JTG

中华人民共和国行业推荐性标准　　JTG/T D65-04—2007

# 公路涵洞设计细则

Guidelines for Design of Highway Culvert

2007-05-16 发布　　2007-07-01 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国行业推荐性标准

# 公路涵洞设计细则

## Guidelines for Design of Highway Culvert

**JTG/T D65-04—2007**

主编单位：河北省交通规划设计院
批准部门：中华人民共和国交通部
实施日期：2007 年 07 月 01 日

人民交通出版社

2007 · 北京

# 中华人民共和国交通部公告

2007 年第 16 号

## 关于公布《公路涵洞设计细则》（JTG/T D65-04—2007）的公告

现公布《公路涵洞设计细则》（JTG/T D65-04—2007），作为公路工程行业推荐性标准，自 2007 年 7 月 1 日起施行。

该细则的管理权和解释权归交通部，日常解释和管理工作由编制单位河北省交通规划设计院负责。请各有关单位在实践中注意总结经验，若有修改意见请函告河北省交通规划设计院，以便修订时研用。

特此公告。

**中华人民共和国交通部**

二〇〇七年五月十六日

**主题词**：公路　细则　公告

交通部办公厅　　2007 年 5 月 18 日印发

# 前　言

根据交通部《关于下达2004年度公路工程标准制修订项目计划的通知》(厅公路字[2004]165号)要求,由河北省交通规划设计院承担《公路涵洞设计细则》(以下简称《细则》)的编制工作。

《细则》以《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)、《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30)及《公路涵设计通用规范》(JTG D60)等相关规范为基础,对公路涵洞设计要求进行细化和补充,按《工程建设标准编写规定》进行编制。

在编制过程中,主编单位对有代表性的省(区)进行了大量的调研工作,总结了实际工程设计和施工的经验,借鉴了国内外标准、规范、手册等相关内容与规定。经过编制大纲、征求意见稿、送审稿、总校稿和报批稿等阶段,广泛地征求了有关单位和个人的意见,对《细则》的主要内容进行了反复讨论、修改和补充,最后通过审查定稿。

《细则》共有9章及两个附录,编制的主要内容有:

1. 各类涵洞的适用条件,涵洞布设的基本要求,以及涵洞与路基在设计、施工中的相关要求;

2. 各勘测阶段的工作内容、精度,以及涵洞平纵面布设要求;

3. 涵洞水文、水力计算的方法及适用条件;

4. 各类涵洞的组成部分和构造要求;

5. 涵洞上、下部结构计算的方法。

为更好地适应公路建设发展,请各单位在使用过程中,注意总结经验,将发现的问题和建议,函告河北省交通规划设计院(地址:河北省石家庄市建设南大街70号,邮编:050011),以便修订时研用。

主 编 单 位:河北省交通规划设计院

主要起草人:焦永顺　刘秀奇　雷　伟　华鹏年　鲍卫刚　刘新生

# 目　次

1　总则 …… 1
2　术语、符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 4
3　材料 …… 7
3.1　材料强度 …… 7
3.2　材料基本要求 …… 11
4　一般规定 …… 13
4.1　涵洞分类 …… 13
4.2　各类涵洞的适用条件 …… 13
4.3　涵洞布设基本要求 …… 14
4.4　涵洞与路基在设计、施工中的相关要求 …… 16
5　涵洞勘测 …… 18
5.1　初测阶段涵洞勘测的工作内容和要求 …… 18
5.2　定测阶段涵洞勘测的工作内容和要求 …… 19
5.3　涵洞勘测的精度要求 …… 20
5.4　涵洞的平面布设 …… 20
5.5　涵洞的立面布设 …… 22
6　涵洞水文计算 …… 24
6.1　暴雨推理法 …… 24
6.2　径流形成法 …… 25
6.3　形态调查法 …… 25
6.4　直接类比法 …… 27
6.5　流量计算方法的比较和核对 …… 29
7　涵洞水力计算 …… 30
7.1　一般规定 …… 30
7.2　涵洞孔径验算 …… 31
7.3　过水消能建筑物的水力计算 …… 34
8　涵洞构造 …… 39
8.1　洞身构造 …… 39

标准分享网 www.bzfxw.com

8.2 洞口构造 …… 41
8.3 进出水口沟床加固及防护 …… 44
**9 结构设计** …… 45
9.1 一般规定 …… 45
9.2 作用 …… 45
9.3 洞身上部的计算 …… 48
9.4 涵台的计算 …… 52
9.5 洞口构造的计算 …… 53
**附录A 石材试件强度的换算系数及石砌体分类** …… 54
**附录B 水文计算图表** …… 55
**本细则用词说明** …… 83

