文章编号：1002-0268（2005）05-0043-04

公路截水沟设计和典型结构

谈至明
（同济大学教育部道路和交通工程重点实验室，上海 200092）

摘要：对公路排水系统中的截水沟设计流量进行估计，自然坡面的截水沟推荐采用梯形断面，人工坡面的截水沟横断面推荐梯形、矩形、L 形和浅三角形 4 种形式，进而，给出了可供设计应用的各种典型截水沟的流量与沟底坡度关系图。

关键词：公路排水；截水沟；设计流量；典型结构
中图分类号：U417.3+2 文献标识码：A

Typical Structure of Intercepting Drain Used in Highway Design

TAN Zhi-ming
(The Key Laboratory of Road and Traffic Engineering at Tongji University, Ministry of Education, Shanghai 200092, China)

Abstract: In this paper the design runoff at intercepting drain is estimated, the trapezoid profile is proposed to be taken as the section of intercepting drain for areas with natural slope, and trapezoid, rectangular, L shaped and shallow triangular profiles as the section of intercepting drain for areas with artificial slopes, with the graphs of runoff versus bottom gradient for various sorts of intercepting drains provided for design purpose.

Key words: Highway drainage; Intercepting drain; Designed runoff; Typical structure

截水沟是公路排水系统常用的排水设施之一。它用于拦截公路沿线倾向路界的自然坡面和人工坡面（路堑、路堤）的地表雨水，以减少水对公路结构和使用性能的侵害。在现行公路排水系统设计规范[1]中，对截水沟布设原则有较详细的规定，但截水沟横断面仅推荐单一梯形，这对人工坡面而言，并不十分合适，对弯道半径、坡底纵坡等规定不够细化。另外，截水沟的水力计算虽并不困难，但较繁琐。在实际工程中，截水沟设计往往不被重视。因此，有必要对截水沟的横断面形式加以扩展，对水力计算过程加以简化。

1 截水沟布设和结构设计要点

（1）当较大汇水面积的自然坡面倾向公路，需设置截水沟拦截流向公路的坡面径流，以免冲刷路堑坡面或路堤坡脚。自然坡面截水沟一般沿地形等高线布设，沟底纵坡宜为 0.5%～2.0%，长度以 200～500m 为宜。当汇水面积过大时，宜采用 2 条或 2 条以上的截水沟分段拦截地面径流，截水沟的间距一般控制在 50～70m。

（2）坡面倾向路堑的坡顶需设置截水沟，截水沟应距坡顶的 5m 以上，软弱层和易渗水的地段，应距 10m 以上，并有防渗要求，只有当路堑不高且有良好防渗措施（如浆砌沟）的情况，距坡顶的要求放宽至 2m。

（3）倾向路堤的路堤坡脚截水沟，应距路堤坡脚的距离至少 2m。若截水沟与路堤坡脚的距离小于 10m 时，应用截水沟挖出的土填在路堤与截水沟之

收稿日期：2004-05-13
基金项目：交通部西部交通建设科技项目（2002 318 822 35）、上海市重点学科建设项目
作者简介：谈至明（1960－），男，上海人，教授，主要研究方向为路基路面.（tanjk@online.sh.cn）

间，修成向沟倾斜 2%～3%坡度的土台。

（4）高路堤边坡或深路堑边坡需设置截水沟，可有效地减少坡面的径流量的累积，缩短坡面雨水径流的流程，降低雨水沿坡面径流速度。沟底纵坡宜控制在 0.5%～2%，每隔 30～50m 设置急流槽、管将水排入路旁排水沟。

公路截水沟的结构设计原则为：（1）截水沟的泄水能力 $Q_c \geqslant$ 设计流量 Q；（2）对应于设计流量的沟内水流速度 v 不小于防淤速度 v_{min} 且不大于沟渠的冲刷速度 v_{max}，即

$$Q_c \geqslant Q \tag{1}$$

$$v_{min} \geqslant v \geqslant v_{max} \tag{2}$$

截水沟设计流量 Q 与所在地区的气候，汇水区域的大小、坡度、土质和植被状况以及设计降雨重现期有关，其计算式为

$$Q = 16.67CIF \quad (m^3/s) \tag{3}$$

式中，I 为降雨强度，mm/min，与设计重现期 P 和降雨历时 t 有关；C 为径流系数，与坡面状况有关，岩石：0.50～0.85、草地：0.40～0.65、林地：0.25～0.60；F 为汇水面积，km^2。

