

**JTJ**

中华人民共和国行业标准

**JTJ 018—97**

---

# 公路排水设计规范

Specifications of drainage design for highways

1997—08—04 发布

1998—03—01 实施

---

中华人民共和国交通部发布

# 关于发布《公路排水设计规范》 (JTJ 018—97)的通知

交公路发〔1997〕462号

各省、自治区交通厅,北京市交通局,上海市市政工程管理局,天津市市政工程局,部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位,公路院校:

现批准发布《公路排水设计规范》(编号 JTJ 018—97),作为行业标准,自 1998 年 3 月 1 日起施行。

《公路排水设计规范》由同济大学主编,人民交通出版社出版。希望各单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告同济大学,以便修订时参考。

中华人民共和国交通部  
一九九七年八月四日

## 前 言

公路排水对于保障公路结构物的使用寿命和行车的通畅、安全具有十分重要的作用。为了提供统一的公路排水设计原则及设计标准和方法,交通部下达了编制公路排水设计规范的任务。

在总结我国的实践经验(特别是高等级公路排水设计经验)以及吸取国外排水设计经验的基础上编制的本规范,包含下列主要内容:

1. 确定路界内各项排水设施设计径流量的方法和计算参数。
2. 各种沟、管、泄水口和渗沟的水力计算方法和参数。
3. 路界内地表排水设施(包括路面表面、中央分隔带和坡面排水设施)的规划、布置和构造。
4. 地下排水设施的布设和构造。
5. 路面内部排水设施的设计和构造。
6. 构造物(桥面、桥台和支挡结构物)及下穿道路的排水设施的布设和构造。

对本规范的意见以及在使用过程中遇到的问题,请同主编单位联系(地址:上海四平路 1239 号同济大学道路与交通工程系,邮编:200092)。

## 主编单位、参编单位和主要起草人名单

主编单位：同济大学

参编单位：交通部公路规划设计院

交通部第二公路勘察设计院

交通部第一公路勘察设计院

主要起草人：姚祖康 刘伯莹 张朝生 祝心树 丁小军

## 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	4
3	水文计算 .....	5
4	路界地表排水 .....	9
4.1	一般规定 .....	9
4.2	路面表面排水 .....	10
4.3	中央分隔带排水 .....	12
4.4	坡面排水 .....	14
5	路面内部排水 .....	17
5.1	一般规定 .....	17
5.2	路面边缘排水系统 .....	18
5.3	排水基层的排水系统 .....	20
6	地下排水 .....	22
6.1	一般规定 .....	22
6.2	地下水调查和测定 .....	23
6.3	地下排水设施 .....	23
7	公路构造物及下穿道路排水 .....	27
7.1	桥面排水 .....	27
7.2	桥台和支挡构造物排水 .....	28
7.3	下穿道路排水 .....	28
8	水力计算 .....	30
8.1	排水沟和排水管的水力计算 .....	30

8.2	泄水口水力计算	32
8.3	渗沟流量计算	35
附录 A	各种排水构造物的材料强度要求	39
附录 B	各种沟管的水力半径和过水断面面积计算用表	40
附录 C	开口式泄水口截流率计算诺谟图	42
	用词和用语说明	46
	附件	
	《公路排水设计规范》(JTJ 018—97)条文说明	47
1	总则	48
3	水文计算	50
4	路界地表排水	57
5	路面内部排水	66
6	地下排水	82
7	公路构造物及下穿道路排水	87
8	水力计算	91

# 1 总 则

**1.0.1** 为防止地面水和地下水对公路的损害,确保公路排水畅通、结构稳定、行车安全,特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建和改建公路的排水设计。公路大、中修和改善工程的排水设计,可参照使用。

**1.0.3** 公路排水设计应遵循下列原则:

1. 全面规划,合理布局,少占农田,并与当地排灌系统协调,防止冲毁农田及其水利设施;重视环境保护,防止水土流失和水源污染。

2. 根据公路等级,沿线地形、地质、水文、气象等条件以及桥涵设置等情况进行综合考虑,注意各种排水设施、排水构造物之间的联系,使全线形成完善的排水系统。

3. 在不断总结生产实践经验和科学试验的基础上,积极采用新材料、新技术和新工艺。

4. 考虑施工场地的临时性排水设施,并尽可能使之与永久性排水设施结合起来。各项排水设施和构造物的设计,均应考虑便于施工、检查和养护维修。

5. 穿越城镇的公路,其排水设计应与城镇现有或规划的排水系统和设施相协调。

6. 黄土、膨胀土、盐渍土、多年冻土、滑坡等特殊地区(段)的公路,其排水设计应结合该工程的其它处治措施综合进行。

**1.0.4** 公路排水设计除应符合本规范外,尚应符合国家及交通部颁发的现行有关标准和规范的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 排水系统 drainage system

由各种拦截、汇集、拦蓄、输送、排放地表水或地下水的排水设施和构造物组成的总体。

#### 2.1.2 路界表面排水 roadway surface drainage

指公路用地范围内的表面排水,包括路面排水、中央分隔带排水、坡面排水和由相邻地带或交叉道路流入路界内的地表水的排除等。

#### 2.1.3 路面排水 pavement surface drainage

指路面和路肩范围内的表面水的排除。

#### 2.1.4 中央分隔带排水 median drainage

指中央分隔带范围内的表面水的排除。

#### 2.1.5 坡面排水 slope drainage

指路堤边坡坡面、路堑边坡坡面和倾向路界的自然坡面范围内的表面水的排除。

#### 2.1.6 路面内部排水 pavement subsurface drainage

排除或疏干通过裂缝、接缝或面层空隙下渗到路面结构(面层、基层和垫层)内部,或者由地下水或道路两侧滞水浸入路面结构内部的水分。

#### 2.1.7 径流系数 coefficient of runoff

径流量占总降水量的百分率。

2.1.8 设计径流量 design peak rate of runoff; design discharge

在所考虑的设计地点,预期由设计重现期和降雨历时的降雨所引起的径流量。此径流量为排水设施或构造物在该点所需排放的水量。

**2.1.9 设计降雨重现期** design recurrence interval of rain-fall; design storm frequency

某一预期强度的降雨重复出现的平均周期。

**2.1.10 汇流历时** time of concentration

径流从汇水区内最远点(按水流时间计)流达设计地点所需的时间,由坡面汇流历时和沟管内汇流历时组成。

**2.1.11 坡面汇流历时** time of flow on slope

径流到达沟管入水口所需的时间。

**2.1.12 沟管内汇流历时** time of flow in ditch or pipe

径流由沟管入水口到达出水口或设计终点所需的时间。

**2.1.13 重现期转换系数** converting factor of recurrence interval

设计重现期的降雨强度与某一标准重现期的降雨强度的比值。

**2.1.14 降雨历时转换系数** converting factor of time of concentration

设计降雨历时的降雨强度与某一标准降雨历时的降雨强度的比值。

**2.1.15 拦水带** dike

沿硬路肩外侧或路面外侧边缘设置的拦截路面和路肩表面水的堤埂,由沥青混凝土铺筑或水泥混凝土预制而成。

**2.1.16 反滤层、反滤织物** filter layer; filter fabric

为防止携带细粒的水流在渗流过程中将排水设施或构造物的孔隙堵塞而设置的滤层,由具有不同粒度的粒料层或具有渗滤功能的土工织物构成。

**2.1.17 渗沟** underdrains

在地面下或路基内设置的排水沟,由排水管或排水洞、透水性回填粒料和反滤织物或反滤层组成,以拦截或降低地下水位。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 地表径流量

$c_p$ ——重现期转换系数

$c_t$ ——降雨历时转换系数

$F$ ——汇水面积

$m_1$ ——地表粗度系数

$P$ ——设计重现期

$Q$ ——设计径流量

$q$ ——降雨强度

$t$ ——降雨历时或汇流历时

$\psi$ ——地表径流系数

### 2.2.2 路面表面水渗入量

$I_c$ ——每延米水泥混凝土路面裂缝或接缝的表面水设计渗入率

$I_s$ ——每平方米沥青路面的表面水设计渗入率

$Q_i$ ——每延米路面的表面水渗入量

### 2.2.3 排水沟和排水管水力计算

$A$ ——过水断面面积

$k$ ——渗透系数

$I$ ——水力坡度

$n$ ——沟壁或管壁粗糙系数

$\rho$ ——过水断面的湿周

$Q_c$ ——沟或管的泄水能力

$Q_o$ ——泄水口的泄水能力

$R$ ——水力半径

$v$ ——平均流速

### 2.2.4 地下水流量

$H$ ——地下水位的高度或地下水位下降幅度

$r_s$ ——地下水位受渗沟影响而降落的水平距离

$Q_s$ ——单位长度渗沟一侧沟壁的地下水渗入量

### 3 水文计算

3.0.1 路界内各项排水设施所需排泄的设计径流量按下式计算确定：

$$Q = 16.67\psi qF \quad (3.0.1)$$

式中  $Q$ ——设计径流量( $m^3/s$ )；

$q$ ——设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度( $mm/min$ )；

$\psi$ ——径流系数；

$F$ ——汇水面积( $km^2$ )。

3.0.2 设计降雨的重现期应根据公路等级和排水类型，按表 3.0.2 确定：

表 3.0.2 设计降雨的重现期(单位：年)

公路等级	路面和路肩 表面排水	路界内坡 面排水	公路等级	路面和路肩 表面排水	路界内坡 面排水
高速公路和 一级公路	5	15	二级及二级 以下公路	3	10

3.0.3 降雨历时一般应取设计控制点的汇流时间，其值为由汇水区最远点到排水设施处的坡面汇流历时与在沟或管内的沟管汇流历时之和。在考虑路面表面排水时，可不计及沟管内汇流历时。

3.0.4 坡面汇流历时可按下式计算确定：

$$t_1 = 1.445 \left[ \frac{m_1 L_s}{\sqrt{i_s}} \right]^{0.467} \quad (L_s \leq 370m) \quad (3.0.4)$$

式中  $t_1$ ——坡面汇流历时( $min$ )；

$L_s$ ——坡面流的长度( $m$ )；

$i_s$ ——坡面流的坡度；

$m_1$ ——地表粗度系数，按地表情况查表 3.0.4 确定。

表 3.0.4 地表粗度系数( $m_1$ )

地表状况	粗度系数( $m_1$ )	地表状况	粗度系数( $m_1$ )
沥青路面、水泥混凝土路面	0.013	牧草地、草地	0.40
光滑的不透水地面	0.02	落叶树林	0.60
光滑的压实土地面	0.10	针叶树林	0.80
稀疏草地、耕地	0.20		

3.0.5 计算沟管内汇流历时时，先在断面尺寸，坡度变化点或者有支沟(支管)汇入处分段，分别计算各段的汇流历时后再叠加而得，即：

$$t_2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{l_i}{60v_i} \right) \quad (3.0.5-1)$$

式中  $t_2$ ——沟管内汇流历时(min)；

$n$  和  $i$ ——分段数和分段序号；

$l_i$ ——第  $i$  段的长度(m)；

$v_i$ ——第  $i$  段的平均流速(m/s)。

沟管的平均流速可按本规范式(8.1.3)计算确定，或者按下式近似估算：

$$v = 20i_g^{0.6} \quad (3.0.5-2)$$

式中  $i_g$ ——该段排水沟管的平均坡度。

3.0.6 当地气象站有 10 年以上自记雨量计资料时，可利用气象站观测资料按下式整理分析得到设计重现期的降雨强度：

$$q = \frac{a}{t+b} \quad (3.0.6)$$

式中  $t$ ——降雨历时(min)；

$a$  和  $b$ ——地区性参数。

3.0.7 当地缺乏自记雨量计资料时，可利用标准降雨强度等值线图及有关转换系数，按下式计算降雨强度：

$$q = c_p c_t q_{S,10} \quad (3.0.7)$$

式中  $q_{5,10}$ ——5年重现期和10min降雨历时的标准降雨强度 (mm/min),按公路所在地区,由图 3.0.7-1 查取;

$c_p$ ——重现期转换系数,为设计重现期降雨强度  $q_p$  同标准重现期降雨强度  $q_5$  的比值 ( $q_p/q_5$ ),按公路所在地区由表 3.0.7-1 查取;

$c_t$ ——降雨历时转换系数,为降雨历时  $t$  的降雨强度  $q_t$  同 10min 降雨历时的降雨强度  $q_{10}$  的比值 ( $q_t/q_{10}$ ),按公路所在地区的 60min 转换系数 ( $c_{60}$ ),由表 3.0.7-2 查取, $c_{60}$  则可由图 3.0.7-2 查取。

表 3.0.7-1 重现期转换系数 ( $c_p$ )

地 区	重现期 $p$ (年)			
	3	5	10	15
海南、广东、广西、云南、贵州、四川东、湖南、湖北、福建、江西、安徽、江苏、浙江、上海、台湾	0.86	1.00	1.17	1.27
黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、山西、河南、山东、四川西、西藏	0.83	1.00	1.22	1.36
内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆(非干旱区)	0.76	1.00	1.34	1.54
内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆(干旱区*)	0.71	1.00	1.44	1.72

注: \* 干旱区约相当于 5 年一遇 10min 降雨强度小于 0.5mm/min 的地区。

表 3.0.7-2 降雨历时转换系数 ( $c_t$ )

$c_{60}$	降雨历时 $t$ (min)										
	3	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0.30	1.40	1.25	1.00	0.77	0.64	0.50	0.40	0.34	0.30	0.22	0.18
0.35	1.40	1.25	1.00	0.80	0.68	0.55	0.45	0.39	0.35	0.26	0.21
0.40	1.40	1.25	1.00	0.82	0.72	0.59	0.50	0.44	0.40	0.30	0.25
0.45	1.40	1.25	1.00	0.84	0.76	0.63	0.55	0.50	0.45	0.34	0.29
0.50	1.40	1.25	1.00	0.87	0.80	0.68	0.60	0.55	0.50	0.39	0.33

3.0.8 径流系数按汇水区域内的地表种类由表 3.0.8 确定。当汇水区域内有多种类型的地表时,应分别为每种类型选取径流系数

后,按相应的面积大小取加权平均值。

表 3.0.8 径流系数( $\psi$ )

地表种类	径流系数( $\psi$ )	地表种类	径流系数( $\psi$ )
沥青混凝土路面	0.95	陡峻的山地	0.75~0.90
水泥混凝土路面	0.90	起伏的山地	0.60~0.80
透水性沥青路面	0.60~0.80	起伏的草地	0.40~0.65
粒料路面	0.40~0.60	平坦的耕地	0.45~0.60
粗粒土坡面和路肩	0.10~0.30	落叶林地	0.35~0.60
细粒土坡面和路肩	0.40~0.65	针叶林地	0.25~0.50
硬质岩石坡面	0.70~0.85	水田、水面	0.70~0.80
软质岩石坡面	0.50~0.75		

3.0.9 设计径流量的计算过程可参照图 3.0.9 中所示的框图进行。

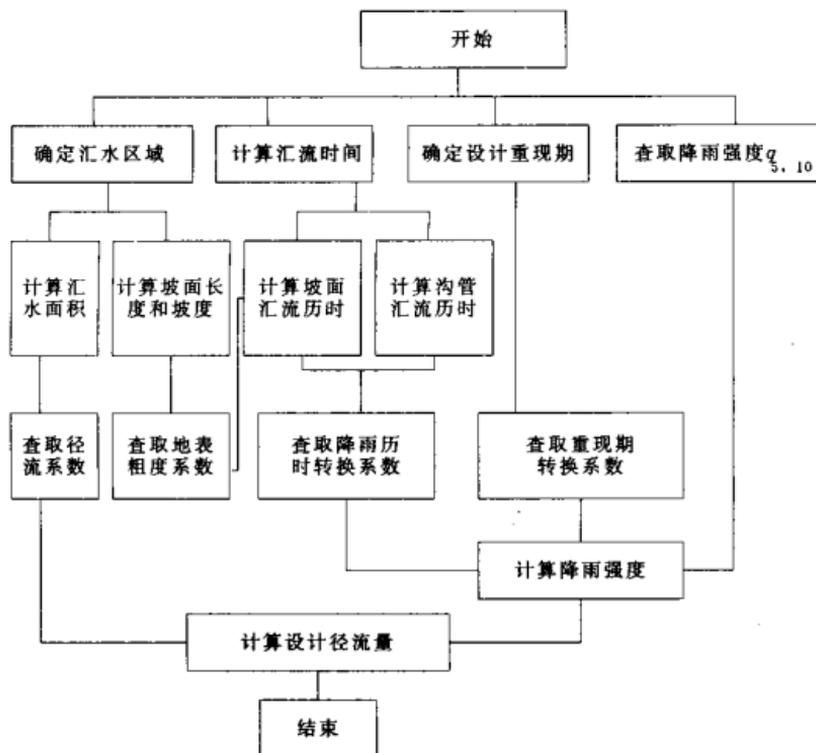


图3.0.9 设计径流量计算过程框图

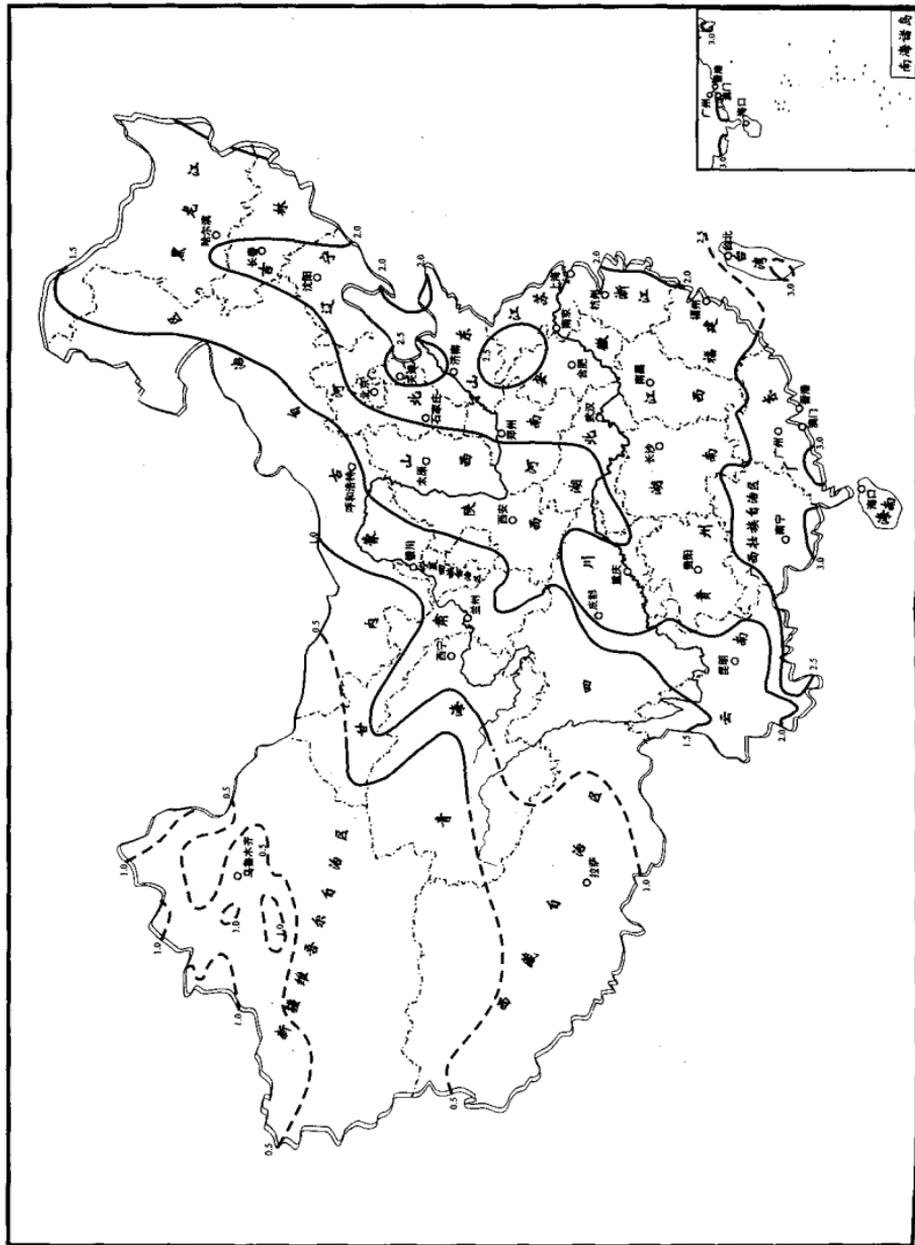


图3.0.7-1 中国5年一遇10min降雨强度 ( $Q_{5.0}^{10}$ ) 等值线图 (mm/min)

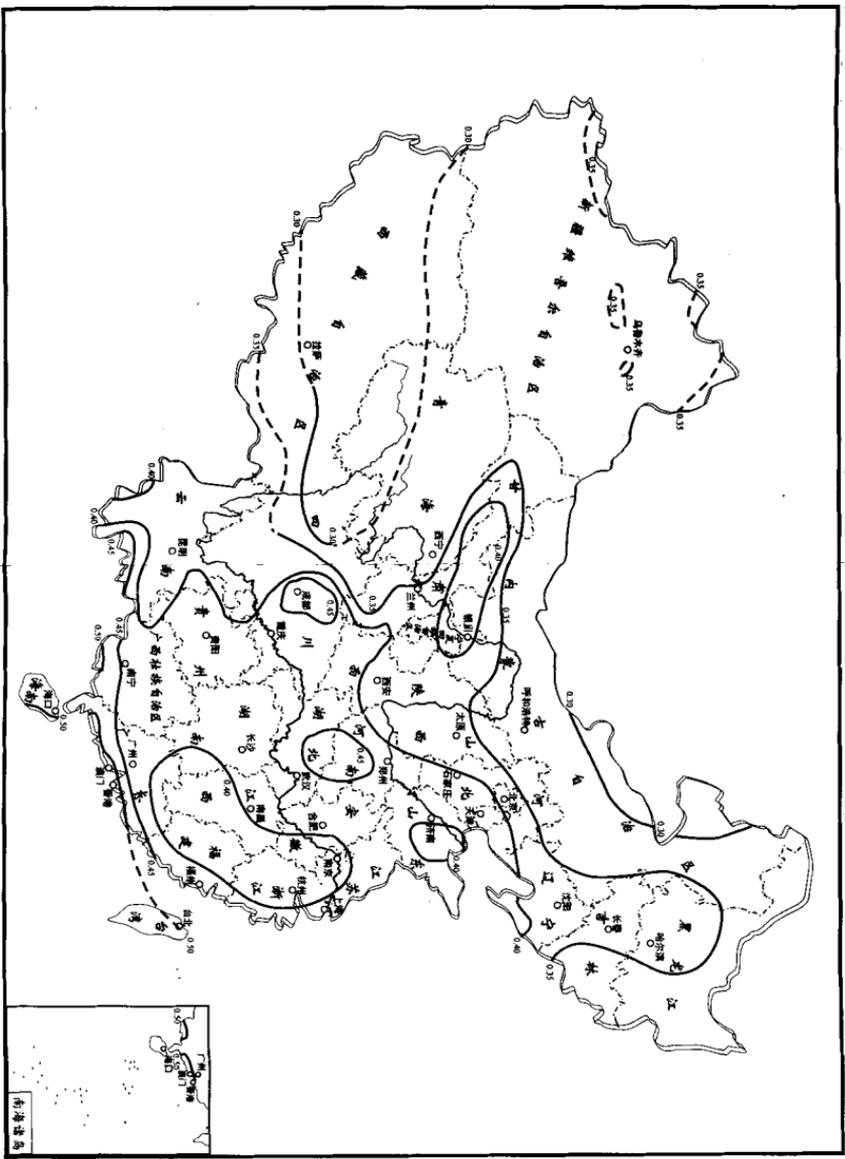


图3.07.2 中国 80mm 降雨强度转换系数 (C<sub>80</sub>) 等值线图 (mm/min)

## 4 路界地表排水

### 4.1 一般规定

4.1.1 路界地表排水包括路面(含路肩)、中央分隔带、路基边坡坡面和路界范围内地表坡面的表面排水,以及有可能进入路界的公路毗邻地带的地表水和由相交道路进入路界内的地表水的排除。

4.1.2 地表排水设施的布设应充分利用地形和天然水系,形成完善的排水系统,并做好进出口位置的选择和处理,使水流顺畅,不出现堵塞、溢流、渗漏、淤积、冲刷、冻结等,造成对路基、路面和毗邻地带的危害。

4.1.3 各项地表排水设施的设计流量按本规范第三章中所述的方法确定。各种沟管和泄水口的泄水能力按本规范第八章中所述的方法计算确定,其断面形状和尺寸应满足排泄设计流量的要求,沟管内水流的最大和最小流速应控制在允许流速范围内。

4.1.4 各种排水构造物所用材料的强度应满足本规范附录 A 中所列的要求。

4.1.5 路界地表排水设施不应兼作其它流水用途。对于二级以下的公路,如受条件限制而需兼用时,应限制在较小的范围和规模内,符合公路排水设计原则,并应进行个别设计。

4.1.6 地表排水设计应与坡面防护工程综合考虑,采取有效措施防止坡面岩土遭受冲刷和失稳。

4.1.7 地表排水沟管排放的水流不得直接排入饮用水水源,也不宜直接排入养殖池、农田等。

## 4.2 路面表面排水

### 4.2.1 路面表面排水设计应遵循下列原则:

1. 降落在路面上的雨水,应通过路面横向坡度向两侧排流,避免行车道路面范围内出现积水。

2. 在路线纵坡平缓、汇水量不大、路堤较低且边坡坡面不会受到冲刷的情况下,应采用在路堤边坡上横向漫流的方式排除路面表面水。

3. 在路堤较高,边坡坡面未做防护而易遭受路面表面水流冲刷,或者坡面虽已采取防护措施但仍有可能受到冲刷时,应沿路肩外侧边缘设置拦水带,汇集路面表面水,然后通过泄水口和急流槽排离路堤。