# 1　总则

**1.0.1**　为满足公路建设需要，规范、指导公路涵洞的勘测设计，依据《公路工程技术标准》（JTG B01—2003）和《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）等相关标准规范的规定，制定本细则。

**1.0.2**　本细则适用于新建和改建各级公路涵洞的勘测设计。

**1.0.3**　涵洞布设除必须满足排水、输砂要求外，还应与公路排水系统、水利规划及农田排灌相配合。

**1.0.4**　公路涵洞设计应符合安全、适用、经济、美观和有利环保的要求，并做到因地制宜、就地取材、便于施工和养护等。

**1.0.5**　公路涵洞的勘测设计除应符合本细则规定外，尚应符合现行国家有关标准、规范的规定。

标准分享网 www.bzfxw.com

# 2 术语、符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 涵洞 culvert

为保证地面水流能够横穿公路而设置的小型构造物,一般由基础、洞身、洞口组成。

**2.1.2** 管涵 pipe culvert

洞身为管形的涵洞。

**2.1.3** 拱涵 arch culvert

洞身截面顶部呈拱形的涵洞。

**2.1.4** 箱涵 box culvert

洞身为钢筋混凝土箱形截面的涵洞。

**2.1.5** 盖板涵 slab culvert

洞身以钢筋混凝土板、石板等作为顶盖的涵洞。

**2.1.6** 压力式涵洞 outlet submerged culvert

进、出洞口都被水流淹没,洞身涵长范围内全断面过水且洞内顶部承受水头压力的涵洞。

**2.1.7** 半压力式涵洞 inlet submerged culvert

进口被水流淹没,洞身内只有部分段落承受水头压力的涵洞。

**2.1.8** 无压力式涵洞 inlet unsubmerged culvert

洞身全长的水流处于无压流动状态下的涵洞。

**2.1.9** 倒虹吸涵 inverted siphon

路基两侧水流都高于涵洞进、出水口,且靠水流压力通过形似倒虹吸的涵洞。

**2.1.10** 汇水面积(集水面积) catchment area
流域分水线与涵位断面之间所包围的平面面积。

**2.1.11** 径流 runoff
陆地上的降水汇流到河流、湖库、沼泽、海洋、含水层或沙漠的水流。

**2.1.12** 壅水 back water
水流受到压缩或潮水水位、干流水位顶托而导致上游水位抬高的现象。

**2.1.13** 临界流速 critical velocity
明渠水流中发生临界水深的断面平均流速。

**2.1.14** 允许(不冲刷)流速 the permit velocity for no scour
涵洞和排水计算时,保证不出现冲刷所采用的流速。

**2.1.15** 过水断面 wetted cross-section
河流、渠道或管道内能排泄水流的横断面。

**2.1.16** 湿周 wetted perimeter
过水断面的水流与河床(管道)接触部分的润湿边界长度。

**2.1.17** 水力半径 hydraulic radius
过水断面面积与其湿周的比值。

**2.1.18** 淤积 sediment
水流携带的泥沙由于流速减缓而沉积的现象。

**2.1.19** 糙率 coefficient of roughness
综合反映河床粗糙程度对水流起摩阻影响的系数。

**2.1.20** 材料强度标准值 characteristic value of material strength
设计结构或构件时采用的材料强度的基本代表值。该值可根据符合规定标准的材料,取其强度概率分布的0.05分位值确定。

**2.1.21** 材料强度设计值 design value of material strength
材料强度标准值除以材料强度分项系数后的值。

**2.1.22** 作用 actions

施加在结构上的集中力或分布力,如汽车、结构的自重及土压力等,称为直接作用,也称为荷载;引起结构外加变形或约束变形的原因,如地震、基础不均匀沉降、温度变化等,称为间接作用。两者统称为作用。

**2.1.23** 作用标准值 characteristic value of an action

作用的主要代表值。其值可根据设计基准期内最大概率分布的某一分位值确定。

**2.1.24** 作用设计值 design value of an action

作用标准值乘以作用分项系数后的值。

**2.1.25** 作用效应 effects of an action

结构对所受作用的反映,如由作用产生的结构或构件的轴向力、弯矩、剪力、应力、裂缝、变形等。

**2.1.26** 作用效应组合 combination for action effects

结构上几种作用分别产生的效应的随机叠加。

**2.1.27** 安全等级 safety class

根据结构破坏所产生后果的严重程度而划分的设计安全等级。

**2.1.28** 结构重要性系数 coefficient for importance of a structure

对不同安全等级的结构,为使其具有规定的可靠度而对作用效应附加的系数。

**2.1.29** 分项系数 partial safety factor

为保证所设计的结构或构件具有规定的可靠度,在结构极限状态设计表达式中采用的系数。它分为作用分项系数和材料分项系数等。

## 2.2 符号

**2.2.1** 水文、水力

$A$——过水面积;