沟渠的防淤流速 v_{min} 与水流中夹带的泥沙粒径有关，一般取 0.4m/s。沟渠的冲刷速度 v_{max} 取决于沟渠壁状况，亚砂土：0.8m/s，粘土：1.2m/s；草皮护面：1.6m/s，干砌片石：2.0m/s，浆砌片石：2.0m/s，混凝土：4.0m/s（水深小于 0.4m 时，上述数值需乘以 0.85 修正系数）。

2 截水沟设计流量的估计

降雨强度 I 可利用公路所在地区已有降雨强度回归式计算。若无现成的回归式，应收集当地气象站 10 年以上自记雨量资料，统计建立其回归式。在一般精度要求时，可利用《公路排水系统设计规范》[1] 中的标准降雨强度等值线图 $I_{5,10}$（5 年重现期 10min 降雨历时）以及重现期转换系数 c_P 和降雨历时转换系数 c_t 求得。

$$I = c_P c_t I_{5,10} \tag{4}$$

按《公路排水系统设计规范》[1] 中的标准降雨强度 $I_{5,10}$ 等值线图，将我国划分成 3 个降雨强度等级：多降雨区 $I_{5,10}$=2.0～3.0mm/min、中雨区 $I_{5,10}$=2.0～1.0mm/min、少雨区 $I_{5,10} \leqslant$ 1.0mm/min。进而，按各区的降雨强度上限和截水沟的可能汇水区域，进行截水沟设计流量的估计，结果见表 1 和表 2。从表 2 中可以看到，自然坡面截水沟的设计流量变化在 0.1～0.5m^3/s 之间，而人工坡面截水沟的设计流量变化在 0.01～0.1m^3/s 之间。

表 1 自然坡面的截水沟设计流量估计 $m^3 \cdot s^{-1}$

地区类型		多降雨区（$I_{5,10}$=3.0mm/min）		中雨区（$I_{5,10}$=2.0mm/min）		少雨区（$I_{5,10}$=1.0mm/min）	
汇水区域（$L \times B$）/m		200×20	200×50	300×20	300×50	500×20	500×70
径流时间 t/min		3	3	5	5	10	10
c_t		1.40	1.40	1.25	1.25	1.00	1.00
c_P	0.85（3a）	0.12	0.30	0.11	0.27	0.07	0.25
	1.00（5a）	0.14	0.35	0.13	0.31	0.08	0.29
	1.30（10a）	0.18	0.46	0.16	0.41	0.11	0.38
	1.50（15a）	0.21	0.53	0.19	0.47	0.13	0.44

注：坡面径流系数 C 取 0.5。

表 2 人工坡面的截水沟设计流量估计 $m^3 \cdot s^{-1}$

地区类型		强降雨区（$I_{5,10}$=3.0mm/min）		多雨区（$I_{5,10}$=2.0mm/min）		少雨区（$I_{5,10}$=1.0mm/min）	
汇水区域（$L \times B$）/m		30×10	30×20	40×10	40×20	50×10	50×20
径流时间 t/min		1	1	1.2	1.2	1.5	1.5
c_t		2	2	1.9	1.9	1.8	1.8
c_P	0.85（3a）	0.03	0.05	0.02	0.04	0.01	0.03
	1.00（5a）	0.03	0.06	0.03	0.05	0.02	0.03
	1.30（10a）	0.04	0.08	0.03	0.07	0.02	0.04
	1.50（15a）	0.05	0.09	0.04	0.08	0.02	0.05

注：坡面径流系数 C 取 0.65。

3 自然坡面的截水沟

自然坡面的截水沟通常采用梯形断面，沟底宽度和沟高一般采用 0.5m，内坡度视土质或铺筑条件而定。截水沟的最小沟底纵坡，不受公路路线纵坡大小的影响，较易保证。因此，截水沟设计的主要任务是满足设计流量的要求并确定是否需要铺砌。

（1）典型结构

等腰梯形截水沟，沟底宽度和沟高采用 0.5m。按沟壁铺砌状况，分为土沟、加固土沟（铺草皮、三合土或三合土护面）、干砌片石沟和浆砌片石沟 4 类，分别用大写英文字母 A、B、C、D 表示。这 4 类沟的沟壁坡度系数 m、粗糙系数 n、冲刷限速 v_{max} 代表值见表 3。

