

小型渠道 建筑物设计

DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES

〔美〕A. J. 小艾森布雷 R. B. 海斯 等著

沈之良 何成旆 等译



水利电力出版社

小型渠道建筑物设计

DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES

[美]A.J.小艾森布雷 R.B.海斯 等著

沈之良 何成旆 等译

水利电力出版社

A.J.Aisenbrey Jr R.B.Hayes
DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURES
UNITED STATES DEPARTMENT OF THE
INTERIOR Bureau of Reclamation 1978

2W58/4

小型渠道建筑物设计

【美】 A.J.小艾森布雷 R.B.海斯 等著
沈之良 何成饰 等译

*

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·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 24印张 539千字
1987年10月第一版 1987年10月北京第一次印刷
印数0001—5630册 定价5.40元
书号 15143·5919

译 者 的 话

本书为美国内务部垦务局1978年出版的“小型渠道建筑物设计”(Design of Small Canal Structures)一书的中译本。书中介绍了三十余年来垦务局在农田水利工程小型渠道建筑物方面所采用的各种型式。虽然设计是针对过流能力为100英尺³/秒以下的建筑物,但是所用工程原理同样可以适用于更大流量的建筑物上。书中对某些渠道建筑物的设计标准化,量水、输水、配水等建筑物的布置方式及构造细部,以及渠道建筑物的消能与安全运用方面,均有详细的介绍,可供农田水利工程和有关专业人员使用和借鉴。

由于版面限制,译时对原书的某些内容有所删减。

本书由清华大学水利系水资源工程教研组谢森传(第一章、第八章)、沈之良(第二章)、何成旆(第三章、第四章)、翁文斌(第六章)、曾道先(第五章)、张超(第七章)等同志合作翻译。除第二章由何成旆校对外,其他均由沈之良负责校对,并由何成旆负责整编。

由于译者水平有限,谬误之处,欢迎指正。

目 录

译者的话

第一章 一般要求和设计条件

A. 一般要求

1-1 目的	1
1-2 建筑物	1
1-3 其他要求	2

B. 设计条件

1-4 概述	4
一、荷载	
1-5 概述	4
1-6 恒载	5
1-7 操作平台的均布活载	5
1-8 侧向压力	5
1-9 其他压力	5
1-10 传递到埋藏式管道上的轮载	6
二、稳定性	
1-11 承载能力	7
1-12 滑动系数	7
1-13 倾倒	7
1-14 渗透	7
三、水力学	
1-15 水力控制	7
1-16 水头损失	8
1-17 流量系数	8
四、结构设计条件	
1-18 钢筋混凝土	9
1-19 型钢和焊接	14
五、渠道	
1-20 超高	14
1-21 冬季运行	14
1-22 剖面图	15
六、建筑物的模板	
1-23 整体浇筑混凝土	15

1-24 预制混凝土	15
参考文献	16

第二章 输水建筑物

A. 概 述

2-1 目的	17
--------------	----

B. 道路交叉

2-2 目的和描述	17
2-3 应用	17
2-4 优点	17
2-5 设计条件	17
2-6 设计例子	20

C. 倒虹吸

2-7 目的和描述	22
2-8 应用	22
2-9 倒虹吸的优缺点	22
2-10 建筑物组成	24
2-11 水力设计条件	25
2-12 设计步骤	28
2-13 设计例子	29

D. 台式渡槽和高架渡槽

2-14 目的和描述	36
一、水力条件	
2-15 渡槽断面	37
2-16 渐变段	37
二、矩形台式渡槽的结构条件	
2-17 渡槽断面	38
2-18 设计例子	39

E. 跌 水

一、概述

2-19 作用	45
2-20 水力设计	46

二、矩形斜槽跌水

2-21 目的和描述	46
2-22 优缺点	46

2-23	建筑物组成部分	49
2-24	渗透	51
2-25	具有控制进口和静水池出口的矩形斜槽跌水设计例子	51
2-26	有节制闸进口和静水池出口的矩形斜槽跌水设计例子	66