4. 设置拦水带汇集路面表面水时,拦水带过水断面内的水面,在高速公路及一级公路上不得漫过右侧车道外边缘,在二级及二级以下公路上不得漫过右侧车道中心线。

4.2.2 无中间带或采用分离式路基的公路,在未设超高路段上,行车道路面应沿路中心线设置向两侧倾斜的双向横坡;在设超高路段上,应设置向曲线内侧倾斜的单向横坡。设中间带的公路,各个行车方向的行车道路面应分别设置单向横坡,但单向车道数超过3个小时,也可分别设置双向横坡。

4.2.3 路面和路肩横坡的坡度,应依据铺面类型,按《公路工程技术标准》(JTJ 01)中的规定选用。设拦水带时,右侧硬路肩的横向坡度宜采用5%。

4.2.4 拦水带可由沥青混凝土现场浇筑,或者由水泥混凝土预制块铺砌而成。拦水带的横断面尺寸可参考图4.2.4。拦水带的顶面应略高于过水断面的设计水面高(水深)。设计水深应遵照4.2.1条第4款所述的设计原则,按设计流量由式(8.1.4)计算确定。在低路堤不设防撞护栏的路段上,拦水带的外露高度不宜超过10cm,其迎车面的坡度不宜陡于1:2。

4.2.5 拦水带的泄水口可设置成开口(喇叭口)式。设在纵坡坡段

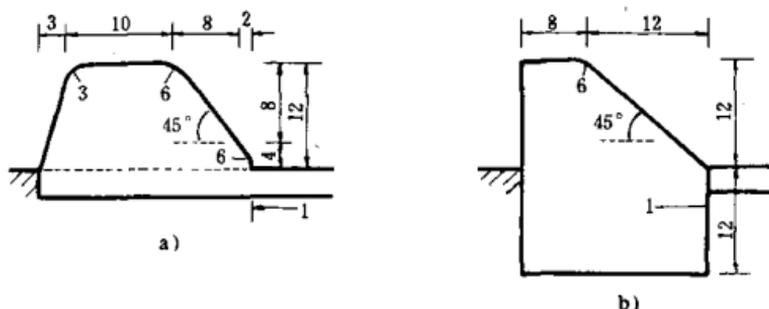


图 4.2.4 拦水带横断面参考尺寸(尺寸单位:cm)

a) 沥青混凝土拦水带; b) 水泥混凝土拦水带

1-硬路肩边缘

上的泄水口,宜做成不对称的喇叭口,并在硬路肩边缘的外侧设置逐渐变宽的低凹区(图 4.2.5)。低凹区的铺面类型与路肩相同。设在平坡或缓坡坡段上时,泄水口可做成对称式。泄水口的泄水量以及各项尺寸(开口长度、低凹区宽度和下凹深度等),可按本规范 8.2.2 和 8.2.3 条所述的方法计算确定。

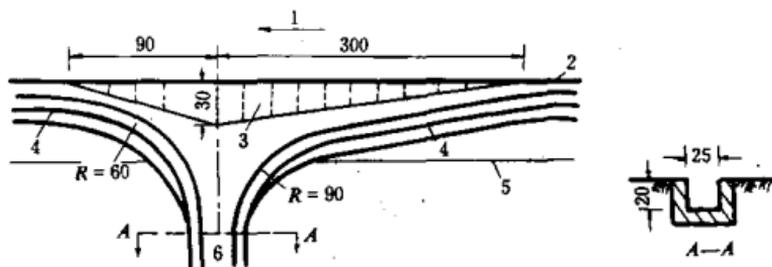


图 4.2.5 纵坡坡段上拦水带不对称泄水口的平面布置示意(尺寸单位:cm)

1-水流流向;2-硬路肩边缘;3-低凹区;4-拦水带顶;5-路堤边坡坡顶;6-急流槽

**4.2.6** 在道路交叉口、匝道口、与桥梁等构造物连接处、超高路段和一般路段的横坡转换处,应设置泄水口以避免路面表面水横向流过行车道或结构物。在纵坡符号变换的凹形竖曲线底部,泄水口应设在最低点,并在其前后相距 3m~5m 处各增设一个泄水口。泄水口的设置间距,可按本规范 8.2.6 条所规定的方法计算确定,并以 20m~50m 为宜。

4.2.7 在硬路肩宽度较窄,汇水宽度或汇水量大,使拦水带的过水断面不足时,可沿土路肩设置由 U 形水泥混凝土预制件铺筑的路肩边沟。

### 4.3 中央分隔带排水

4.3.1 分隔带宽度小于 3m 且表面采用铺面封闭时,在不设超高路段上,分隔带铺面应采用向两侧外倾的横坡,其坡度与路面的横坡度相同;在超高路段上,可在分隔带上侧边缘处设置缘石和泄水口,或者在分隔带内设置缝隙式圆形集水管或碟形混凝土浅沟和泄水口(图 4.3.1),以拦截和排泄上侧半幅路面的表面水。

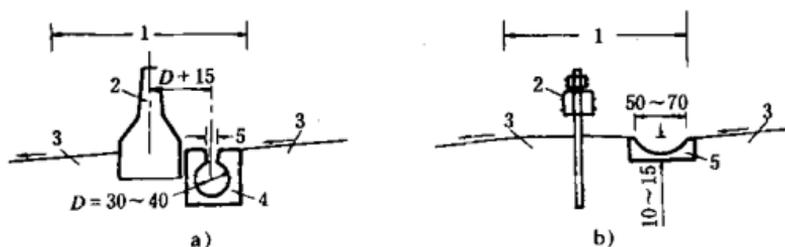


图 4.3.1 超高路段上设置缝隙式圆形集水管或碟形浅沟(尺寸单位:cm)

a) 缝隙式圆形集水管; b) 碟形混凝土浅沟

1-中央分隔带; 2-护栏; 3-铺面; 4-缝隙式圆形集水管; 5-碟形混凝土浅沟

4.3.2 缘石过水断面的泄水口可采用开口式、格栅式或组合式;碟形混凝土浅沟的泄水口采用格栅式。格栅铁条应平行于水流方向,孔口的净泄水面积应占格栅面积的一半以上。泄水口间距和截流量计算以及断面尺寸的选取,可按本规范 8.2.4、8.2.5 和 8.2.6 条中所述的方法计算确定。

4.3.3 分隔带宽度大于 3m 且未采用铺面封闭时,应通过内倾的横向坡度使表面水流向分隔带中央低凹处,并通过纵坡排流到泄水口或横穿路界的桥涵水道中。分隔带的横向坡度不得陡于 1:6;分隔带的纵向排水坡度,在过水断面无铺面时不得缓于 0.25%,有铺面时不得缓于 0.12%。当水流速度超过地面土的最大允许流速时,应在过水断面宽度范围内对地面土进行防冲刷处

理，做成三角形或 U 形断面的水沟。防冲刷层可采用石灰或水泥稳定土，或者采用浆砌片石铺砌，层厚 10cm~15cm。

4.3.4 在中央分隔带内的水流流量过大或流速超过允许范围处，或者在分隔带低凹区的流水汇集处，应设置格栅式泄水口，并通过排水管引排到桥涵或路界外。格栅可以同周围地面齐平，也可适当降低，并在其周围一定宽度范围内做成低凹区(图 4.3.4)，以增加泄水能力。泄水口的泄水量、间距或者格栅上面的水深，可按本规范 8.2.4、

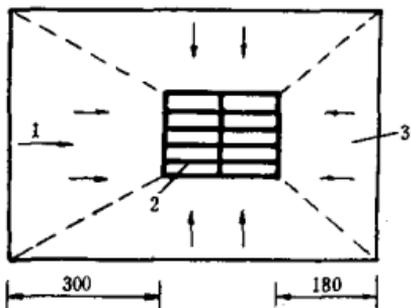


图 4.3.4 中央分隔带格栅式泄水口布置示意(尺寸单位:cm)  
1-上游;2-格栅;3-低凹区

8.2.5 和 8.2.6 条中所述的方法计算确定。

4.3.5 多雨地区表面无铺面且未采用表面排水措施的中央分隔带，为排除渗入分隔带内的表面水，可设置纵向排水渗沟(图 4.3.5)，并隔一定间距通过横向排水管将渗沟内的水排引出路界。渗沟周围包裹反滤织物(土工布)，以免渗入水携带的细粒将渗沟堵塞。渗沟上的回填料与路面结构的交界面处铺设涂双层沥青的土工布隔渗层。排水管可采用直径 70mm~150mm 的塑料管。

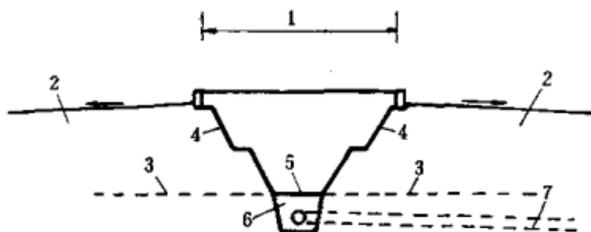


图 4.3.5 中央分隔带下设排水渗沟示意

1-中央分隔带;2-路面;3-路床顶面;4-隔渗层;5-反滤织物;6-渗沟;7-横向排水管

## 4.4 坡面排水

4.4.1 各种坡面排水沟渠的设计,应符合下列要求:

1. 沟渠纵坡坡度和出水口间距的设计,应使沟内水流的流速不超过沟渠最大允许流速;超过时应应对沟壁采取冲刷防护措施。

2. 沟底纵坡坡度一般不宜小于 0.5%。土质沟渠的最小纵坡为 0.25%;沟壁铺砌的沟渠的最小纵坡为 0.12%。

3. 沟槽的顶面高度应高出设计水位 0.1m~0.2m。

4.4.2 挖方路段及填土高度小于边沟深度的填方路段,应在挖方边坡或填方边坡坡脚外设置边沟,以汇集和排泄降落在坡面和路面上的表面水。

4.4.3 边沟可采用三角形、碟形、梯形或矩形横断面,按公路等级、所需排泄的设计流量、设置位置和土质或岩质选定。高速公路及一级公路,宜采用三角形或碟形边沟;受条件限制而需采用矩形横断面时,应在顶面加带槽孔的混凝土盖板。二级及二级以下公路,可采用梯形横断面,边沟内侧边坡坡度按土质类别采用 1:1.0~1:1.5;岩石挖方路段,可采用矩形横断面,其内侧坡面用浆砌片石砌筑以保持直立。矩形和梯形边沟的底宽和深度不应小于 0.4m。挖方路段边沟的外侧坡面与路堑下部坡面的坡度一致。

4.4.4 边沟的纵坡坡度应结合路线纵坡、地形、土质、出水口位置等情况选定,尽可能与路线纵坡坡度保持一致。当路线纵坡坡度小于沟底最小纵坡坡度时,边沟应采用沟底最小纵坡坡度,并缩短边沟出水口的间距。高速公路及一级公路的土质边沟,均应采取防护措施。

4.4.5 边沟出水口的间距,一般地区不宜超过 500m,多雨地区不宜超过 300m,三角形和碟形边沟不宜超过 200m。边沟出口水的排放应结合地形、地质条件以及桥涵水道位置,排引到路基范围外,使之不冲刷路堤坡脚。

4.4.6 当路堑或路堤边坡上方流入路界的地表径流量大时,应设置拦截地表径流的截水沟。在坡面汇流长度大的山坡上,应酌情设

置一道以上大致平行的截水沟。在坡体稳定性较差或有可能形成滑坡的路段,应在滑坡体的周界外设置截水沟。

**4.4.7** 截水沟设在路堑坡顶 5m 或路堤坡脚 2m 以外,如土质良好、路堑边坡不高或沟壁进行铺砌时,前者也可不小于 2m。截水沟应结合地形和地质条件沿等高线布置,将拦截的水顺畅地排向自然沟谷或水道。截水沟长度以 200m~500m 为宜;超过 500m 时,可在中间适宜位置处增设泄水口,由急流槽或急流管分流排引。

**4.4.8** 截水沟一般采用梯形横断面,沟坡坡度为 1:1.0~1:1.5;沟底宽度和沟的深度不宜小于 0.5m。地质或土质条件差,有可能产生渗漏或变形时,应采取相应的防护措施。

**4.4.9** 由拦水带泄水口通过路堤边坡上的急流槽或急流管引排到坡脚的水流,应汇集到设在路堤坡脚外 1m~2m 处的排水沟内,并排放到桥涵或自然水道中。深路堑或高路堤边坡设边坡平台时,在坡面径流量大的情况下可设置平台排水沟,以减少坡面冲刷。

**4.4.10** 在路堤和路堑坡面或者坡面平台上从坡顶向下竖向集中排水时,或者在截水沟或排水沟纵坡度很大时,可设置急流槽或急流管。

**4.4.11** 急流槽可采用由浆砌片石铺砌的矩形横断面或者由水泥混凝土预制件铺筑的矩形横断面。浆砌片石急流槽的槽底厚度可为 0.2m~0.4m,槽壁厚 0.3m~0.4m。混凝土急流槽的厚度可为 0.2m~0.3m。槽顶应与两侧斜坡表面齐平。槽深最小 0.2m,槽底宽最小 0.25m。槽底每隔 2.5m~5.0m 应设置一个凸榫,嵌入坡体内 0.3m~0.5m,以避免槽体顺坡下滑。

**4.4.12** 当急流槽纵坡陡于 1:1.5 时,宜采用金属管,管径至少 20cm。各节急流管用管桩锚固在坡体上,其接口应做防水联结,以免管内水流渗漏而冲刷坡面。

**4.4.13** 急流槽或急流管的进水口与沟渠泄水口之间做成喇叭口式联结,变宽段应有至少 15cm 的下凹,并做铺砌防护。急流槽或急流管的出水口处应设置消能设施,可采用混凝土或石块铺筑

的消力坪或消力池。

4. 4. 14 在陡坡或深沟地段的排水沟，为避免其出口下游的桥涵结构物、自然水道或农田受到冲刷，可设置跌水结构物。跌水可带消力池，并按坡度和坡长的不同，设置成单级或多级。不带消力池的跌水，其台阶高度不应大于  $0.5\text{m}\sim 0.6\text{m}$ ，以  $0.3\text{m}\sim 0.4\text{m}$  最为适宜；高度和长度之比，应与原地面坡度相吻合。带消力池的跌水，单级跌水墙的高度以  $1\text{m}$  左右为宜，消力槛的高度以  $0.5\text{m}$  左右为宜，消力槛与跌水墙的距离以  $5\text{m}$  左右为宜，但高度与长度之比也应结合原地面的坡度确定。消力池台面应设  $2\%\sim 3\%$  的外倾纵坡；消力槛顶宽不宜小于  $0.4\text{m}$ ，槛底应设泄水孔。跌水的槽身横断面可采用矩形，断面尺寸和要求与急流槽相同。

4. 4. 15 气候干旱、排水困难地段，可利用沿线的集中取土坑或专门开挖的凹坑修筑蒸发池，以汇集路界地表水，并通过蒸发和渗漏使之消散。蒸发池边缘距路基边沟不应小于  $5\text{m}$ ，面积较大的蒸发池不得小于  $20\text{m}$ 。蒸发池同边沟或排水沟之间设排水沟相连，池中水位应低于排水沟沟底。池的容量应以一个月内地表水汇入池中的水量能及时完成渗透和蒸发作为依据，但每个池的容量不宜超过  $200\text{m}^3\sim 300\text{m}^3$ ，蓄水深度不应大于  $1.5\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 。

## 5 路面内部排水

### 5.1 一般规定

5.1.1 为排除通过路面接缝、裂缝或空隙，或者由路基或路肩渗入并滞留在路面结构内的自由水，可沿路面边缘设置边缘排水系统，或者在路面结构层内设置排水基层或排水垫层排水系统。

5.1.2 遇有下列情况时，宜设置路面内部排水系统：

1. 年降水量为 600mm 以上的湿润和多雨地区，路基由透水性差的细粒土（渗透系数不大于  $10^{-5}$ cm/s）组成的高速公路、一级或重要的二级公路。

2. 路基两侧有滞水，可能渗入路面结构内。

3. 严重冰冻地区，路基为由粉性土组成的潮湿、过湿路段。

4. 现有路面改建或改善工程，需排除积滞在地面结构内的水分。

5.1.3 路面内部排水系统设计应符合下列要求：

1. 路面内部排水系统中各项排水设施的泄水能力均应大于渗入路面结构内的水量，且下游排水设施的泄水能力应超过上游排水设施的泄水能力。

2. 渗入水在路面结构内的最大渗流时间，冰冻地区不应超过 1h，其它地区不应超过 2h（重交通时）～ 4h（轻交通时）。渗入水在路面结构内的渗流路径长度不宜超过 45m～60m。

3. 各项排水设施不应被渗流从路面结构、路基或路肩中带来的细料堵塞，以保证系统的排水效率不随时间推移而很快丧失。

5.1.4 表面水渗入路面结构的量，按路面类型分别由下列公式计算确定：

$$\text{水泥混凝土路面 } Q_1 = I_c \left( n_z + n_h \frac{B}{L} \right) \quad (5.1.4-1)$$

$$\text{沥青路面 } Q_1 = I_s B \quad (5.1.4-2)$$

式中  $Q_1$ ——纵向每延米路面结构表面水的渗入量 [ $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ];

$I_c$ ——每延米水泥混凝土路面接缝或裂缝的表面水设计渗入率 [ $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ], 可按  $0.36 \text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$  取用;

$I_s$ ——每平方米沥青路面的表面水设计渗入率 [ $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ ], 可按  $0.15 \text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$  取用;

$B$ ——单向坡度路面的宽度 (m);

$L$ ——水泥混凝土路面的横缝间距 (即板长) (m);

$n_z$ —— $B$  长度范围内纵向接缝和裂缝的条数 (包括路面与路肩之间的接缝);

$n_h$ —— $L$  长度范围内横向接缝和裂缝的条数。

5.1.5 自由水在排水层内的渗流时间按下列公式计算:

$$t = \frac{L_s}{3600v_s} \quad (5.1.5-1)$$

$$L_s = B \sqrt{1 + \frac{i_x^2}{i_h^2}} \quad (5.1.5-2)$$

$$v_s = \frac{1}{n_e} k_b \sqrt{i_x^2 + i_h^2} \quad (5.1.5-3)$$

式中  $t$ ——渗流时间 (h);

$L_s$ ——渗流路径长 (m);

$v_s$ ——渗流速度 (m/s);

$k_b$ ——透水材料的渗透系数 (m/s);

$n_e$ ——透水材料的有效孔隙率。

## 5.2 路面边缘排水系统

5.2.1 沿路面边缘设置由透水性填料集水沟、纵向排水管、横向出水管和过滤织物(土工布)组成的边缘排水系统(图 5.2.1)。

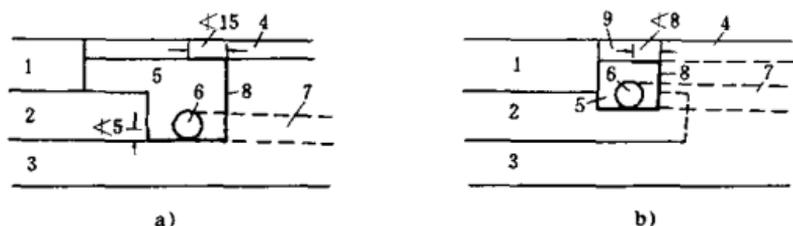


图 5.2.1 边缘排水系统(图注尺寸单位:cm)

a)新建路面边缘排水系统;b)改建路面边缘排水系统

1-面层;2-基层;3-垫层;4-路肩面层;5-集水沟;6-排水管;7-出水管;8-反滤织物;9-回填路肩面层

**5.2.2 纵向排水管**通常选用聚氯乙烯(PVC)或聚乙烯(PE)塑料管。排水管设3排槽口或孔口,其开口总面积不小于 $42\text{cm}^2/\text{延米}$ 。管径按设计流量由水力计算确定,通常在 $70\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 范围内选用。排水管的埋设深度,应保证不被车辆或施工机械压裂,并应超过当地的冰冻深度。在非冰冻地区,新建路面时,排水管管底通常与基层底面齐平;改建路面时,管中心应低于基层顶面。排水管的纵向坡度宜与路线纵坡相同,但不得小于 $0.25\%$ 。

**5.2.3 横向出水管**选用不带槽或孔的聚氯乙烯或聚乙烯塑料管,管径与排水管相同。其间距和安设位置由水力计算并考虑邻近地面高程和公路纵横断面情况确定,一般在 $50\text{m}\sim 100\text{m}$ 范围内选用。出水管的横向坡度不宜小于 $5\%$ 。埋设出水管所开挖的沟,须用低透水材料回填。出水管的外露端头用镀锌铁丝网或格栅罩住。出水口的下方应铺设水泥混凝土防冲刷垫板或者对泄水道的坡面进行浆砌片石防护,以防止水流冲刷路基边坡和植物生长。出水流应尽可能排引至排水沟或涵洞内。

**5.2.4 透水性填料**由水泥处治开级配粗集料组成,其孔隙率约为 $15\%\sim 20\%$ 。粗集料最大粒径不大于 $40\text{mm}$ ,粒径 $4.75\text{mm}$ 以下的细粒含量不应超过 $16\%$ , $2.36\text{mm}$ 以下的细粒含量不应超过 $6\%$ 。为避免带孔排水管被堵塞,透水性填料在通过率为 $85\%$ 时的粒径应比排水管槽口宽或孔口直径大 $1.0\sim 1.2$ 倍。水泥处治集料的配

合比,应按透水性要求和施工要求通过试配确定。

**5.2.5 集水沟底面的最小宽度**,对新建路面,不应小于 30cm;对改建路面,应能保证排水管两侧各有至少 5cm 宽的透水填料。透水填料的底面和外侧围以反滤织物(土工布),以防垫、基层和路肩内的细粒侵入而堵塞填料空隙或管孔。反滤织物可选用由聚酯类、尼龙或聚丙烯材料制成的无纺布,能透水,但细粒土不能随水一起透过。

### 5.3 排水基层的排水系统

**5.3.1 直接在面层下设置透水性排水基层**,在其边缘设置纵向集水沟和排水管以及横向出水管等,组成排水基层排水系统(图 5.3.1)。

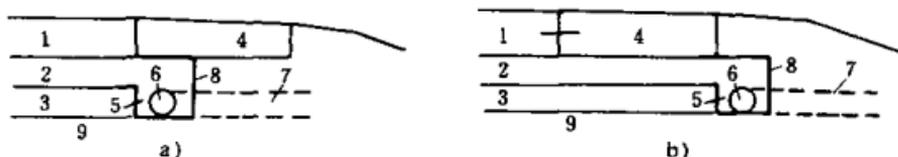


图 5.3.1 排水基层排水系统

1-面层;2-排水基层;3-不透水垫层;4-路肩面层或水泥混凝土路肩面层;5-集水沟;  
6-排水管;7-出水管;8-反滤织物;9-路基

**5.3.2 排水基层由水泥或沥青处治不含或含少量粒径 4.75mm 以下细料的开级配碎石集料组成**,或者由未经结合料处治的开级配碎石集料组成。

集料应选用洁净、坚硬而耐久的碎石,其压碎值不应大于 30%。最大粒径可为 20cm 或 25cm,并不得超过层厚的 2/3。粒径 4.75mm 以下细料的含量不应大于 10%。集料级配应满足透水性要求(渗透系数不得小于 300m/d),可通过常水头或变水头渗透试验试配后确定。

水泥处治碎石集料的水泥用量不宜少于 160kg/m<sup>3</sup>,其 7d 浸水抗压强度不得低于 3MPa~4 MPa。沥青处治碎石集料的沥青用量约为集料干重的 2.5%~4.5%。

5.3.3 排水基层的厚度应按所需排放的水量和基层材料的渗透系数通过水力计算确定,通常在 8cm~15cm 范围内选用,但最小厚度不得小于 6cm(沥青处治碎石)或 8cm(水泥处治碎石)。其宽度应视面层施工的需要超出面层宽度 30cm~90cm。

5.3.4 纵向集水沟可设在面层边缘外侧、路肩下或路肩边缘外侧(图 5.3.1)。集水沟中的填料采用与排水基层相同的透水性材料。集水沟的下部设置带槽口或圆孔的纵向排水管,并间隔适当距离设置不带槽孔的横向出水管。

集水沟、排水管和出水管的尺寸和布设要求,按本规范 5.2.2 条~5.2.5 条的规定采用。

5.3.5 排水基层的下卧垫层应选用不透水或低透水性的密级配混合料,以拦截自由水的下渗和路基中细粒土的上迁。

5.3.6 为拦截地下水、滞水或泉水进入路面结构,或者排除因负温差作用而积聚在路基上层的自由水,可直接在路基顶面设置透水性排水垫层,并酌情配置纵向集水沟、排水管和出水管等(图 5.3.6)。



图 5.3.6 排水垫层排水系统

1-面层;2-基层;3-垫层;4-排水垫层;5-集水沟;6-排水管

5.3.7 排水垫层选用开级配集料(砂或砂砾石),其级配应满足下列排水和反滤的要求:

1. 排水垫层集料在通过率为 15%时的粒径应不小于路基土在通过率为 15%时的粒径的 5 倍。

2. 排水垫层集料在通过率为 15%时的粒径应不大于路基土在通过率为 85%时的粒径的 5 倍。

3. 排水垫层集料在通过率为 50%时的粒径应不大于路基土在通过率为 50%时的粒径的 25 倍。

4. 排水垫层集料的不均匀系数(通过率为 60%的粒径与通过率为 10%的粒径的比值)不大于 20。

## 6 地下排水

### 6.1 一般规定

6.1.1 在地下水危及路基稳定(包括整体稳定和局部稳定)或者严重影响路基强度的情况下,应根据具体情况采取拦截、旁引、排除含水层的地下水,降低地下水位或者疏干坡体内地下水等措施。

6.1.2 进行地下排水设计前,应进行野外工程地质和水文地质调查、勘探和测试,摸清地下水的类型和补给来源、地下水的活动规律以及有关水文地质参数。

6.1.3 在排除地下水的同时,应采取措施防止地表水下渗而造成对地下水的补给,也不允许将地表水排放入地下水排水设施内。

6.1.4 地下排水沟管应尽可能采用较大的纵坡坡度,在出水口段宜加大纵坡坡度。其最小纵坡坡度一般不宜小于 0.50%;条件困难时,主沟的最小坡度不得小于 0.25%,支沟的最小坡度不得小于 0.20%。