表 3 自然坡面的典型截水沟水力参数

类型	A 类（土沟）	B 类（加固土沟）	C 类（干砌片石沟）	D 类（浆砌片石沟）
沟壁坡度系数 m	1.5，1.0	1.5，1.0	1.0	0.5
粗糙系数 n	0.0275	0.025	0.020	0.017
冲刷限速 v_{max}/$m \cdot s^{-1}$	0.8	1.6	2.0	3.0

（2）流量 Q 和最小值坡度 i_{min} 的关系

在表 3 的水力参数条件下，各类截水沟的泄水能力 Q_c 与沟底纵坡 i 之间关系如图 1 所示。图 1 中 A、

B、C、D 表示沟的类型，其下标表示沟壁坡度系数 m 值。此时，截水沟水深等于其最大水深 h_{max}（0.3m），沟内水流速度≤冲刷限速 v_{max}。

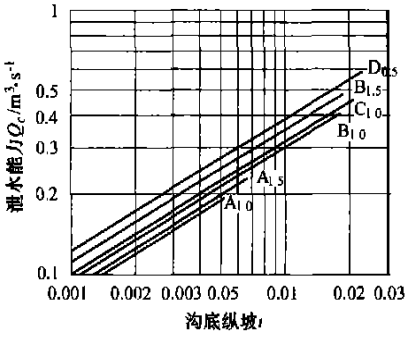

图 1　典型截水沟的 Q_c-i 关系图

在已知沟底纵坡 i 的条件下，可查图 1 得到截水沟的允许最大流量 Q_{max}（即泄水能力 Q_c）；在已知设计流量 Q 的条件下，可利用图 1 获得截水沟的沟底纵坡的最小值 i_{min}。

（3）流量 Q 与最大沟底纵坡 i_{max} 的关系

各类截水沟的最大沟底纵坡 i_{max} 与截水沟流量 Q 之间的关系如图 2 所示。此时，截水沟内水流速度恰好等于冲刷限速 v_{max}，而水深≤其最大水深 h_{max}。

在已知设计流量 Q 的条件下，可查图 2 获得截水沟的沟底纵坡的最大值 i_{max}；在已知沟底纵坡 i 的条件下，也可利用图 2 得到截水沟的允许最大流量 Q_{max}。

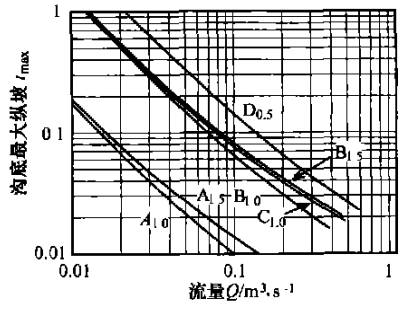

图 2　典型截水沟的 Q-i_{max} 的关系图

（4）弯道的沟高

自然坡面的截水沟基本是沿地形的等高线布设的，在地形起伏较大时，截水沟的弯道半径难以保持在较大的水平上，小半径弯道是难以避免的。弯道上的截水沟水体在离心力的作用下，水面呈向圆心倾斜的曲面，外侧沟壁的水面将超高。为了防止水溢出截水沟，沟高 h（外侧沟壁高度）应满足不等式（5）。

$$h \geqslant 5v^2B/r_c + 0.40 \qquad (5)$$

式中，h 为外侧沟壁高度，m；v 为截水沟水流平均流速，m/s；B 为截水沟水面宽度，m；r_c 为截水沟中线弯道半径，m。

对上述典型截水沟而言，土质截水沟在其允许流速（0.8m/s）范围，水面超高量较小，只要不是转直角弯，0.5m 的沟高不必加高。加固土、干砌片石、浆砌片石截水沟在弯道半径较小且流速较大时，0.5m 沟高不能满足要求，需加高外侧沟壁高度。在各类沟最大流速 v_{max} 条件下，弯道半径 r_c 与沟高 h 的关系见图 3。

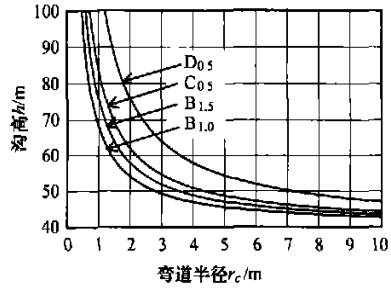

图 3　典型截水沟的 r_c-h 的关系图

从图 3 中可以看到：沟高 h（0.5m）不予加高的条件为：$r_c \geqslant 3$m（加固土沟，$m=1.5$）、$r_c \geqslant 4$m（加固土沟，$m=1.0$）、$r_c \geqslant 4.5$m（干砌片石沟，$m=1.0$）、$r_c \geqslant 7$m（浆砌片石沟，$m=0.5$）。

