

文章编号: 1002-0268 (2005) 06-0061-04

公路急流槽管的典型结构

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: 给出 4 类典型结构急流槽管(干砌片石、浆砌片石和混凝土急流槽, 铸铁急流管)在 5 个泄水能力(0.02、0.05、0.1、0.2、 $0.5\text{ m}^3/\text{s}$)等级时的沟底纵坡允许范围;以及小泄水能力($\leq 0.1\text{ m}^3/\text{s}$)场合的急流槽管出水口消能设施的结构形式和尺寸,从而使急流槽管的设计更为简便合理。

关键词: 公路排水; 急流槽管; 典型结构

中图分类号: U417.3

文献标识码: A

Typical Structure of Torrent Ditch or Conduit Used in Highway Drainage

TAN Zhi-ming

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

Abstract: The allowable ranges of longitudinal gradient at ditch or conduit with 5 levels of discharging capability (0.02, 0.05, 0.1, 0.2, $0.5\text{ m}^3/\text{s}$) for 4 sorts of typical structures of torrent ditch or conduit (such as dry masonry, mortar masonry and concrete ditch, iron conduit) are presented, and the structural types and sizes of outlet dissipating energy facilities of torrent ditch or conduit at lower discharging capability ($\leq 0.1\text{ m}^3/\text{s}$) are provided, to make the design of torrent ditch or conduit more simple and reasonable.

Key words: Highway drainage; Torrent ditch or conduit; Typical structure

0 引言

在公路排水系统中称之为急流槽管(又称之为吊沟)是专指陡坡段的引水设施。它主要用于将自然和人工坡面上截水沟拦截的地表水和路面边缘排水沟汇集的路表水,引排至路旁排水沟、自然沟谷或横穿公路的涵洞。

多年来,我国公路排水系统中的急流槽基本都采用文献[1]中推荐的双层浆砌片石急流槽形式,设计流量为 $0.5\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $1.0\text{ m}^3/\text{s}$ 两种。该典型结构源于铁道部门的经验(铁路路基地面排水建筑物图(贰线1006)),仔细分析发现它存在着两大问题:(1)设计流量偏大。公路排水系统中,除大型排水沟之外,达到 $0.5\text{ m}^3/\text{s}$ 流量的沟渠很少,路面边缘排水沟和路

堤、路堑坡面的急流槽管的流量大多在 $0.01\sim 0.1\text{ m}^3/\text{s}$ 之间。(2)水力分析表明,该典型结构的急流槽底的粗糙系数需达到0.040($0.5\text{ m}^3/\text{s}$)和0.045($1.0\text{ m}^3/\text{s}$)。这个要求是偏高的,双层浆砌片石沟的粗糙系数一般在0.025左右,在施工中是难以达到该数值要求的。

1 设计流量分级

自然坡面截水沟一般采用等腰梯形,沟底宽度和沟高为0.5m,沟内壁坡度视沟壁铺砌状况变化在1:1.5~1:0.5之间。截水沟的类型按沟壁铺砌状况,可分为土沟、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。土质截水沟的泄水能力不大于 $0.1\text{ m}^3/\text{s}$;加固土、干砌片石截水沟

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资助项目

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)

的泄水能力在 $0.1 \sim 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ，只有实际工程中较少见的浆砌片石截水沟的泄水能力才有可能达到 $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。也就是说，自然坡面截水沟设计流量大多在 $0.1 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 之间。

路面边缘排水沟的设计流量约比自然坡面截水沟的设计流量小一个数量级左右，一般为 $0.01 \sim 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

人工坡面截水沟的设计流量介于自然坡面截水沟和路面边缘排水沟之间，一般在 $0.03 \sim 0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

为此，将坡面急流槽管的泄水能力划分为 5 个等级，I 级 $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$ 、II 级 $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ 、III 级 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 、IV 级 $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 、V 级 $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。I、II 级主要用于引排路面边缘排水沟；II、III 级主要适用于人工坡面；IV、V 级适用于自然坡面。