6.1.5 地下排水沟管的出水口间距不宜大于 300m,并应妥善处理出水口的排水通道,防止出现漫流或冲刷山坡坡面。可以允许将地下水排放到路界地表排水系统中,但出水口处的地下水必须处于无压状态。

6.1.6 地下排水沟管的上游端头应设置以 45°倾角与地面相通的清扫、疏通井管;在中间段的管道交汇处、转向处、管径或坡度变换处,应设置竖立的检查井管,其最大间距不得超过 150m。

6.1.7 地下排水设施的设计渗流量可按本规范 8.3 节中所述的方法计算确定。

## 6.2 地下水调查和测定

6.2.1 设计前应收集既有的工程地质和水文地质等有关资料,并通过野外调查及坑探和钻探测试,收集下列数据:

1. 地下水的类型和补给来源;含水层和不透水层的性质、层数和厚度。

2. 泉水出露的位置、类型、流量和动态变化。

3. 地下水的埋藏深度、水位变化规律和变化幅度。

4. 地下水的流向、流速和水力坡度。

5. 当地地下水的利用和已有的地下排水设施使用情况。

6.2.2 地下水的流向可采用三点法测定,三个测孔间的距离一般可取为 50m~150m。地下水的流速可利用指示剂着色法测定,或者利用已知的水力坡度和渗透系数,由计算确定。

6.2.3 含水层介质的渗透系数可采用下述室内或野外试验方法确定:

1. 按代表性岩土渗透系数经验值粗略地估计。

2. 由室内常水头或变水头渗透试验确定。试验时,试件的直径应为岩土颗粒最大粒径的 8 或 12 倍。

3. 在野外对含水层进行抽水试验后计算确定,或者对非饱和松散岩土层采用渗水试验确定。

6.2.4 泉水出露处的泉水流量可根据流量大小选择容积法、三角堰法或梯形堰法测定。

## 6.3 地下排水设施

6.3.1 路基基底局部范围有泉水外涌时,应设置暗沟或暗管将水引排至路堤坡脚外或路堑边沟内。泉井壁和沟壁可采用浆砌片石砌筑,沟顶设置混凝土或石盖板,盖板顶面上的填土厚度不应小于 50cm。沟宽视泉井范围而定。

6.3.2 为拦截含水层的地下水或降低地下水位,可设置管式渗沟(图 6.3.2)。渗沟的埋置深度按地下水位的高程(为保证路基或坡

体稳定)、地下水位需下降的深度以及含水层介质的渗透系数等因素考虑确定。排水管可采用带槽孔的塑料管或水泥混凝土管。管径按设计渗流量确定,但最小内径宜为 15cm(渗沟长度不大于 150m 时)或 20cm(渗沟长度大于 150m 时)。排水管周围回填透水性材料,管底回填料的厚度为 15cm,管两侧的回填料宽度不宜少于 30cm。渗沟位于路基范围外时,透水性回填料顶部应覆盖 15cm 厚的不透水填料。透水性回填料可采用粒径 5mm~40mm 的碎石或砾石,但粒径小于 2.36mm 的细粒含量不得大于 5%。含水层内的细粒有可能随渗流进入沟内而堵塞渗沟时,应在渗沟的迎水面沟壁处设置反滤织物。

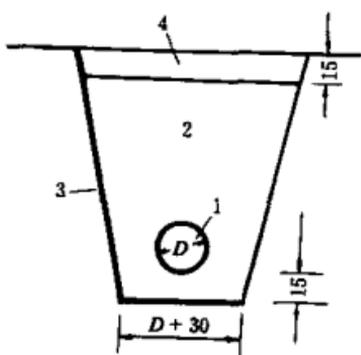


图 6.3.2 管式渗沟

1-带槽孔排水管;2-透水性回填料;  
3-反滤织物;4-不透水封层

6.3.3 带孔的排水管,其圆孔的内径为 5mm~10mm,纵向间距为 75mm,按 4 或 6 排对称地排列在圆管断面的下半截〔图 6.3.3a〕。最上面一排圆孔距管内底的最大高度  $H$  和管下部无圆孔截面的弦长  $L$  应满足表 6.3.3 中所列的要求。带槽的排水管,其槽口的宽度为 3mm~5mm(沿管长方向),沿圆周方向的长度和槽口的间距应满足表 6.3.3 中所列的要求。槽口按两排间隔  $165^\circ$  对称地排列在圆管断面的下半截〔图 6.3.3b〕。在渗沟内安设排水管时,槽孔向下。

表 6.3.3 带槽孔排水管的槽孔布置尺寸要求

管径 (mm)	圆孔			槽口		管径 (mm)	圆孔			槽口	
	排数	$H$ (mm)	$L$ (mm)	长度 (mm)	间距 (mm)		排数	$H$ (mm)	$L$ (mm)	长度 (mm)	间距 (mm)
150	4	70	98	38	75	300	6	140	195	75	150
200	4	94	130	50	100	380	6	175	244	75	150
250	4	116	164	50	100	460	6	210	294	75	150

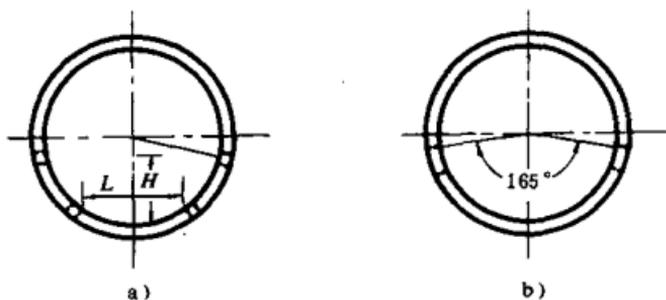


图 6.3.3 带槽孔排水管的圆孔和槽口布置要求

a)带孔排水管;b)带槽排水管

6.3.4 在盛产石料地区,也可采用洞式渗沟在路基范围外拦截地下水(图 6.3.4)。在渗沟底部,以片石浆砌成矩形排水槽,槽顶覆盖水泥混凝土条形盖板,形成排水洞,其横断面尺寸按设计渗流量的要求确定。板条间留有宽 20mm 的缝隙,间距不超过 300mm。在盖板顶面铺以透水的土工织物。沟内回填透水性填料,沟顶覆盖 20cm 厚的不透水封闭层。含水层内的细粒有可能随渗流进入沟内而堵塞渗沟时,应在渗沟的迎水面沟壁处按渗滤要求设置若干层粒料反滤层;每层反滤层由厚度为 15cm~25cm 的粒料组成,其级配组成按本规范 5.3.7 条所列的要求设计。

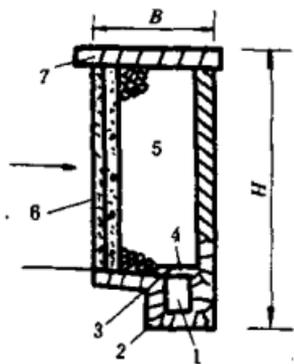


图 6.3.4 洞式渗沟

1-排水洞;2-浆砌片石;3-混凝土盖板;4-透水土工织物;  
5-透水性回填料;6-反滤层;  
7-封闭层

6.3.5 为疏干潮湿的土质路堑边坡坡体和引排边坡上局部出露的上层滞水或泉水,可采用边坡渗沟(图 6.3.5)。修建边坡渗沟的边坡坡度不应陡于 1:1。

边坡渗沟应垂直嵌入边坡坡体,其平面形状宜采用条带形布置;对于范围较大的潮湿坡体,可采用增设支沟的分岔形布置或拱形布置。主沟间距宜采用 6m~10m。渗沟宽度约

1.2m~1.5m，其基底应设在较干燥而稳定的土层内，筑成阶梯状，基础采用浆砌片石。沟内回填透水性粒料，其底部采用大粒径的碎石或砾石，而上部可采用较小粒径的砂砾。粗回填料外周设置反滤织物或反滤层。沟顶部采用干砌片石铺砌，其表面与边坡坡面大致齐平。下部出水口宜采用干砌片石垛支撑，渗出的水流直接进入边沟。

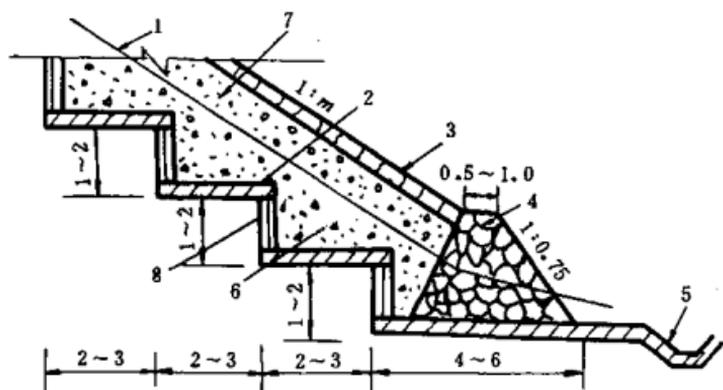


图 6.3.5 边坡渗沟布置和构造示意(尺寸单位:m)

1-干湿土层分界线;2-浆砌片石铺砌;3-干砌片石覆盖;4-干砌片石垛;5-边沟;6-底部回填粗粒料;7-上部回填细粒料;8-反滤织物或反滤层

**6.3.6** 为引排山坡土体内的地下水，以解除静水压力，保证坡体稳定，可采用平式钻孔排水。用钻孔直径 75mm~150mm、钻深可达 180m 的钻机，在挖方边坡平台上水平向钻入坡体含水层，而后在钻孔内推入直径 50mm、带槽孔的塑料(PVC)排水管(也可将塑料排水管放在钻杆内一起钻入，随后抽回钻杆)。钻孔的仰坡度可为 0~25%(一般采用平均仰坡 10%~15%)。带孔排水管的圆孔，直径 10mm，纵向间距 75mm，沿管周分三排均布排列；一排在管的顶部，其它两排分别在管的两侧，顶排的圆孔位置与侧排圆孔交错排列。靠近出水口约 1m~10m 长的范围内，应设置不带槽孔的塑料排水管。在靠近出水口至少 60cm 长的范围内，应用粘土堵塞钻孔与排水管之间的空隙。

## 7 公路构造物及下穿道路排水

### 7.1 桥面排水

7.1.1 为保障桥面行车通畅、安全,防止桥面结构受降水侵蚀,应设置完善的桥面排水设施。

7.1.2 跨越公路、铁路、通航河流的桥梁以及城市高架桥,落在桥面上的降水通过桥面横坡和纵坡排流入泄水口后,应汇集到纵向排水管(或排水槽),并通过设在墩台处的竖向排水管(落水管)流入地面排水设施或河流中。跨越一般河流、水沟的桥梁,桥面水排入泄水口后可通过泄水管直接向下排放。

7.1.3 桥面应有足够的横向和纵向坡度,使落在桥面上的降水迅速排向桥面行车道两侧。桥面横向坡度可按路面横向坡度取用或比后者大 0.5%。

7.1.4 泄水口宜设置在桥面行车道边缘处。泄水口的间距可依据设计径流量按本规范 8.2 节所述的方法计算确定,但最大间距不宜超过 20m。在桥梁伸缩缝的上游方向应增设泄水口,在凹形竖曲线的最低点及其前后 3m~5m 处也应各设置一个泄水口。

7.1.5 泄水口可采用圆形或矩形。圆形泄水口的直径宜为 15cm~20cm;矩形泄水口的宽度宜为 20cm~30cm,长度为 30cm~40cm。泄水口顶部采用铸铁格栅盖板,其顶面应比周围路面低 5mm~10mm。泄水管通常采用铸铁管,最小内径为 15cm。泄水口周围的桥面板应配置补强钢筋网。

7.1.6 排水管或排水槽应设置在悬臂板外侧;当有景观要求时,可采取遮盖或装饰处理措施予以遮掩。排水管可采用铸铁管、塑料管(聚氯乙烯或聚乙烯)或钢管,其内径应等于或大于泄水管的内

径。排水槽宜采用铝质或钢质材料,也可采用水泥混凝土预制件,其横截面为矩形或U形,宽度和深度均宜为20cm左右。纵向排水管或排水槽的坡度不得小于0.5%。桥梁伸缩缝处的纵向排水管或排水槽应设置可供伸缩的柔性套筒。寒冷地区的竖向排水管,其末端宜距地面50cm以上。

## 7.2 桥台和支挡构造物排水

7.2.1 桥台和支挡构造物的台背或墙背回填料宜采用透水性材料,回填料表面应采取措施防止地表水渗入。

7.2.2 回填料为透水性材料时,可采用仅在台身或墙身设置泄水孔的简易排水措施。

7.2.3 当回填料透水性不良、回填区渗水量大或有冻胀可能时,可选用下列排水措施:

1. 在台背或墙背与回填料之间设置由透水性粒料组成的连续排水层,排水层的厚度不应小于30cm,其顶部用30cm~50cm厚的不透水材料(如黏土)封闭。

2. 沿台背或墙背的底部设置厚30cm~40cm、高50cm的纵向排水渗沟,并间隔4m~5m设置厚30cm~40cm、宽30cm~40cm的竖向渗沟,其顶部用30cm~50cm厚的不透水材料封闭。渗沟由透水性粒料筑成。

3. 沿台背或墙背的底部纵向设置内径10cm~15cm的软式透水干管,并间隔2m~3m竖向设置内径5cm~8cm的软式透水支管。

7.2.4 泄水孔由埋在墙身内的塑料圆管组成,直径5cm~10cm,向墙面倾斜3%~5%。进水口处周围50cm范围内应采用具有反滤作用的粒料覆盖。泄水口的间距宜为2m~3m,上下排交错布置,最低一排出水口应高出墙前地面、常水位或边沟内设计水位20cm~30cm以上。

## 7.3 下穿道路排水

7.3.1 对于下穿道路,应重视下挖段的排水设计,避免雨季积水,

影响车辆及行人正常交通。

7.3.2 在下挖段的两端,应设置泄水口、排水沟等排水设施,拦截和引排上游方向的地表水,以减少地表水流入下挖段。

7.3.3 下穿道路在上跨构造物洞口内的最小纵坡不宜低于 $0.15\% \sim 0.30\%$ ,纵断面的最低点宜尽可能布置在洞口外。

7.3.4 下挖段的路肩宜采用较大的横向坡度。在洞口内的下挖段边沟应加大过水断面面积,并宜采用矩形横断面,顶上加盖带槽孔的混凝土板。在最低点处设置集水井,并布设地下排水管,将汇集的水引排到邻近的低地或水沟内。

7.3.5 地下水位较高的平原区,下挖段汇集的表面水无法排出时,应设立泵站,使用水泵排水。水泵的型号应按排水量和扬程要求选择。重要的下穿道路,每个泵站应至少配置2台水泵。

## 8 水力计算

### 8.1 排水沟和排水管的水力计算

8.1.1 沟和管的水力计算,应依据设计流量确定沟和管所需的断面尺寸,并检查其流速是否在允许范围内。

8.1.2 沟或管的泄水能力按下式计算:

$$Q_c = vA \quad (8.1.2)$$

式中  $Q_c$ ——沟或管的泄水能力( $m^3/s$ );

$v$ ——沟或管内的平均流速( $m/s$ );

$A$ ——过水断面面积( $m^2$ ),各种沟管过水断面的面积计算式可参考附录 B。

8.1.3 沟或管内的平均流速按下式计算:

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (8.1.3)$$

式中  $n$ ——沟壁或管壁的粗糙系数,按表 8.1.3 确定;

$R$ ——水力半径( $m$ ), $R=A/\rho$ ,各种沟管的水力半径计算式可参考附录 B;

$\rho$ ——过水断面湿周( $m$ );

$I$ ——水力坡度,可取用沟或管的底坡。

表 8.1.3 沟壁或管壁的粗糙系数( $n$ )

沟或管类别	$n$	沟或管类别	$n$
塑料管(聚氯乙烯)	0.010	土质明沟	0.022
石棉水泥管	0.012	带杂草土质明沟	0.027
水泥混凝土管	0.013	砂砾质明沟	0.025

续上表

沟或管类别	$n$	沟或管类别	$n$
陶土管	0.013	岩石质明沟	0.035
铸铁管	0.015	植草皮明沟 (流速 0.6m/s)	0.035~ 0.050
波纹管	0.027	植草皮明沟 (流速 1.8m/s)	0.050~ 0.090
沥青路面(光滑)	0.013	浆砌片石明沟	0.025
沥青路面(粗糙)	0.016	干砌片石明沟	0.032
水泥混凝土路面(抹抹面)	0.014	水泥混凝土明沟(抹抹面)	0.015
水泥混凝土路面(拉毛)	0.016	水泥混凝土明沟(预制)	0.012

8.1.4 浅三角形沟或过水断面的泄水能力按下述修正公式计算:

$$Q_c = 0.377 \frac{1}{i_b n} h^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (8.1.4)$$

式中  $i_b$ ——沟或过水断面的横向坡度;

$h$ ——沟或过水断面的水深(m)。

8.1.5 沟和管的允许流速应符合下列规定:

1. 明沟的最小允许流速为 0.4m/s,暗沟和管的最小允许流速为 0.75m/s。

2. 管的最大允许流速为:金属管 10m/s;非金属管 5m/s。

3. 明沟的最大允许流速,在水深为 0.4m~1.0m 时,按表 8.1.5-1 取用;在此水深范围外的允许值,按表列值乘表 8.1.5-2 中相应的修正系数。

表 8.1.5-1 明沟的最大允许流速(m/s)

明沟类别	允许最大流速	明沟类别	允许最大流速	明沟类别	允许最大流速	明沟类别	允许最大流速
亚砂土	0.8	干砌片石	2.0	粘土	1.2	水泥混凝土	4.0
亚粘土	1.0	浆砌片石	3.0	草皮护面	1.6		

表 8.1.5-2 最大允许流速的水深修正系数

水深 $h$ (m)	<0.4	0.4< $h$ ≤1.0	1.0< $h$ <2.0	$h$ ≥2.0
修正系数	0.85	1.00	1.25	1.40

## 8.2 泄水口水力计算

8.2.1 泄水口水力计算,应依据设计流量和截流要求确定泄水口的尺寸和布设间距。

8.2.2 在纵坡坡段上的开口式泄水口,其泄水量随开口长度  $L_i$ 、低凹区的宽度  $B_w$  和下凹深度  $h_0$  以及过水断面的纵向坡度  $i_x$  和横向坡度  $i_h$  而变化(图 8.2.2)。可利用本规范附录 C 中图 C 查取截流率( $Q_c/Q_o$ ),按过水断面泄水能力  $Q_o$  确定其泄水量  $Q_o$ 。

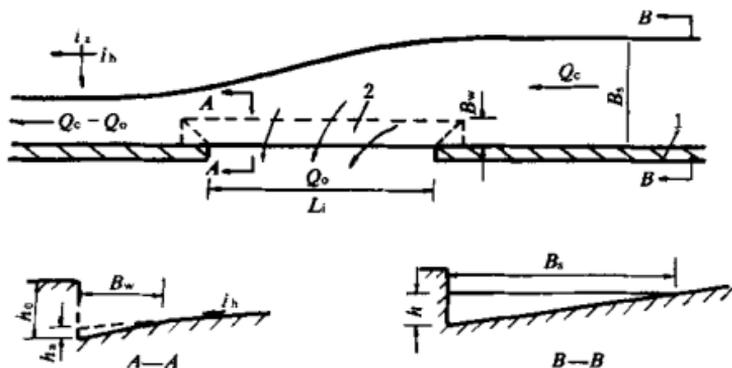


图 8.2.2 开口式泄水口周围的水流状况

1-拦水带或缘石;2-低凹区

8.2.3 在凹形竖曲线底部的开口式泄水口,按泄水口处的水深和泄水口的尺寸确定其泄水量。

1. 如开口处设有低凹区,当开口处的净高  $h_0$  不小于由图 8.2.3-1 确定的满足堰流要求的最小高度  $h_m$  时,可利用图 8.2.3-2 确定开口的泄水量或最大水深  $h_i$ 。

2. 如不设低凹区,则按下式确定其泄水量:

$$Q_o = 1.66L_i h_i^{1.5} \quad (8.2.3-1)$$

3. 当开口处水深  $h_i$  超过净高  $h_0$  的 1.4 倍时,按下式确定其泄水量:

$$Q_o = 13.14h_0 L_i (h_i - 0.5h_0) \quad (8.2.3-2)$$

8.2.4 在纵坡坡段上的格栅式泄水口,其泄水量为过水断面中格栅宽度  $B_g$  所截流的部分(图 8.2.4),可利用式(8.1.4)确定。格栅

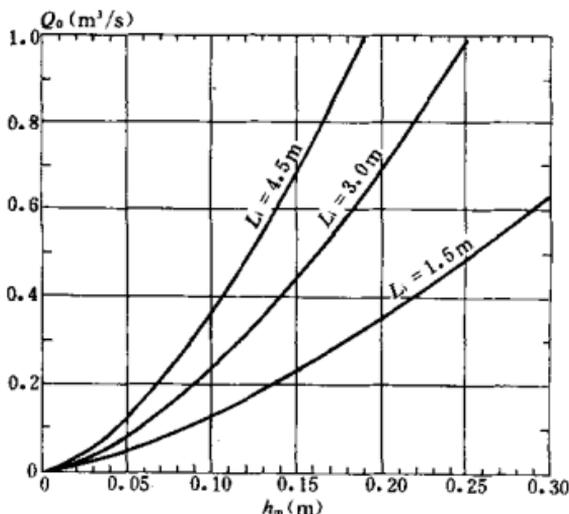


图 8.2.3-1 开口式泄水口满足壅流要求的最小开口高度  $h_m$  计算图

孔口所需的最小净长度按下式确定：

$$L_g = 0.91v_g(h_i + t_b)^{0.5} \quad (8.2.4)$$

式中  $L_g$ ——格栅孔口的最小净长度(m)；

$v_g$ ——格栅宽度范围内水流的平均流速(m/s)；

$t_b$ ——格栅栅条的厚度(m)。

8.2.5 在凹形竖曲线底部的格栅式泄水口，其泄水量按下述公式计算：

1. 当格栅上面的水深  $h_i$  小于 0.12m 时

$$Q_0 = 1.66p_g h_i^{1.5} \quad (8.2.5-1)$$

式中  $p_g$ ——格栅的有效周边长，为格栅进水周边边长之和的一半(m)。

2. 当格栅上面的水深  $h_i$  大于 0.43m 时

$$Q_0 = 2.96A_i h_i^{0.5} \quad (8.2.5-2)$$

式中  $A_i$ ——格栅孔口净泄水面积的一半(m<sup>2</sup>)。

3. 当格栅上的水深处于 0.12m~0.43m 之间时，其泄水量介于按式(8.2.5-1)和式(8.2.5-2)计算的结果之间，可按水深通过直线内插得到。

8.2.6 在纵坡坡段上，上方第一个泄水口的位置按过水断面或沟

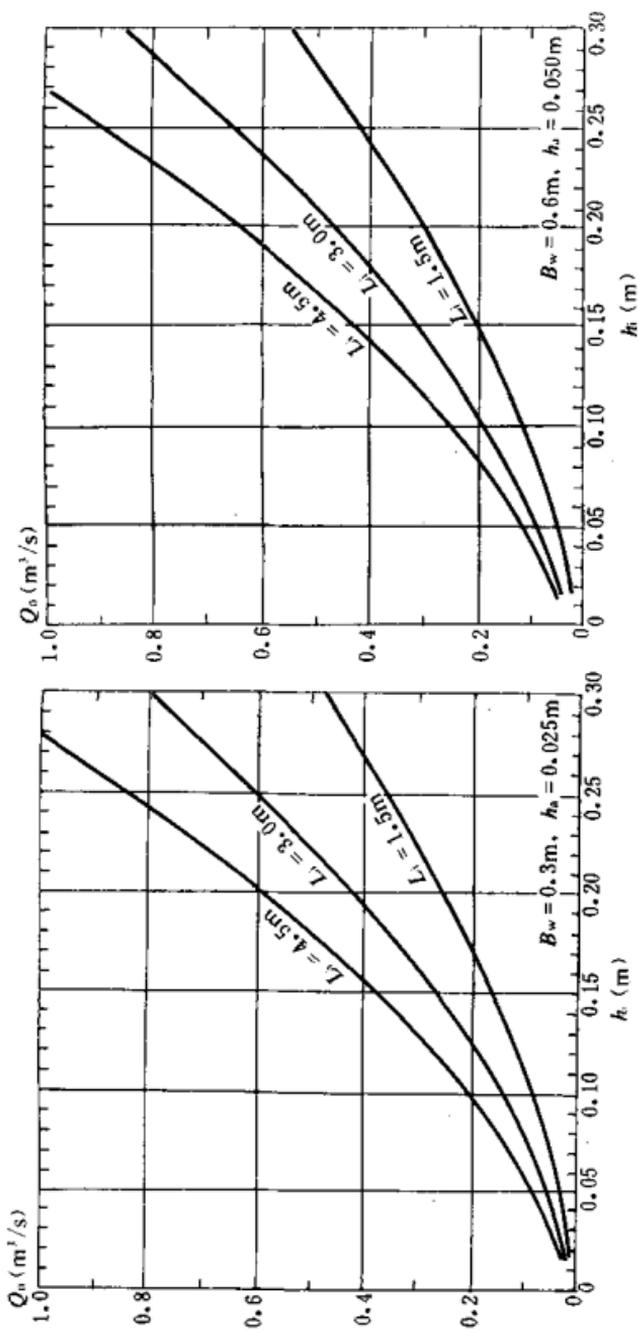


图 8.2.3-2 开口处净高  $h_0$  不小于  $h_m$  时开口的泄水量  $Q_0$  或最大水深  $h_0$  计算图

内的水面宽度不超出本规范第 4.2.1 条第 4 款规定的允许范围设立,随后各泄水口的间距按该段长度内所产生的径流量与该泄水口的泄水量相等计算确定,坡段上最后一个泄水口的溢流量进入凹形竖曲线底部的泄水口。

