

883756

渠道及水库 防渗技术译文集

全国渠道防渗情报网



水利电力出版社

513

35887

渠道及水库防渗技术译文集

全国渠道防渗情报网

水利电力出版社

之商

图一
方向
星

述
受
海

技

内 容 提 要

本译文集是从英、日、俄、德文种的有关渠道及水库防渗技术论文和试验研究资料中精选的，共29篇。包括美、英、苏、日、印度、民主德国等国家的研究成果，内容涉及渠道设计方法，渠床稳定性，渠系输水损失，渠道糙率，渠道防冻措施，输水管道的安全运行，土坝护坡，以及渠道防渗的新材料，新的施工方法、施工工艺，新的防渗衬砌设计等。

本译文集可供从事渠道和水库防渗设计、施工、管理和试验研究工作的同志阅读，也可供大专院校有关专业的师生们参考。

渠道及水库防渗技术译文集

全国渠道防渗情报网

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京昌平沙河建华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.5印张 351千字

1988年12月第一版 1988年12月北京第一次印刷

印数0001—3300册 定价6.70元

ISBN 7-120-00533-2/TV·171

要继续积极引进国外先进技术，并使之同国内的科学技术研究
密切结合，切实加强引进技术的消化、吸收和创新。

——摘自《沿着有中国特色的社会主义道路前进》

赵紫阳

3/18/74

前 言

渠道防渗是节约水量、加快输水提高水的利用率的重要措施之一，历来受到党和政府的重视。在1987年召开的全国农村水利工作座谈会上，水利电力部钱正英部长在报告中提出：“灌区节水改造，是灌区挖潜的重要措施，既可节水节地，又可扩灌增产。节水改造的主要内容是渠道防渗……。”这足以说明部领导是重视渠道防渗和节水工作的。

我国解放后，特别是近10年来，渠道和水库防渗工程有很大的发展，不仅取得明显的经济效益，而且大大提高了防渗科学的技术水平。特别是在膜料防渗等新材料，椭圆、弧形和U形断面渠道新的结构型式、冻害机理及抗冻措施的试验和推广，在防渗方案的经济分析及其论证，渠道防渗衬砌机械化、半机械化施工等方面，均取得了长足的发展。

随着我国工农业的发展，需水量大增，加之我国水资源贫乏，而又受到不同程度的污染，故缺水矛盾日益严重。因此做好水库防渗补漏，增加蓄水量，做好渠道防渗，减少渗漏损失，节水节能扩灌将是具有战略意义的长期任务。

为了适应我国渠道和水库防渗工程发展的需要，也为了促进防渗科学技术和研究工作的协作攻关和情报交流，在水利电力部科技司和水利电力部科技情报研究所的大力支持下，全国渠道防渗情报网在因地制宜积极开展防渗科学试验研究工作的同时，还通过水利电力部科技情报研究所的终端检索了1980~1986年英、日、俄、德文种的有关渠道、水库防渗试验研究方面的新材料、新施工工艺，新的防渗衬砌设计和试验研究的资料数十篇，组织网内外技术人员翻译和校勘之后，于1987年3月专门召开会议，对译稿集中进行了编辑和审阅，最后定稿29篇，约40万字，以《渠道及水库防渗技术译文集》为书名，公开出版发行，本译文集在资料检索翻译校对，编辑和出版工作中，得到了水利电力部科技司，水利电力部科技情报研究所的大力支持和帮助，并从经济上支持本书的出版，湖南、贵州、陕西和福建水利（水电）厅为文集的编辑出版付出了巨大的劳动，贵州省水电厅还给予经费资助，该厅的潘正熊、吕瀚方、刘映红同志以及所有论文的译者和校者均做了大量的校阅工作、在此均一一致以衷心的感谢。

本译文集可供从事渠道和水库防渗设计、施工、管理和试验研究工作的同志以及有关大专院校的师生们参考。

本译文集由建功、朱强、陶景行、潘正熊、袁成、严晓达等同志任主编、副主编。由于水平有限及经验不足，译文集的缺点和错误在所难免，热忱希望读者批评指正。如有赐教，请寄贵阳市西湖巷24号贵州省水利电力厅科技处。