三、管式跌水

2-27	目的和描述	67
2-28	优缺点	67
2-29	1 型管式跌水建筑物的组成部分	69
2-30	1 型管式跌水的设计条件	90
2-31	2 型管式跌水建筑物的组成部分和设计条件	91
2-32	有控制和管式进口的 1 型管式跌水设计例子	124

F. 泻槽

2-33	目的和描述	127
------	-------------	-----

一、明渠式泻槽

2-34	设计条件	129
2-35	设计步骤	139
2-36	设计例子	139

二、管式泻槽

2-37	管式泻槽	145
------	------------	-----

参考文献	151
------------	-----

第三章 调节建筑物

A. 概述

3-1	调节建筑物	152
-----	-------------	-----

B. 节制闸

3-2	目的和描述	152
3-3	组合建筑物	153
3-4	间距	153
3-5	设计条件	153
3-6	设计例子	157

C. 节制跌水闸

3-7	目的和描述	158
3-8	设计条件	159
3-9	应用	161
3-10	设计例子	161

D. 分水闸

3-11	目的和描述	164
------	-------------	-----

3-12	设计条件	165
3-13	无量水设施的分水闸	165
3-14	设计例子	165
3-15	有量水设施的分水闸	168
3-16	设计条件	169
3-17	设计例子	172

E. 配水建筑物

3-18	目的和描述	178
------	-------------	-----

F. 节制闸和管式进口

3-19	目的和描述	180
3-20	应用	181
3-21	设计条件	181
3-22	建筑物编号	184
3-23	设计例子	184

G. 控制和管式进口

3-24	目的和描述	187
3-25	应用	188
3-26	设计条件	188
3-27	建筑物编号	188
3-28	设计例子	189
参考文献		194

第四章 保护建筑物

A. 概 述

4-1	目的	195
-----	----------	-----

B. 退 水 道

4-2	描述	195
4-3	位置及数量	196
4-4	退水道泄流能力的考虑	196
4-5	限制	197
一、侧槽式溢水道		
4-6	概述	197
4-7	设计条件	197
4-8	设计例子	199

二、带闸门的退水道分水闸

4-9 概述	203
4-10 水力学	204
4-11 启闭机和卷扬机	206
4-12 其他条件	206
4-13 设计例子	207
三、虹吸溢水道	
4-14 概述	210
4-15 设计条件	210
4-16 设计例子	212
四、带节制闸进口的退水道分水闸	
4-17 概述	215
4-18 设计条件	215

C. 横向排水建筑物

4-19 概述	216
一、涵管	
4-20 概述	216
4-21 定线	217
4-22 剖面	217
4-23 管道	217
4-24 进口	217
4-25 出口	219
4-26 水力学	220
4-27 管子截流环	222
4-28 保护	223
4-29 设计例子	223
二、跨渠槽	
4-30 概述	228
4-31 定线	228
4-32 纵剖面	228
4-33 设计流量	228
4-34 水道	228
4-35 进口型式	230
4-36 出口型式	230
4-37 管式跨渠槽水力学	231
4-38 混凝土跨渠槽水力学	233
4-39 其他考虑	236
4-40 设计例子	236
三、排水进口	
4-41 概述	242

4-42	管子排水进口	243
4-43	土渠中的矩形混凝土排水进口	245
4-44	排水进口的其他型式	247
4-45	设计例子	248
参考文献		251

第五章 量水建筑物

A. 概 述

5-1	量水建筑物的形式	252
-----	----------------	-----

B. 巴歇尔 (PARSHALL) 水槽

5-2	描述	252
5-3	优点	253
5-4	缺点	253
5-5	尺寸选择	253
5-6	自由泄流的设计例子	253
5-7	淹没泄流的设计例子	255
5-8	利用图表确定流量和自由水流	257

C. 改良型巴歇尔水槽

5-9	说明	266
5-10	上游渠道水面的确定	267

D. 静 水 井

5-11	描述	267
5-12	设计准则	267

E. 堰

5-13	目的和描述	268
5-14	堰的型式	268
5-15	水流型式	269
5-16	应用	269
5-17	可调堰	269
5-18	优点和缺点	270
5-19	精确量测的要求	271
5-20	水头——流量关系	275
5-21	堰的选择与设置例子	278