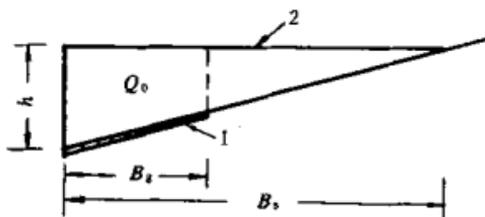


图 8.2.4 格栅式泄水口过水断面

1-格栅;2-水面

### 8.2.7 泄水口水力计算

过程,可参照图 8.2.7 所示的框图进行。

## 8.3 渗沟流量计算

8.3.1 渗沟底部挖至或挖入不透水层,而不透水层的横向坡度较小时,可采用地下水自然流动速度近于零的假设,按下列公式计算



图 8.3.1 不透水层坡度平缓时的渗沟流量计算

a)沟底设在不透水层上;b)沟底设在不透水层内

1-渗沟;2-地下水位;3-地下水降落曲线

单位长度渗沟由沟壁一侧流入沟内的流量(图 8.3.1):

$$Q_s = \frac{k(H_c^2 - h_g^2)}{2r_s} \quad (8.3.1-1)$$

$$h_g = \frac{I_0}{2 - I_0} H_c \quad (8.3.1-2)$$

$$r_s = \frac{H_c - h_g}{I_0} \quad (8.3.1-3)$$

$$I_0 = \frac{1}{3000 \sqrt{k}} \quad (8.3.1-4)$$

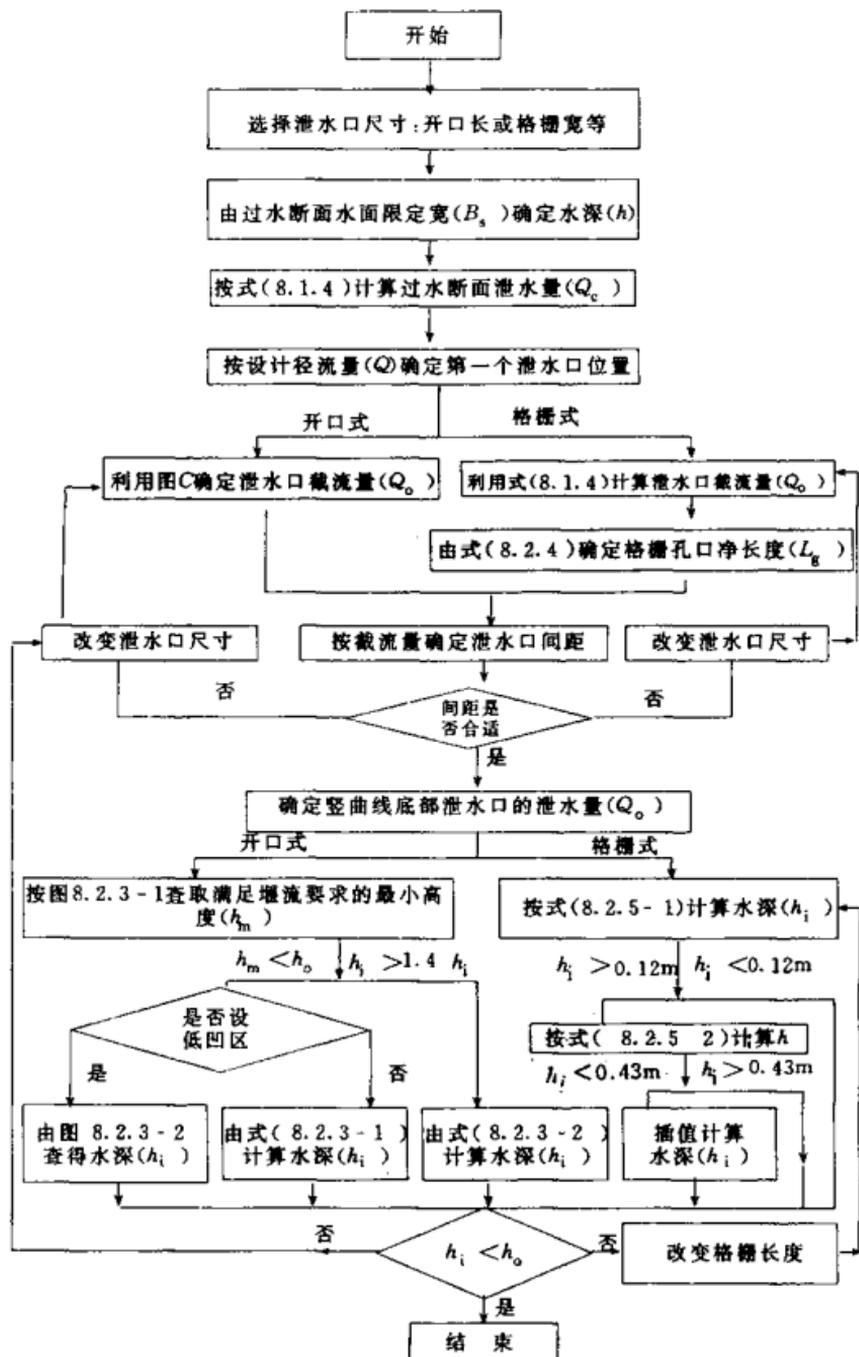


图8.2.7 泄水口水力计算框图

式中  $Q_s$ ——每延米长渗沟由一侧沟壁渗入的流量 [ $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ ];

$H_c$ ——含水层内地下水位的高度(m);

$h_g$ ——渗沟内的水流深度(m),在渗沟底位于不透水层内,且渗沟内水面低于不透水层顶面时,按式(8.3.1-2)取用;

$k$ ——含水层材料的渗透系数(m/s);

$r_s$ ——地下水位受渗沟影响而降落的水平距离(m),可按式(8.3.1-3)确定;

$I_0$ ——地下水位降落曲线的平均坡度,可按含水层材料的渗透系数由近似公式(8.3.1-4)估算。

如水由两侧流入渗沟内,则上述渗沟流量需乘以2。

8.3.2 不透水层深时,位于含水层内的单位长度渗沟的流量按下式计算确定(图8.3.2):

$$Q_s = \frac{\pi k H_g}{2 \ln \left( \frac{2r_s}{r_g} \right)} \quad (8.3.2)$$

式中  $r_g$ ——两相邻渗沟间距之半(m);

$H_g$ ——渗沟位置处地下水位的下降幅度(m)。

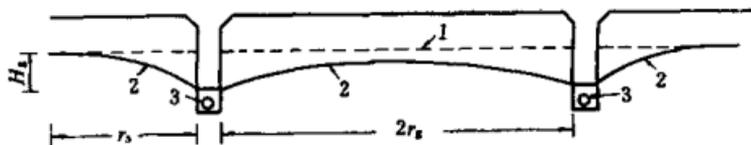


图8.3.2 不透水层深时渗沟流量的计算

1-原地下水位;2-降低后地下水位;3-渗沟

8.3.3 不透水层的横向坡度较陡时,按下式计算单位长度渗沟由沟壁一侧流入沟内的流量(图8.3.3):

$$Q_s = k i_b H_g \quad (8.3.3)$$

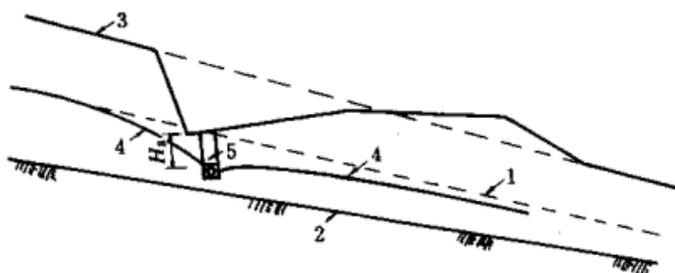


图 8.3.3 不透水层坡度较陡时的渗沟流量计算

1-原地下水位；2-不透水层；3-坡面；4-设渗沟后地下水位；5-渗沟

式中  $i_h$ ——不透水层横向坡度。

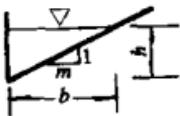
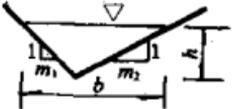
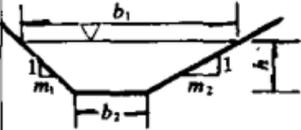
## 附录 A 各种排水构造物的材料强度要求

表 A 各种排水构造物的材料强度要求

材料类型	最低强度要求	使用场合
砖	MU10	检查井
片石	MU30	沟底和沟壁铺砌
水泥砂浆	M7.5	浆砌、抹面
水泥混凝土	C20(寒冷地区)或 C15(其它地区) C10	混凝土构件 混凝土基础
钢筋	参照《混凝土结构设计规范》(GBJ10)的规定取用	需配筋的混凝土构造物

## 附录 B 各种沟管的水力半径和过水断面面积计算用表

表 B-1 沟管水力半径和过水断面面积计算公式

断面形状	断 面 图	断面面积(A)	水力半径(R)
矩形		$A = bh$	$R = \frac{bh}{b+2h}$
三角形		$A = 0.5bh$	$R = \frac{0.5b}{(1 + \sqrt{1+m^2})}$
三角形		$A = 0.5bh$	$R = \frac{0.5b}{(\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2})}$
梯形		$A = 0.5(b_1 + b_2)h$	$R = \frac{0.5(b_1 + b_2)h}{b_2 + h(\sqrt{1+m_1^2} + \sqrt{1+m_2^2})}$

续上表

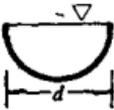
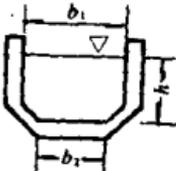
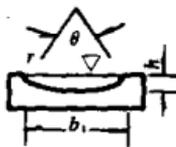
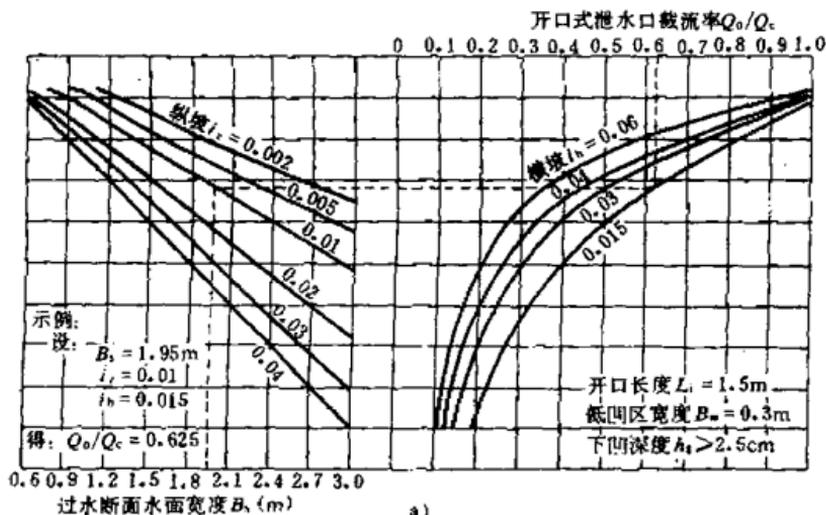
断面形状	断面图	断面面积(A)	水力半径(R)
圆形		$A = \frac{\pi d^2}{4}$	$R = \frac{d}{4}$
半圆形		$A = \frac{\pi d^2}{8}$	$R = \frac{d}{4}$

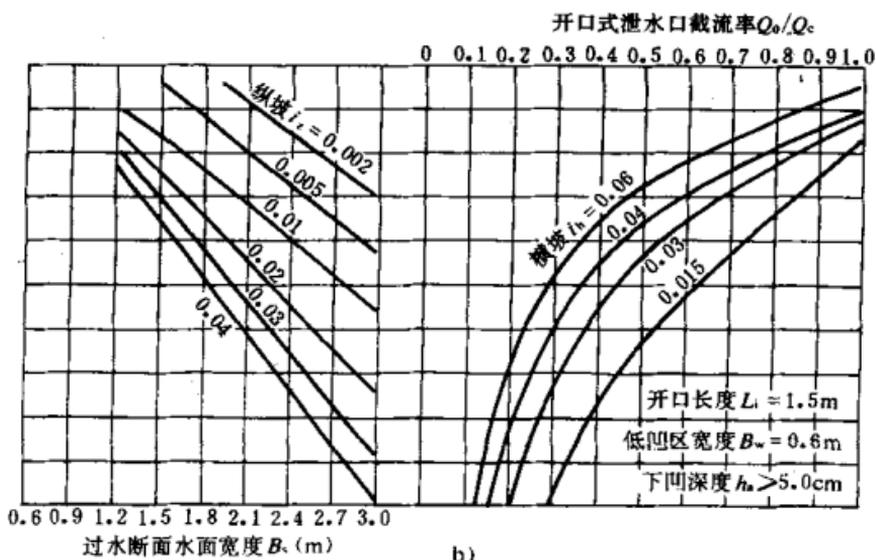
表 B-2 U形和碟形排水沟水力半径和过水断面面积

型式	断面图	尺寸 (m)					断面面积 (m <sup>2</sup> )	水力半径 (m)
		$b_1$	$b_2$	$h$	$r$	$\theta^\circ$		
U形排水沟		0.18	0.17	0.18			0.033	0.050
		0.24	0.22	0.24			0.055	0.079
		0.30	0.26	0.24			0.067	0.091
		0.30	0.26	0.30			0.084	0.098
		0.36	0.31	0.30			0.101	0.110
		0.36	0.31	0.36			0.121	0.117
		0.45	0.40	0.45			0.191	0.147
		0.60	0.54	0.60			0.342	0.196
碟形排水沟		0.50		0.10	0.36	88	0.034	0.062
		0.70		0.15	0.48	92	0.073	0.093
		1.00		0.15	0.91	66	0.102	0.096

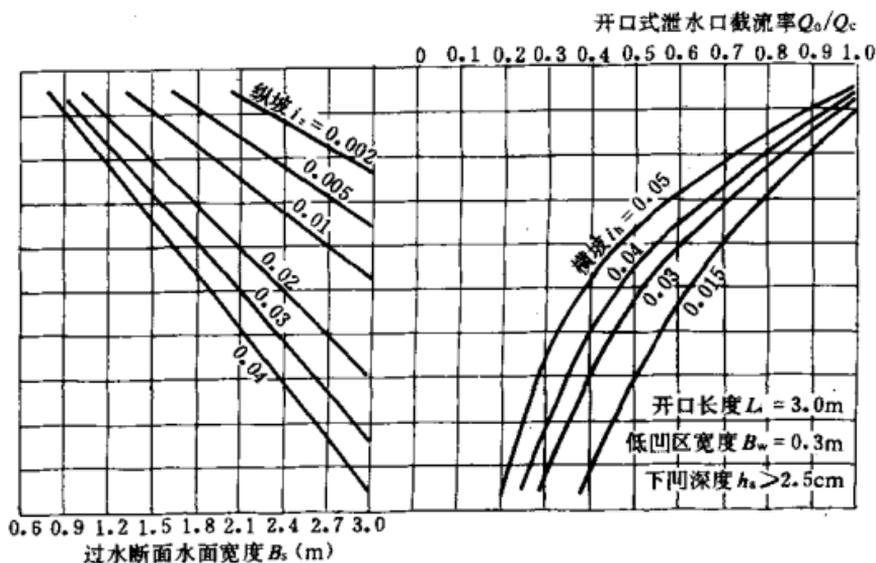
## 附录 C 开口式泄水口截流率计算诺谟图



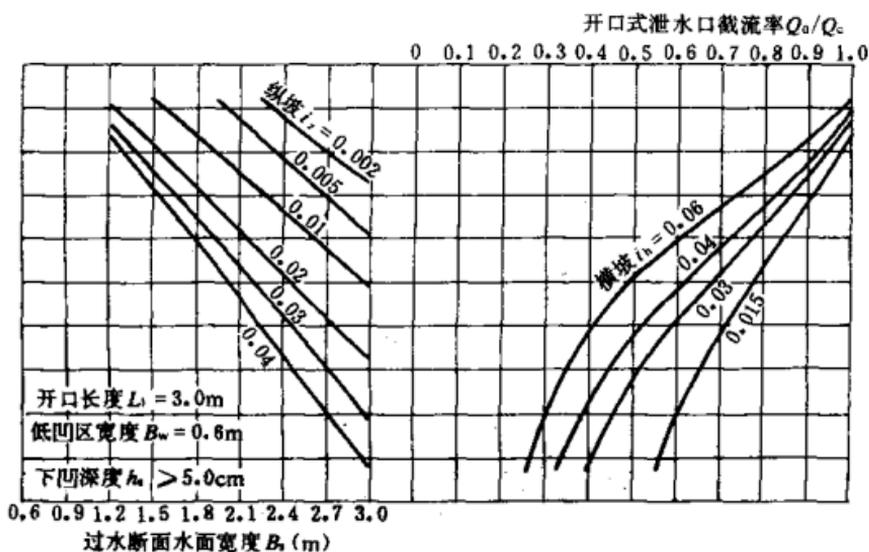
a) 开口长度  $L = 1.5\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.3\text{m}$ , 下凹深度  $h_w \geq 2.5\text{cm}$



b) 开口长度  $L_i = 1.5\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.6\text{m}$ , 下凹深度  $h_a \geq 5.0\text{cm}$

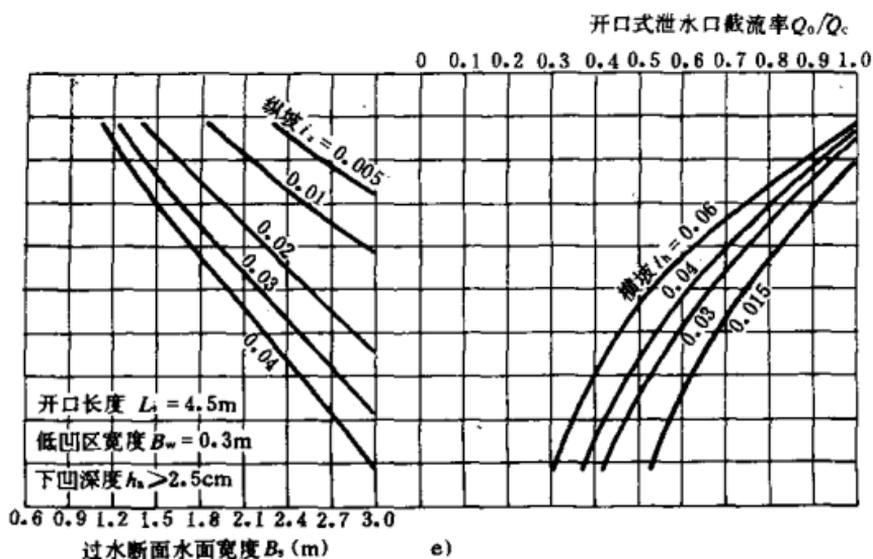


c) 开口长度  $L_i = 3.0\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.3\text{m}$ , 下凹深度  $h_a \geq 2.5\text{cm}$



d)

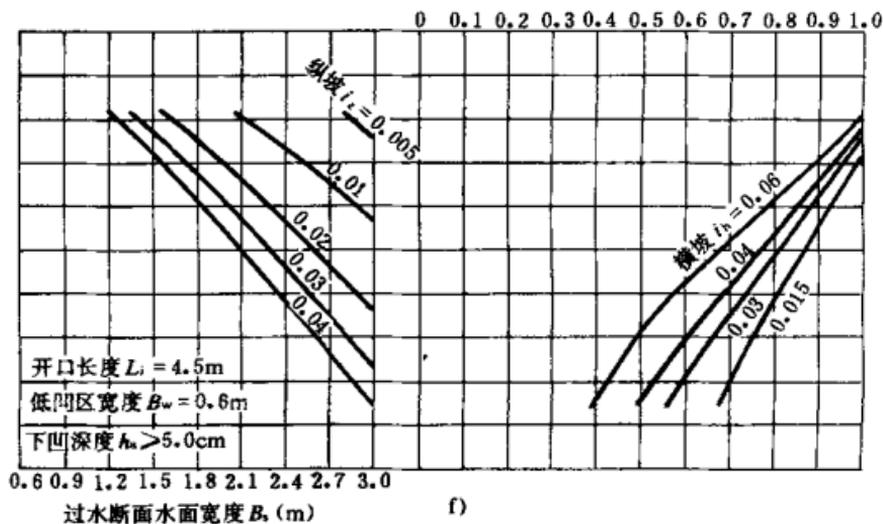
d) 开口长度  $L_1 = 3.0\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.6\text{m}$ , 下凹深度  $h_s \geq 5.0\text{cm}$



e)

e) 开口长度  $L_1 = 4.5\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.3\text{m}$ , 下凹深度  $h_s \geq 2.5\text{cm}$

开口式泄水口截流率 $Q_0/Q_c$



f) 开口长度  $L_1 = 4.5\text{m}$ , 低凹区宽度  $B_w = 0.6\text{m}$ , 下凹深度  $h_n \geq 5.0\text{cm}$

图 C 开口式泄水口截流率计算诺谟图

## 用词和用语说明

对执行规范条文严格程度的用词,采用下列写法:

1. 表示很严格,非这样做不可的用词

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”。

2. 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

# 附件 公路排水设计规范

JTJ 018—97

条文说明

# 1 总 则

**1.0.1** 水是危害公路的主要自然因素。举凡路基沉陷、冲刷、坍塌、翻浆,沥青路面松散、剥落、龟裂,水泥混凝土路面唧泥、错台、断裂等病害,都不同程度地与地表水和地下水的侵蚀有关。水的作用加剧了路基和路面结构的损坏,加快了路面使用性能的变坏,缩短了它们的使用寿命。因而,公路排水系统是公路工程的重要组成部分,对保证公路的使用性能和使用寿命具有十分重要的作用。为此,不少国家对公路排水设计极为重视,并制订了专用的规范或指南,如:德国的《公路排水设施规范》(1987)、日本的《道路排水工指南》(1987)、英国的《路边地面排水沟槽水力设计》(1989)和《地面排水沟槽出口设计》(1996)等。

我国目前尚无公路专用的排水设计规范。虽然在已制订的公路路基、路面等设计规范中分别对其排水设计有所规定,但存在着不够系统完整,偏于定性的笼统规定,缺少定量的分析方法和依据等不足。

鉴于上述情况,有必要制订本规范,以便全面、系统地对公路排水进行设计,达到本条文中规定的目的,保证公路的使用性能和使用寿命,适应公路建设不断发展的需要。

**1.0.2** 本规范适用于新建、改建公路的排水设计。由于公路养护的大、中修和改善工程情况比较复杂,不宜和公路新建、改建工程等同,故条文规定为参照使用。

本规范的排水设计包括:路界地表排水、路面内部排水、地下排水和构造物(桥面、桥台、支挡结构和下穿道路)排水。不包括横穿路基的地面排水构造物,如桥梁和涵洞等。

**1.0.3** 本条规定了公路排水设计的技术政策和原则要求。

1. 节约土地是我国的基本国策。因此,公路的排水设计必须重视用地的节约,少占农田;重视农田水利,防止冲毁农田和水利设施等。

2. 环境保护也是我国的基本国策。随着经济建设的迅速发展,环境污染也日趋严重,为此,国家颁布了一系列的环境保护法规,以改善环境质量。其中,《水污染防治法》、《水土保持法》等,均与公路排水有关,进行设计时必须遵循,使路界内的排水不污染饮用水水源,坡面上的流水不对坡面岩土造成冲刷、流失。

3. 关于新技术、新材料、新工艺。当今所处的时代是科学技术迅速发展的时代,新技术、新材料、新工艺不断涌现,为及时吸收和采用国内外的先进经验和新技术、新材料、新工艺,故作了如条文中的规定。

4. 关于施工、养护问题。公路工程施工过程中,排水是很重要的。条文中关于排水设计应考虑施工场地的临时性排水设施及其与永久性设施相结合的规定,主要是为了避免施工中排水不当,对工程造成不良影响;尽量减少临时工程费用,避免浪费。各项排水设施如不进行经常养护,会由于水流的冲刷作用及所携带细粒的泥砂淤积和堵塞作用而失效。因此,所设计的排水设施应便于检查、疏通、维修,为养护创造必要的条件。

5. 公路穿越城镇段的排水较非城镇路段的排水为复杂,这是因为路界范围的排水必然与城镇的排水相关联,故条文规定,设计时应结合城镇现有的或规划的排水系统和设施进行。

1.0.4 公路排水设计涉及的有关标准和规范较多,例如,特殊地区(路段)的公路排水设计,需结合工程的特殊性进行,这就要求符合有关的专门规范〔如《湿陷性黄土地区设计规范》(GBJ 25)、《膨胀土地区设计规范》(GBJ 112)〕的有关规定;公路穿越城镇的排水设计,则需考虑城镇排水方面的规范〔如《室外排水设计规范》(GBJ 14)〕的有关规定,等等。因此,本规范作了如条文中的规定。

## 3 水文计算

**3.0.1** 确定设计径流量的方法,可以采用推理法、(依据以往资料的)统计分析法、地区分析法或现场评断法等。本规范建议采用推理法,这是应用最为广泛的一种方法。

**3.0.2** 设计降雨重现期的规定,一方面会影响到公路设施的使用和完好受水侵害的风险大小;另一方面则会影响排水设施的断面尺寸,也即其造价。因而,设计重现期的选定同公路的重要性(等级和交通量)以及浸水或水淹对公路使用和周围地区的影响程度有关,也与各项排水设施的排水目的和类型有关。

在日本的《道路排水工指南》中,按道路的类型(等级)和交通量大小,对排水的要求分为高、中、低三级,规定重要排水设施的设计重现期相应为10年、7年、5年;而对于小面积坡面排水和路面排水的设计重现期则规定为3年。美国联邦公路局规定的设计重现期标准为:高速公路25年,干线公路10年,一般公路1年~5年。我国《公路路基设计规范》(JTJ 013—96)规定高速公路和一级公路路基的设计重现期为15年,二级及二级以下公路为10年;《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—97)则规定高速公路、一级公路沥青路面的设计重现期为3年~5年(对于多雨地区的高速公路或特殊路段,根据需要可适当提高重现期),二级公路为2年~3年、二级以下公路为3年。