$B$——设计水位时的水面宽度;

$\bar{d}$——河床质平均粒径;

$E$——与含沙量有关的系数;

$F$——汇水面积;

$g$——重力加速度;

$H$——水位；
$H_s$——设计水位；
$h$——水深；
$h_b$——局部冲刷深度；
$h_k$——临界水深；
$h_p$——一般冲刷后的最大水深；
$I$——比降；
$n$——糙率；
$P$——频率；
$Q$——流量；
$Q_P$——频率为 $P\%$ 的设计流量；
$R$——水力半径；
$S_P$——频率为 $P\%$ 的雨力，即 $t=1\text{h}$ 的暴雨强度(mm/h)；
$v$——流速；
$v_k$——临界流速；
$v_s$——设计流速。

### 2.2.2 材料性能

C——混凝土强度等级；
$E_c$——混凝土受压弹性模量；
$E_m$——砌体受压弹性模量；
$E_s$——普通钢筋的弹性模量；
$f_{ck}$、$f_{cd}$——石材、混凝土、砌体轴心抗压强度标准值、设计值；
$f_{sk}$、$f_{sd}$——普通钢筋抗拉强度标准值、设计值；
$f'_{sd}$——普通钢筋抗压强度设计值；
$f_{tk}$、$f_{td}$——混凝土、砌体轴心抗拉强度标准值、设计值；
$f_{tmk}$、$f_{tmd}$——石材、混凝土、砌体弯曲抗拉强度标准值、设计值；
$f_{vk}$、$f_{vd}$——混凝土、砌体直接抗剪强度标准值、设计值；
$G_c$——混凝土剪变模量；
$G_m$——砌体剪变模量；
M——砂浆强度等级；
MU——石材强度等级。

### 2.2.3 作用效应

$M_d$——计入作用分项系数后的弯矩设计值；
$N_d$——计入作用分项系数后的轴向力设计值；
$V_d$——计入作用分项系数后的剪力设计值。

### 2.2.4 几何参数

$A$——截面面积；

$A_b$——局部承压计算底面积；

$A_l$——局部承压面积；

$b$——矩形截面宽度；

$e$——轴向力的偏心距；

$h$——矩形截面高度；

$i$——弯曲平面内截面的回转半径；

$L$——构件支点间长度或跨径；

$L_a$——拱轴线长度；

$L_n$——净跨径；

$L_0$——构件计算长度；

$r$——圆形截面半径；

$S$——截面面积矩；

$s$——截面重心至偏心方向截面边缘的距离；

$W$——截面弹性抵抗矩。

# 3　材料

## 3.1　材料强度

**3.1.1**　涵洞所用石材、混凝土和砂浆的强度等级，应按下列规定采用：

1　石材强度等级：MU120、MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30。

2　混凝土强度等级：C40、C35、C30、C25、C20、C15。

3　砂浆强度等级：M20、M15、M10、M7.5、M5。

注：①石材强度等级采用边长 70mm 的含水饱和立方体试件的抗压强度（MPa）表示，抗压强度取 3 块试件平均值。

②混凝土强度等级的定义见《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62）。

③砂浆的强度等级采用边长 70.7mm 的标准立方体试件 28d 抗压强度（MPa）表示，抗压强度取 3 块试件平均值。

④不同尺寸的石材试件强度换算系数及石砌体的分类可按附录 A 的规定采用。

**3.1.2**　石材强度设计值应按表 3.1.2 的规定采用。

**表 3.1.2　石材强度设计值（MPa）**

| 强度等级 / 强度类别 | MU120 | MU100 | MU80 | MU60 | MU50 | MU40 | MU30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 轴心抗压 $f_{cd}$ | 31.78 | 26.49 | 21.19 | 15.89 | 13.24 | 10.59 | 7.95 |
| 弯曲抗拉 $f_{tmd}$ | 2.18 | 1.82 | 1.45 | 1.09 | 0.91 | 0.73 | 0.55 |