4　人工坡面的截水沟

人工坡面截水沟的汇水面积较小，设计流量估计在 0.01～0.1m³/s 范围，沟底纵坡选择较为自由，弯道半径较大，沟高不需加高。因此，截水沟的尺寸比自然坡面的要小，但均有防渗要求。

人工坡面截水沟推荐如下 4 种典型结构（见图 4 示意），其粗糙系数根据沟壁材质按表 3 取值，典型结构 D 的沟壁材质归入加固土。

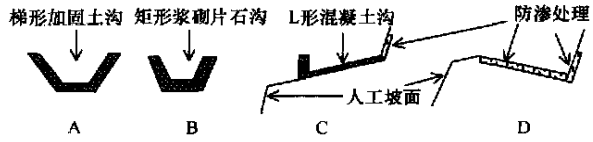

图 4　人工坡面典型截水沟示意图

A：底宽 b× 沟高 h× 内坡度 m 为 0.2m×0.3m×1.0（等腰梯形）的加固土沟。

B：底宽 b× 沟高 h× 内坡度 m 为 0.2m×0.3m×0.5（等腰梯形）的浆砌片石沟。

C：底宽 b× 侧高 h× 坡度 i 为 0.75m×0.07m×6%（L 形）的混凝土沟。

D：底宽 b× 坡度 i 为 0.80m×10%由平台与坡面构成浅三角形沟。

4 种典型人工坡面截水沟的沟底纵坡 i 与泄水能力 Q_c 的关系如图 5 所示。从图 5 中可以看到，上述 4 种典型截水沟的泄水能力 Q_c 基本均能满足流量要求，沟底纵坡 i 在常用 0.5% ~2%范围内时，A 型沟的泄水能力 Q_c 为 0.04 ~ 0.08m^3/s，B 型沟的泄水能力 Q_c 为 0.05 ~ 0.1m^3/s，C 型沟的泄水能力 Q_c 为 0.02 ~ 0.06m^3/s，D 型沟的泄水能力 Q_c 为 0.02 ~ 0.04m^3/s。

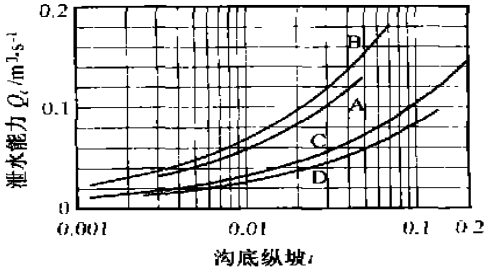

图 5 典型人工坡面截水沟的 i-Q_c 的关系图

在人工坡面截水沟设计时，应根据坡面的土质条件、材料来源、施工便利性和工程造价选择其类型；然后，初拟截水沟的（水平和竖向）间距，估计其流量；再根据流量选择适当的沟底纵坡，若沟底纵坡偏大或偏小，则调整截水沟间距，重新计算流量和确定沟底纵坡。

5 结语

论述了公路排水系统中截水沟设施的布置原则和水力计算方法，分别对自然坡面、人工（路堑、路堤）坡面的截水沟可能的设计流量进行估计。根据自然坡面、人工坡面截水沟工程特点，分别推荐了 4 种典型截水沟结构。其中，自然坡面推荐 4 类沟壁材质的梯形沟，人工坡面推荐了 4 种横断面（梯形、矩形、L 形和浅三角形）沟。进而，对典型截水沟进行了详细的水力分析，对自然坡度的 4 类典型截水沟，给出了设计流量与最小、最大沟底纵坡的关系图，弯道处沟壁高度验算公式；对人工坡度的 4 类典型截水沟，给出了泄水能力与沟底纵坡的关系图。从而，简化了截水沟的水力计算，使设计过程十分简明。

参考文献：

[1] JTJ018-97，公路排水系统设计规范 [S] .
[2] 姚祖康. 公路排水设计手册 [M] . 北京：人民交通出版社，2002
[3] 交通部第二公路勘察设计院. 公路设计手册—路基（第二版）[M] . 北京：人民交通出版社，1997.
[4] 余常昭. 明槽急变流-理论和在水工中的应用 [M] . 北京：清华大学出版社，1999.