F. 堰 箱

5-22	目的和描述	296
------	-------------	-----

5-23	设计条件	296
5-24	设计例子	299

G. 明流流量计

5-25	目的和描述	300
5-26	设计条件	300
5-27	优点	301
5-28	缺点	302
参考文献		302

第六章 消能工

A. 概 述

6-1	消能工	303
-----	-----------	-----

B. 护坦带消力墩的跌水

6-2	概述	303
6-3	设计条件	305
6-4	设计例子	307

C. 带消力梁的出口

6-5	目的和描述	311
6-6	水力条件	312
6-7	泥沙和垃圾	313
6-8	保护	314
6-9	水池宽度的设计步骤	315
6-10	设计例子	323

D. 带垂直套闸的静水井

6-11	概述	325
6-12	设计条件	328
6-13	设计例子	332
参考文献		336

第七章 渐变段与冲刷保护

A. 渐 变 段

一、概述

7-1	目的和描述	337
7-2	型式	337

二、管子建筑物渐变段的设计条件

7-3	水力设计	342
7-4	截水墙	343
7-5	标准化	344
7-6	1 型渐变段 (折背式)	344
7-7	2 型渐变段	345
7-8	3 型渐变段	346
7-9	4 型渐变段	346
7-10	5 型渐变段	346
7-11	土渐变段	347

B. 冲刷保护

7-12	目的和描述	347
7-13	倒虹吸	347
7-14	横向排水建筑物	347
7-15	其他建筑物	349
参考文献		349

第八章 管子和管子附件

A. 概 述

8-1	管子和管子附件	350
8-2	水头损失	350

B. 管 子

8-3	预制钢筋混凝土压力管 (PCP)	351
8-4	预制钢筋混凝土涵管 (RCCP)	351
8-5	波纹金属管 (CMP)	352
8-6	石棉水泥管 (AC)	352
8-7	加筋塑性砂浆压力管 (RPM)	352
8-8	焊接钢管 (WSH)	352
8-9	其他管子	353

C. 管 子 附 件

8-10	管子截流环和渗流	353
8-11	管子弯头	355
8-12	管子嵌入	358
8-13	管子接缝	360
8-14	管道的安全栅	364
8-15	排空装置	364
8-16	通气孔	368
8-17	台阶型管锥	369
8-18	管道的土方工程	371
参考文献		372

第一章 一般要求和设计条件

A.J.小艾森布雷

A.一般要求

1-1 目的 为了作物增产,必须通过安全可靠的灌溉系统把水送到田间。被太阳晒干的土壤,只有通过灌溉才能使干旱荒芜的沙漠变成高产农田。如果在作物需水的时候能及时灌溉,那么,增加优质作物的产量是极为可能的。

渠道常常是用来输送农田灌溉用水的,但除此之外,渠道也可用来输送城市市政、工业和郊外游览场所用水,而水库还可提供多种娱乐。

输水渠道及其建筑物应当在维修量最少、操作方便和水量损失最小的条件下充分有效地发挥其作用。

1-2 建筑物 为了能够有效地输送、控制和量测渠道流量,为了防止洪水破坏渠道,在灌溉系统中需要有各种类型的渠道建筑物。

本书中各种输水、调节和量水建筑物的设计流量都限于100英尺³/秒之内。

(a) 输水建筑物 由于地形或人为障碍物的影响,为了使渠道沿着一定的线路送水,除了渠道本身以外,还必须有渠道建筑物。这些建筑物包括(1)过沟建筑物倒虹吸;(2)与道路相交时的交叉建筑物;(3)沿着峻陡山坡的台式渡槽;(4)安全地把水引到山坡低处的跌水或陡槽。

(b) 调节建筑物 从供水水源开始就要调节渠道的流量。调节建筑物可以是河流上引水坝附近的渠首建筑物,可以是在较大一级渠道上的分水闸,也可以是水库或大渠道上的泵站。水源以下,主要用分水闸的出流来调节渠道流量。如果要在几个方向分流,就可以用分水建筑物来调节每个方向上的流量。渠道上的各种退水建筑物也可用于控制渠道流量,但是这一般属于保护建筑物,因为它们的主要作用是宣泄渠中多余的流量,从而保护渠道免受危害。