全国渠道防渗情报网

1988年1月

目 录

前 言

降低渠道衬砌造价的设计方法.....	(1)
土渠渠床稳定性的保证.....	(8)
填方渠道的设计.....	(16)
抛物线形断面渠道的施工.....	(21)
大型明渠衬砌施工方法的研究.....	(24)
弧形渠底在衬砌渠道中的应用.....	(32)
衬砌灌溉渠系的输水损失.....	(39)
衬砌渠道损坏原因及其解决方法.....	(45)
混凝土衬砌渠道的绝对糙率.....	(55)
整体混凝土板与塑膜复合衬砌渠道的施工.....	(61)
二十公里无缝的混凝土衬砌渠道.....	(36)
草皮衬砌明渠的设计方法.....	(71)
关于灌区衬砌小型配水渠道的最优决策.....	(79)
渠道的防冻措施.....	(85)
塑料薄膜衬砌渠道防渗效果计算.....	(99)
土工膜料在大坝建设中的应用进展.....	(108)
土石坝上游坝坡的几种防渗面板.....	(113)
水泥石在土坝护坡及库盆防渗衬砌铺盖中的应用.....	(118)
用水泥土作土坝的护坡.....	(123)
美苏塑料薄膜与土壤稳定剂联合研究.....	(127)
塑膜衬砌渠道的防渗性能.....	(147)
关于机械化衬砌灌溉渠道规范和设计准则.....	(183)
保障喷灌灌区输水管道的安全运行问题.....	(200)
在有防渗面板情况下水位下降规律的探讨.....	(203)
灰土的渗透性.....	(208)
两种粘土防渗衬砌体的透水性试验研究.....	(215)
土工膜料产品.....	(224)
多重织物土工布的应用.....	(230)
复合土工织物的应用实例.....	(236)

降低渠道衬砌造价的设计方法

[英] 汤马斯·丁·托鲁达 著

提 要

在明渠底部及斜坡衬砌材料单价不相同的情况下，利用代数直接求解得出一种渠道衬砌剖面造价优化计算法，在图解中，既可得出最优的参数组合，也可以指出偏离最优设计时的差价。这图解或分析技术可适用于任何梯形渠道。由这种技术表明稍为偏离最优设计也不会使造价有很大的增加。

前 言

渠道衬砌的造价取决于衬砌材料的用量，而单位长度上的材料费就是衬砌厚度和周边长度的函数，即取决于渠道剖面形状。在一定比降的渠道，其过水能力又是剖面形状的函数。利用这相互关系，可以求取一个衬砌造价为最优的剖面。

如衬砌材料均一而等厚，这只是求解最优水力条件剖面的问题[文献1]，但如果材料或厚度是沿周边变化的，那问题就变得相当复杂了。本文提出一个适用于底部材料与边坡材料单价不相同的梯形断面（或矩形）渠道最优造价设计计算方法。

这个分析不涉及铺砌及其他土建价。如果这些都可用单位面积核算的，就可以连同材料合计成单位面积造价，否则要另行核算。这方法对建筑长渠或劳动力相对于材料是比较便宜的情况特别有用，例如在发展中的国家那样。

基本方程式

水力关系：明渠均匀流的输水能力可以用曼宁公式确定。

$$Q = \frac{c}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (1)$$

式中 Q = 流量； c = 常数，美国制用1.486，国际标准单位用1.0； n = 曼宁氏糙率， A = 过流面积； R = 水力半径 = A/P ； P = 湿周； S = 比降。对于一条渠道， Q 、 n 及 S 属于已知条件（即设计流量；建筑材料及工艺；地形），设计者要计算的要素就是 A 及 R ，即

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{cS^{1/2}} \quad (2)$$

式(2)的左边称为剖面因子[文献1]，用以表示渠道的几何容量。问题是要在满足规定剖面因子的情况下去降低造价。

现有建成的衬砌渠道，以梯形剖面为最常见，矩形和三角形只是梯形的特例。梯形的剖面因子是：

$$AR^{2/3} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} = \frac{(BD + ZD^2)^{5/3}}{[B + 2D(Z^2 + 1)^{1/2}]^{2/3}} \quad (3)$$

式中 Z = 边坡坡度（水平比垂直）； B = 底宽； D = 正常水深。连同式（2）求解 D 值，得到

$$D = \frac{\left[\frac{B}{D} + 2(Z^2 + 1)^{1/2} \right]^{1/4}}{\left(\frac{B}{D} + Z \right)^{5/8}} \left(\frac{Qn}{CS^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (4)$$

如 B/D 比值及边坡为已知值，渠道剖面的几何参数立即可以确定。文献[3]给出梯形渠道最优 B/D 比值

$$\frac{B}{D} = 2(Z^2 + 1)^{1/2} - 2Z \quad (5)$$

将式（5）代入式（4），得到单位长度用均质材料衬砌而造价最低的剖面是

$$D = \frac{[4(Z^2 + 1)^{1/2} - 2Z]^{1/4}}{[2(Z^2 + 1)^{1/2} - Z]^{5/8}} \left(\frac{Qn}{cS^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (6)$$