2 急流槽管典型结构

由于流急水浅，急流槽的断面一般为浅矩形。槽身结构有干砌片石、浆砌片石和混凝土三类。在中、小流量且石料和劳动力缺乏的地区，采用圆管代替急流槽可能更为经济，它占地少，施工简便快捷，质量易保证。因此，推荐 4 类典型结构。

A 类：干砌块石（ $0.1 \sim 0.2 \text{ m}$ 碎石垫层上粗凿石料单层铺砌，厚 0.25 m ）矩形槽。干砌块石急流槽的槽壁粗糙系数 n 为 0.025 ，允许最大流速 $4 \text{ m}/\text{s}$ 。

A 类急流槽用于引排人工坡面的小流量，沟底坡度缓于 $1:1.5$ 场合，槽的宽高尺寸推荐 3 种： $0.20 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ 、 $0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 、 $0.40 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 。

B 类：浆砌块石（ $0.15 \sim 0.25 \text{ m}$ 碎石垫层上双层水泥砂浆片石铺砌，双层厚 0.35 m ）矩形槽。浆砌块石急流槽的槽壁粗糙系数 n 为 0.025 ，允许最大流速 $6 \text{ m}/\text{s}$ 。

B 类急流槽用于沟底坡度缓于 $1:1$ 场合，槽的宽高尺寸推荐 4 种： $0.30 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 、 $0.40 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 、 $0.50 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$ 、 $0.75 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$ 。

C 类：混凝土（带有粗糙面的 C15 级混凝土，厚度 0.15 m ）矩形槽。混凝土急流槽的槽壁粗糙系数 n 为 0.017 ，允许最大流速 $10 \text{ m}/\text{s}$ 。

C 类急流槽用于坡面坡度缓于 $1:0.75$ 场合，槽的宽高尺寸推荐 3 种： $0.40 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ 、 $0.50 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$ 、 $0.75 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$ 。

D 类：铸铁圆管。铸铁圆管的粗糙系数为 0.015 ，允许最大流速 $10 \text{ m}/\text{s}$ 。

D 类急流管用于小流量陡坡，内径推荐 3 种 0.1 、 0.2 、 0.3 m 。

槽宽为 0.2 m 的小尺寸急流槽主要用于人工坡面，槽壁的安全高度取 0.1 m ；其它急流槽的安全高度取 0.2 m 。

3 典型急流槽管的适用范围

对应于上述 5 级泄水能力要求，推荐 4 类急流槽管适用性：沟底纵坡的允许范围以及相应水深的变化范围见表 1~表 4。表 1~表 3 中沟底纵坡“不限”表示对应于冲刷限速的允许沟底最大纵坡已超过了该类急流槽结构的允许值，即：A 类干砌块石结构的最大纵坡为 0.667 （坡度比 $1:1.5$ ）、B 类浆砌块石结构为 1.0 （ $1:1.0$ ）、C 类混凝土结构为 1.333 （ $1:0.75$ ）；沟底纵坡的下限含义为满足泄水能力的最小纵坡值。

引排人工坡面 I 级、II 级设计流量时，急流槽底宽只需 $0.2 \sim 0.3 \text{ m}$ ，坡度小于 $1:1.25$ 时，宜采用 A 类干砌块石结构；坡度在 $1:1.25 \sim 1:1$ 时，可采用 B 类浆砌块石结构；坡度大于 $1:1$ ，则采用混凝土急流槽或铸铁圆管。III 级设计流量的引排，可采用槽宽为 0.4 m 的 A 类干砌块石结构（ $i < 0.58$ ）、或 B 类浆砌块石急流槽（ $i = 0.58 \sim 1.0$ ）、或铸铁急流圆管。泄水能力要求较大（IV、V 级）时，视坡度的缓陡情况，采用 B 类浆砌块石急流槽或 C 类混凝土急流槽。铸铁急流圆管只适用于小流量场合，加大管径对增大其允许最大纵坡作用不显著。

