡槽等，常用的是梁式渡槽与拱式渡槽。

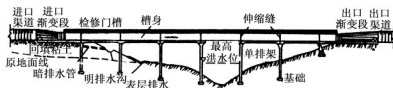


图 1-9 渡槽纵剖面图

1. 梁式渡槽

梁式渡槽是输水槽身支承于槽墩或排架上，在纵向上起梁的作用的渡槽。根据槽身分缝与支承位置可分为简支梁式、双悬臂梁式、单悬臂梁式和连续梁式几种。槽身的两端支承在排架或槽墩上，伸缩缝设在各节槽身端部，缝中设止水。

梁式渡槽的槽身横断面形式通常为矩形和 U 形，有时也用圆管形。支承结构常为重力式槽墩或排架。重力式槽墩的墩身结构形式有实体墩和空心墩两类。排架根据结构形式分为单排架、双排架和 A 形排架等。槽墩或排架的下部连接基础，将渡槽的全部荷载传给地基。重力式槽墩常用整体式基础，排架常用双悬臂肋梁和板式基础。此外，还有沉井基础、管式承台基础等。

2. 拱式渡槽

拱式渡槽是由主拱圈承受上部荷载并传给墩台的渡槽，它由进口段、出口段、槽身、拱上结构、主拱圈和槽墩（台）等组成（如图 1-10 所示）。按使用材料可分为砌石、混凝土、钢筋混凝土拱式渡槽；按主拱圈的结构形式可分为板拱、双曲拱、肋拱渡槽等。

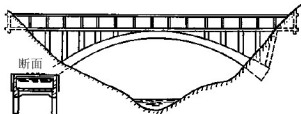


图 1-10 钢筋混凝土拱形框架渡槽

板拱渡槽，其拱圈径向截面为矩形，用砖、石、混凝土等材料建造。拱上结构有实腹式





和空腹式两类。实腹式是指槽身与拱圈之间的腹部为实体的结构；空腹式则是于主拱圈上设横向端支承重弧形腹拱，使槽身沿纵向弹性支承于砌体上。

双曲拱渡槽，拱上结构同空腹式板拱渡槽，但拱圈为纵向及横向均呈拱形的双曲拱，由拱肋、预制拱波、现浇拱板及横系梁四部分组成。此种拱形适用于大跨度渡槽，具有节省材料、承载力大、单个构件吊装重量轻的优点，但施工加载程序复杂，运用中常出现裂缝，现采用不多。

肋拱渡槽，主拱圈为肋拱框架结构。拱肋一般为钢丝混凝土结构，小跨度的也可采用圬工结构。拱肋之间每隔一定距离设置刚度较大的横系梁，将拱肋连接成一拱肋框架结构。拱上结构均为空腹式，拱肋上竖立排架以支承槽身。槽身多为预制的钢筋混凝土 U 形槽或矩形槽。

3. 桁架拱式渡槽

桁架拱式渡槽是以桁架拱或拱形桁架作为槽身支承结构的渡槽。桁架拱是将拱式渡槽的主拱圈与拱上结构结合在一起，主要起拱的作用，并用横向联系构件将两幅或多幅桁架拱片连接成整体结构。按结构特征和槽身位置，桁架拱渡槽分为上承式、下承式、中承式和复拱式四种。

4. 桁架梁式渡槽

桁架梁式渡槽将梁式桁架与槽身结合在一起的渡槽，主要以梁式桁架作槽身支承结构。桁架支承于槽墩或排架上。

5. 斜拉式渡槽

斜拉式渡槽是以墩台、塔架为支承，用固定在塔架上的斜拉索悬吊槽身的渡槽。斜拉式渡槽由进口段、出口段、槽身、斜拉索、塔架及塔墩（或承台）等部分组成。斜拉索上端锚固定于塔架上，下端锚固定于槽身侧墙上，可布置成竖琴形、扇形、辐射形等，以扇形较为通用。塔架有独塔、双塔、多塔之分，多用双塔。塔、梁、墩的连接形式有塔墩固结支承体系、悬浮体系、塔梁固结体系等，其中以悬浮体系采用较多。