**3.1.3**　混凝土强度设计值应按表 3.1.3 规定采用。

**表 3.1.3　混凝土强度设计值（MPa）**

| 强度等级 / 强度类别 | C40 | C35 | C30 | C25 | C20 | C15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 轴心抗压 $f_{cd}$ | 15.64 | 13.69 | 11.73 | 9.78 | 7.82 | 5.87 |
| 弯曲抗拉 $f_{tmd}$ | 1.24 | 1.14 | 1.04 | 0.92 | 0.80 | 0.66 |
| 直接抗剪 $f_{vd}$ | 2.48 | 2.28 | 2.09 | 1.85 | 1.59 | 1.32 |

**3.1.4**　砂浆砌体抗压强度设计值规定如下：

1　混凝土预制块砂浆砌体抗压强度设计值 $f_{cd}$ 应按表 3.1.4-1 的规定采用。

**表 3.1.4-1　混凝土预制块砂浆砌体抗压强度设计值 $f_{cd}$(MPa)**

| 砌块强度等级 | 砂浆强度等级 | | | | | 砂浆强度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | M20 | M15 | M10 | M7.5 | M5 | 0 |
| C40 | 8.25 | 7.04 | 5.84 | 5.24 | 4.64 | 2.06 |
| C35 | 7.71 | 6.59 | 5.47 | 4.90 | 4.34 | 1.93 |
| C30 | 7.14 | 6.10 | 5.06 | 4.54 | 4.02 | 1.79 |
| C25 | 6.52 | 5.57 | 4.62 | 4.14 | 3.67 | 1.63 |
| C20 | 5.83 | 4.98 | 4.13 | 3.70 | 3.28 | 1.46 |
| C15 | 5.05 | 4.31 | 3.58 | 3.21 | 2.84 | 1.26 |

2　块石砂浆砌体抗压强度设计值 $f_{cd}$ 应按表 3.1.4-2 的规定采用。

**表 3.1.4-2　块石砂浆砌体的抗压强度设计值 $f_{cd}$(MPa)**

| 砌块强度等级 | 砂浆强度等级 | | | | | 砂浆强度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | M20 | M15 | M10 | M7.5 | M5 | 0 |
| MU120 | 8.42 | 7.19 | 5.96 | 5.35 | 4.73 | 2.10 |
| MU100 | 7.68 | 6.56 | 5.44 | 4.88 | 4.32 | 1.92 |
| MU80 | 6.87 | 5.87 | 4.87 | 4.37 | 3.86 | 1.72 |
| MU60 | 5.95 | 5.08 | 4.22 | 3.78 | 3.35 | 1.49 |
| MU50 | 5.43 | 4.64 | 3.85 | 3.45 | 3.05 | 1.36 |
| MU40 | 4.86 | 4.15 | 3.44 | 3.09 | 2.73 | 1.21 |
| MU30 | 4.21 | 3.59 | 2.98 | 2.67 | 2.37 | 1.05 |

注:对各类石砌体,应按表中数值分别乘以下列系数:细料石砌体 1.5;半细料石砌体 1.3;粗料石砌体 1.2;干砌块石砌体可采用砂浆强度为零时的抗压强度设计值。

3　片石砂浆砌体抗压强度设计值 $f_{cd}$ 应按表 3.1.4-3 的规定采用。

**表 3.1.4-3　片石砂浆砌体的抗压强度设计值 $f_{cd}$(MPa)**

| 砌块强度等级 | 砂浆强度等级 | | | | | 砂浆强度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | M20 | M15 | M10 | M7.5 | M5 | 0 |
| MU120 | 1.97 | 1.68 | 1.39 | 1.25 | 1.11 | 0.33 |
| MU100 | 1.80 | 1.54 | 1.27 | 1.14 | 1.01 | 0.30 |
| MU80 | 1.61 | 1.37 | 1.14 | 1.02 | 0.90 | 0.27 |
| MU60 | 1.39 | 1.19 | 0.99 | 0.88 | 0.78 | 0.23 |
| MU50 | 1.27 | 1.09 | 0.90 | 0.81 | 0.71 | 0.21 |
| MU40 | 1.14 | 0.97 | 0.81 | 0.72 | 0.64 | 0.19 |
| MU30 | 0.98 | 0.84 | 0.70 | 0.63 | 0.55 | 0.16 |

注:干砌片石砌体可采用砂浆强度为零时的抗压强度设计值。

4　各类砂浆砌体的轴心抗拉强度设计值 $f_{td}$、弯曲抗拉强度设计值 $f_{tmd}$ 和直接抗剪强度设计值 $f_{vd}$ 应按表 3.1.4-4 的规定采用。