表 1 A 类急流槽（干砌块石）的适用性（结构极限坡度 $1:1.5$ ）

泄水能力		I 级 ($0.02 \text{ m}^3/\text{s}$)	II 级 ($0.05 \text{ m}^3/\text{s}$)	III 级 ($0.1 \text{ m}^3/\text{s}$)
$A_{0.2}$ $b=0.2 \text{ m}$	沟底纵坡 i	$0.03 \sim$ 不限	$0.21 \sim$ 不限	
	水深 h/m	$0.035 \sim 0.10$	$0.066 \sim 0.10$	
$A_{0.3}$ $b=0.3 \text{ m}$	沟底纵坡 i		$0.07 \sim$ 不限	$0.30 \sim 0.50$
	水深 h/m		$0.047 \sim 0.10$	$0.0833 \sim 0.10$
$A_{0.4}$ $b=0.4 \text{ m}$	沟底纵坡 i		$0.01 \sim$ 不限	$0.02 \sim 0.58$
	水深 h/m		$0.038 \sim 0.20$	$0.0625 \sim 0.20$

表 2 C 类急流槽（混凝土）的适用性
(结构极限坡度 $1:0.75$)

泄水能力		III 级 ($0.1 \text{ m}^3/\text{s}$)	IV 级 ($0.2 \text{ m}^3/\text{s}$)	V 级 ($0.5 \text{ m}^3/\text{s}$)
$C_{0.4}$ $b=0.4 \text{ m}$	沟底纵坡 i	$0.01 \sim$ 不限	$0.04 \sim$ 不限	
	水深 h/m	$0.20 \sim 0.037$	$0.20 \sim 0.058$	
$C_{0.5}$ $b=0.5 \text{ m}$	沟底纵坡 i		$0.02 \sim$ 不限	$0.14 \sim 0.98$
	水深 h/m		$0.20 \sim 0.032$	$0.20 \sim 0.10$
$C_{0.75}$ $b=0.75 \text{ m}$	沟底纵坡 i			$0.05 \sim 1.33$
	水深 h/m			$0.20 \sim 0.067$

表 3 B 类急流槽（浆砌块石）的适用性（结构极限坡度 1:1.0）

泄水能力		Ⅱ级（0.05m³/s）	Ⅲ级（0.1m³/s）	Ⅳ级（0.2m³/s）	Ⅴ级（0.5m³/s）
$B_{0.3}$ $b=0.3\text{m}$	沟底纵坡 i	0.07~不限	0.30~不限		
	水深 h/m	0.10~0.041	0.10~0.065		
$B_{0.4}$ $b=0.4\text{m}$	沟底纵坡 i	0.01~不限	0.02~不限	0.08~0.98	
	水深 h/m	0.20~0.033	0.20~0.052	0.20~0.083	
$B_{0.5}$ $b=0.5\text{m}$	沟底纵坡 i		0.01~不限	0.05~不限	0.29~0.48
	水深 h/m		0.20~0.044	0.20~0.069	0.20~0.167
$B_{0.75}$ $b=0.75\text{m}$	沟底纵坡 i		0.004~不限	0.02~不限	0.10~0.60
	水深 h/m		0.20~0.034	0.20~0.052	0.20~0.111

表 4 D 类急流槽（铸铁圆管）的适用性

泄水能力		I级（0.02m³/s）	Ⅱ级（0.05m³/s）	Ⅲ级（0.1m³/s）	Ⅳ级（0.2m³/s）
$D_{0.1}$ （ $R=0.10\text{m}$ ）	沟底纵坡 i	0.08~5.0	0.50~2.6		
$D_{0.2}$ （ $R=0.20\text{m}$ ）	沟底纵坡 i	<0.01~6.4	0.01~2.9	0.05~1.65	
$D_{0.3}$ （ $R=0.30\text{m}$ ）	沟底纵坡 i	<0.01~7.7	<0.01~3.3	<0.01~1.8	0.02~1.1

4 急流槽的槽底处理

当急流槽的槽底大于等于 0.5m 且纵坡大于 1:1.5 时，槽底面应作加凸齿处理，以增加槽底面的粗糙系数降低其流速。凸齿尺寸可采用 0.05m（高）×0.1~0.2m（宽）×0.05~0.1m（厚）。齿距侧壁宽度不小于 0.1m。前后两齿错位排列，侧净距 b_1 不小于 0.1m，纵距 b_2 和侧净距 b_1 之和控制在 0.5~0.6m 左右为宜。槽底宽 0.5 和 0.75m 的凸齿宽度分别为 0.1 和 0.15m，侧净距 b_1 和纵距 b_2 尺寸见图 1。