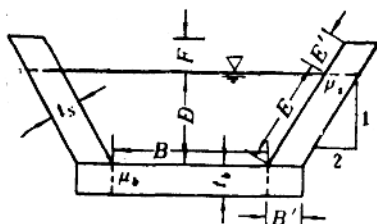


图 1 梯形渠道造价计算要素简图

选定了边坡、糙率、设计坡降和流量，即可由式（5）确定 B 值。

造价计算式——造价是耗用材料体积的函数。在选定衬砌材料厚度之后，单位长度渠道的造价决定于湿周长、超高及角隅结构用的材料价。当底部及斜墙材料不一样，可按图 1 各项参数用式（7）（8）及（9），核算梯形渠道的造价。

$$C_b = \mu_b \times \text{单位长度的体积} \\ = \mu_b \times t_b (B + 2B') = bB + K \quad (7)$$

$$C_s = \mu_s \times \text{单位长度的体积} \\ = \mu_s \times t_s \times (2E + 2E') = 2d(D + F)(Z^2 + 1)^{1/2} \quad (8)$$

$$C = C_b + C_s = bB + 2d(D + F)(Z^2 + 1)^{1/2} + K \quad (9)$$

式中 C = 单位长度总材料价； C_b = 单位渠长底部材料价； C_s = 单位渠长两面边坡材料价； B = 底宽； B' = 底部角隅宽度； t_b = 底部衬砌厚度； D = 过水深； F = 超高； t_s = 边坡衬砌厚度； E = 斜坡浸水长度； E' = 超高段斜坡长度； Z = 边坡坡度（水平边比垂直边）； μ_b = 底部衬砌材料单位体积价； b = 厚度为 t_b 的材料单位面积用料价； K = 单位渠长角隅结构用料价； μ_s = 斜坡用料单位容量价； d = 厚度为 t_s 的斜坡单位用料价。

计算式的求解

当底部与边坡衬砌用料不同价的情况，用式（3）或（4）按指定的剖面因子求解最

优选的梯形剖面就是要使式(9)造价项为最低值。在数学上这种优选方式相似于解决以最低资金劳力投入,去求产出这类微观经济问题[文献2]。我们的产出就是渠道的输水能力。“产出机构”就是剖面因素方程式,我们的投入就是剖面的参数 B 、 D 及 Z 。

求解的基本技巧包括多元输入,使临界产出比值等于临界造价比值。虽然这在数学上会变得繁琐,但可以应用于格朗日乘数式将多项值元输入去求解。

为了使渠道衬砌问题简化一些,且可以用代数式直接解出或用图解。假定边坡坡度是均一的,以边度为主参数,因为边坡的选择一般要服从土壤、建筑材料以及施工工艺等条件。定出一些边坡作优化求解便可以筛选出最低造价的边坡坡度。

前面提到,优化工作涉及筛选出使剖面因素临界变化比率要等于造价临界变化比率,或者:

$$\frac{\frac{\partial(AR^{2/3})}{\partial B}}{\frac{\partial(AR^{2/3})}{\partial D}} = \frac{\frac{\partial C}{\partial B}}{\frac{\partial C}{\partial D}} \quad (10)$$

而且要满足式(3)中的剖面因素。将式(3)及(9)代入式(10)并取其偏微分,通过代数运算,这关系可简化成下面的二次形式。

$$K_1 \left(\frac{D}{B}\right)^2 + K_2 \left(\frac{D}{B}\right) + K_3 = 0 \quad (11)$$

$$\text{式中 } K_1 = 20(Z^2 + 1) - \left[1 + 4\left(\frac{b}{d}\right)\right] 4Z(Z^2 + 1)^{1/2} \quad (12)$$

$$K_2 = \left[1 - \frac{b}{d}\right] 6(Z^2 + 1)^{1/2} - 10Z \left(\frac{b}{d}\right) \quad (13)$$

$$\text{以及 } K_3 = -5\left(\frac{b}{d}\right) \quad (14)$$

为求解式(4)的 $\frac{B}{D}$ 比值为

$$\frac{B}{D} = \frac{2K_1}{-K_2 + \left(K_2^2 + 20\left(\frac{b}{d}\right)K_1\right)^{1/2}} \quad (15)$$

这式只需要选定边坡以及底部与边坡材料价的比值。

将选定的材料 b/d 比值及 Z 值代入式(12)及(13),把计算出来的 K_1 及 K_2 代入式(15),然后将推算得到的 B/D 比值用于式(4),这样最低造价的过水深度 D 即可确定。 D 值与 B/D 相乘得出最低造价的底宽从而定出了剖面形状。将剖面各参数代入式(9),可得到单位渠长的衬砌材料造价。

图解法——式(4)及(5)可制成查算图用于作最优造价快速图解。图2的每一条曲线代表一个 $Qn/(cS^{1/2})$ 的剖面因子。通过原点的放射线是各种 b/d 值的式(15)线列图解。每一种边坡要单独绘制一张这样的图,图2是按0.5边坡值绘制的。沿着剖面因子上各点对应的水深及底宽的组合均可满足这一剖面因子的水力条件,而落在某一 b/d 比值线上的 B 及 D 值就是这材料比值的最低造价剖面参数。