三、倒虹吸管

敷设在地面或地下用以输送渠道水流穿过河渠、溪谷、洼地、道路的下凹式压力管道。按其敷设方式和用途可分为穿越式倒虹吸管和横跨式倒虹吸管两种。穿越式倒虹吸管，从河流、渠道、道路下面穿过，管身常做成斜卧式和竖井式两种（如图 1-11、图 1-12 所示）；横跨式倒虹吸管常用于河道、溪谷、洼地比较宽阔、位置较低的地段（如图 1-13 所示）。管身裸露于地面，横跨河道、溪谷的部分敷设于桥上或架空过河谷，称为桥式倒虹吸管。横跨式倒虹吸管一般水头高，流量大，在管道转弯处应设镇墩，以保持管道稳定。

倒虹吸管由进口段、管身、出口段三部分组成。

（1）进口段包括进口口、闸门、检修门槽、拦污栅、启闭台、进口渐变段及沉沙池等。

进口口轮廓在不同流量下，应使进入倒虹吸管的水流平顺，以减少水头损失。大型倒虹吸管的进口常做成圆弧曲线，沿上下方向向外扩大，左右方向也扩大成喇叭形；有的则仅在上方及左右方向扩大，左右段与管身间用弯道连接。小型倒虹吸管，为便于施工，也可将管身直接插入进口口的挡水墙内，不用弯管与进口口连接，不过水流条件较差。

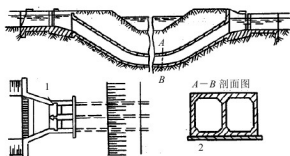


图 1-11 斜卧式倒虹吸管

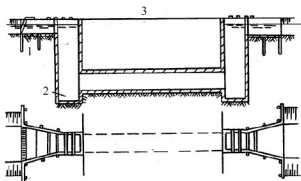


图 1-12 竖井式倒虹吸管

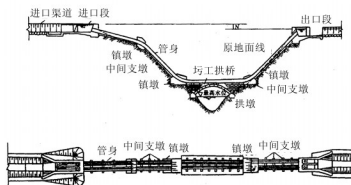


图 1-13 横跨河谷倒虹吸管

倒虹吸管进口常设闸门，以便进行管身的清淤、检修工作。双管和多管倒虹吸管设置闸门，除上述作用外，小流量时，可只利用部分管路过水，以增加管内流速，防止泥沙在管中淤积。不设闸门的倒虹吸管，可在进口侧墙预留闸门槽，检修时应插板挡水。拦污栅位于进口前，以挡飘浮杂物或避免人畜落入渠道时被吸入倒虹吸管內。

应特别指出的是，当进口处设置闸门或拦污栅时，则应有专人管理，以防关闸或拦污栅被堵塞时，上游渠水漫溢。

在倒虹吸管进口前应设渐变段与渠道平顺连接，以减少水头损失。渐变段可为扭曲面或八字形翼墙等形式，其底宽可以变化或不变。





进水口的沉沙池，应根据整个渠道规划和渠水含砂量而定。

(2) 出口段基本上与进口段相同，可设或不设闸门，根据具体情况而定。多管倒虹吸管一般在出口段上留有检修门槽，以便部分管道工作和检修。

倒虹吸管出口与渠道之间常设渐变段，其长度比进口渐变段长，形式与进口渐变段相同。出口渐变段底部常设有消力池，以调整出口水流的流速分布，使水流平顺均匀地流入下游渠道。

(3) 管身可以是单管或多管相连，可以是现场浇筑或预制安装。管身断面一般为矩形和圆形两种。现场浇筑管身多采用矩形断面，便于施工；预制安装管多采用圆形管，其下部的基础可在现场做好后，再铺管道。

在管路的变坡和转弯处设有镇墩，起连接和固定两侧管道的作用。

为了保证倒虹吸管内不被泥沙淤积，在管段上设置有放水孔，以便冲洗管内淤沙和放空管内积水进行检修。放水孔的底部高程一般与河道枯水位齐平。

四、涵洞

在渠道系统中，当渠道、溪谷、交通道路等相互交叉时，在填方渠道或交通道路下设置的输送渠水或排泄溪谷水的建筑物称为涵洞。涵洞的构造较简单，大型的涵洞多采用混凝土或钢筋混凝土制造，亦可用预制涵管。一般为就地取材，多采用浆砌块石或砖砌或干砌卵石等。国外常用皱纹钢管，施工较方便。

1. 涵洞的类型

涵洞按用途分为如下三种：

(1) 穿越填方渠道的公路涵洞，如图 1-14 所示。洞身的尺寸均应根据交通要求而确定，宜采用方形或上部为拱形的断面，多为钢筋混凝土结构。洞身主要荷载是上部的土重和水重。