综合我国路基和路面规范中的规定及国外的规定,并考虑到重现期习惯上只用整年数,制定了表3.0.2中所列的设计重现期标准。

**3.0.3** 降雨历时通常按汇流时间计,包括汇水区内的坡面汇流历时和沟管内的汇流历时。路面排水的汇流历时通常都在5 min以

内;挖方边坡坡面排水的汇流历时为 3min~5 min,通常都可取为 5 min;而山坡坡面的汇流历时约为 15min~30 min,视坡面长度而定。

**3.0.4** 坡面汇流历时的计算方法很多,本规范选择了形式简单、计算方便的柯毕(Kerby)公式及其相应的地表粗度系数( $m_1$ )。

**3.0.5** 沟管平均流速近似估算公式系齐哈(Rziha)公式,为德国和日本一般采用的公式。

沟管内汇流历时需在排水设施或构造物的过水断面和出水口确定后才能计算得到,而设计径流量尚未确定,过水断面和出水口便无法设计确定。因而,需采用试算法,先假设一个沟管内汇流历时,计算汇流历时和设计径流量,确定排水设施或构造物的过水断面和出水口。然后,按满宁公式计算设计沟管内的平均流速〔式(8.1.3)〕,再计算汇流历时,并同假设的汇流历时进行比较。相差大时,调整假设值,重新计算。

在沿程有旁侧入流时,流量和流速沿程逐渐变化。其中第一段沟管的平均流速用该段沟管的末断面流速乘折减系数  $k_m$  (一般取  $k_m = 0.75$ ) 计算,其余各段用上、下端断面流速的平均值计算。

**3.0.6** 当地气象站有 10 年以上自记雨量计资料时,可利用观测资料推求式(3.0.6)中的参数。统计的降雨历时一般采用 5min、10min、15min、20min、30min、45min、60min、90min 和 120min 共 9 个历时,所选用的重现期一般为 0.25 年、0.33 年、0.5 年、1 年、2 年、5 年和 10 年。选择方法宜采用年多个样法,每年每个历时选择 6~8 个最大值,然后不论年次,将每个历时子样按大小次序排列,再从中选择资料年数 3~4 倍的最大值,作为统计的基础。所选各历时的降雨资料,一般应用频率曲线加以调整。频率曲线可采用皮尔逊 III 型分布或指数分布;在不需要外延时,也可用经验频率曲线。根据确定的频率曲线,得出雨强-重现期-历时关系值。求解降雨强度公式的参数时,可采用解析法、图解法或解析与图解相结合的方法。

**3.0.7** 在当地缺乏自记雨量计资料时,本规范提出了采用标准降

雨强度等值线图以及重现期转换系数和降雨历时转换系数的方法,计算确定设计重现期和降雨历时内的平均降雨强度。所选的标准为 5 年重现期 10min 降雨历时,此降雨强度等值线图(图 3.0.7-1)主要依据水利电力部于 1984 年编制的《中国最大 10min 点雨量均值、变差系数等值线图》计算编制,同时参考了气象、水文系统最大 10min 雨量多年系列的经验频率分布加以修正。全国的均值、变差系数等值线图利用的资料有 2 583 站 4.7 万余站年,平均系列长度为 18 年;在确定变差系数时还参照了短系列测站资料绘制的实测最大雨量分布图,合计使用资料为 5 531 站 6.4 万余站年。在绘制等值线时,除考虑本站参数外,还与实测最大雨量分布图对照,与其它历时雨量等值线图协调,结合地形、气象等要素的分布作多方面的合理性检查。西部新疆及西藏地区资料很少,主要利用相邻地区的 1h 雨量同 10min 雨量的关系推估;台湾地区也系间接估算,该成果已经水利电力部水文局和水利水电规划设计院批准使用。

水利电力部的等值线图主要为水库设计的洪水计算服务,其设计标准较高,一般为 20 年~50 年一遇以上。为公路排水设计服务时,重现期较小,故对全国气象和水文系统的几百个测站的低重现期部分重新作了全面的分析检查,并进行了相应的修改;西部地区部分测站还补充了近期资料。

重现期转换系数  $c_p$ ,由各地代表性变差系数( $c_v$ )按频率曲线计算用表计算,线型为皮尔逊 III 型。代表性变差系数( $c_v$ )由《中国年最大 10min 点雨量均值、变差系数等值线图》查读,4 类地区的  $c_v$  分别采用 0.35、0.45、0.65 和 0.80。

$c_{60}$  图由《中国年最大 10min 点雨量均值、变差系数等值线图》及《中国年最大 1h、6h 点雨量均值、变差系数等值线图》的有关图表(包括相同地点等值线雨量查读值和相同测站 5 年一遇雨量和多年均值计算成果)计算绘制。1h 点雨量统计参数图编制方法与 10min 图相同,采用资料有 6 634 站 7.8 万余站年,该成果于 1983 年由水利电力部批准使用。

历时转换系数( $c_t$ )与历时 $t$ 的关系,在双对数纸上呈上凸形曲线。经资料验证,在5min~120min的历时范围内,如已知10min和60min雨强,通过关系式 $q_t = a / (t + b)$ 或 $q_t = c / t^d$ 推算其它历时雨强( $q_t$ )并不理想,宜采用大量资料作地区综合计算。研究测站分布于全国各地,共292站,分南北两大片6个地区计算5年一遇各历时雨强的地区平均值。以 $c_{60}$ 为参数绘制 $c_t - c_{60} - t$ 曲线,成果显示地区差不明显;其中,5min降雨历时转换系数( $c_5$ )变幅很小,不但未发现地区差,且与 $c_{60}$ 也无关,因此可采用单一值。由于我国3min雨量的观测资料很少,3min降雨转换系数( $c_3$ )系根据全国综合的 $c_t - t$ 关系曲线外推估计而得。

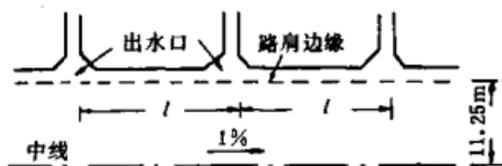
**3.0.8 径流系数**受降雨强度、降雨历时、地表覆盖状况、土壤种类和湿度等多种因素的影响,可通过实地试验确定。目前,大部分国家都直接按汇水区域内的地表特性查表选定。本规范参照我国《室外排水设计规范》(GBJ 14—87)、美国土木工程师学会《污水和雨水管设计和施工手册, No. 37》(1960)和日本土木学会《水理公式集》(1985)中所列数值,汇总成表3.0.8。

**3.0.9 设计径流量的计算**可参照图3.0.9所示的框图进行。下面举例说明。

**示例1** 广东湛江地区修建高速公路,选用沥青混凝土路面。单侧路面和路肩横向排水的宽度为11.25m,坡度为2%;路线纵向坡度为1%。拟在路肩外边缘设置拦水带,请计算设计径流量。

1) 汇水面积和径流系数

设出水口间距为 $l$ ,  
两个出水口之间的汇水面积为



$$F = l \times 11.25 \times 10^{-6} \text{ km}^2$$

由表3.0.8,查得径流系数 $\psi = 0.95$ 。

2) 汇流历时

设汇流历时为5min。

### 3)设计重现期

按公路的重要程度,由表 3.0.2,取设计重现期为 5 年。

### 4)降雨强度

按公路所在地区,由图 3.0.7-1,查得 5 年重现期 10min 降雨历时的降雨强度为  $q_{5,10} = 2.8 \text{ mm/min}$ 。由表 3.0.7-1,查得该地区 5 年重现期时的重现期转换系数为  $c_P = 1.0$ 。由图 3.0.7-2,查得该地区的 60min 降雨强度转换系数为  $c_{60} = 0.5$ ,再由表 3.0.7-2 查得 5min 降雨历时转换系数为  $c_5 = 1.25$ 。

于是,按式(3.0.7)可计算得到降雨强度为

$$q = 1.0 \times 1.25 \times 2.8 = 3.50 \text{ mm/min}$$

### 5)设计径流量

按式(3.0.1),设计径流量为

$$\begin{aligned} Q &= 16.67 \times 0.95 \times 3.50 \times l \times 11.25 \times 10^{-6} \\ &= 0.000624 l \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

如选取出水口间距为  $l = 50\text{m}$ ,则设计径流量为

$$Q = 0.000624 \times 50 = 0.0312 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 6)检验汇流历时假设

按式(3.0.4),由表 3.0.4 查得地表粗度系数为  $m_1 = 0.013$ ,路面横坡为  $i_s = 0.02$ ,坡面流长度为  $L_s = 11.25\text{m}$ ,可计算得到坡面汇流历时

$$t_1 = 1.445 \left( \frac{0.013 \times 11.25}{\sqrt{0.02}} \right)^{0.467} = 1.47 \text{ min}$$

按式(3.0.5-2),由沟底(即路线)纵坡  $i_g = 1\%$ ,可计算得到平均流速为

$$v = 20 \times 0.01^{0.6} = 1.26 \text{ m/s}$$

再按式(3.0.5-1),可计算得到沟管汇流历时

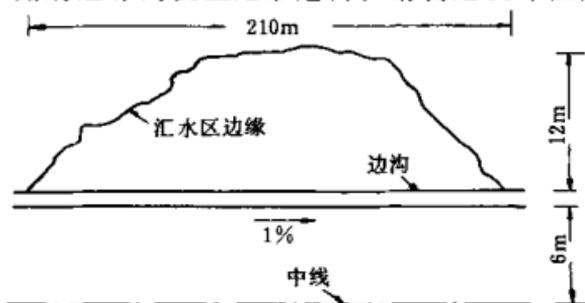
$$t_2 = 50 / (60 \times 1.26) = 0.66 \text{ min}$$

由此,可得到汇流历时为

$$t = t_1 + t_2 = 1.47 + 0.66 = 2.13 \text{ min} < 5 \text{ min}$$

**示例 2** 胶东地区修建一条二级公路。路基宽 12 m,路面选

用水泥混凝土面层。其中一段路线为岩石路堑，路线纵坡为1%。边坡坡脚和路肩边缘间设置矩形边沟。请确定设计径流量。



### 1) 汇水面积和径流系数

汇水区域在路堑坡面一侧的面积为  $1650\text{m}^2$ 。由表 3.0.8, 硬质岩石坡面的径流系数取为  $\psi_1 = 0.70$ 。汇水区域在路面一侧的面积为  $210 \times 6 = 1260\text{m}^2$ 。由表 3.0.8, 水泥混凝土路面的径流系数取为  $\psi_2 = 0.90$ 。由此, 总的汇水面积为  $F = 1650 + 1260 = 2910\text{m}^2$ , 汇水区的径流系数为  $\psi = (1650 \times 0.70 + 1260 \times 0.90) / (1650 + 1260) = 0.787$ 。

### 2) 汇流历时

假设汇流历时为 10 min。

### 3) 降雨强度

按表 3.0.2, 取设计重现期为 10 年。

查图 3.0.7-1, 胶东地区 5 年重现期 10min 降雨历时的降雨强度为  $q_{5,10} = 2.2$ 。由表 3.0.7-1, 该地区 10 年重现期的重现期转换系数为  $c_T = 1.22$ 。查图 3.0.7-2, 得到该地区 60min 降雨强度转换系数为  $c_{60} = 0.40$ 。由表 3.0.7-2, 可查得 10min 降雨历时的转换系数为  $c_{10} = 1.0$ 。由此, 按式(3.0.7), 10 年重现期 10min 降雨历时的降雨强度为  $q = 1.22 \times 1.0 \times 2.2 = 2.68 \text{ mm/min}$ 。

### 4) 设计径流量

按式(3.0.1), 设计径流量为

$$Q = 16.67 \times 0.787 \times 2.68 \times 2910 \times 10^{-6} = 0.1023 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5) 检验汇流历时

由表 3.0.4,路堑边坡的粗度系数可取为  $m_1 = 0.02$ ,水泥混凝土路面的粗度系数取为  $m_1 = 0.013$ 。按式(3.0.4),路堑坡面(坡度为 1:0.2,坡面流长度为 15m)的汇流历时为

$$t_1 = 1.445 \times \left( \frac{0.02 \times 15}{\sqrt{5}} \right)^{0.467} = 0.57 \text{min}$$

混凝土路面(横坡为 2%,坡面流长度为 6m)的汇流历时为

$$t_1 = 1.445 \times \left( \frac{0.013 \times 6}{\sqrt{0.02}} \right)^{0.467} = 1.09 \text{min}$$

设边沟的底宽为 0.4m,水深为 0.4m,则过水断面的断面积为  $A = 0.4 \times 0.4 = 0.16 \text{m}^2$ ,水力半径  $R = (0.4 \times 0.4) / (0.4 + 2 \times 0.4) = 0.13 \text{m}$ 。岩石边沟的粗糙系数取为  $m_1 = 0.035$ 。按满宁公式,可计算边沟内的平均流速为

$$v = \frac{1}{0.035} \times 0.13^{\frac{2}{3}} \times 0.01^{0.5} = 0.75 \text{m/s}$$

因而,沟内汇流历时为  $t_2 = l/v = 210/0.75 = 281 \text{s} = 4.7 \text{min}$ 。

由此,汇流历时为  $t = t_1 + t_2 = 1.09 + 4.7 = 5.8 \text{min} < 10 \text{min}$ 。

## 4 路界地表排水

### 4.1 一般规定

4.1.1 本条所指的路界范围与《公路工程技术标准》(JTJ 01—88)中的用地范围是一致的。路界地表排水的目的,是把降落在路界范围内的表面水有效地汇集并迅速排除出路界,同时把路界外可能流入的地表水拦截在路界范围外(但不包括横穿路界的自然水道内的水流),以减少地表水对路基和路面的危害以及对行车安全的威胁。

按降水在路界内的降落范围,将地表排水划分为路面表面排水、中央分隔带排水、坡面排水三部分(见图 1)。路面表面排水范围包括路面和路肩。中央分隔带排水,视其宽度和表面横向坡度倾向,可以包括中央分隔带和左侧边缘带,或者仅为中央分隔带;而在设超高路段,它还包括上侧半幅路面的表面水。坡面排水包括路堤坡面、路堑坡面和倾向路界的自然坡面的排水。

4.1.2 地表排水设施主要由各种沟和管组成,它们分别承担一定汇水面积范围内地表水的汇集和排泄功能。排水设计的内容为,按排水的功能要求选择沟、管的类型,布置在合适的位置上,并将各项设施组合成一个将地表水顺畅地汇集、拦截和排引到路界外的系统。地表水被汇集或拦截后集中排放,流量和流速都增大,这就增加了对沟渠和泄水口周围地面冲刷和侵蚀的可能性。因而,排水系统的设计,要考虑采取有效的措施,使之不会对路基、路面和路界内外各项设施造成各种危害。

4.1.3 排水设计除了选择沟管类型并布置成系统以外,还要确定各种沟管和泄水口的断面形状和尺寸,以保证排水设施有足够的

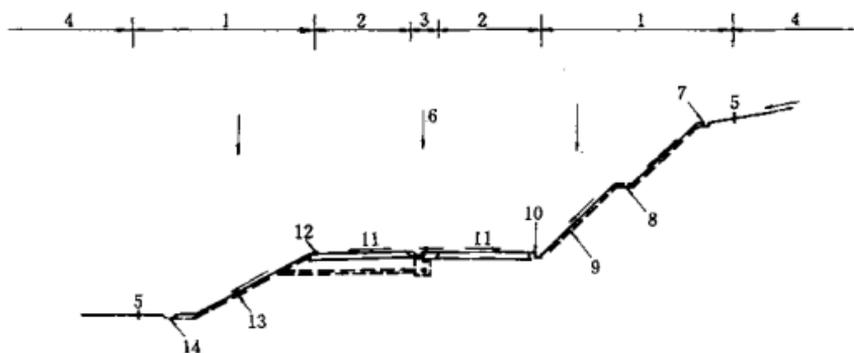


图 1 路界地表排水系统

1-坡面排水;2-路面排水;3-中央分隔带排水;4-相邻地带排水;5-路界;6-降雨;7-坡顶截水沟;8-边坡平台排水沟;9-急流管;10-边沟;11-路面路肩横坡;12-拦水带;13-急流槽;14-坡脚排水沟

排泄能力及经济性和效率。第三章提供了设计降雨重现期的要求和水文计算的方法,可据以确定设计流量;第八章提供了水力计算的方法,可据以确定所需的断面尺寸,计算沟管内水流的平均流速。由于各个地区排水设施的类型和设计参数的变化范围不大,各地可按第三章和第八章中所述的方法计算编制相应的标准图,方便设计人员使用。

**4.1.4** 各种排水构造物所用的材料,包括砖石砌体材料、混凝土材料、各种管材、土工织物等,都应按不同的使用条件满足相应的强度要求。有关材料的最低强度要求列于本规范附录 A。

**4.1.5** 公路地表排水设施是按公路的特点和要求设计的,与其它部门(如农业、水利等)的引水、排水设施的功能要求有很多不同之处,在使用、管理、收益和开支等方面不易协调一致,合用往往利少弊多。因而,本条强调了地表排水设施不应兼作其它流水用途。当路基占用灌溉沟渠或其它排水设施,应按原有系统进行恢复和调整改善,不得任意取消或合并。对于等级较低的公路,出于经济原因,在范围有限及影响面小的情况下可适当放宽,但仍应以公路为主,并作出个别设计。

**4.1.6** 路堤和路堑边坡坡面应首先考虑采取坡面防护措施,以保

障坡体稳定、减少冲刷(水土流失)和增加美观。路表排水设计应结合已采取的坡面防护措施,按所能提供的耐冲刷能力,选择适当的排水设施,避免由于考虑不当而使冲刷或失稳加剧。

4.1.7 汽车排放的大量废气、尘埃和滴漏的油污,会经表面水冲洗而流入各种地表排水沟管。这些含有有害物质的水流如排放到饮用水水源,将污染饮用水水质,从而危及周围居民的健康。为此,限制将地表排水沟管的水流直接排入饮用水水源,如无法避免,则应对排放水进行净化处理。

## 4.2 路面表面排水

4.2.1 路面表面排水的主要任务是迅速把降落在路面和路肩表面的降水排走,以免造成路面积水而影响行车安全。首先考虑采取的是通过路面和路肩的横向坡度向路基两侧横向排流(在路线有纵坡时,则为沿合成坡度斜向排流)。当路基横断面为路堑时,横向排流的表面水汇集于边沟内。当路基横断面为路堤时,可采用两种方式排除路面表面水:一种是让路面表面水以横向漫流形式向路堤坡面分散排放;另一种方式是在路肩外侧边缘处设置拦水带,将路面表面水汇集在拦水带同路肩铺面(或者路肩和部分路面铺面)组成的浅三角形过水断面内,然后通过隔一定间距设置的泄水口和急流槽集中排放到路堤坡脚外。两种排水方式的选择,主要依据表面水可能对路堤坡面造成的冲刷危害。在汇水量不大,路堤不高(即坡面水流路径不长、流速不大),路线纵坡不大(即合成坡度不大),坡面耐冲刷能力强(坡面采用防护措施或坡体为岩质填料)的情况下,应优先采用横向漫流分散排放的方式。而在表面水有可能冲刷路堤坡面的情况下,则采用将路面表面水汇集在拦水带内,通过泄水口和急流槽集中排放的方式。由于修筑拦水带和急流槽需增加工程投资,因而,须对投资的经济性进行分析和比较:采用有效的坡面防护措施而不设拦水带和急流槽经济,还是修筑拦水带和急流槽而降低对坡面防护工程的要求合算。当然,这种经济分析和比较还要同公路的等级相结合。高速及一级公路,对于保障路堤

坡面不受冲刷的考虑和要求显然要高些；而二级及二级以下的公路，这方面的考虑和要求可以低一些。因而，对于高速及一级公路，在路堤较高，纵坡较大，坡面虽已采取植草防护，但土质仍较疏松的情况下，通常选用设拦水带和急流槽的排水方式；而对于二级及二级以下公路，除了遇到多雨地区、大纵坡和土质坡面的高路堤外，通常都采用横向漫流分散排水的方式。

设置拦水带，路面表面水便会汇集在带内而形成积水。积水量大时，过水断面内的水面会漫过路肩，侵入行车道路面，从而影响到行车的通畅和安全。因此，本条规定了，在设计降雨强度条件下，对于高速公路及一级公路，过水断面内的水面只能覆盖路肩宽度，以保证右侧行车道（也即主车道）无积水；而对于二级及二级以下公路，由于路肩宽度较小，交通量相对较少，对行车道积水的控制可以适当放宽，因而规定了过水断面内的水面不能漫过毗邻车道的一半宽度，也即允许有半个车道出现积水。对于中央分隔带设缘石的高速及一级公路超高段上侧半幅路面，以及未设路肩的道路（例如设非机动车道分隔带的道路断面），由于前者的左侧路缘带较窄，后者没有路肩，也可采用过水断面内的水面不能漫过毗邻车道一半宽度的要求。

**4.2.2** 横坡方向决定了路面表面水流的排流方向，也即确定了汇水区的范围。在设中间带的单向车道数超过3个的高速及一级公路上，为了避免汇水区过大，使流量和流速太大，也可为每个行车方向设置双向横坡（但超高路段仍为单向横坡）。此时，中央分隔带将汇集和排除内倾车道的路面表面水。

**4.2.3** 路面和路肩的横坡坡度影响表面水的流速，从利于排水的角度出发，宜取大些；但大了会影响到行车的安全，因而，综合这两方面的影响，采用折衷的坡度值。本条规定横向坡度按《公路工程技术标准》(JTJ 001)的规定选用，但硬路肩的横向坡度可采用高限值。设立拦水带时，为增加过水断面的流量，满足水面不漫过右侧车道外边缘或中心线的要求，建议采用较大的硬路肩横向坡度，即5%或5%以上，或者，也可在邻近拦水带内边缘约0.5m~1m

宽度范围内将路肩铺面的横向坡度增加到 5% 或 5% 以上。

**4.2.4** 按汇集路面表面水的要求,拦水带的顶面应略高于过水断面的设计水位高,而后的限值受制于水面不漫过右侧车道外边缘或中心线的要求。拦水带的设计外露高度(即过水断面的水深),还取决于设计流量和路肩的横向坡度,可按设计流量由式(8.1.4)计算确定。在高速及一级公路路堤边缘设防撞护栏时,拦水带的高度可以大些,但一般不超过 15cm;而在低矮路堤不设防撞护栏时,为了保障偶而驶出路肩的车辆的安全,拦水带的高度不应大于 10cm,并且迎车面的斜坡坡度不宜陡于 1:2(最好采用 1:4),以便车轮能滚过拦水带。

**4.2.5** 拦水带泄水口可做成对称式或非对称式的喇叭口。对称式便于施工,但在有纵坡的路段上,非对称式泄水口的泄水能力由于水流顺畅而优于对称式。因而,对于设在纵坡坡段上的泄水口,建议采用非对称式。水流通过泄水口时的水流状态为孔口流,为提高泄水口的泄水量,可在泄水口处设置低凹区。为便于施工,低凹区可设在拦水带内边缘的外侧。低凹区采用与路肩相同的铺面结构,以免受到水流的冲刷破坏。泄水口设计的主要参数为开口长度、低凹区的宽度和下凹深度,可以参照本规范 8.2.2 和 8.2.3 条中所述的方法对泄水量和各项尺寸进行计算确定。

**4.2.6** 为了避免汇集在拦水带内的路面表面水横向流过相交的道路、匝道、超高段路面、横坡变换处的路面,或者流经相衔接结构物的铺面,应在这些地点设置泄水口,将汇集的水排除出去。泄水口的间距取决于过水断面水面漫盖宽度的要求和泄水口的泄水能力,可按本规范 8.2.6 条中所述的方法布设和确定。在凹形竖曲线的低部,须设置 3 个泄水口,以备设在最低点的泄水口被杂物堵塞后还有 2 个后备的泄水口可以排放汇集的表面水。

**4.2.7** 宜采用汇集路面表面水集中排放的方式,但拦水带过水断面由于路肩较窄,汇水宽度或汇水量又较大而显不足时,可以考虑采用在土路肩上设置边沟的方式汇集表面水。为防止边沟内水流的渗漏和冲刷危及路堤稳定,边沟宜采用 U 形水泥混凝土预制件

铺砌而成。

### 4.3 中央分隔带排水

4.3.1 中央分隔带排水是高速及一级公路地表排水的重要内容,应根据分隔带宽度、绿化和交通安全设施的形式、分隔带表面的处理方式等因素选择不同的排水方式。本规范将中央分隔带排水划分为三种类型:①宽度小于3m且表面采用铺面封闭的中央分隔带排水,降落在分隔带上的表面水排向两侧行车道;②宽度大于3m且表面未采用铺面封闭的中央分隔带排水,降落在分隔带上的表面水汇集在带中央的低洼处,由分隔带内的表面排水设施排走;③表面无铺面且未采用表面排水措施的中央分隔带,降落在分隔带上的表面水下渗,由分隔带内的地下排水设施排除。在我国,大多采用较窄的中央分隔带,仅在中间设预留车道时才采用宽的中央分隔带。各地在选用排水设施类型时,并未拘泥于以分隔带宽度限值作为唯一的依据,而是结合地区和工程需要确定,形式是多样的。因而,上述分类中的宽度标准并不是绝对的。

中央分隔带宽度小于3m时,一般采用带有铺面的横断面形式,有的设置缘石,有的则不设。在不设超高路段上,中央分隔带采用与两侧路面相同坡度的双向横坡,降落在分隔带上的表面水流向两侧路面,进入路面表面排水设施。而在超高路段上,上侧半幅路面的表面水流向中央分隔带;在高速及一级公路上,不允许上侧半幅路面的表面水横向漫流过下侧半幅路面。因而,须在分隔带边缘处设置汇集和排泄这部分表面水的排水设施。在设置缘石时,可采用缘石同边缘带铺面组成的过水断面汇集表面水的方案。而在不设缘石时,可采用图4.3.1所示的缝隙式圆形集水管或碟形混凝土浅沟汇集表面水的方案,汇集的水通过泄水口和横向排水管排离路基。

4.3.2 汇集在缘石过水断面内的表面水,可通过开口式、格栅式或组合式泄水口排除;而汇集在混凝土浅沟内的表面水可通过格栅式泄水口排除。组合式泄水口的泄水量并不比格栅式泄水口的

大，因而仅在泄水口易被杂物堵塞时采用。泄水口的泄水量和断面尺寸，可按本规范 8.2.4 和 8.2.5 条中所述的方法计算确定；泄水口的位置布置和间距按本规范 8.2.6 条中所述的方法进行。