**表 3.1.4-4　砂浆砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和直接抗剪强度设计值(MPa)**

| 强度类别 | 破坏特征 | 砌体种类 | 砂浆强度等级 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | M20 | M15 | M10 | M7.5 | M5 |
| 轴心抗拉 $f_{td}$ | 齿缝 | 规则砌块砌体 | 0.104 | 0.090 | 0.073 | 0.063 | 0.052 |
| | | 片石砌体 | 0.096 | 0.083 | 0.068 | 0.059 | 0.048 |
| 弯曲抗拉 $f_{tmd}$ | 齿缝 | 规则砌块砌体 | 0.122 | 0.105 | 0.086 | 0.074 | 0.061 |
| | | 片石砌体 | 0.145 | 0.125 | 0.102 | 0.089 | 0.072 |
| | 通缝 | 规则砌块砌体 | 0.084 | 0.073 | 0.059 | 0.051 | 0.042 |
| 直接抗剪 $f_{vd}$ | — | 规则砌块砌体 | 0.104 | 0.090 | 0.073 | 0.063 | 0.052 |
| | | 片石砌体 | 0.241 | 0.208 | 0.170 | 0.147 | 0.120 |

注:1. 砌体龄期为 28d。

2. 规则砌块砌体包括:块石砌体、粗料石砌体、半细料石砌体、细料石砌体、混凝土预制块砌体。

3. 规则砌块砌体在齿缝方向受剪时,系通过砌块和灰缝剪破。

**3.1.5**　小石子混凝土砌块石、片石砌体强度设计值,应分别按表 3.1.5-1 ~ 表 3.1.5-3 的规定采用。

**表 3.1.5-1　小石子混凝土砌块石砌体轴心抗压强度设计值 $f_{cd}$(MPa)**

| 石材强度等级 | 小石子混凝土强度等级 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C40 | C35 | C30 | C25 | C20 | C15 |
| MU120 | 13.86 | 12.69 | 11.49 | 10.25 | 8.95 | 7.59 |
| MU100 | 12.65 | 11.59 | 10.49 | 9.35 | 8.17 | 6.93 |
| MU80 | 11.32 | 10.36 | 9.38 | 8.37 | 7.31 | 6.19 |
| MU60 | 9.80 | 9.98 | 8.12 | 7.24 | 6.33 | 5.36 |
| MU50 | 8.95 | 8.19 | 7.42 | 6.61 | 5.78 | 4.90 |
| MU40 | — | — | 6.63 | 5.92 | 5.17 | 4.38 |
| MU30 | — | — | — | — | 4.48 | 3.79 |

注:砌块为粗料石时,轴心抗压强度为表值乘 1.2;砌块为细料石、半细料石时,轴心抗压强度为表值乘 1.4。

**表 3.1.5-2　小石子混凝土砌片石砌体轴心抗压强度设计值 $f_{cd}$(MPa)**

| 石材强度等级 | 小石子混凝土强度等级 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | C30 | C25 | C20 | C15 |
| MU120 | 6.94 | 6.51 | 5.99 | 5.36 |
| MU100 | 5.30 | 5.00 | 4.63 | 4.17 |
| MU80 | 3.94 | 3.74 | 3.49 | 3.17 |
| MU60 | 3.23 | 3.09 | 2.91 | 2.67 |
| MU50 | 2.88 | 2.77 | 2.62 | 2.43 |
| MU40 | 2.50 | 2.42 | 2.31 | 2.16 |
| MU30 | — | — | 1.95 | 1.85 |

**表 3.1.5-3　小石子混凝土砌块石、片石砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和直接抗剪强度设计值(MPa)**

| 强度类别 | 破坏特征 | 砌体种类 | 混凝土强度等级 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | C40 | C35 | C30 | C25 | C20 | C15 |
| 轴心抗拉 $f_{td}$ | 齿缝 | 块石砌体 | 0.285 | 0.267 | 0.247 | 0.226 | 0.202 | 0.175 |
| | | 片石砌体 | 0.425 | 0.398 | 0.368 | 0.336 | 0.301 | 0.260 |
| 弯曲抗拉 $f_{tmd}$ | 齿缝 | 块石砌体 | 0.335 | 0.313 | 0.290 | 0.265 | 0.237 | 0.205 |
| | | 片石砌体 | 0.493 | 0.461 | 0.427 | 0.387 | 0.349 | 0.300 |
| | 通缝 | 块石砌体 | 0.232 | 0.217 | 0.201 | 0.183 | 0.164 | 0.142 |
| 直接抗剪 $f_{vd}$ | — | 块石砌体 | 0.285 | 0.267 | 0.247 | 0.226 | 0.202 | 0.175 |
| | | 片石砌体 | 0.425 | 0.398 | 0.368 | 0.336 | 0.301 | 0.260 |