(2) 穿越公路下面的过水涵洞，如图 1-15 所示。洞身尺寸应根据过水要求确定。为减小断面和防止泥沙淤积，洞中流速可大于渠道中流速。为使出洞水流不至于冲刷下游渠道，也可在出口处设消力坎。上下游水面落差不应过大，如抬高上游水位，会增加进口部分的造价；而降低下游水位，又会影响自流灌溉。洞中水流一般为无压流，有的是有压流，但应尽量避免时而有压、时而无压的情况，以免造成水流不稳定状态。洞身荷载除上部土重外，有压洞还有内部水压力。

(3) 穿越填方渠道的排水涵洞。当渠道通过小溪和山谷时，可利用涵洞来排泄溪水和山洪。这种涵洞的结构和上述相似。但由于过洞水量无法控制，水流状态可以是无压或有压，故在设计时这两种情况均应考虑在内。

涵洞的轴线一般与填方轴线正交，以减少洞长。若为了使渠道水流通畅或交通方便，也可以设计为斜交。

2. 涵洞的组成

涵洞由洞口和洞身组成。

(1) 洞口是用来和填土边坡相接，同时也起引导水流的作用。上下游洞口基本形式相同，只是上游洞口应做护底，下游洞口应有消能设施，以防冲刷，如图 1-14 所示。

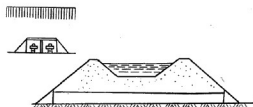


图 1-14 填方渠道下面的公路涵洞

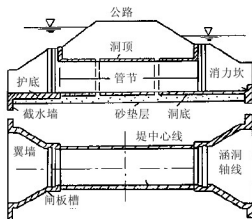


图 1-15 公路填方下面的公路涵洞

洞口的形式可采用扭曲面、八字形翼墙和廊道式翼墙等。扭曲面能使水流进洞平顺，但施工较复杂；八字形翼墙，在平面上的扩散角度可采用 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，做成直线型或流线型，墙的高度随填土边坡而变化；廊道式翼墙由两侧高度不变的翼墙组成，其端部做成圆弧形，适用于有压涵洞。

(2) 洞身因用途、工作特点及建筑材料不同，其断面形式有以下几种：①圆形涵洞。多用于压力涵洞。②箱形涵洞。多为四面封闭的钢筋混凝土结构，静力工作条件较好，适应地基不均匀沉降性能强，适用于无压和低压涵洞。如泄流量较大，可采用双孔或多孔。如图 1-16 所示。③盖板式涵洞。为矩形或正方形断面，由两侧边墙、底板和盖板组成。侧墙及底板多用浆砌石或混凝土做成，盖板多为钢筋混凝土结构，简支在侧墙上。当洞顶铅直荷载或跨度均较小的无压涵洞地基较好时，其底板结构可为分离式，如图 1-17 所示；当地基较差，跨度较大的情况可采用整体式底板结构，如图 1-18 所示。④拱形涵洞。由拱圈、侧墙（拱座）及底板组成。因受力条件较好，适用于填土高度及跨度较大的无压涵洞。常用的拱圈有平拱（如图 1-19 所示）、半圆拱（如图 1-20 所示）。平拱拱圈受力条件好，所需材料较少，但拱脚产生较大的水平推力，要求侧墙较厚；半圆拱的水平推力小，但拱圈受力条件不如平拱优越。