**4.3.3** 中央分隔带宽度大于 3m 且未采用铺面封闭时，分隔带表面做成向内微凹的横断面形式。降落在分隔带上的表面水横向流向分隔带的低凹处，汇集在带的中央部位，并利用纵向坡度排向泄水口或桥涵水道中。按照汇水量和流速的大小，分隔带过水断面可以采用不同的横断面形状和尺寸。在超高路段，中央分隔带同时汇集上侧半幅路面的表面水，因而需加大过水断面的尺寸。过水断面的纵坡须满足最小和最大允许流速的要求。因而，条文对最小纵坡作了限定；而对于流速超过最大允许流速的过水断面则作了需进行冲刷防护的规定。

**4.3.4** 中央分隔带内的泄水口，主要采用格栅式，其尺寸按过水断面内的流量和允许的积水深确定。

**4.3.5** 中央分隔带表面全部或部分未设铺面又未采用表面排水措施时，降落在分隔带上的表面水会渗入分隔带土体内。分隔带一般都回填当地土，并埋设各种地下管、井，这必然给渗入水向路基深处渗透留下通路。同时，这种渗流还会顺着纵坡向低凹处集中，导致低处的地基土含水量过大；如遇桥梁或其它构造物，纵向渗流就会被阻断，而沿桥台或构造物侧背进一步下渗。降水量大的多雨地区，这种渗入水量很大，有可能影响到两侧行车道路基和路面结构的稳定。为排除这部分渗入水，可在分隔带内设置纵向渗沟和横向排水管，将渗入水排除出路基；或者在部分面积因绿化而未设铺面的分隔带内，在无铺面处设置深入下卧透水层的竖向渗井，以排除由这些地方下渗的水。

## 4.4 坡面排水

**4.4.1** 坡面排水主要由各种横断面形状和尺寸的沟渠(槽)组成，条件合适时也可采用金属管。各种沟管设计的主要内容为，确定

布设位置、横断面形状和尺寸以及纵向坡度等。布设位置要结合沟管的功能要求、出水口和地形进行；横断面的形状和尺寸则取决于设计流量的大小，可按本规范 8.1.2 和 8.1.3 条中的方法计算确定。

在土层中开挖的沟渠，其纵向坡度在 0.3%~0.8% 范围内是最适宜于排水的不淤积不冲刷坡度。因而，条文规定了一般情况下不宜小于 0.5%；工程困难地段可采用 0.25%；而对沟壁进行铺砌的沟渠，则最小纵坡允许减小到 0.12%。

**4.4.2~4.4.5** 边沟的用途是汇集和排除路面、路肩和边坡坡面上流下的表面水。以往的设计，各级公路的边沟都习惯采用梯形（土质）和矩形（岩质）横断面。但对于高速和一级公路，在行驶车辆偏离出路基时，梯形和矩形边沟容易造成较大的安全事故，宜于采用浅三角形或碟形横断面；而在流量大，过水断面相应较大时，为减少开挖量，可采用设带槽孔盖板的矩形横断面。

边沟纵坡坡度通常与路线纵坡坡度相同或相近。设计时，纵坡坡度、出水口位置和沟壁的允许流速或冲刷防护，三者是综合在一起考虑的，相互协调一致。

**4.4.6~4.4.8** 截水沟用于拦截和排除路基上方自然斜坡的地表径流，防止水流冲刷和侵蚀挖方边坡和路堤坡脚。但在一些建成路段上，常出现因截水沟设置不合理而不发挥作用，该设但未设置而造成坡面冲刷，设计时未重视防冲或防渗处理而导致边坡坡体坍塌，或者出水口处理不当而冲刷填挖交界处的路堤边坡等现象。因此，设计前应进行实地调查，了解地形、地质、水文、植被等条件，对截水沟的适宜位置和排水出口的引伸范围作出合理的布局。

**4.4.9** 排水沟起联接各种排水设施，将水引排到附近自然水道或桥涵，从而形成完善的排水系统的作用。排水沟与水道衔接，应做到汇流处水流顺畅，有良好的流向和交角。路堑或路堤采用边坡平台排水沟时，由于平台较窄（宽 1m~3m），排水量有限，且需加强冲刷防护，因而适宜于采用水泥混凝土预制的碟形排水沟。

**4.4.10~4.4.13** 急流槽和急流管用于陡坡处的竖向排水,主要是路堤和路堑的坡面排水。由于纵坡大,流速快,冲刷力大,要求结构稳定耐久。美国加州的规定是:纵坡缓于 1:4 时,可采用铺砌的急流槽;缓于 1:2,或者缓于 1:1.5 但坡长不大于 18m 时,须采用(波纹)金属急流槽;而在陡于 1:4 的情况下,适宜采用金属管。本条根据中国的实际条件,规定纵坡陡于 1:1.5 时宜采用金属管。

## 5 路面内部排水

### 5.1 一般规定

5.1.1 新建路面需设置各种接缝,而路面在使用期间又会出现各种裂缝、松散、坑槽等病害。降落在路面表面的水,会通过路面接缝或裂缝、松散等病害处或者面层孔隙下渗到路面结构内部。此外,道路两侧有滞水时,水分也有可能侧向渗入路面结构内部。

进入路面结构内的自由水,可通过向路基下部渗流而逐渐排走。渗流的速度随路基土的渗透性和地下水位的高度而异,可以利用达西渗流定律,对不同渗透性的路基土的排水时间进行计算分析。表1所列即为每延米双车道路面(7.5m)下各种路基土排除 $0.1\text{m}^3$ 路面结构内自由水所需时间的计算结果(表中, $H$ 为路面结构底面到地下水位的高度, $H_0$ 为到不透水层的距离)。由表列数值可知,当路基土为低透水性时(渗透系数不大于 $10^{-5}\text{cm/s}$ ),排除 $0.1\text{m}^3$ 路面结构内自由水约需1d以上时间;而当路基土的渗透系数不大于 $10^{-7}\text{cm/s}$ 时,排除这些水分所需时间达数月,也即实际上是不透水的。

表1 不同渗透性路基土排除 $0.1\text{m}^3$ 路面结构内自由水所需的渗流时间

$H/H_0$	渗透系数(cm/s)				
	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
	min	h	d	w(7d)	m(30d)
0.2	111	18.52	7.72	11.02	25.72
0.4	56	9.26	3.86	5.51	12.86
0.6	37	6.17	2.57	3.67	8.57
0.8	28	4.63	1.93	2.75	6.43
1.0	22	3.71	1.54	2.20	5.14

当路基为低透水性土(渗透系数不大于  $10^{-5}$ cm/s),而两侧路肩外也由这种土填筑时,路面结构便类似于被安置在封闭的槽式“浴盆”内,进入路面结构内的水分,无法向下或向两侧迅速渗漏,而被长时间积滞在路面结构内部。特别是位于凹形竖曲线底部、低洼河谷地、曲线超高断面内侧,或者立体交叉的下穿路段的路面结构,由于地表径流或地下水汇集,进入结构内的自由水不仅数量大,而且停滞时间久。

被围封在路面结构内的水分,会浸湿各结构层材料和路基土,使其强度下降,变形增加,从而使路面结构的承载力降低,使用寿命缩短。更为严重的是,由于路面是层状结构,层间结合处易于出现空隙,进入空隙内的自由水在行车荷载的作用下,会成为高孔隙水压力和高流速的水流(据试验测定,压力差可达 69kPa;小客车驶过时流速可达 0.15m/s,货车驶过时流速可达 0.9m/s),冲刷层间材料并从缝隙处向外喷射出带冲刷材料的‘泥浆’(唧泥),促使沥青面层出现剥落和松散,水泥混凝土面层出现错台和板底脱空等病害,从而使整个路面结构的使用性能迅速变坏。大量的路面损坏状况调查和路面使用经验表明,进入路面结构内的自由水是造成或加速路面损坏的重要原因。因此,设置路面内部排水系统,将积滞在路面结构内的水分迅速排除到路面和路基结构外,有利于改善路面的使用性能,大大提高其使用寿命。国外的一些对比分析和试验路段观察结果表明,设排水基层的路面,其使用寿命要比未设的提高 30%(沥青混凝土路面)和 50%(水泥混凝土路面)左右。因而,采用内部排水设施所增加的资金投入,可以很快从路面使用性能的提高、使用寿命的增加和养护工作的减少中得到补偿。

美国在 60 年代末和 70 年代初通过调查和经验总结,认识到了路面内部排水的重要性,在 1973 年便由联邦公路局组织制订了路面结构内部排水系统设计指南,以引导和推动公路部门采用路面内部排水措施。到 1986 年,经过 10 余年的使用经验和研究成果的积累,又进一步在路面结构设计方法中(AASHTO 路面结构设计指南),把路面结构的排水质量(以排除渗入路面结构内水分所

需的时间和1年内路面结构处于水饱和状态的时间比例为指标)作为一项设计因素(变量)考虑入内。目前,路面内部排水系统已成为一项常用的措施,并规定在一些州的路面通用结构断面中。

**5.1.2 设置路面内部排水系统的目的是迅速排除积滞在路面结构内的自由水。因而,依据造成自由水在路面结构内部积滞的各方面影响因素,规定了设置内部排水系统的条件。一方面是水的来源,包括降水、两侧滞水、路基冻融水和旧路面结构内的滞留水等;而另一方面则是渗入水的排除条件,如路基土的透水性。同时,设置条件的规定还应考虑到水的危害对路面使用的影响程度,为此限定了采用内部排水系统的公路等级。**

美国联邦公路局的设计指南(1973)中规定,除下述情况外,所有重要的路面结构都要设置内部排水系统:①地下水位深,年降水量在200mm~250mm以下,无大量融雪或冰进入路面结构;②路基土渗透系数大,无冰冻;③轻交通,标准轴载(80kN)作用次数小于150次/d~200次/d。这些规定使需要采用路面内部排水系统的覆盖范围较广。考虑到路面内部排水系统在我国的使用经验很少,设置排水系统的可接受程度以及经济上的可承受能力都需要一段时间过渡,在条文中对设置条件规定得较宽松,而且对符合设置条件的情况,也仅作了宜采用的建议。

**5.1.3 路面内部排水系统的设计要考虑满足三方面的使用要求:**

第一方面是各项设施应具有足够的泄水能力,排除渗入路面结构内的自由水。并且,由于渗入量的估计和透水材料渗透系数的测定精度较低,所设计设施的泄水能力应留有较大的安全度,通常可对设计泄水量采用两倍以上的安全系数。同时,系统中各项设施的泄水能力应从上游到下游逐项增加。例如,对于排水基层排水系统,排水基层的泄水能力要大于路表水渗入量,集水沟和集水管的泄水能力要大于排水基层的泄水能力,出水管的泄水能力要大于集水沟和集水管的泄水能力,出水口的泄水能力要大于出水管的泄水能力。

第二方面是自由水在路面结构内的渗流时间不能太久,渗流

路径不能太长。在冰冻地区,滞留时间过长会使水分在基层内结冰,从而损害路面结构,并使系统排水受阻。而在非冰冻地区,自由水滞留时间长,会使路面结构处于饱水状态的时间久,也即1年内路面强度低的比例大,从而影响路面的使用寿命。条文中的规定渗流时间,系参考美国联邦公路局设计指南和部分州的规定,按低限要求值制定的。

第三方面使用要求考虑的是排水设施的耐久性。各项排水设施很容易被流水带来的细粒逐渐堵塞,从而使用不久便丧失排水效率。为此,各项设施的设计应考虑采取反滤措施以防止细粒随流水渗入,同时,所设计的设施要便于进行经常性的检查和清扫或疏通。

**5.1.4** 路面存在各种接缝和使用过程中出现的裂缝,面层混合料不同程度地带有空隙和使用过程中出现的松散。降落在路面上的水,一部分通过横坡和纵坡流向路肩和路基外,总有一部分会沿缝隙和空隙渗入路面结构内。表面水的渗入量同许多因素有关:①接缝和裂缝的缝隙宽度以及缝隙被填塞的程度,它们影响到接缝或裂缝的携水能力;②出现接缝和裂缝的数量以及各条接缝或裂缝的汇水面积;③基层的透水性;④降水的强度和历时。为了弄清究竟有多少表面水渗入路面结构内,以及上述因素对渗入量的影响程度,曾进行过表面水渗入路面的试验测定。

一种试验测定方案是在路肩处设置出水口,量测渗入路面结构内的自由水向外排流的量,并以占降水量的百分率表示。美国联邦公路局设计指南依据经验和试验结果提出的设计建议值为,表面水的设计渗入率取设计降雨强度的0.33~0.50(沥青混凝土路面)或0.50~0.67(水泥混凝土路面);而对设计降雨强度,指南建议采用1年一遇历时1h的降雨强度值。而美国Hagen等的试验测定结果比上述规定小,表面水渗入量平均可达降水量的25%~40%,其渗入量仍很可观。

另一种试验测定方案是直接旧路面上的接缝和裂缝处测量表面水的渗入量。美国Ridgeway的测定结果为,对于沥青混凝土

路面,水分通过裂缝或接缝的渗入率大约变化在每厘米缝  $1.86 \text{ cm}^3/\text{h} \sim 920 \text{ cm}^3/\text{h}$  范围内,平均约为每厘米缝  $100 \text{ cm}^3/\text{h}$ ;对于水泥混凝土路面,水分通过接缝和裂缝的渗入率大约变化在每厘米缝  $0 \sim 74 \text{ cm}^3/\text{h}$  范围内,平均约为每厘米缝  $34 \text{ cm}^3/\text{h}$ 。依据这一试验结果,建议采用每厘米缝  $100 \text{ cm}^3/\text{h}$  的渗入率计算表面水的渗入量。这一建议值已被美国 AASHTO 的路面结构设计指南(1986)采纳作为表面水的设计渗入率。

1996年,同济大学在上海的旧沥青混凝土路面和水泥混凝土路面上进行了表面水渗入率的试验测定。两种面层下的基层均为透水性小的二灰碎石,测定结果示于表2和表3。由表列数值可知,对于沥青混凝土路面,不同类型和状况的裂缝的表面水渗入率变化在  $0 \sim 1250 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  缝范围内,平均为  $371 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  缝,龟裂的表面水渗入率变化在  $0 \sim 3 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  范围内;而对于水泥混凝土路面,不同类型和状况的缝的表面水渗入率变化在  $0 \sim 1800 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  缝范围内,平均为  $397 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  缝。上述结果同 Ridgeway 的结果相对比,其变化范围和平均值都大于后者,这与所调查路段的裂、接缝状况不同有关。而 Ridgeway 所推荐的表面水设计渗入率相当于上海所调查路面处于轻微级裂缝、轻微级填缝料损坏或者轻到中等龟裂的状况。表面水设计渗入率选用的数值偏大,将使路面内部排水设施所需的泄水能力增加,也即使设施的构造尺寸增大。而路面出现轻微级损坏状况,则是需考虑设置内部排水设施的低限。对于高等级路面来说,出现中等程度的开裂损坏时,就应及时采取养护措施予以修复。而出现严重损坏时,路面已到达使用寿命的后期,按这种损坏状况确定表面水设计渗入率,将使内部排水设施的尺寸定得过大而很不经济。综合上述考虑,提出了条文中所建议的设计渗入率:对于存在接缝和裂缝的水泥混凝土,按  $150 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm})$  缝 [ $0.36 \text{ cm}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$  缝] 取用;对于面层透水或存在龟裂的沥青路面,按  $0.625 \text{ cm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$  [ $0.15 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ ] 取用。

表 2 沥青混凝土路面裂缝的表面水渗入率测定结果

测点编号	缝类型	量测长度或面积	裂缝损坏情况	渗入率
1	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	轻微	0
2	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	轻微	0
3	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	轻微	0
4	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	轻微, 缝壁轻度碎 落, 缝隙宽 5mm	0.6cm <sup>3</sup> /(h·cm <sup>2</sup> )缝
5	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	缝壁中等碎落	2cm <sup>3</sup> /(h·cm <sup>2</sup> )缝
6	龟裂	2 500cm <sup>2</sup>	缝壁中等碎落	3cm <sup>3</sup> /(h·cm <sup>2</sup> )缝
7	交叉裂缝	80cm	缝隙宽约 1mm	93.8cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
8	纵向裂缝	53cm	缝隙宽约 1mm	113.2cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
9	斜向裂缝	42cm	缝隙宽约 1mm	300cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
10	纵向裂缝	51cm	缝隙宽约 1mm	588.2cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
11	纵向裂缝	47cm	缝隙宽约 1mm	638.3cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
12	交叉裂缝	48cm	缝隙宽约 2mm	1250cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
13	横向裂缝	60cm	缝隙最宽处约 5mm	125cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
14	横向裂缝	50cm	缝隙最宽处约 6mm	50cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝
15	横向裂缝	50cm	缝隙最宽处约 7mm	300cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝

表 3 水泥混凝土路面裂、接缝表面水渗入率测定结果

测点编号	缝类型	量测长度(cm)	损坏状况	渗入率 (cm <sup>3</sup> /(h·cm)缝))
1	接缝	375	填缝料完好	0
2	接缝	375	填缝料完好	0
3	接缝	375	填缝料轻微损坏	20
4	接缝	375	填缝料严重丧失	50
5	接缝	375	填缝料严重丧失, 错台 4mm	150
6	接缝	375	填缝料完全丧失, 错台 5mm	1 800
7	裂缝	150	缝隙很小	30
8	裂缝	70	缝隙宽约 2mm	150
9	裂缝	160	缝隙宽约 4mm	300
10	裂缝	700	缝隙宽约 5mm	450
11	裂缝	1 200	缝隙宽约 10mm	1 415

**示例 3** 某一级公路,水泥混凝土路面,拟采用路面边缘排水系统。请进行表面水渗入量计算。

一级公路为单向双车道路面,宽 7.5m,共有纵向缝 3 条(2 条纵向接缝,1 条同路肩相接接缝)。设横向接缝间距 5m,路面无纵向和横向裂缝。取表面水对每延米水泥混凝土路面接缝的设计渗入率  $I_c = 0.36 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ,安全系数为 2,则纵向每延米水泥混凝土路面的表面水渗入量为

$$\begin{aligned} Q_i &= I_c(n_1 + n_b B/L) \\ &= 2 \times 0.36 \times (3 + 1 \times 7.5/5) \\ &= 3.24\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}) = 0.0000375\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

**示例 4** 某高速公路,沥青混凝土路面,拟采用排水基层排水系统。请计算表面水渗入量。

单向行车道路面宽 7.5m。排水基层的上侧边缘超出路面边缘 0.5m,下侧边缘超出路面边缘 1.0m,其总宽度为 9.0m。取表面水的设计渗入率  $I_a = 0.15 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}^2)$ ,安全系数为 2,则纵向每延米沥青路面的表面水渗入量为

$$\begin{aligned} Q_i &= I_a B = 2 \times 0.15 \times 9 \\ &= 2.7\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m}) = 0.0000312\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

**5.1.5** 自由水在排水层内的渗流时间,是渗流路径长和渗流速度的函数。对于有纵向和横向坡度的排水基层,自由水沿着合成坡度渗流,路径长为合成长度。在排水基层内,渗流路径过长易引起冲刷,因而建议其最大长度为 45m~60m。超过此范围时,应设置横向排水管以拦截渗流水并排向纵向集水管。渗流速度是指水流在透水材料孔隙内的流速,而不是过水断面的平均流速,因而式(5.1.5-3)中引入了透水材料的孔隙率  $n_e$ 。

**示例 5** 接示例 4,设路线纵坡为 2%,路面横坡为 2%。请计算自由水在排水基层内的渗流时间。

由式(5.1.5-2),渗流路径长为

$$L_s = B \sqrt{1 + \frac{i_x^2}{i_h^2}}$$

$$= 9 \times \sqrt{1 + \frac{0.02^2}{0.02^2}} = 12.73 \text{ m} < (45 \sim 60) \text{ m}$$

设排水基层透水材料的渗透系数为  $k_b = 2000 \text{ m/d}$ , 有效孔隙率为 0.25, 则由式(5.1.5-3), 渗流速度为

$$\begin{aligned} v_s &= \frac{1}{0.25} \times 2000 \times \sqrt{0.02^2 + 0.02^2} \\ &= 226.27 \text{ m/d} = 0.00262 \text{ m/s} \end{aligned}$$

由此, 得渗流时间

$$t = L_s/v_s = 12.73/226.27 = 0.056 \text{ d} = 1.35 \text{ h} < 2 \text{ h}$$

## 5.2 边缘排水系统

**5.2.1 边缘排水系统**是将渗入路面结构内的自由水, 先沿路面结构层的层间空隙或某一透水层次横向流入纵向集水沟和排水管, 再由横向出水管排引出路基。这种方案常用于基层透水性小的水泥混凝土路面, 特别是用于改善排水状况不良的旧水泥混凝土路面。水泥混凝土面层板的边缘和角隅处, 由于温度和湿度梯度引起的翘曲变形作用以及地基的沉降变形, 常出现板底面同基层顶面的脱空。下渗的路表水易积聚在这些脱空区内, 促使唧泥和错台等损坏的出现。设置边缘排水系统, 便于将面层-基层-路肩界面处积滞的自由水排离路面结构。而对于排水状况不良的旧水泥混凝土路面, 采用边缘排水设施方案, 可以在不改变原路面结构的情况下改善其排水状况, 从而提高原路面的使用性能和使用寿命。然而, 自由水在路面结构层内沿层间渗流的速率要比向下渗流的速率慢许多倍, 并且部分自由水仍有可能被阻封在路面结构内, 因而, 边缘排水系统的渗流时间较长, 路面结构处于潮湿状态的时间要比排水层排水系统长许多。

纵向集水沟内也可不设排水管, 完全由透水性填料排除渗入路面结构内的自由水。但集水沟的断面和透水材料的渗透系数必须足够大, 以满足排泄设计渗入量的要求。

**5.2.2 排水管**设三排槽口或孔口, 沿管周边等间隔( $120^\circ$ )排列。

每排每延米设槽口或孔口 72 个, 等间隔布置, 其开口面积至少达  $14\text{cm}^2$  (也即每延米排水管的开口总面积至少  $42\text{cm}^2$ )。按此要求, 设槽口时, 每个槽口的宽度可为  $0.13\text{cm}$ , 长度为  $1.50\text{cm}$ ; 设孔口时, 每个孔的直径可为  $0.5\text{cm}$ 。

5.2.3 为保证水流通畅和便于疏通, 除了起端和终端外, 中间段的出水管宜采用双管的布置方案, 并且出水管与排水管之间采用半径不小于  $30\text{cm}$  的圆弧形承口管联结 (图 2)。

排水管管径和出水管间距是影响系统泄水能力的两个主要变量, 设计时二者应结合在一起考虑。同时, 集水管和出水管的管径不宜过小, 出水管的间距不宜过长, 以免管内堵塞和便于疏通。

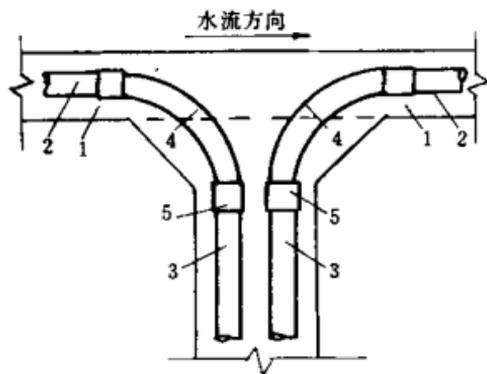


图 2 边缘排水系统出水管布置  
1-集水沟; 2-排水管; 3-出水管; 4-半径不小于  $30\text{cm}$  的弯管; 5-承口管

示例 6 接示例 3, 该段路线的设计纵坡为  $1\%$ , 请按表面水设计渗入量进行边缘排水沟管设计。

设出水管间距为  $50\text{m}$  或  $100\text{m}$ , 则集水沟需要排泄的表面水渗水量相应为

$$Q_{50} = 50Q_i = 50 \times 0.0000375 = 0.00187 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 100Q_i = 100 \times 0.0000375 = 0.00375 \text{ m}^3/\text{s}$$

对于出水管间距取为  $50\text{m}$  的布置, 选取排水管管径  $d = 0.07\text{m}$ 。则其水力半径  $R = d/4 = 0.07/4 = 0.0175\text{m}$ , 管的过水断面面积  $A = \pi d^2/4 = \pi \times 0.07^2/4 = 0.00385\text{m}^2$ 。

按满宁公式计算管内流速,  $v = n^{-1} \times R^{2/3} \times i^{1/2} = 0.013^{-1} \times 0.0175^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 0.518 \text{ m/s}$ 。

排水管泄水量  $Q_0 = vA = 0.518 \times 0.00385 = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$

$> Q_{50} (= 0.00187\text{m}^3/\text{s})$

对于出水管间距取为 100m 的布置,选取排水管管径  $d = 0.10\text{m}$ 。其水力半径  $R = 0.10/4 = 0.025\text{m}$ ,管的过水断面面积  $A = \pi \times 0.10^2/4 = 0.00785\text{m}^2$ 。

管内流速为  $v = 0.013^{-1} \times 0.025^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 0.658\text{m/s}$ 。

排水管泄水量为  $Q_0 = 0.658 \times 0.00785 = 0.0052\text{m}^3/\text{s} > Q_{100} (= 0.00375\text{m}^3/\text{s})$ 。

因此,出水管间距为 50m 时,排水管和出水管的管径可选用 7cm;而出水管间距为 100m 时,管径可选用 10cm。

集水沟的最小宽度  $B_g = 2 \times 5 + 7 = 17\text{cm}$  或  $B_g = 2 \times 5 + 10 = 20\text{cm}$ 。为便于施工,取集水沟宽度为 30cm。集水沟宽度已定时,则沟内透水性回填料的渗透系数应不小于由下式确定的数值:

$$Q_0 = k_g i_g B_g \quad (i_g \text{ 为水力坡降,可取为 } 5\%)$$

$$k_g = 20 \times 3.24 / 0.3 = 216\text{m/d}$$

**5.2.4 透水性回填料**也可采用未经处治的开级配粗集料(碎石或砾石)。但由于集水沟宽度较小,未处治集料往往不易得到充分压实。而集水沟又位于靠近路面边缘的路肩面层下,承受车轮荷载的机率较高,容易产生因集料不稳定而引起的变形,从而造成路肩的过早损坏。