通过某一 b/d 射线与一条等剖面因素曲线的交点划一条切线，这切线上各种参数的组合将会是等造价的剖面，还可将此切线与两轴线交点处剖面参数的造价计算出来。

即
$$C = bB_0 + 2dF(Z^2 + 1)^{1/2} + K \quad (16)$$

或
$$C = 2d(D_0 + F)(Z^2 + 1)^{1/2} + K \quad (17)$$

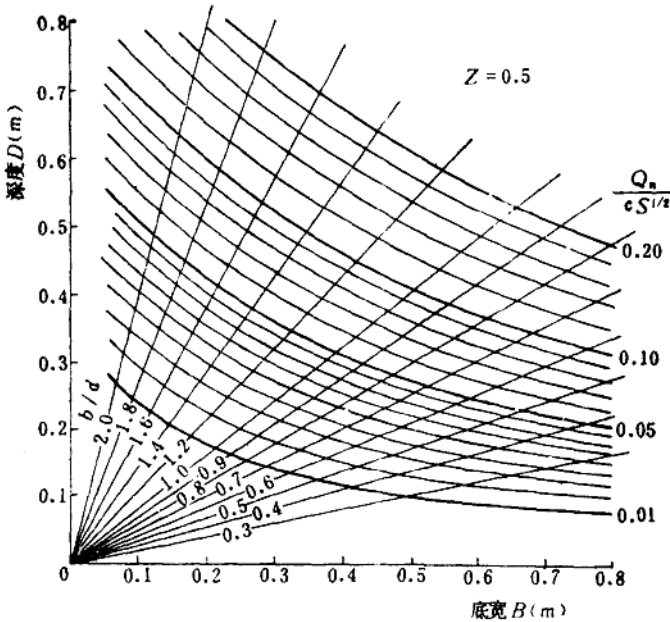


图 2 $Z=0.5$ 边坡的梯形渠道衬砌材料最低造价计算图

式中 B_0 及 D_0 是两个截距处的尺度参数。

按这个原则，某一个等剖面因素曲线上选用的点子因偏离最优设计点而增加的造价，可通过新选用设计点划一条平行于最优点切线方向的直线，把对于 B_0 或 D_0 的偏离值乘以 $2b(Z^2 + 1)^{1/2}$ 就可以给出所增加的造价。这个方法将在实例中加以说明。

简单实例

过水 $0.08 \text{ m}^3/\text{s}$ ，比降为 0.001 (m/m) 的有衬砌渠道。糙率选为 0.014 即需要的剖面因素为 0.035 m 。选定某一种厚度的底部材料其造价为 $3.2 \text{ 美元}/\text{m}^2$ ，侧坡用另一厚度的材料造价为 $2.00 \text{ 美元}/\text{m}^2$ ，给出材料价比值 b/d 为 1.6 。角隅材料单位长度造价为 $0.35 \text{ 美元}/\text{m}$ 。超高采用 0.15 m 。现成的边坡模板坡度为 $2:1$ 即 $Z=0.5$ 。

按所需要的剖面因素由图 2 或用式 (12)、(13)、(15) 及 (4) 求得最优的底宽及深度组合。用图解可沿 $Qn/(cS^{1/2}) = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}$ ，曲线 $b/d = 1.6$ 。射线交点处查得对应最低造价参数是 $D = 0.36 \text{ m}$ 及 $B = 0.19 \text{ m}$ ；查算步骤见图 3。用计算式也可得到相同的结果。总造价按式 (9) 算：

$$C = \$ 3.20 \times 0.19 + \$ 2.00 \times 2(0.36 + 0.15)(0.5^2 + 1)^{1/2} + \$ 0.35$$

$$= \$3.24/\text{m} (\$1.01/\text{ft}) \quad (18)$$

现成的模板底宽为0.4m, 在剖面因素线中取 $B=0.4$ 的点读 $D=0.25$, 将这些参数代入式(9), 然后核算所增加的造价。但也可以如图3所示, 在最优设计点取切线, 再通过采用设计点作平行线, 由此得出底宽等值增加 ΔB , 图示为0.07m, 所增造价为 $\Delta B_0 \times b = \$0.22/\text{m}$, ($\$0.07/\text{ft}$), 也就是7%。