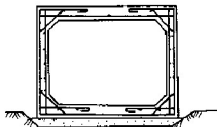


图 1-16 箱形涵洞

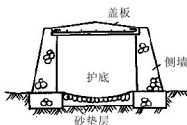


图 1-17 分离式盖板涵洞

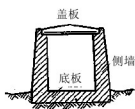


图 1-18 整体盖板涵洞



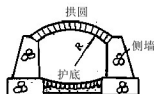


图 1-19 平拱形涵洞

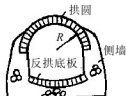


图 1-20 半圆拱形涵洞

五、桥梁

桥梁是沟通渠道两岸交通的建筑物。一般分为人行桥、机耕桥、公路桥和铁路桥，也有利用水工建筑物工作桥作为交通桥的。

渠道上的桥梁，其荷载等级一般均低于公路桥标准。按荷载等级分类有：

(1) 生产桥 供人行及牛马车、手扶拖拉机行驶的桥梁，桥面宽一般为 2~2.5m。

(2) 机耕桥 机耕道路上供拖拉机行驶的桥梁，桥面净宽一般为 3.5~4.0m。

(3) 低标准公路桥 一般为县乡或县与县之间的公路桥梁，桥面净宽一般为 4.5m。

(4) 标准公路桥 必须严格按公路等级桥梁规范的规定加以确定。桥梁和渡槽在结构形式和受力方面有共同的特点，此处不再介绍。

1.3.3 落差建筑物

在渠道落差集中处修建的连接上下游水流的渠系建筑物，又称连接建筑物。落差建筑物常用于下列情况：①渠道通过高差较大或坡度较陡地段时，为保证渠道的设计纵坡，避免深挖或高填方，将渠底高程的落差适当集中，并设置此建筑物用以连接上下游渠道；②在干支渠分叉处，如二者高差较大时，可用此作为两级渠道的连接建筑物；③与水闸、溢流堰结合，作为渠道上排洪、退水、泄水的建筑物。常用的落差建筑物主要有跌水和陡坡两种类型。

1. 跌水

跌水是使上游渠道水流自由跌落到下游渠道的落差建筑物，多用于落差集中处。根据落差大小，跌水分为单级和多级两种。

单级跌水。一般用于落差不超过 5m 的情况。通常由进口连接段、控制缺口（跌水口）、跌水墙、消力池及出口连接段等部分组成（如图 1-21 所示）。进口连接段是上游渠道与控制缺口间的连接部分，常见形式有扭曲面、八字墙等。控制缺口（跌水口）的作用是控制上游渠道的水位和下泄流量，常见的断面形式有矩形、梯形等。梯形缺口能有效地防止和减弱上游渠道水流的壅水、降水现象，较之矩形缺口优越，在实际工程中广泛采用。跌水墙有竖立式及倾斜式两种，其作用是支撑墙后填土。消力池设于跌水墙下游，其作用是使跌水射出的水流在池内消能后转为缓流，再流向下流。其平面布置有扩散与不扩散两种形式，横断面有矩形、梯形和复合断面形。出口连接段的作用是调整出池水流，使其平稳地流入下游渠道，其长度略比进口段长。

多级跌水。落差大于 5m 时，采用多级跌水较为经济合理。其分级数目和各级落差大小，可根据地形、地质、工程量、建筑材料、施工条件及管理运用等综合比较确定。多级跌水的典型形式是各级首尾衔接，并采用相同的跌差与布置，如图 1-22 所示。



图 1-21 单级跌水

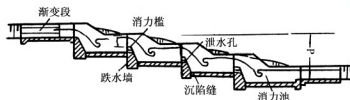


图 1-22 多级跌水

2. 陡坡

陡坡是使上游渠道水流沿陡槽下泄到下游渠道的落差建筑物。根据地形、地质等条件和落差大小，陡坡可做成单级或多级的。主要用砖、石或混凝土建造。

单级陡坡通常由进口连接段、控制缺口、陡坡段（陡槽）、消力池及出口连接段等部分组成（如图 1-23 所示）。陡坡段的底坡一般均大于临界坡，常用底坡为 $1:3 \sim 1:10$ 。落差不大时，多采用底部等宽或逐渐扩宽的矩形或梯形断面，落差较大时，可在进口连接段后设置一段收缩渐变段。

多级陡坡在落差很大时采用。其典型布置是，上一级消力池末端出口即为下一级的入口，有时在中间设置一定长度的整流段，使水流平稳，消能充分。

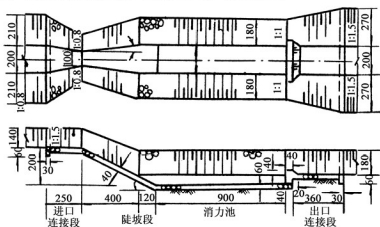


图 1-23 扩散形陡坡（单位：cm）

1.3.4 泄水建筑物

为防止渠道水流超过允许最高水位，酿成决堤事故，保护危险段及重要建筑物的安全，或为放空渠水以进行渠道和建筑物维修等目的所修建的建筑物称为泄水建筑物。泄水建筑物分两类，一是放空渠水或将入渠山洪排出的泄水建筑物，如溢流堰、泄水闸、虹吸泄洪道等；