水泥处治集料试配时,水泥同集料的比例可在 1:6~1:10 范围内选取,水灰比约为 0.35~0.47。

### 5.3 排水基层排水系统

**5.3.1 采用透水性材料做基层**,使渗入路面结构内的水分,先通过竖向渗流进入排水层,然后横向渗流进入纵向集水沟和排水管,再由横向出水管排引出路基。这种排水系统,由于自由水进入排水层的渗流路径短,在透水性材料中渗流的速率快,其排水效果要比边缘排水系统好得多。一般在新建路面时都采用此方案。排水基层设在面层下,作为路面结构的基层或基层的一部分,共同承受车

辆荷载的作用。

排水层也可采用横贯路基整个宽度的形式,不设纵向集水沟和排水管以及横向出水管。渗入排水层内的自由水,横向渗流,直接排泄到路基坡面外。这种形式便于施工,但其主要缺点是,排水层在坡面出口处易于生长杂草或被其它杂物堵塞,从而在使用几年后便不再能排泄渗入水,而集中积滞 in 排水层内的自由水反而使路面结构,特别是路肩部分,更易出现损坏。

在一些特殊地段,如连续长纵坡坡段、曲线超高过渡段和凹形竖曲线段等,排水层内渗流的自由水有可能被堵封或者渗流路径超过 45m~60 m。在这些地段,应增设横向排水管以拦截水流,缩短渗流长度。图 3 例示了曲线超高段上增设横向排水管的布置方案。

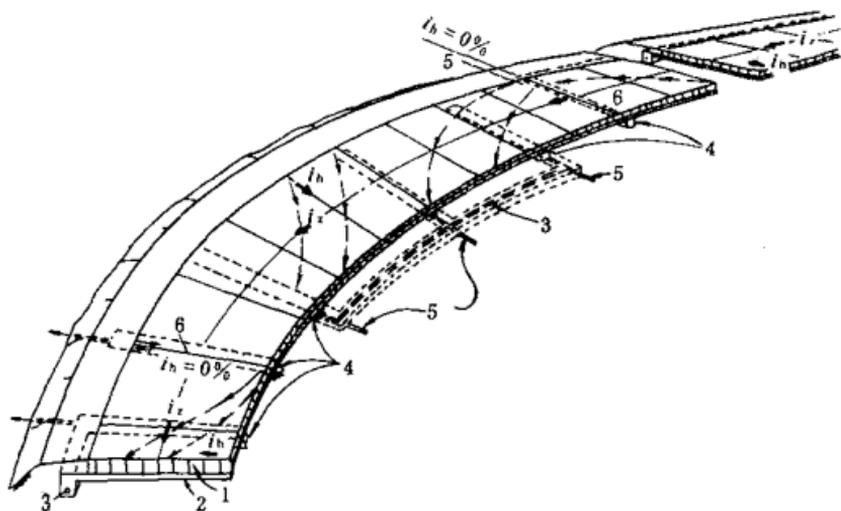


图 3 曲线超高段上增设横向排水管的布置方案

1-面层;2-排水基层;3-纵向排水管;4-横向排水管;5-出水管;6-横坡转变点

5.3.2 排水层的透水性材料可以采用经水泥或沥青处治,或者未经处治的开级配碎石集料。未处治碎石集料的透水性一般比水泥或沥青处治的要低,其渗透系数大致变动于 60m/d~1000 m/d 范围内。而水泥或沥青处治碎石集料的渗透系数则大致在

1000m/d~6000 m/d 范围内,其中沥青处治碎石的透水性略高于水泥处治碎石。未经水泥或沥青处治的碎石集料,在施工摊铺时易出现离析,在碾压时不易压实稳定,并且易在施工机械行驶下出现推移变形,因而一般情况下不建议采用作为排水基层。

用作水泥混凝土面层的排水基层时,宜采用水泥处治开级配碎石集料,其最大粒径可选用 25mm。而用作沥青混凝土面层的排水基层时,则宜采用沥青处治碎石集料,最大粒径宜为 20mm。材料的透水性同集料的颗粒组成情况有关,空隙率大的组成材料,其渗透系数也大,须通过透水试验确定。表 4 列示了国外一些未处治和水泥或沥青处治集料排水基层的集料级配情况及相应的渗透系数,以供参考。

透水材料的渗透系数通常采用常水头标准渗透试验方法测定。为了方便设计人员在初选透水材料时能按透水材料的级配组成和密实状态估计其渗透系数,以节省试验工作量,不少研究人员对不同组成和状态的透水材料进行了大量的渗透试验,在此基础上建立了一些可估计渗透系数的经验关系式。Hazen 对干净砂提出的估算关系式为:

$$k = CD_{10}^2 (\text{cm/s}) \quad (1)$$

式中  $D_{10}$ ——通过率为 10% 时的粒径(cm);

$C$ ——系数,变动于 90~120,通常可取为 100。

此关系式的主要缺点是没有考虑到材料的压实程度(或孔隙率)。Moulton 制作了可估算未经处治集料的渗透系数的诺谟图,此图依据下述关系式:

$$k = \frac{1.895 \times 10^5 (D_{10})^{1.478} n^{6.854}}{(P_{0.075})^{0.597}} \quad (\text{m/d}) \quad (2)$$

式中  $n$ ——透水材料的孔隙率;

$P_{0.075}$ ——透水材料通过 0.075mm 筛孔的百分率。

Elsayed 依据室内渗透试验结果回归得出的经验关系式为:

表 4 未处治和水泥或沥青处治集料排水基层的集料级配

材料类型	通过下列方筛孔(mm)百分率(%)										渗透系数 (m/d)
	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.3	0.075	
未处治集料	①	100	95~100	—	25~60	—	0~10	0~5	—	0~2	6 000
	②	100	100	90~100	—	20~55	0~10	0~5	—	—	5 400
	③	100	95~100	—	60~80	—	40~55	5~25	0~8	0~5	600
	④	100	—	—	0~90	—	0~8	—	—	—	300
水泥处治	①	100	88~100	52~85	—	15~38	0~16	0~6	—	—	1 200
	②	100	95~100	—	25~60	—	0~10	0~5	—	0~2	6 000
沥青处治	①	100	90~100	90~100	35~65	20~45	0~10	0~5	—	0~2	4 500
	②	100	100	50~100	—	15~85	0~5	—	—	—	—

$$k = -0.251 + 0.92V_r + \frac{2.68}{P_{0.6}} - 0.005P_{0.075} \text{ (cm/s)} \quad (3)$$

$$(R^2 = 0.78)$$

式中  $V_r$ ——透水材料的孔隙比；

$P_{0.6}$ ——透水材料通过 0.6mm 筛孔的百分率。

利用上述关系式，可估计初选透水材料的渗透系数，或者按要求的渗透系数选择透水材料的级配组成和孔隙率。而后，再进行渗透试验以选定透水材料最终采用的级配和孔隙率。

由于排水基层参与路面结构的承载作用，对碎石集料和混合料提出了与同类路面基层相同的强度要求。

**5.3.3 排水层的厚度**视需要排泄的渗入水水量和所选透水材料的渗透系数而定，一般变动于 8cm~15cm 范围内。虽然所需厚度可以通过水力计算确定，但通常选用 10cm 厚，便足以满足排水需要，并计及施工方便和施工容许偏差。作为路面结构的基层或基层的一部分，也可按承受荷载的需要增加排水基层的厚度，但这时须对结构设计方案（增加其它结构层的强度或厚度还是增加排水基层的厚度）进行技术经济比较。水泥或沥青处治碎石集料的强度和变形性质，与同类水泥稳定碎石或沥青碎石相近，路面结构设计可采用现行规范，材料设计参数依据标准试验方法测定的数值取用。

**示例 7** 接示例 4，按表面水设计渗入量进行排水基层设计。

可利用达西定律确定纵向每延米排水基层的泄水能力  $Q_0$  [ $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ]:

$$Q_0 = k_b i A = k_b i_b h$$

式中  $k_b$ ——透水基层材料的渗透系数 ( $\text{m}/\text{d}$ )；

$i$ ——渗流路径的水力坡度；

$i_b$ ——基层横坡；

$A$ ——每延米排水基层的过水断面面积 ( $\text{m}^2$ )；

$h$ ——排水基层的厚度 ( $\text{m}$ )。

排水基层的泄水能力是透水材料渗透系数和基层厚度的函数。可以先选定透水材料，而后依据其渗透系数确定所需的排水基

层厚度；或者，先选定排水层的厚度，再确定所需的透水材料渗透系数。

如所选透水材料的渗透系数为 2000 m/d，则排水基层排泄设计渗入量所需的厚度为

$$h = Q_i / (k_b i_b) = 2.7 / (2000 \times 0.02) = 0.0675 \text{ m}$$

考虑到排水基层顶面的空隙有可能因面层施工而被堵塞，取排水基层的设计厚度为 8cm。

如选用透水基层设计厚度为 0.10m，并设基层顶底面部分空隙被堵塞的深度约为 0.02m，基层的有效厚度为 0.08m。则透水材料所要求具有的渗透系数为

$$k_b = Q_i / (h i_b) = 2.7 / (0.08 \times 0.02) = 1687 \text{ m/d}$$

**5.3.4 纵向集水沟设置在路面横坡的下方。**行车道路面采用双向坡路拱时，在路面两侧都设置纵向集水沟。集水沟的内侧边缘可设在行车道面层边缘处，但有时为了避免排水管被面层施工机械压裂，或者避免路肩铺面受集水沟沉降变形的影响，将集水沟向外侧移出 60cm~90cm。路肩采用水泥混凝土铺面时，集水沟内侧边缘可外移到路肩面层边缘处。

**5.3.5 排水基层下必须设置不透水垫层或反滤层，**以防止表面水下渗入垫层，浸湿垫层和路基，或者防止垫层或路基土中的细粒进入排水基层而造成堵塞。

**5.3.6 排水垫层按路基全宽设在其顶面。**过湿路基中的自由水上移到排水垫层内后，向两侧横向渗流。路基为路堤时，水向路基坡面外排流；路基为路堑或半路堑时，挖方坡脚处须设置纵向集水沟、排水管和横向排水管。

排水垫层一方面要能渗水，另一方面要防止渗流带来的细粒堵塞透水材料。为此，在材料级配组成上要满足条文中的四项要求，其中第一项是透水要求，其它三项是反滤要求。这些要求的应用可图示于图 4。图中，5 为路基土的级配曲线；所示的阴影部分 6，即为符合这些要求的排水垫层材料的级配范围。

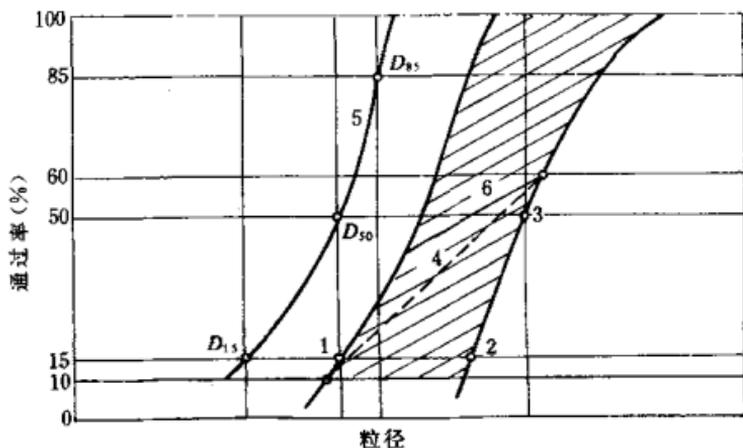


图 4 符合渗透和反滤要求的材料设计标准

1-不小于  $5 D_{15}$ ; 2-不大于  $5 D_{85}$ ; 3-不大于  $25 D_{50}$ ; 4- $(D_{80}/D_{10}) \geq 20$ ; 5-路基土级配曲线; 6-符合上述要求的排水垫层级配范围

## 6 地下排水

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 地下排水的目的是为了提供稳定的路基和坡体,提高路堤基底的承载能力。通常,在下述情况下需考虑采用地下排水设施:

1. 路堑开挖截断了坡体内的含水层,或者山坡路堤的基底范围内有含水层出露。为此,需沿着挖方或填方边坡坡脚设置渗沟,将含水层内的地下水拦截在路基范围外,并排引出路堑或路堤。

2. 填挖交替路段,接近路堑的路堤基底遇有含水层出露。此时,需在填挖交替处设置横越路堤的渗沟,以拦截含水层内的地下水,并排出路界。

3. 地下水位高,而路堤填土高度又受到限制;或者,路堑开挖后的基顶高程离地下水位很近。为降低路基湿度,提高其承载能力,可沿两侧边沟设置渗沟以降低地下水位。

4. 土质路堑边坡坡体的含水量很大而容易产生坡体滑动时,可设置条形、分岔形或拱形边坡渗沟,以疏干边坡坡体。

5. 在滑坡路段,为配合滑坡体稳定性处理措施,可采用拦截含水层地下水或疏干滑坡体的各种地下排水措施。

**6.1.2** 含水地层或地下水富集带大多被岩土所覆盖,调查需要专门的勘测,不仅工作量大,工作时间长,费用也高。以往,公路地质调查的深度和广度不够,地下水的活动情况没有得到充分地了解和掌握,使设计工作较为被动,建成的公路常常留有隐患,路基的稳定性和路面使用寿命受到影响。随着高等级公路建设的发展和勘测技术的进步,这种状况得到了一定的改善,对于水文地质条件较复杂的地下水状况,要求进行较详细的调查、勘探和测定,取得

较为可靠的设计依据。

**6.1.3** 一些浅层地下水或局部上层滞水是以地表水的下渗作为补给来源的。公路毗邻地带的地表土质疏松,或岩土有天然裂隙,或路基上方有积水洼地时,便应考虑地表水的下渗是否会转换成地下水,影响到路基的稳定和强度。为防止地面水的下渗而补给地下水,可对土质地面的裂缝用粘土填塞捣实,对岩石裂缝用水泥砂浆填塞,对松软土质地段铺植草皮和种植树木,对路堑边坡上方的洼地和水塘予以填平等。

**6.1.4** 地下排水设施通过渗流汇集和排除含水层的地下水,因而容易受到淤塞。同时,由于都是埋在地下的暗沟管,不便清理疏通。因此,建议采用较大的纵坡,以加大流速,减少淤积。

**6.1.5** 地下排水沟管较长时,为避免淤塞和便于清通,应在其间设置出水口,通过横向排水管将地下水引出地面,排入低地或水道。对于出水口的排水通道,应作妥善处理,防止出现坡面冲刷。

**6.1.6** 为便于清扫和疏通地下排水沟管,在其上游端头和中间情况变化点应设置直径相同的井管与地面联通。上游端头的井管为倾斜的,以便于进行维护工作。中间检查井管为竖立的,其间距不能超过 150m。井管外露在地表的端头用铸铁盖罩住。

**6.1.7** 地下排水设施的设计渗流量,可按不透水层的深度和倾斜情况分别采用本规范 8.3 节中的方法计算确定。但由于地下实际情况存在许多不确定性,计算参数(如渗透系数、水位降落影响距离和平均坡度等)的精确度不高,设计渗流量还须结合经验确定,并采用较大的安全系数。

## 6.2 地下水调查和测定

**6.2.1** 地下水调查和测定是一项深入细致的工作。地下水调查可采用地质调查方法,对于水文地质条件较复杂的地区,还应结合坑探和钻探,了解含水层与不透水层的组成情况,测定地下水位以及地下水的流向、流速和流量等,作出地下水对公路影响的评价,为地下排水设计提供可靠的依据。

6.2.2 在边长约为 50m~150m 的等边三角形的顶点布置钻孔,按各钻孔的地下水水位高程绘制等水位线。垂直等水位线的方向即为地下水的流向。

利用钻孔投放指示剂,可测定地下水的流速。为防止指示剂不流经下游观测孔,可在其两侧各布置一个辅助观测孔。

6.2.3 渗透系数是计算渗流量的主要计算参数,可以采用三类方法估计或测定其数值:

1. 各类岩土渗透系数,随其颗粒组成和密实程度而异,变动范围很大。表 5 所示为代表性岩土渗透系数的经验参考值范围。利用表列数值或其它工程的经验数值,可按含水层介质的岩土类型粗略地估计其渗透系数值。

表 5 岩土渗透系数参考值

岩土名称	渗透系数(cm/s)	岩土名称	渗透系数(cm/s)
粘土	$< 6 \times 10^{-6}$	中砂	$6 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}$
粉质粘土	$6 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	粗砂	$2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
粉土	$1 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	砾石	$6 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$
粉砂	$6 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$	卵石	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$
细砂	$1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$	漂石	$6 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0$

此外,也可根据岩土的颗粒组成由经验关系式估计其渗透系数值。如式(1),适用于渗透系数  $k = 0.5 \text{cm/s} \sim 0.01 \text{cm/s}$  的范围。

2. 在含水层中钻取岩土试件,进行室内常水头或变水头渗透试验。常水头渗透试验适用于透水性高的粗粒岩土,而变水头渗透试验适用于透水性中等或低的细粒土。试验方法可参考《公路土工试验规程》(JTJ 051—93),但所用样筒或试件的直径应为岩土颗粒最大粒径的 8 或 12 倍。

3. 在现场对含水层进行抽水试验,测定抽水量和水位随时间变化的数据后,可通过计算确定渗透系数。测定和计算方法可参考《工程地质手册》(中国建筑工业出版社,1992)。对于非饱和松散岩土层,则可采用渗水试验方法测定其渗透系数。

## 6.3 地下排水设施

6.3.1 山区或丘陵区的小股泉水露头出现在路基基底范围内时,必须给予引排。

6.3.2 管式渗沟是最常用的地下排水设施。由于渗沟系从地面下开挖出的,开挖时的沟壁总会有一斜坡,渗沟的横断面便为梯形,沟壁坡度随沟深而减缓。用于拦截地下水时,渗沟的迎水一侧有渗流流入。而用于降低地下水位时,渗沟的两侧均有渗流流入。判断进入渗沟的水流会否因携带细粒而堵塞渗沟,可应用本规范 5.3.7 条中所述的四点要求。如不满足这些要求,则在渗沟的迎水面侧应设置反滤织物。为保证渗沟内的回填料具有良好的透水性,并且在沟内水流渗入排水管的过程中不会堵塞管的槽孔,必须控制回填料的级配组成(开级配)和细粒含量。

6.3.3 排水管的槽孔大小和空隙总面积,会影响到细粒会否渗入管内和渗入水的流量。本条参照美国州公路和运输官员协会的有关规程(AASHTO ;M175 和 M278),对槽孔的大小、数量和布置作出了规定。目前,我国尚无带槽孔水泥混凝土管或塑料管的产品。使用塑料管时,可在工地按本条规定的圆孔直径、数量和布置进行钻孔。用于管式渗沟的圆管槽孔都分布在管截面的下半部分,安设排水管时,槽孔须面向沟底,使渗流由下部漫入管内。

6.3.4 在有石料地区,可以采用石砌排水管替代圆管。洞式渗沟的横截面要大于管式渗沟,因而开挖量也大于后者。流入渗沟内的水通过盖板间的缝隙进入排水洞,在缝隙宽度和总的空隙面积方面的安排不象管式渗沟那样合理。因而,建议仅在二级及二级以下的山区公路上采用洞式渗沟,而其它情况则建议采用管式渗沟。

6.3.5 边坡渗沟主要用于疏干过湿的土质边坡坡体,以减轻其重量,增加坡体的稳定性。同时,由于渗沟主沟垂直嵌入坡体内,能起到一定的支撑坡体的作用。边坡渗沟所排除的是坡体内的上层滞水,渗流量很小,因而渗沟可采用填石式,不设排水管或排水洞而利用填料的孔隙排水。

**6.3.6** 平式钻孔排水是采用小直径的排水管在斜坡坡体内排除深层地下水的一种有效方法,它可以减少对岩(土)体的开挖,从而加快工程进度和降低造价,因而在许多国家得到广泛的应用。近年来在广东省深汕高速公路和四川省二郎山隧道工程中应用,取得良好效果。

## 7 公路构造物及下穿道路排水

### 7.1 桥面排水

7.1.1 桥面上的积水会使交通阻滞,行车出现飘滑等。同时,积滞在桥面上的含氯化物的冰雪融水会促使桥面板混凝土内的钢筋锈蚀,从而降低桥梁的使用寿命。因而,应重视桥面排水设计,力求排水通畅、防水可靠、施工养护方便。

7.1.2 采用纵向排水管汇集泄水口流下的水,并由落水管排入地面排水设施或河流的桥面排水方式(见图5),可避免桥下的行人、车辆或船只受到桥面水的冲淋。而在桥下无行人或车船通行时,则可允许桥面表面水直接由泄水管排出,但仍须注意避免排放的水冲刷或侵蚀邻近的上部结构或墩台构件。

7.1.3 桥面表面水首先靠桥面横坡和纵坡组成的合成坡排向行车道两侧,因而,桥面必须要有足够的横向坡度。通常,采用与路面相同的横向坡度。在桥面行车道两侧采用缘石的情况下,表面水汇集于由缘石与桥面组成的过水断面内,为了减少此过水断面的漫流宽度,或者使泄水口间距不致于太密,宜适当增加桥面横坡坡

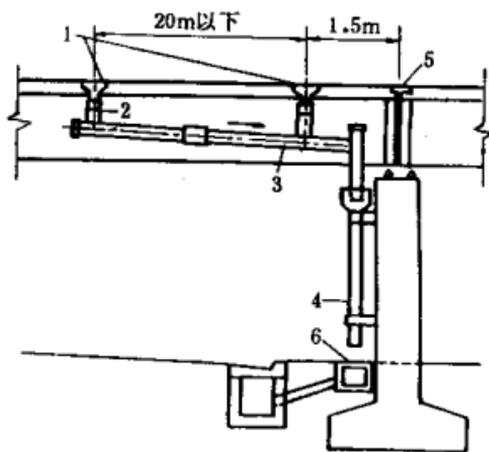


图5 桥面排水管的设置

1-泄水口;2-泄水管;3-纵向排水管;4-竖向排水管(落水管);5-伸缩缝装置;6-地面进水口

度,使之比路面横坡坡度大 0.5%。

**7.1.4 泄水口间距**,一方面随降雨强度和汇水面积而定,另一方面也随桥面横向和纵向坡度、泄水口泄水能力以及允许过水断面漫流的宽度而定。可以按确定路面拦水带或缘石泄水口间距的同样方法考虑桥面的泄水口。奥地利的经验是:当桥面横坡为 2.5%、纵坡为 1%时,泄水口的最大间距为 25m;而当纵坡为 0.5%时,则泄水口最大间距为 10m;但最低限值为每 400m<sup>2</sup>桥面至少应设置一个泄水口。日本的规定是泄水口的间距不大于 20m。参考这些数值,本条规定了泄水口间距不宜超过 20m。在伸缩缝的上游方向设置泄水口,有助于减少流向伸缩缝的水量。日本的规定是在伸缩缝上游 1.5m 处设置泄水口。凹形竖曲线底部相继设置 3 个泄水口是为了预防最低点处的泄水口被杂物堵塞而招致积水。

**7.1.5 泄水管的横截面面积**一般按排泄 3 倍设计径流量考虑。泄水口顶面略低于周围路面,有利于桥面水向泄水口汇流并增加截流率。由于设置泄水口,部分桥面板钢筋网被切断,泄水口周围便应配置补强钢筋,使之具有足够的强度承受车辆荷载的作用。

**7.1.6 排水管**和排水槽的架设位置应考虑与桥梁外观融为一体,必要时采取装饰或遮盖措施。排水管支托一般为高度可调节的不锈钢制品,支托装置应牢固地附着在桥梁构件上。排水管接头应考虑桥梁和排水管二者在纵向伸缩上的差异。

## 7.2 桥台和支挡构造物排水

**7.2.1 桥台和支挡构造物排水**的目的在于疏干台后或墙后回填料中的水分,防止由于积水而使台身或墙身承受额外的静水压力、粘性土填料浸水后的膨胀压力或者季节性冰冻地区的冻胀压力。采用透水性回填料,可以大大减小上述情况下产生的各种压力。回填料表面采用各种防止地表水下渗措施,如在回填区外设置拦截地表水流入的沟渠,回填料顶面夯实或铺设不透水层等,可以降低回填料内的含水量。这些措施都可降低设置排水设施的要求。

**7.2.2 采用透水性回填料时**,由于自由水可在回填料内较快地渗

流,因而只需在台身或墙身上布置泄水孔,使回填料中的自由水有个出路,能流出台身或墙身。

7.2.3 回填料为透水性不良的材料时,为减少台身或墙身上的压力,可在回填料与台身或墙身之间夹一层透水性粒料(砂或砂砾),使回填料中渗出的水可以通过此透水层迅速由泄水孔排出。根据渗水量的多少,此粒料透水层可以是在整个台背或墙背连续铺筑的,也可以是由纵向和竖向条形渗沟组成的。近来有采用软式透水管替代纵向和竖向渗沟的改进方案。软式透水管可由经磷酸防锈处理并外覆聚氯乙烯的钢丝作内骨架,外面包裹起反滤作用的无纺土工布和透水的尼龙土工织布,它应具有足够的耐压扁能力及透水性和反滤作用。为防止回填料顶面的表面水沿台后或墙后透水层下渗,对透水层的顶面应采用不透水材料予以封闭。

7.2.4 泄水孔的布设密度,视回填料渗水量大小而定。为防止泄水孔被渗流中携带的细料所堵塞,在泄水口进口处一定范围内需设置由粗粒料组成的反滤层。

### 7.3 下穿道路排水

7.3.1 在交叉工程设计中,设计人员往往基于经济考虑而采用下挖被交道路的方式,并忽视下穿道路的排水设计,由此导致不少下穿道路在雨季积水,严重影响了车辆和行人的正常通行。这在许多建成的高等级公路中已成为教训之一,应引起设计人员的重视。

7.3.2 下穿道路的下挖段,两端大都采用下倾的纵坡。为减少地表水流入下挖段,应在进入下挖段之前,通过设置泄水口或排水沟将边沟内汇集的表面水引排到下挖段的两侧外。