当渠道流量小于设计流量时,为了使某一分水建筑物仍能放出其设计流量,就可以用节制闸来抬高水位。为此目的,在渠道上每隔适当的距离应设有节制闸。

(c) 量水建筑物 要管理好一个灌溉系统,就需要测量其流量和输送的水量,首先可以做到合理用水,同时,也可以防止浪费水,从而增加这一自然资源的储备。

通常使用的量水建筑物或设备有巴歇尔水槽、堰、堰箱、明流流量计和常水头测流孔等。

常水头测流孔有时在直线渠道上也用作量水建筑物,但更通用在分水闸上,所以放在调节建筑物一章讨论。

(d) 保护建筑物 这些设施必须使位于山坡上的渠道免于山洪的袭击,使渠道不致

由于山洪进入或渠系误操作引起的渠道流量过大而造成破坏。横跨渠道的排水建筑物和退水道能担负这个任务。

横跨渠道的排水建筑物用来导泄暴雨径流，这种建筑物可以是穿过渠底的涵洞，也可以是跨越渠道的跨渠槽，或者是进入渠道的排水进口。

退水道可以是侧流式溢洪道、带弧形闸门的溢洪道或虹吸式溢洪道来排泄多余的渠道水流。

(e) 建筑物的构件和附件 几乎所有渠道建筑物都是由几种不同的部件组成的，这些部件（构件和附件）包括：

(1) 管子 常常用于地下结构。它可以是承内水压或不承内水压的。可以用各种不同的材料做成，如：钢筋混凝土，石棉水泥，焊接钢板，波纹金属，加筋塑性砂浆。根据不同的条件选择适当管材的问题将在第八章中讨论。

(2) 管子附件 这些附件包括：套环、通气孔、排放装置、进入孔。这也将第八章叙述。

(3) 渐变段 渐变段是建筑物进口或出口连接渠道或天然沟渠的过渡段。采用的钢筋混凝土渐变段有几种不同的形式。当需要改变底宽和底坡时可用土的渐变段，见第七章渐变段部分。

(4) 消能工 在跌水或陡坡的出口端，为了消除剩余能量，都要使用消能工。消能可通过消力池里的水跃或带消力坎出口的水流撞击来实现。消能也可以用管子里的水跃，用带消力墩底板上的碰撞，用在高水头的立式消能工中的水流撞击和闸阀的损失或者用只有几英尺高的垂直跌水进入一个水池中来实现。消能工在第六章中讨论。

(5) 安全设施 它是用来防止人、畜或野生动物掉进渠道建筑物中的设施。如果人畜等偶然地进入这些设施，也可以帮助它们逃离。各种各样的栅栏、护栏、网栅、爬梯和各种标志都可以用作安全保护设施。

1-3 其他要求 对于一个完整的输水渠系的设计来说，它的许多重要要求已经超出本书的范围。因此，在这里只简要地介绍一下比较基本的条件，以便读者查阅其它重要的详尽的设计要求。



图 1-1 在泊汗赛 (Boise Project) 工程中的甜菜灌溉。美国爱达荷州

(a) 渠道 灌溉渠道设计流量由最大用水量来决定，这个用水量取决于如下条件：(1) 灌溉面积；(2) 种植的作物；(3) 轮灌还是续灌；(4) 蒸发和渗漏损失；(5) 作物对水的利用系数。与所要设计的灌溉系统条件相类似的实际用水资料对于估计每英亩灌溉面积需水量是很有价值的。还应该考虑到土壤特性和气候条件。图1-1表示从引水沟中对作物进行沟灌的情况，图1-2表