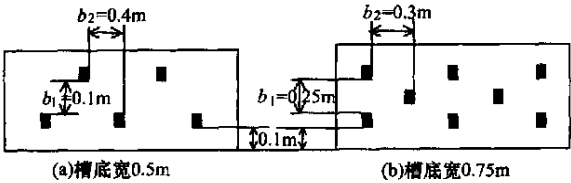


图 1 急流槽槽底的加齿处理图

5 急流槽管的出水口

急流槽的出水口，需设置消能设施，以消除水多余动能。当急流槽与沟渠（坡脚边坡、路旁排水沟）相连时，可采用消能池的方式消能（见示意图 2）。消能池的尺寸：池宽、池长、消能墙高度等在泄水能力较大（Ⅳ、Ⅴ级）时，按公路排水设计手册^[2]给出的方法计算确定。

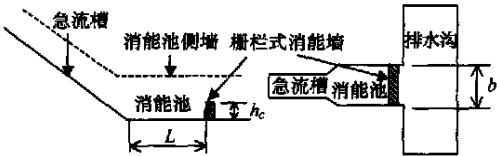


图 2 急流槽出水口消能池示意图

在泄水能力较小（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级）时，消能池的尺寸建议：（1）消能池的宽度 $b=0.40\text{m}$ ；（2）消能池长度 L 为 0.50m（Ⅰ级）、0.80m（Ⅱ级）、1.20m（Ⅲ级）；（3）消能池底坡向排水沟倾斜 2%~3%；（4）栅栏式消能墙高度 $h_c=0.15$ （Ⅰ级、Ⅱ级）~0.20m（Ⅲ级），顶宽 0.05~0.10m；（5）消能池侧墙高 $h=0.40\text{m}$ （Ⅰ级、Ⅱ级）、0.50m（Ⅲ级）；（6）消能池采用浆砌片（块）石（砂浆标号不低于 M15）铺砌或用 C15 混凝土浇筑；与急流槽出水口相接排水沟两侧 1m 范围内应浆砌片（块）石加固。

急流管出水口的消能方式，由下游排水方式而定。在埋管道排水时，应采用落水井的方式消能（见图 3（a），在与沟渠相连时，宜用跌水井方式消能（见图 3（b）。

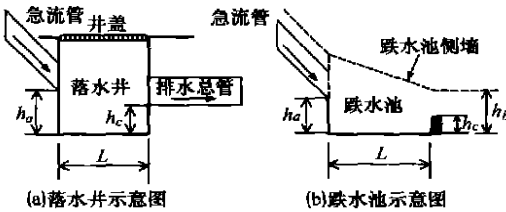


图 3 急流管出水口的消能

在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级泄水能力要求时，落水井的尺寸建议：（1）落水井的长（ L ）×宽（ b ）为 0.60m×0.40m（Ⅰ级、Ⅱ级）、0.80m×0.50m（Ⅲ级），若排水总管位于急流管出水口侧面，则落水井宜等长宽（正方形），其值为 0.60m×0.60m（Ⅰ级、Ⅱ级）、0.80m×0.80m（Ⅲ级）；（2）水垫厚度 h_c 为 0.15m（Ⅰ级、Ⅱ级）、0.20m（Ⅲ级）；（3）进水管高度 $h_a=h_c+(0.5\sim1.0)D$ （ D 为排水总管的内径）。