注:其他规则砌块砌体强度值为表内块石砌体值乘以下列系数:粗料石砌体 0.7;细料石、半细料石砌体 0.35。

**3.1.6**　混凝土及各类砌体的受压弹性模量应分别按表 3.1.6-1、表 3.1.6-2 的规定采用。混凝土和砌体的剪变模量 $G_c$ 和 $G_m$ 分别取其受压弹性模量的 0.4 倍。

**表 3.1.6-1　混凝土的受压弹性模量 $E_c$(MPa)**

| 混凝土强度等级 | C40 | C35 | C30 | C25 | C20 | C15 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 弹性模量 | $3.25\times10^4$ | $3.15\times10^4$ | $3.00\times10^4$ | $2.80\times10^4$ | $2.55\times10^4$ | $2.20\times10^4$ |

**表 3.1.6-2　各类砌体受压弹性模量 $E_m$(MPa)**

| 砌体种类 | 砂浆强度等级 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | M20 | M15 | M10 | M7.5 | M5 |
| 混凝土预制块砌体 | $1\,700f_{cd}$ | $1\,700f_{cd}$ | $1\,700f_{cd}$ | $1\,600f_{cd}$ | $1\,500f_{cd}$ |
| 粗料石、块石及片石砌体 | 7 300 | 7 300 | 7 300 | 5 650 | 4 000 |
| 细料石、半细料石砌体 | 22 000 | 22 000 | 22 000 | 17 000 | 12 000 |
| 小石子混凝土砌体 | $2\,100f_{cd}$ | | | | |

**3.1.7**　普通钢筋宜选用热轧 R235、HRB335、HRB400 及 KL400 钢筋。普通钢筋的抗拉强度标准值 $f_{sk}$、抗拉强度设计值 $f_{sd}$ 和抗压强度设计值 $f'_{sd}$ 应分别按表 3.1.7 的规定采用。

**表 3.1.7　普通钢筋抗拉强度标准值及抗拉、抗压强度设计值(MPa)**

| 钢筋种类 | 符　号 | $f_{sk}$ | $f_{sd}$ | $f'_{sd}$ |
|---|---|---|---|---|
| R235 $d=8\sim20$ | $\phi$ | 235 | 195 | 195 |
| HRB335 $d=6\sim50$ | $\Phi$ | 335 | 280 | 280 |
| HRB400 $d=6\sim50$ | $\Phi$ | 400 | 330 | 330 |
| KL400 $d=8\sim40$ | $\Phi^R$ | 400 | 330 | 330 |

注:1. 表中 $d$ 系指国家标准中的钢筋公称直径(mm)。

2. 钢筋混凝土轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 330MPa 时,仍应按 330MPa 取用。

3. 构件中配有不同种类的钢筋时,每种钢筋应采用各自的强度设计值。

**3.1.8**　普通钢筋的弹性模量 $E_s$ 应按表 3.1.8 的规定采用。

**表 3.1.8　钢筋的弹性模量 $E_s$（MPa）**

| 钢筋种类 | 弹性模量 | 钢筋种类 | 弹性模量 |
|---|---|---|---|
| R235 | $2.1\times10^5$ | HRB335、HRB400、KL400 | $2.0\times10^5$ |

## 3.2　材料基本要求

**3.2.1**　公路涵洞所使用的材料的最低强度等级应符合表 3.2.1 的规定。钢筋混凝土涵洞的混凝土强度等级不应低于 C20。

**表 3.2.1　涵洞材料的最低强度等级**

| 结构物种类 | 材料最低强度等级 | 砌筑砂浆最低强度等级 |
|---|---|---|
| 拱圈 | MU50 石材<br>C25 混凝土（现浇）<br>C30 混凝土（预制块） | M7.5 |
| 墩台、基础 | MU30 石材<br>C20 混凝土（现浇）<br>C25 混凝土（预制块） | M5 |