示喷灌的情况。

田间的灌渠布置主要取决于地形和经济条件。例如，如果不能自流灌溉，那么在经济分析中应考虑水泵抽水的附加费用。

渠道水力特性的选择应考虑到土渠边坡和渠底的抗冲能力，渠道边坡的稳定和水力效率，操作灵活和经济效益。渠道衬砌和衬砌类型的选择也是需要考



图 1-2 在科赤拉河谷 (Coachella Valley) 的喷灌。美国加利福尼亚州

(b) 其他建筑物 隧洞、桥

梁、公用的交叉建筑物以及鱼栅、鱼梯等建筑物在本书中不作详细介绍。

渠道遇到山脊或丘陵的阻碍，如果用水泵提水越过、修盘山渠道绕过去或开挖深明渠穿过去都很不经济时，可采用隧洞输水。

对于流量远大于100英尺³/秒的渠道与道路相交时，常常修建桥梁跨越渠道。但是，在渠系中的水头很宝贵的情况下，如果通过管式道路交叉建筑物的水头损失很显著，那么就有必要对桥和道路等交叉建筑物进行成本比较。

公用事业交叉建筑物是为公用事业设备如油、气、水、污水、电线和通讯线路等设置的，这些公用事业线路可以从上方跨越渠道，也可以从渠道底下通过，往往必须根据公用事业设备拥有者的要求和渠道设计准则加以特殊的考虑。

拦鱼栅和鱼梯是在渠首或渠首附近的特殊建筑物。拦鱼栅是使鱼和渠道隔离，而鱼梯则允许鱼群在天然河道中迁移。

(c) 土壤勘探 下面只是结合土壤勘探计划很一般地和简短地讨论一些更为重要的问题。对于钻孔、取样、试验步骤和方法也很重要，参阅[1]●。

沿渠线和建筑物位置处的土壤调查要求：(1)了解挖方的土质；(2)了解作渠堤填料的土质；(3)确定渠道建筑物和衬砌的地基适宜性；(4)确定渠道衬砌的必要性；(5)确定渠道边坡的稳定性；(6)评定抗冲特性；(7)确定衬砌渠道底部排水的必要性；(8)确定水溶性硫酸盐的浓度。

挖方土料无非是岩石或土壤，受到扰动并用作渠道填方的土料，如果不采用刚性渠道衬砌，理论上应是不会膨胀的，具有一定的重塑抗剪强度，相对比较不透水和具有抗冲能力。自然状态的土壤也应有这些性质。为了渠道的填方，建筑物旁的回填以及建筑物下面的地基垫层，有时还需要确定一个取土料场。

渠道通过的地方有低密度且对水的湿陷很敏感的土壤要进行详细描述。另外，对有地下水位的任何钻孔，其地下水位的深度也要记录下来。

本书所述的渠道建筑物都是比较小的，地基压力很小。所以，由于地基固结引起的建

● 方括号中的数字是指参考文献中的条款，下同。

筑物下沉通常较小。但是,为了防止地基土壤的膨胀和密度过小的土壤的下陷,地基处理还是需要的。

土壤和水中的硫酸盐浓度,表明了混凝土受侵蚀的相对程度[2],为了保护混凝土,说明采用合适的水泥品种是很有必要的。有时,在混凝土拌合物中也用粉煤灰作为抗硫酸盐剂[3]。

即使执行了很完备的土壤勘探计划,也必须永远记住著名土壤工程师卡尔·太沙基的告诫:“……地下勘探的结果仍然留下很宽阔的空白需要解释”[4]。所以,对全部土壤勘探计划必须进行合理的评价。

(d) 水文 渠道系统需要很好地防止洪水的破坏。对于一个天然排水的集水面积,地面坡度、植被状况和暴雨设计频率都会影响到排水建筑物的设计能力。

(e) 淤积 对天然排水沟的冲淤研究,可为确定建筑物覆盖土的回填厚度提供必要的资料。例如,埋在排水渠底倒虹吸管顶的回填厚度,刷深足以把空管浮起;相反,淤积会产生足够大的外部土压力使管子破坏。

(f) 操作与维修 垦务局设计系统中,常用操作规范(DOC)来帮助操作维修人员,使渠道系统避免由于操作不当或维护不好而造成破坏。一个周密的维修计划还应包括控制杂草、水草以及害虫生长。