7.3.3 下挖段道路的纵断面最低点处往往需设置集水井,以汇集下挖段内的表面水后引排出去。为便于设置集水井和引排,宜将最低点设在上跨构造物洞口外。同时,为使洞口中下穿道路的表面水能较迅速地流向最低点,该段道路应具有一定的纵坡。

7.3.4 为使下挖段(特别是上跨构造物洞口内的下挖段)路面表面水迅速向两侧排流,可适当增大路肩的横向坡度。洞口中下挖段

的边沟增大过水断面,可以减少该段道路出现积水的机率。而采用加盖混凝土板的边沟,可方便行车和行人的通行。

7.3.5 下穿道路的排水应尽量采用自流的方式排除。在地下水位高的平原区,自流排除发生困难时,只好采用费用高而养护又麻烦的水泵排水。下穿道路的排水量不太大但较集中,短时间抽升量约  $0.5\text{m}^3/\text{s} \sim 1.2\text{m}^3/\text{s}$ ,一般可选用 8 英寸 $\sim$ 12 英寸(20.3cm $\sim$ 30.5cm)的水泵。同时,抽水的扬程较小,可选用常用的农业排灌水泵(轴流泵或混流泵)。泵站配备两台水泵,可针对不同的排水量要求,分别使用小泵或大、小泵。

## 8 水力计算

### 8.1 排水沟和排水管的水力计算

**8.1.1** 沟和管,包括各种断面形状的明沟(如边沟、排水沟、截水沟、街沟以及由拦水带或缘石同路肩或路面铺面构成的过水断面等)和不同材料的圆管(如排水管和出水管等)。影响沟和管泄水能力的因素,主要是过水断面的形状和面积、水力坡度(沟或管的底坡)以及沟壁或管壁的粗糙系数。进行水力计算的目的是确定为排泄设计流量所需的沟或管的断面形状和尺寸,同时检查其流速会否引起冲刷或淤积。沟和管的泄水能力应大于设计流量,所选定的断面应考虑水面上留有一定的安全高度。

**8.1.3** 沟或管内水流的平均流速采用满宁公式计算。表 8.1.3 中的粗糙系数值,系参照《室外排水设计规范》(GBJ 14—87)、日本土木学会《水理公式集》(1985)和美国运输部联邦公路局《公路路面排水》(水力工程第 12 号通报,1969 年)等资料汇总而成。

无旁侧入流的明沟,水力坡度可采用沟的底坡。有旁侧入流的明沟,水力坡度可采用沟段的平均水面坡降。

**8.1.4** 浅三角形沟或过水断面主要指由拦水带或缘石同路肩或路面铺面构成的过水断面,或者城市道路的街沟。对于这类排水沟,由于过水断面的水面宽度远大于水深,水力半径不能充分反映这种断面的特性,因而需对满宁公式进行修正,采用式(8.1.4)计算其泄水能力。公式忽略了水流沿缘石或拦水带接触面处的阻力,其计算结果(泄水量或平均流速)要比公式(8.1.2)或(8.1.3)的大 19%。

浅三角形沟或过水断面水力计算的内容,主要是按设计流量

计算确定过水断面的水面宽度和水深。

示例 8 接第三章示例 1。拦水带泄水口间距为 50m 时的设计流量为  $0.0312\text{m}^3/\text{s}$ 。计算为排泄此设计流量时拦水带内侧过水断面的水面宽度和水深。

由表 8.1.3, 可查得表面构造光滑的沥青路面的粗糙系数  $n=0.013$ 。路肩的横向坡度为  $i_b=3\%$ 。取水力坡度等于路线纵向坡度,  $J=1\%$ 。

将上述数值代入式(8.1.4), 即

$$0.0312 = 0.377 \times \frac{1}{0.03 \times 0.013} h^{8/3} \times 0.01^{0.5}$$

由此, 可算得水深  $h=0.049\text{m}$ 。进而得到水面宽度为  $B_s=h/i_b=0.049/0.03=1.63\text{m}$ , 此宽度小于路肩宽度(=2.5m)。因而, 出现设计降雨时拦水带内过水断面的水面不会侵入行车道。

在路面和路肩采用不同横坡坡度, 而水面侵入路面时, 或者在接近拦水带或缘石一定宽度的路肩范围内采用较陡的横坡坡度时, 过水断面的底边为折线。遇到这种情况, 仍可采用式(8.1.4)计算。其步骤为(参见图 6): 先按设计流量  $Q$  和外侧横坡  $i_s$ , 由式(8.1.4)计算得到水深初值  $h_s$ ; 由此  $h_s$  值, 可按外侧坡段宽度  $B_w$  计算确定横坡转变点处的水深  $h_b$ ; 再按  $h_b$  和  $i_s$ , 利用该式计算图中虚线三角形面积内的流量, 减去这部分流量便得到外侧坡段的流量  $Q_s$ ; 然后, 按  $h_b$  和内侧横坡  $i_b$ , 利用该式计算得到内侧坡段的流量  $Q_b$ ; 迭加  $Q_s$  和  $Q_b$ , 可得到泄水量  $Q_c$ ; 如果此值与设计流量相同或相近, 则  $h_s$  初值便成立, 否则调整  $h_s$ , 直到计算泄水量与设计流量一致为止。

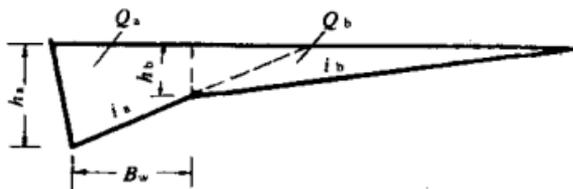


图 6 折线形底边的过水断面

8.1.5 沟和管的最大和最小流速要求,系参照《室外排水设计规范》(GBJ 14—87)规定。

## 8.2 泄水口水力计算

8.2.1 本节主要涉及路面表面排水中由拦水带或缘石所构成的过水断面的泄水口,包括开口式和格栅式泄水口。格栅式泄水口也用作中央分隔带内排水沟或其它沟渠的泄水口。泄水口水力计算的主要内容是,确定泄水口的截流量和布置间距。影响开口式泄水口截流率的主要因素是开口的长度以及低凹区的宽度和下凹深度,影响格栅式泄水口截流率的主要因素是格栅的宽度和格栅孔口的有效泄水面积。因而,水力计算的目的是按设计流量的要求合理选择和确定泄水口的尺寸和布置间距。

8.2.2 在纵坡坡段上,开口式泄水口的截流率主要随开口长度的增加而增大,也同开口处是否设置低凹区有关。低凹区越宽,下凹深度越大,截流量便越大。由于计算公式较繁琐,本规范采用诺模图的形式,依据美国运输部联邦公路局《公路路面排水》(水力工程第12号通报,1969年)中的资料,列出了几种常用开口长度和低凹区尺寸组合条件下的截流率计算用图(见本规范附录C)。拦水带的开口式泄水口,通常采用对称或不对称的喇叭口形式;为了便于施工,低凹区设在拦水带内侧边缘线以外。应用计算图时,须按喇叭口的形状和尺寸酌情选取开口长度、下凹区宽度和下凹深度值。

示例9 接示例8。间距为50m的拦水带泄水口,采用1.5m长的开口,低凹区宽度 $B_w=0.3\text{m}$ ,下凹深度为 $h_a=0.025\text{m}$ 。请计算确定其泄水量。

由示例8 已知, $Q_c=0.0312\text{m}^3/\text{s}$ , $i_h=3\%$ , $i_z=1\%$ , $B_s=1.63\text{m}$ 。

利用附录C图C a),由 $B_s=1.63\text{m}$ 处引竖线同 $i_z=1\%$ 线相交,再引水平线同 $i_h=3\%$ 线相交,然后引竖线得泄水口的截流率为 $Q_o/Q_c=0.63$ 。由此得到泄水量为

$$Q_0 = 0.63Q_c = 0.63 \times 0.0312 = 0.020\text{m}^3/\text{s}$$

**8.2.3** 在凹形竖曲线底部,表面水由前后两个方向向下流入泄水口。水流进入泄水口的状态,同该处的水深有关。当水深低于泄水口的孔口高度(即拦水带或缘石高度)时,水流呈堰流状态;而当水深淹没开口,超过1.4倍孔口高度时,水流呈孔口流状态;水深在这二者之间时,水流处于中间状态。图8.2.3-1中的曲线绘示了通过试验确定的满足堰流条件的孔口最小高度要求,利用此曲线可判别水流状态。处于堰流状态时,对于开口处设有低凹区的情况,选用图8.2.3-2确定泄水量或水流深度;对于开口处不设低凹区的情况,选用式(8.2.3-1)计算。处于孔口流状态时,则按式(8.2.3-2)确定开口处的泄水量。

**示例 10** 在两侧切线纵坡均为1%的竖曲线底部,设置 $L_i=1.5\text{m}$ 长的开口式泄水口,由各侧流向泄水口的流量均为 $0.0312\text{m}^3/\text{s}$ ,开口处的净高(即拦水带高度)为 $h_0=0.12\text{m}$ ,其它条件与示例9相同。请计算确定排泄此设计流量时泄水口处的水深。

由两侧进入泄水口的设计流量为 $Q_c=2 \times 0.0312=0.0624\text{m}^3/\text{s}$ 。

先假设泄水口处水流呈堰流状态。

1) 开口处设低凹区时。由图8.2.3-1可查取得到,在 $Q_0=0.0624\text{m}^3/\text{s}$ 和 $L_i=1.5\text{m}$ 时,满足堰流要求的最小高度 $h_m=0.06\text{m}$ 。 $h_m < h_0 (=0.12\text{m})$ ,因而符合堰流条件。

由图8.2.3-2,可查取得到 $Q_0=0.0624\text{m}^3/\text{s}$ 和 $L_i=1.5\text{m}$ 时泄水口处的水深 $h_i=0.09\text{m}$ 。

2) 开口处不设低凹区时,则由式(8.2.3-1), $0.0624=1.66 \times 1.5h_i^{1.5}$ ,可得到泄水口处的水深为 $h_i=0.08\text{m}$ 。

由此,无论开口处设或不设低凹区,泄水口处的水深均小于拦水带高度。

**8.2.4** 在纵坡坡段上,格栅式泄水口会拦截所有流经该格栅宽度范围内的水流,而流在宽度范围外的水流则溢流到泄水口的下方,汇同下方的径流流向下一个泄水口。因而,格栅的泄水量可利用浅

三角形沟或过水断面的流量计算公式,先确定其过水断面后,按格栅宽度所截取的过水断面面积确定。

格栅的铁条平行于水流方向布置,其孔口间隙应至少占格栅宽度的一半以上。同时,孔口应有足够的长度,使水能自由落入,以保证格栅的泄水效率。为此,提出了满足孔口最小净长度的要求。

**示例 11** 在高速公路超高段上方的左侧路缘带边缘采用缘石过水断面。其泄水口为格栅式,格栅有效宽度  $B_g=0.4\text{m}$ 。路线纵度  $i_z=1\%$ ,路面横坡  $i_h=2\%$ 。泄水口间距为  $50\text{m}$  时的设计流量为  $Q_c=0.0312\text{m}^3/\text{s}$ 。请计算确定其泄水量和格栅孔口所需的净长度。

1) 计算格栅外缘处的水深

由式(8.1.4),先计算得到过水断面的水深( $h$ ):

$$0.0312 = 0.377 \times \frac{1}{0.02 \times 0.013} h^{8/3} \times 0.01^{0.5}$$

$h=0.042\text{m}$ 。由格栅宽度  $B_g=0.4\text{m}$ ,可推算格栅外缘处的水深( $h_i$ ):

$$h_i = h - B_g i_h = 0.042 - 0.4 \times 0.02 = 0.034\text{m}$$

2) 计算格栅截流量

利用式(8.1.4),计算  $h_i=0.034\text{m}$  时格栅外侧的断面流量( $Q_b$ ):

$$\begin{aligned} Q_b &= 0.377 \times \frac{1}{0.02 \times 0.013} \times 0.034^{8/3} \times 0.01^{0.5} \\ &= 0.0176\text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

由此,泄水量为  $Q_o=Q_c-Q_b=0.0312-0.0176=0.0136\text{m}^3/\text{s}$   
泄水口的截流率为  $Q_o/Q_c=0.0136/0.0312=43.6\%$

3) 确定格栅长度

格栅宽度范围内水流的平均流速为:

$$\begin{aligned} v_g &= Q_o/A_i = 0.0136/[0.5 \times (0.042 + 0.034) \times 0.4] \\ &= 0.89\text{m/s} \end{aligned}$$

选用格栅铁条的厚度为  $0.08\text{m}$ 。按式(8.2.4),计算格栅孔口

的最小净长度：

$L_g = 0.91 \times 0.89 \times (0.042 + 0.08)^{0.5} = 0.28\text{m}$ 。取格栅的长度为  $0.5\text{m}$ 。

**8.2.5** 在凹形竖曲线底部，泄水口有前后两个方向的进水。其水流状态同格栅上面的水深有关。当水深小于  $0.12\text{m}$  时，进入泄水口的水流为堰流状态；堰顶的长度大致等于格栅进水周边的边长，靠缘石或拦水带一侧的周边不计入内。当水深超过  $0.43\text{m}$  时，进入泄水口的水流呈孔口流状态，其泄水量同格栅的孔口净面积有关。而当水深处于  $0.12\text{m} \sim 0.43\text{m}$  之间时，由于紊流和其它干扰，进入泄水口的水流呈不确定状态，其泄水量在两种状态的泄水量之间，可按水深通过直线插值近似确定。考虑到格栅孔口的空隙有可能被杂物堵塞，进水周边边长和孔口净进水面积的有效值均按实际数值除以安全系数 2 后取用。

*j* 示例 12 在两侧切线纵坡均为 1% 的竖曲线底部设置格栅式泄水口，由各侧流向泄水口的流量均为  $0.037\text{m}^3/\text{s}$ 。缘石的外露高度为  $0.15\text{m}$ ；格栅的有效宽度取为  $0.4\text{m}$ ，长度取为  $0.5\text{m}$ ，孔口的净泄水面积为格栅面积的一半。请计算确定排泄设计流量时泄水口处的水深。

进入泄水口的设计流量为  $Q_c = 2 \times 0.037 = 0.074\text{m}^3/\text{s}$ 。

1) 先假设泄水口处的水流处于堰流状态。

格栅的有效周边长为  $p_g = 0.5 \times (2 \times 0.4 + 0.5) = 0.65\text{m}$ 。

按公式(8.2.5-1)， $0.074 = 1.66 \times 0.65 h_i^{1.5}$ ，

可得格栅上的水深为  $h_i = 0.15\text{m} > 0.12\text{m}$ ，超过堰流的条件。

2) 再假设水流处于孔口流状态。

格栅孔口的净泄水面积为  $A_i = 0.5 \times 0.4 \times 0.5 \times 0.5 = 0.05\text{m}^2$ 。

按公式(8.2.5-2)， $0.074 = 2.96 \times 0.05 h_i^{0.5}$ ，

可得到格栅上的水深为  $h_i = 0.16\text{m} < 0.43\text{m}$ ，小于孔口流的条件。因而，水流处于不确定状态。

3) 按直线插值方法确定水流深。

$$h_1 = 0.12\text{m 时}, Q_0 = 1.66 \times 0.65 \times 0.12^{1.5} = 0.045\text{m}^3/\text{s}$$

$$h_2 = 0.43\text{m 时}, Q_0 = 2.96 \times 0.05 \times 0.43^{0.5} = 0.097\text{m}^3/\text{s}$$

设计流量为  $Q_c = 0.074\text{m}^3/\text{s}$  时,

$$h_1 = 0.12 + (0.43 - 0.12) \times (0.074 - 0.045) / (0.097 - 0.045) = 0.29\text{m}$$

#### 4) 选定格栅尺寸

此泄水口上的水深显然过大,超出了缘石或拦水带的高度,因而,需增加泄水口,以提高泄水能力。现选用3个0.5m长的格栅,其有效宽度仍为0.4m。这样,格栅的有效周边长增为

$$p_g = 0.5 \times (2 \times 0.4 + 1.5) = 1.15\text{m}$$

按公式(8.2.5-1),  $0.074 = 1.66 \times 1.15 h_1^{1.5}$ , 可得格栅上的水深为  $h_1 = 0.11\text{m}$ , 低于缘石或拦水带的高度,符合要求。

**8.2.6** 在纵坡坡段上,泄水口的布置间距主要按过水断面或沟内的水面宽度限制在允许范围内的要求,或者流速不超过最大允许流速的要求确定。设计时,先从坡段的上方开始,确定第一个泄水口的位置。随后的泄水口,主要排泄泄水口之间的表面径流量加上由上一个泄水口溢流来的流量,而总泄水量仍受水面宽度范围或最大允许流速的限制。因而,可按每一个泄水口的泄水能力来确定其间距。坡段上最后一个泄水口的溢流量则流向竖曲线底部的泄水口排泄。因而,底部泄水口的泄水量便为从前后泄水口溢流来的流量以及前后泄水口之间的表面径流量。

**示例 13** 在坡度为1%的连续坡段上确定拦水带开口式泄水口的布置间距。设计流量与示例1中的条件相同。拦水带内侧过水断面的水面宽度不得超过路肩宽,即  $B_s \leq 2.5\text{m}$ 。

#### 1) 上方第一个泄水口位置

由示例1,设计流量同泄水口间距的关系为  $Q = 0.000624 I$ 。

设  $B_s = 2.5\text{m}$ , 拦水带内缘处的水深为  $h = B_s i_b = 2.5 \times 0.03 = 0.075\text{m}$ 。

由公式(8.1.4),可计算拦水带过水断面的泄水量

$$Q_c = 0.377 \times \frac{1}{0.03 \times 0.013} \times 0.075^{8/3} \times 0.01^{0.5}$$

$$= 0.097 \text{ m}^3/\text{s}$$

按  $Q_c = Q$ , 便可得到第一个泄水口距坡段起点的位置为  $l = 0.097/0.000624 = 155.4\text{m}$ 。取整数为  $160\text{m}$ 。

## 2) 下方泄水口的间距

采用开口式泄水口(开口的尺寸与示例 9 相同)时,其间距按开口的泄水能力计算。

由附录 C(图 C a)可查取得到,水面宽  $B_s = 2.5\text{m}$ ,纵坡  $i_z = 1\%$ 和横坡  $i_b = 3\%$ 时,开口的截流率为  $Q_o/Q_c = 0.375$ 。由此,泄水量为  $Q_o = 0.375Q_c = 0.375 \times 0.097 = 0.0364\text{m}^3/\text{s}$ 。

由  $Q_o = Q$ , 便可得到泄水口的间距为  $l = 0.0364/0.00073 = 49.86\text{m}$ 。取整数为  $50\text{m}$ 。

第一个泄水口的位置离坡段起点  $160\text{m}$ ,距离过长。为采用统一的泄水口间距,将第一个泄水口也设在距坡段起点  $50\text{m}$ 处。由于间距缩短,路面表面径流量相应减少为

$Q = 0.000624l = 0.000624 \times 50 = 0.0312 \text{ m}^3/\text{s}$ 。拦水带过水断面的水深降为

$$0.0312 = 0.377 \times \frac{1}{0.03 \times 0.013} h^{8/3} \times 0.01^{0.5}$$

$h = 0.049\text{m}$ 。过水断面的水面宽度减少为  $B_s = h/i_b = 0.049/0.03 = 1.63\text{m}$ 。

坡段上最后一个泄水口向竖曲线底部泄水口溢流的流量为  $(1 - 0.375) \times 0.097 = 0.061\text{m}^3/\text{s}$ 。如果两个泄水口之间的距离为  $31\text{m}$ ,则此段间距内的表面径流量为  $0.000624 \times 31 = 0.019\text{m}^3/\text{s}$ 。从一侧坡段上流向底部泄水口的径流量便为  $0.061 + 0.019 = 0.08\text{m}^3/\text{s}$ 。可以采用相同方法计算另一侧坡段上流向底部泄水口的径流量,迭加后,便可得到底部泄水口的设计流量。

**8.2.7** 图 8.2.7 所示的泄水口水力计算框图,系主要针对拦水带或缘石过水断面的泄水口而设计的。对于其它情况的泄水口,可酌

情作些变动后使用。例如,中央分隔带内的格栅式泄水口,第一个泄水口位置和随后各泄水口间距的计算确定,还须增加最大允许流速的考虑。

### 8.3 渗沟流量计算

8.3.1~8.3.3 地下水渗入渗沟内的流量计算,主要采用渗流定律。本节依据公路上拦截或降低地下水位可能出现的三种情况,列出了三种渗流量计算公式。三种情况的差别在于不透水层的坡度和渗沟(相对于不透水层)的深度。第一种公式适用于渗沟深达不透水层而后者坡度又平缓的情况。第二种公式适用于渗沟深度远较不透水层深度浅的情况。渗流量计算的主要参数为渗透系数和地下水位受渗沟影响而降落的水平距离或平均坡度。地下水位降落的水平距离或平均坡度与含水层岩土的可透性,也即渗透系数有关。式(8.3.1-4)为平均坡降与渗透系数的近似经验关系式,在缺乏试验观测资料时,可利用它来估计平均坡降。这样,主要计算参数便成为一项渗透系数。第三种公式适用于不透水层有较大横向坡度的情况。这时,假设地下水位的平均坡降与不透水层的横向坡度相同,主要计算参数也是渗透系数。因此,渗沟的设计渗流量计算,主要依赖于含水层岩土的可透系数的正确或合理确定。关于渗透系数的讨论,请参阅本规范条文说明 6.2.3 条。

公路工程常用标准、规范、规程一览表

序号	名称	定价	序号	名称	定价
1	(JTJ 001-97) 公路工程技术标准	15	33	(JTJ 051-93) 公路土工试验规程	25
2	(JTJ 002-87) 公路工程名词术语	22	34	(JTJ 052-2000) 公路工程沥青及沥青混合料试验规程	40
3	(JTJ 003-86) 公路自然区划标准	16	35	(JTJ 053-94) 公路工程水泥混凝土试验规程	12
4	(JTJ 004-89) 公路工程抗震设计规范	15	36	(JTJ 054-94) 公路工程石料试验规程	12
5	(JTJ 005-96) 公路建设项目环境影响评价规范(试行)	12	37	公路工程常用金属试验规程选编(含原JTJ 055-83)	25
6	(JTJ/T 006-98) 公路环境保护设计规范	8	38	(JTJ 056-84) 公路工程水质分析操作规程	8
7	(JTJ 011-94) 公路路线设计规范	15	39	(JTJ 057-94) 公路工程无机结合料稳定材料试验规程	6.6
8	(JTG D40-2003) 公路水泥混凝土路面设计规范(6.1实施)	26	40	(JTJ 058-2000) 公路工程集料试验规程	16
9	(JTJ 013-95) 公路路基设计规范	12.8	41	(JTJ 059-95) 公路路基路面现场测试规程	13.5
10	(JTJ 014-97) 公路沥青路面设计规范	18	42	(JTJ/T 060-98) 公路土工合成材料试验规程	13
11	(JTJ 015-91) 公路加筋土工程设计规范	12	43	(JTJ 061-99) 公路勘测规范	15
12	(JTJ 016-93) 公路粉煤灰路堤设计与施工技术规范	4	44	(JTG C30-2002) 公路工程水文勘测设计规范	22
13	(JTJ 017-96) 公路软土地基路堤设计与施工技术规范	16	45	(JTJ 063-85) 公路隧道勘测规程	12
14	(JTJ 018-97) 公路排水设计规范	12	46	(JTJ 064-98) 公路工程地质勘察规范	28
15	(JTJ/T 019-98) 公路土工合成材料应用技术规范	12	47	(JTJ 065-97) 公路摄影测量规范	15
16	(JTJ 021-89) 公路桥涵设计通用规范	7	48	(JTJ/T 066-98) 公路全球定位系统(GPS)测量规范	17
17	(JTJ 022-85) 公路桥石及混凝土桥涵设计规范	11	49	(JTJ 071-98) 公路工程质量检验评定标准	7
18	(JTJ 023-85) 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范	26	50	(JTJ 073-96) 公路养护技术规范	26
19	(JTJ 024-85) 公路桥涵地基与基础设计规范	19	51	(JTJ 073.1-2001) 公路水泥混凝土路面养护技术规范	12
20	(JTJ 025-86) 公路桥涵钢结构及木结构设计规范	16	52	(JTJ 073.2-2001) 公路沥青路面养护技术规范	13
21	(JTJ 026-90) 公路隧道设计规范	12	53	(JTJ 074-94) 高速公路交通安全设施设计及施工技术规范	22
22	(JTJ 026.1-1999) 公路隧道通风照明设计规范	16	54	(JTJ 075-94) 公路养护质量检查评定标准	2.6
23	(JTJ 027-96) 公路斜拉桥技术规范(试行)	9.8	55	(JTJ 076-95) 公路工程施工安全技术规范	12
24	(JTG F30-2003) 公路水泥混凝土路面施工技术规范(7.1实施)		56	(JTJ 077-95) 公路工程施工监理规范	26
25	(JTJ 032-94) 公路沥青路面施工技术规范	12	57	(JTJ/T 0901-98) 1:1 000 000 数字交通图分类与图式规范	78
26	(JTJ 033-95) 公路路基施工技术规范	15.5	58	GB/T 50283-1999 公路工程施工结构可靠度统一标准	20
27	(JTJ 034-2000) 公路路面基层施工技术规范	16	59	GBJ 22-87 厂矿道路设计规范	
28	(JTJ 035-91) 公路加筋土工程施工技术规范	8	60	GB 30092-96 沥青路面施工及验收规范	15
29	(JTJ 036-98) 公路改性沥青路面施工技术规范	12	61	GBJ 97-87 水泥石泥混凝土路面施工及验收规范	12
30	(JTJ 037.1-2000) 公路水泥混凝土路面滑模施工技术规范	16	62	GBJ 124-88 道路工程施工术语标准	22
31	(JTJ 041-2000) 公路桥涵施工技术规范	52	63	GB 5768-1999 道路交通标志和标线	130
32	(JTJ 042-94) 公路隧道施工技术规范	20	64	GB 50162-92 道路工程制图标准	7