**3.2.2**　片石混凝土为混凝土中掺入不多于其体积 20% 的片石，片石强度等级不应低于混凝土强度等级和本细则第 3.2.1 条规定的石材最低强度等级。片石混凝土各项强度、弹性模量和剪变模量可按同强度等级的混凝土采用。

**3.2.3**　累年最冷月平均温度等于或低于 -10℃ 的地区，当无实践经验证明材料确有足够抗冻性能的，应做抗冻试验。所用的石材抗冻性指标，应符合下列规定：

1　石材在含水饱和状态下经过 -15℃ 冻结与 20℃ 融化的循环 25 次。

2　试验后的材料应无明显损伤（裂缝、脱层），其强度不应低于试验前的 0.75 倍。

**3.2.4**　石材应具有耐风化和抗侵蚀性。用于浸水或气候潮湿地区的受力结构的石材，其在含水饱和状态下与干燥状态下试块极限抗压强度的比值不应低于 0.8。

**3.2.5**　结构混凝土耐久性的基本要求应符合表 3.2.5 的规定。

**表 3.2.5　结构混凝土耐久性的基本要求**

| 环境类别 | 环境条件 | 最大水灰比 | 最小水泥用量($kg/m^3$) | 最低混凝土强度等级 | 最大氯离子含量(%) | 最大碱含量($kg/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 温暖或寒冷地区的大气环境;与无侵蚀性的水或土接触的环境 | 0.55 | 275 | C25 | 0.30 | 3.0 |
| II | 严寒地区的大气环境、使用除冰盐环境;滨海环境 | 0.50 | 300 | C30 | 0.15 | 3.0 |
| III | 海水环境 | 0.45 | 300 | C35 | 0.10 | 3.0 |
| IV | 受侵蚀性物质影响的环境 | 0.40 | 325 | C35 | 0.10 | 3.0 |

注:1. 表中氯离子含量系指其与水泥用量的百分率。

2. 当有实际工程经验时,处于I类环境中结构混凝土的最低强度等级可比表中降低一个等级。

**3.2.6**　普通钢筋的最小混凝土保护层厚度应符合表3.2.6的规定。

**表 3.2.6　普通钢筋最小混凝土保护层厚度(mm)**

| 环境类别 | 最小保护层厚度 | |
|---|---|---|
| | 受力钢筋 | 收缩、温度、分布、防裂等表层钢筋 |
| I | 30 | 15 |
| II | 40 | 20 |
| III | 45 | 25 |
| IV | 45 | 25 |

注:1. 预制钢筋混凝土圆管涵最小混凝土保护层厚度可按环境类别分别采用20mm、30mm、40mm、40mm。

2. 对于环氧树脂涂层钢筋,可按环境类别I取用。

# 4 一般规定

## 4.1 涵洞分类

**4.1.1** 按建筑材料，涵洞分为石涵、混凝土涵、钢筋混凝土涵、钢波纹管涵等。

**4.1.2** 按构造形式，涵洞分为管涵、盖板涵、拱涵、箱涵等。常见的涵洞适用跨径应符合表4.1.2的规定。

**表4.1.2 各类涵洞适用跨径(m)**

| 构造形式 | 适用跨径 | 构造形式 | 适用跨径 |
|---|---|---|---|
| 钢筋混凝土管涵 | 0.75、1.00、1.25、1.50、2.00 | 石盖板函 | 0.75、1.00、1.25 |
| 钢筋混凝土盖板涵 | 1.50、2.00、2.50、3.00、4.00、5.00 | 倒虹吸管涵 | 0.75、1.00、1.25、1.50 |
| 拱涵 | 1.50、2.00、2.50、3.00、4.00、5.00 | 钢波纹管涵 | 1.50、2.00、2.50、3.00、4.00、5.00 |
| 钢筋混凝土箱涵 | 1.50、2.00、2.50、3.00、4.00、5.00 | | |

**4.1.3** 按填土高度，涵洞分为明涵、暗涵。当涵洞洞顶填土高度小于0.5m时称明涵，当涵洞洞顶填土高度大于或等于0.5m时称暗涵。

**4.1.4** 按水力性质，涵洞分为无压力式、半压力式、压力式三种。

## 4.2 各类涵洞的适用条件

**4.2.1** 钢筋混凝土管涵适用于缺少石料地区有足够填土高度的小跨径暗涵，一般采用单孔，多孔时不宜超过3孔。

**4.2.2** 钢筋混凝土盖板涵适用于无石料地区且过水面积较大的明涵或暗涵。

**4.2.3** 拱涵适用于跨越深沟或高路堤。

**4.2.4** 钢筋混凝土箱涵适用于软土地基。

**4.2.5** 石盖板涵适用于石料丰富且过水流量较小的小型涵洞。

**4.2.6** 倒虹吸管涵适用于路堑挖方高度不能满足设置渡槽的净空要求时的灌溉渠道，不适用于排洪河沟。

**4.2.7** 钢波纹管涵适用于地基承载力较低，或有较大沉降与变形的路基。

## 4.3 涵洞布设基本要求

**4.3.1** 各级公路涵洞设计洪水频率、汽车荷载及安全等级应符合表4.3.1的规定。

**表4.3.1 涵洞设计洪水频率、汽车荷载及安全等级**

| 公路等级 | 高速公路 | 一级公路 | 二级公路 | 三级公路 | 四级公路 |
|---|---|---|---|---|---|
| 设计洪水频率 | 1/100 | 1/100 | 1/50 | 1/25 | 不作规定 |
| 汽车荷载等级 | 公路—I级 | 公路—I级 | 公路—II级 | 公路—II级 | 公路—II级 |
| 安全等级 | 三级 | | | | |