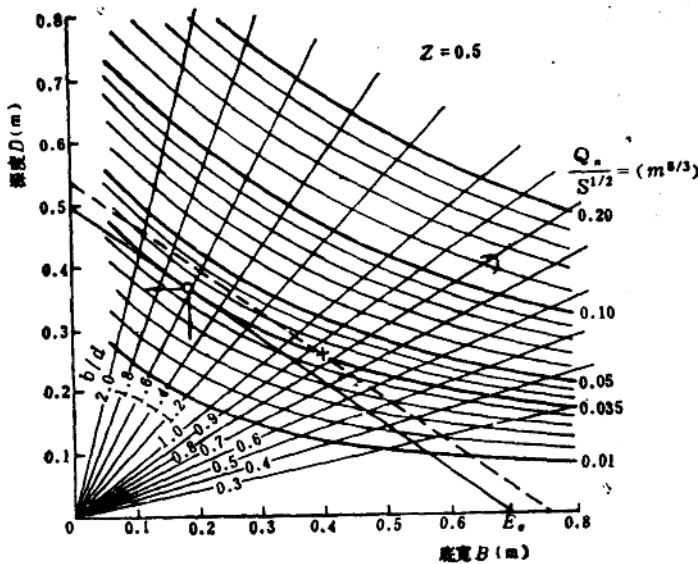


图3 最低造价图解示例及最优设计等造价线的图解按 $B=0.4$ 给出解答

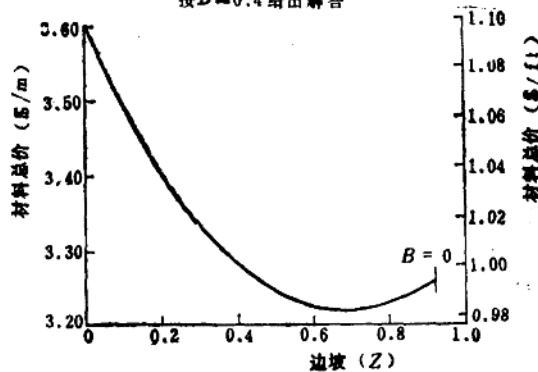


图4 设计计算例中, 材料总价与边坡的关系

图4表示上面算例中材料价对边坡变化的灵敏度。最低价出现于边坡值0.64, 但甚至使用3:1的边坡($Z=0.33$), 造价 $\$0.09/\text{m}$ ($\$0.03/\text{ft}$), 所增也不过是最优值的3%。注意当边坡超过 $Z=0.92$, 最优底宽减为零, 最优造价的渠形为三角形。

正如这个例子所示, 只要不过份地偏离最优点子, 材料造价对尺寸参数的变化不灵敏。用这些公式或图解, 很容易求得所增加的材料造价, 由此可以连同其他施工费用一起作出选择。还应指出, 这图解可以迅速而全面地提供众多的可供选择的剖面参数, 不论对

何种造价均可以有效地计算出各种梯形渠道剖面。

结论及要点

以水力学与微观经济理论为基础，推导出适用于底部及边坡衬砌料不同的梯形渠道最优造价断面的代数及图算直接解法。这种方法，也可以用来评估偏离最优设计点的造价增加量，由这计算方法表示出稍为偏离最优设计点也不会令造价有显著的增加。虽然在减少造价方面的实际作用不会太大，但这类技巧上的简化办法倒是很有用处的。

附录 I 参 考 文 献

- [1] Chow, V. T. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book CO., Inc., New York, N. Y., 1959, pp. 128 and 160.
- [2] Nicholson, W., Microeconomic Theory, Basic Principles and Extensions. The Dreydon Press, Inc., Hinsdale, Ill., 1972, pp. 27—33 and 58—61.
- [3] Streeter, V. L., Fluid Mechanics, 5th ed., McGraw—Hill Book CO., Inc., New York, N. Y., 1971. p 599.

附录 I 符 号

本文使用以下符号：

- A ——过水横断面面积；
- B ——渠底宽；
- B_0 ——图解截距 $D=0$ 处的底宽；
- B' ——底部角隅宽度；
- b ——渠底材料单位面积造价；
- O ——单位渠长衬砌材料造价；
- O_b ——单位渠长底部材料造价；
- O_s ——单位渠长边坡材料造价；
- O ——曼宁常数转化为美国常用单位(1.486)；
- D ——正常水深；
- D_0 ——图解截距 $B=0$ 处水深；
- d ——渠道边坡材料单位面积造价；
- E ——渠道斜坡的湿周；
- E' ——超高的边坡长度；
- F ——超高；
- K ——单位长度角隅材料造价；
- K_1, K_2, K_3 ——由式(12)、(13)及(14)决定的常数；
- n ——曼宁糙率；
- P ——湿周；

- Q ——流量；
 R ——水力半径；
 S ——渠道坡降；
 t_b ——渠底衬砌材料厚度；
 t_s ——渠道边坡衬砌材料厚度；
 Z ——渠道边坡（水平比垂直）；
 μ_b ——底衬砌材料单位体积造价；
 μ_s ——边坡衬砌材料单位体积造价。