跌水池的尺寸与消能池的尺寸基本相同，具体为：（1）跌水池的宽度 $b=0.4\text{m}$ ；（2）跌水池长度 L 为 0.5m

(I级)、0.8m(II级)、1.2m(II级);(3)跌水池底坡向排水沟倾斜 $2\% \sim 3\%$;(4)跌水池的跌坎高度 $h_a = 0.2 \sim 0.3\text{m}$ (I级、II级)、 $0.3 \sim 0.4\text{m}$ (II级);(5)栅栏式消能墙高度 $h_c = 0.15\text{m}$ (I级、II级)、 0.20m (II级),顶宽 $0.05 \sim 0.10\text{m}$;(6)跌水池前端(靠急流槽)侧墙高为急流管顶高加 0.05m ,末端侧墙高 $h_b = 0.40\text{m}$ (I级、II级)、 0.50m (II级);(7)跌水池采用浆砌片(块)石(砂浆标号不低于M15)铺砌或用C15混凝土浇筑,与急流槽出水口相接排水沟两侧1m范围内应浆砌片(块)石加固。

6 结语

(1)根据公路急流槽管设计流量的可能变化范围,急流槽管的泄水能力划分为I、II、III、IV、V 5个等级。(2)急流槽管推荐了4类典型结构,分别为干砌片石、浆砌片石和混凝土急流槽,铸铁圆管。

(上接第26页)

4.3 层布钢纤维与全掺钢纤维混凝土冲击性能比较

每块试件中纤维的质量掺量,层布钢纤维混凝土约是全掺钢纤维混凝土的 10% ,但层布钢纤维混凝土破坏时冲击次数比全掺钢纤维混凝土高。表明层布钢纤维混凝土中钢纤维对阻止裂缝扩展有明显的优势。

全掺钢纤维混凝土中钢纤维采用长度 31mm 、直径 $80.5\mu\text{m}$ 的纤维,该纤维一侧表面为光滑,另一侧为粗糙。而层布钢纤维混凝土中钢纤维是两端增大的哑铃型剪切型纤维,长度为 61mm ,直径 $26.89\mu\text{m}$ 。细长纤维对于混凝土裂缝的桥联作用比短粗纤维显著。

5 结论

(1)抗弯冲击试验比受压冲击更能反映纤维对混凝土的阻裂效应。

(2)全掺玻璃纤维、钢纤维混凝土初裂冲击次数比基准混凝土分别约提高 90% 和 140% ,全掺玻璃纤维、钢纤维混凝土破坏冲击次数比基准混凝土分别约提高 107% 和 270% 。全掺钢纤维混凝土的抗冲击性

每一类结构推荐了 $3 \sim 4$ 种尺寸。讨论了它们(不同结构、不同尺寸)的适用范围,给出了它们在不同泄水能力等级下的沟底纵坡允许范围以及可能的水深,从而使设计选择更为简便合理。

(3)给出了小泄水能力(I、II、III级)条件下,急流槽出水口的消能池、急流管出水口的落水井和跌水池的结构形式和尺寸。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 姚祖康.公路排水设计手册[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [3] JTJ018-97,公路排水设计规范[S].
- [4] 余常昭.明槽急变流—理论 and 在水工中的应用[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [5] 谈至明.公路截水沟设计和典型结构[J].公路交通科技,2005,22(5).

能优于玻璃纤维混凝土。

(3)层布钢纤维混凝土的纤维质量掺量约是全掺钢纤维混凝土的 10% ,全掺钢纤维混凝土初裂时冲击次数、破坏时冲击次数分别比其基准混凝土约提高 140% 和 270% ;层布钢纤维混凝土初裂时冲击次数、破坏时冲击次数分别比其基准混凝土提高 45% 和 300% 。

(4)层布钢纤维、全掺钢纤维和玻璃纤维混凝土从初裂到破坏所需要的冲击次数,比其基准混凝土分别约提高 620% 、 520% 和 130% 。

参考文献:

- [1] 邓宗才.高性能合成纤维混凝土[M].北京:科学出版社,2002.
- [2] 赵国藩,黄承逵,彭少民.钢纤维混凝土结构[M].北京:建筑工业出版社,1999.
- [3] Bathia N. Impact Resistance of Fiber Reinforced Concrete at Subnormal Temperatures [J]. Cement & Concrete Composites, 1998, 20(5): 393-404.
- [4] Lok T S. Impact Response of Steel Fiber-reinforced Concrete Using a Split Hopkinson Pressure Bar [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2004, 16(1): 54-59.