实践证明:一个维修和操作良好的渠道系统,常需要有一批有献身精神的工作人员——对自己的工作和事业感到自豪的人。

B. 设计条件

1-4 概述 本书中的标准化渠道建筑物,表示了钢筋和混凝土尺寸,并且为水力、结构和稳定设计提供了合适的尺寸。

水力计算提供:(1)渠道建筑物流量,当这些建筑物被选用并采用了合适的水力布置时,能在正常渠道水深下输水;(2)渠道建筑物适当的溢流能力,以便限制当误操作或事故操作时,对渠坡自由超高的侵占;(3)适当的结构配合和建筑物水力布置,以便在建筑物下游端紊流小的情况下,使多余能量有可能消除;(4)某种渐变段结构的配合,以便减少水头损失。

结构计算提供:结构构件合适的混凝土厚度和钢筋型式,以便抵抗作用在建筑物上的荷载所产生的弯矩、轴力和剪切等内力。

稳定计算提供合适的结构尺寸,以便使大多数土基上的建筑物能:(1)抗滑和抗倾倒;(2)防止渗流冲走地基土料;(3)保证地基压力小于地基的最大允许承载力。

对尚未标准化的建筑物,用设计例子来说明水力计算的步骤,但不包括结构计算和稳定分析。

一、荷载

1-5 概述 渠道建筑物承受的荷载包括恒载、操作平台上的活载、侧向压力、冲击

压力、扬压力和车辆荷载。

1-6 恒载 小型渠道建筑物常用的恒载如下表所列:

荷 载	重 量 (磅/英尺 ³)	荷 载	重 量 (磅/英尺 ³)
水	62.4	压实回填土, 干的	120
回填土: 干的	100	饱和的	135
饱和的	125	混凝土	150

为了便于区别, 在地下水位以上的土叫干土, 地下水位以下的土叫饱和土。显然, 邻近建筑物的土壤不是干的, 而是具有一定的含水量。

1-7 操作平台的均布活载 对于使用叠梁的建筑物操作平台, 按150磅/英尺²均布活载设计, 其他用100磅/英尺²均布活载考虑。对于弧形闸门起闭机平台, 须按专门的结构设计考虑, 不包括在这里。

1-8 侧向压力 作用于建筑物墙上的侧向压力有几种不同的起因, 这些压力的合力必须由钢筋混凝土来承担。

(a) 水 每英尺深的水压力是62.4磅/英尺²/英尺, 其压力图形是三角形, 合力作用点在压力图形底边以上 $\frac{1}{3}$ 的高度处。

(b) 土 主动土压力可以用库仑 (Coulomb) 方程的朗肯 (Rankine) 解来确定 [5]。其压力图形 (和水压力一样) 假设如三角形, 合力作用点也在压力图形底边以上 $\frac{1}{3}$ 的高度处。正是由于它和水压力相似, 所以, 有时把土压力表示成等效水压力。

各种标准化渠道建筑物, 湿土主动侧向土压力按每英尺深30磅/英尺², 饱和土主动侧向土压力按每英尺深85磅/英尺²来设计。除特殊性质的土壤之外, 采用上述参数对小型渠道建筑物来说是足够的。作用在混凝土挡土墙上的土压力的详细讨论可参阅参考文献 [5]。

(c) 施工和操作设备的车轮超载 建筑物的墙应该能够经得起施工和运行时设备的车轮荷载, 这个荷载是通过与建筑物相邻的土壤传递过来的, 附加侧向荷载相当于通常采用2英尺的土壤超载。结果形成一个均布的附加侧向压力 (矩形压力图形), 从回填土表面到墙底均为60磅/英尺²。标准化的渠道建筑物的设计是考虑了这个附加荷载的。

(d) 冰 冬天也运转的渠道应当考虑冰压力, 冰压力的大小可以用参考文献 [5] 所介绍的数据。

(e) 风 小型灌溉渠道建筑物的结构和稳定分析不包括风压力。

1-9 其他压力

(a) 扬压力 扬压力的产生是由于水沿着水工建筑物的底或边缘渗流, 使建筑物的有效重量减少。所以, 在稳定分析中有特别重要的意义。