本文原载于美国土木工程师协会会刊，灌溉及排水分册，1982年12月108卷1R4号。

袁天煦 译 严晓达 校

土渠渠床稳定性的保证

[苏] B.C.阿尔图宁

在细砂土地基上设计稳定土渠时，通常采用按均匀流计算的理论断面。在上述设计中，既没有考虑风速，冰荷载的作用，也没有考虑边坡上滋长水草及其他方面的作用。在为渠道设计作进一步模型试验的过程中，成功地模拟了土渠在均匀流情况的稳定渠道。试验采用的渠床均匀流流速 v 为： $v \leq v_0$ ，其中 v_0 为模型渠床底部细砂土的不冲流速。为此只好对模型渠床的首段采取边坡和底部的加固措施，加固的办法是渠床上湿润和夯实。然而即使如此，模型渠床上仍可能出现滑坡现象，因为边坡允许的不冲流速小于渠床中的实际流速。

在此必须区分两个概念：一个是组成渠床床基的实际细砂土；另一个是受冲刷的模型渠床中采用的模型细砂。在平均粒径为 $d = 0.15 \sim 0.5 \text{ mm}$ 的情况下，天然细砂土中含有5%以上淤泥和其他粘质土细颗粒。由于它表现出“粘合”作用，因而提高了土质渠道边坡的稳定性。特征均质土特性的关系式是 $d_{0.95}/d_{0.05} \geq 0.8$ 和 $d_{0.95}/d_{0.05} < 5$ ，式中 $d_{0.95}$ 、 $d_{0.05}$ 分别表示小于这两种粒径的颗粒含量占该种土总重的95%和5%。

模型细砂土往往都用专门筛选出的均质砂铺成。同时其中粒径 $d_{0.95}$ 接近平均粒径 $d_{0.5}$ ，即 $d_{0.95} \approx d_{0.5}$ ；而且 $d_{0.95}/d_{0.05}$ 近似等于0.9或更大些，而比值 $d_{0.95}/d_{0.05}$ 接近于3~4。

在天然条件下，土渠渠坡既存在生物护坡作用（植物护坡和微生物护坡），也存在风蚀和雨水侵蚀过程，冻融循环过程，渗漏和入渗过程以及掘土动物打洞等破坏作用。上述这些因素对于土渠边坡稳定具有决定性的意义，但在实验室中是无法模拟的。

用天然土料制作模型砂土有可能引起渠床平面稳定性的严重破坏，因为上述各种因素一般地都无法模拟。沿基土为细砂土的渠线布置土渠及渠系建筑物时，其模型设计只有在计入比 R 效应情况下才能在细砂土模型上实现。

在均匀流情况下，细砂土土渠稳定渠床的水力学计算（渠床稳定性是土渠设计中的首要课题），其关键是在渠内最大设计流量为 Q 时，确定渠床相应的宽深比参数 $B/h_{0.5}$ （ B ——宽度、 $h_{0.5}$ ——平均水深）。

这就是说，土渠平均允许流速 $v_{0.5} \leq 1.5v_0$ （ v_0 为渠道不淤和不长杂草的最小流速）。知道渠床宽深比参数和平均允许流速后，就能够可靠地选出渠道的纵坡降、平均水深和渠床断面型式（也就是可选定最大水深 h_{max} ）。在此基础上，渠道水力计算就可以进行了。稳定渠床或稳定河床的水力计算，有几种计算方法，其中第一种方法如下：平均水深和最大水深是按 $h_{0.5} \sim \sqrt[3]{Q}$ 型河相关关系方程式求算（同时渠道宽可按 $B \sim \sqrt{Q}$ 河相关关系式或按其他特征的经验公式计算）。

上述各方程式是在综合大量河道原型观测资料基础上得出的。可以利用这些关系式根

据造床过程的型态来描述各种形态的稳定河床或稳定渠床横断面形式的多样性。对于细砂土渠基的土渠来说,其渠床断面形式参数关系式为: $\frac{B}{h_{cp}} = \left(\frac{Q}{d_{cp}^2 \sqrt{g \cdot d_{cp}}} \right)^{0.55}$ (1)

式中 $x = (v_{cp} - v_{n1}) / v = \delta / (h_{cp} - \delta)$, v_{cp} ——表面平均流速, δ ——近底水流层厚度), 对于稳定渠道, $x = 1/8$ 。公式(1)在没有宽深比经验数据实测值时,可以根据已知 Q 和 d_{cp} 值来计算渠床断面形式参数,即宽深比参数 B/h_{cp} 值。实际上,稳定渠床断面形式参数的变化范围相当大,如式(2)所示:

$$\frac{B}{h_{cp}} = 0.7C \left(1 - \frac{4.30}{C^2} \right)^{0.5} \quad (2)$$

上式适用于当 $C > 20 \text{ m/s}$ 时,它恰好代表了土渠的特征值。

所以,对于河流泥沙动力学上属于稳定的河床, B/h_{cp} 参数值的变化范围为 $20 \sim 40$ 。

根据泥沙拖曳力理论(稳定渠床式稳定河床水力计算的第二种方法),确定允许切应力与平均粒径的关系 $\tau_{cp} \sim d_{cp}$;然后计算 $h_{cp} \sim (Q, \tau_{cp}, n)$ 的函数关系,这就是说必须定出很难确定的糙率系数值。

计算细砂土稳定渠床上稳定渠道断面的第二种计算方法是:任意给定平均水深 h_{cp} ,或给定在垂直深度 h 处的不冲流速 $v_0 = v_0(h, d_{cp})$ 之后,根据不冲流速公式 $v_0 = v_0$

(h_{cp}, d)来确定主要水力学要素。渠道纵坡降在 $v_{cp} = v_0$ 的情况下,可按谢才公式确定,即:

$$v_{cp} = \frac{h_{cp}^{1/6}}{n} \cdot \sqrt{h_{cp} \cdot J} \quad (3)$$

这个计算方法在下列情况下则不能采用,即:对于小型(Ⅳ级)渠道或中型(Ⅲ级)渠道(中型Ⅲ级指流量 $Q < 350 \text{ m}^3/\text{s}$ 、水深 $h_{cp} < 3.5 \text{ m}$),同时又随意给定糙率。对上述这类渠道(见表1),土渠稳定性主要不是通过稳定计算,而是通过大量的原型观测,并在此基础上用表格形式来表示 n 值。

表 1 非粘性土渠基上不冲不淤稳定性干渠的分类

级别	流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	渠道用途	运行级限期	预期的渠床形式	预期的局部变形
Ⅳ	< 35	灌溉或供水	作物生长期或全年	沙 浪	堤岸冲蚀,渠床淤积,杂草丛生,沉积、淤阻起等
Ⅲ	$35 \sim 350$	灌溉或供水	作物生长期	中等砂丘,草聚心,狭长	同上
Ⅱ	$350 \sim 800$	灌溉、供水、通航、发电	全 年	中等砂丘,草聚心,狭长	同上,塌岸(首先由于波浪的作用)由于水推力引起变形
Ⅰ	> 800	灌溉、供水、通航、发电	全 年	同上和渠湾化趋势	同上

中型(Ⅲ级)、大型(Ⅱ级)、和特大型(Ⅰ级)渠道不仅处于谢才公式的阻力平方区(只有在此区内谢才公式才是正确的),而且也有处于过渡区的。

流量 $Q > 350 \text{ m}^3/\text{s}$ 的大型土渠,其水深大于 5 m 。类似这样断面的水道,在某些基土为黄土的河段上也可以发现。它不仅在流速 $v < 1.5v_0$ 的情况下能形成,甚至在远远大于上

述流速值时也能形成（在汛期）。这样形成的稳定渠床或稳定河床断面，其允许宽深比 $B/h_{cp} > 40$ 。

最复杂的问题是稳定渠（河）床纵坡 J 值的确定。在确定 $\tau_{s,0n}$ 或 h_{cp} 时，它们的误差均会影响纵坡 J 值，因为

$$J = \tau_{s,0n} / \gamma \cdot h_{cp}$$

或

$$J = v / C \cdot \sqrt{h_{cp}}$$

式中 γ ——水的容重；

C ——谢才系数。

通过用大多数计算方法计算和原型观测的结果均表明：细砂土渠床的纵坡 $J > 0.0001$ （见表 2, 3）。与土渠相关的最大纵坡 J 为 0.0015，它能输送大量悬移质（相当于平均含砂量 $q = 2 \sim 4 \text{ kg/m}^3$ ）；并且这种土渠必须由粘土组成或其淤填的淤泥层组成（见表 4），才能适应上述最大的土渠纵坡值。

表 2 渠基为细砂土的卡拉库姆渠段的水力特征值 ($d_{cp} = 0.15 \text{ mm}$)

流量 Q (m^3/s)	宽度 B (m)	平均水深 h_{cp} (m)	B/h_{cp}	平均流速 v (m/s)	纵坡降 J (%)
77~292	54~125	2.5~3.9	22~32	0.49~0.62	0.04~0.094

表 3 印度巴基斯坦的萨尔特 ($d_{cp} = 0.19 \text{ mm}$) 和哈尔特 ($d_{cp} = 0.184 \text{ mm}$) 渠道水力特征值

流量 Q (m^3/s)	宽度 B (m)	平均水深 h_{cp} (m)	B/h_{cp}	平均流速 v (m/s)	纵坡降 J (%)
227.4	114.5	2.05	56	0.97	0.149
145.3	72	2.1	33	0.93	0.222

流入咸海的阿姆河各河口叉道之流量 $Q = 400 \sim 2060 \text{ m}^3/\text{s}$ ，河宽 $B = 126 \sim 278 \text{ m}$ ，水深 $h_{cp} = 1.9 \sim 4.1 \text{ m}$ ，宽深比 $B/h_{cp} = 47 \sim 69$ ，纵坡降 $J = 0.00002 \sim 0.0002$ 。

考虑到上述情况，可得出以下结论：计算细砂土渠基上平均理论稳定渠道的课题是可解的，因为有大量基本参数相似的已成渠道存在，并且已经总结了几种可供选择的计算的方法。

根据各种不同方法计算的土渠横断面形式相当近似，只有在渠坡有防渗衬砌时才出现断面的显著差异。

对于大型或特大型的渠道，细砂土渠床在输水过程中失去稳定性的问题自然是个值得研究的问题。在这个方面必须指出，流水渠床在平面上变形和失去稳定性的标准是已知的，即渠床断面宽深比参数 $B/h_{cp} = (0.71 \sim 1) C$ （对于较大的 C 值，渠床宽深比可取较

表 4

渠基为粘性土土渠的水力特征值

渠道名称	土类别	设计流量 Q (m^3/s)	渠宽 B (m)	平均水深 h_{cp} (m)	纵坡降 J (%)
苏维埃普	亚粘土、亚砂土	100~110	38~46	1~2.5	0.9~1.3
塔什萨卡	亚粘土	—	43~54	0.8~2.4	0.3~1.3
克雷契亚兹巴	亚粘土	—	23~63.5	1~2.6	0.8~4.6
列宁运河	亚粘土	90	30~44	1~3.1	0.8~1.2
克兹克特凯	亚粘土	116	43~50	2.1~2.2	0.1~0.14
克恰依立	亚粘土	9~44	27~40	1~2.8	0.09~0.24
大费尔开	亚粘土	211	38	4.7	0.12~0.2
阿木布哈尔	亚粘土	99~105	31~45	4.8~5.8	0.06~0.10
依尔德什-卡拉干达	亚粘土、亚砂土	—	—	—	0.035~0.10

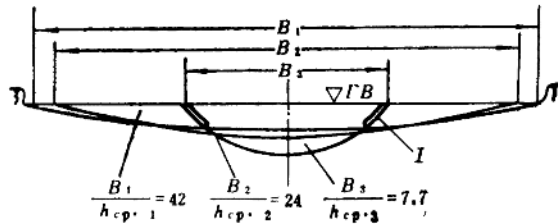


图 1 无防渗衬砌 ($B_2/h_{cp.2}=24$ 和 $B_1/h_{cp.1}=42$)和有防渗衬砌 (I) ($B_3/h_{cp.3}=7.7$) 渠道计算断面形式对比图

小值)。所以，谢才系数 C 值的变化范围对于中型渠道应取以下数值： $C=20\sim60$ ，其相应的宽深比为 $B/h_{cp}=20\sim42$ 。

当计算渠基为砂质土的大型土渠时（大型土渠指 $Q>200m^3/s$ ，对于以糙率系数 n 作为函数的公式是不能使用的，例如在卡拉库姆渠道砂土段渠床的计算资料中，曼宁公式只在平均水深 $h_{cp}\leq 3\sim 4m$ 情况下才能采用。

由此得出的第一个结论是：凡大型土渠的谢才系数（或水力阻力系数）均应采用专门的公式来计算确定，而不能用糙率系数 n 作函数的通用公式来确定。

分析现有计算土渠不冲流速 v_0 的公式表明：当平均水深 $h_{cp}> 3m$ 时，水深对不冲流速 v_0 的影响不明显（当 h_{cp} 增大4倍时，根据不同公式计算结果，平均流速只增长20%~50%）。

在不冲流速 v_0 和允许流速 $v_{0.0n}$ （当渠道流速小于允许流速时，可以认为渠道是稳定）之间，存在一个互相有关的比列关系，即： $v_{0.0n}\approx (1\sim 1.5)v_0$ 。由此得出的第二个结论是：在第一次近似估算中，可以在不考虑水深影响的情况下，确定允许流速值。例如，当渠床基土平均粒径变化范围为 $d_{cp}=0.15\sim 0.35mm$ 时，在平均水深 $h_{cp}= 3\sim 10m$ 的情况下，平均允许流速变动幅度为 $0.45\sim 0.67m/s$ ，其相应渠道流量约为 $Q=200\sim 1000$