注：1. 二级公路作为干线公路且重型车辆多时，其涵洞设计可采用公路—I级汽车荷载。

2. 四级公路重型车辆少时，其涵洞设计可采用公路—II级车辆荷载效应的0.7倍。

**4.3.2** 新建涵洞应采用无压力式涵洞；当涵前允许积水时，可采用压力式或半压力式涵洞；当路基顶面高程低于横穿沟渠的水面高程时，也可设置倒虹吸管涵。

**4.3.3** 涵洞的孔径，应根据设计洪水流量、河沟断面形态、地质和进出水口沟床加固形式等条件，经水力验算确定。

**4.3.4** 新建涵洞应采用标准跨径0.75m、1.0m、1.25m、1.5m、2.0m、2.5m、3.0m、4.0m、5.0m，其中0.75m的孔径只适用于无淤积地区的灌溉渠。排洪涵洞跨径不宜小于1.0m。

**4.3.5** 涵洞内径或净高不宜小于0.75m；涵洞长度大于15m但小于30m时，其内径或净高不宜小于1.0m；涵洞长度大于30m且小于60m时，其内径或净高不宜小于1.25m；涵洞长度大于60m时，其内径或净高不宜小于1.5m。

当旧路改建、拓宽时，如原涵洞状态良好，其孔径和长度可视具体情况而定。

寒冷地区的涵洞内径及净高应考虑涎流冰的影响。

**4.3.6** 冰冻地区不宜采用小孔径管涵和倒虹吸管涵。当有农田排灌需要，必须采用时，须在冻期前将管内积水排除，并将两端进出口封闭。

**4.3.7** 无压力式涵洞内顶点至最高流水面的净空，应符合表4.3.7的规定。涵前水深应小于或等于涵洞净高的1.15倍。可不计涵前积水对设计流量的影响。

表 4.3.7　无压力式涵洞净空高度 $h_d$(m)

| 涵洞类型 / 涵洞进口净高 $h_d$(m) | 管　涵 | 拱　涵 | 矩 形 涵 |
|---|---|---|---|
| ≤3 | ≥$h_d$/4 | ≥$h_d$/4 | ≥$h_d$/6 |
| >3 | ≥0.75 | ≥0.75 | ≥0.5 |

**4.3.8**　涵洞位置应符合沿线线形布设要求。当不受线形布设限制时，宜将涵洞位置选择在地形有利、地质条件良好、地基承载力较高、沟床稳定的河(沟)段上。

**4.3.9**　涵洞出入口处应设端墙或翼墙，其式样和尺寸应使涵洞具有相应的过水能力和保证涵洞处路堤的稳定。端墙或翼墙与洞身应设缝隔开，缝内填以不透水材料。

**4.3.10**　涵洞的洞身和出入口一定范围内的沟床、路基坡面、锥体填方均应铺砌加固。出入口铺砌的平面形式应根据沟形确定，对于无明显沟槽者，出口平面宜采用等腰梯形，其铺砌角可取为 20°；铺砌材料应按铺砌层上最大流速确定，铺砌末端必须设截水墙。

当沟床为岩石或不被洪水冲移的大块石、漂石所覆盖时，沟床可不做铺砌。

在纵坡陡、流速大的河沟，必要时还需设置急流槽、跌水及相应的消能措施，并应在端墙外端底部设置截水墙。在沟床铺砌的端部，亦应设置截水墙。

**4.3.11**　斜坡上的涵洞涵底纵坡不宜大于 5%，圆管涵的纵坡不宜大于 3%。当涵底纵坡大于 5% 时，涵底宜采用齿状基础，或者出口设置为扶壁式。当涵底纵坡大于 10% 时，洞身及基础应分段做成阶梯形，前后两节涵洞盖板或拱圈的搭接高度不应小于其厚度的 1/4。

**4.3.12**　置于非岩石地基上的涵洞，根据涵洞的涵底纵坡及地基土情况，每隔 4 ~ 6m 应设置一道沉降缝；高路堤路基边缘以下的洞身及基础每隔适当距离应设置沉降缝；旧涵洞接长时，亦应在新旧接头处设置沉降缝。沉降缝应采用弹性不透水材料填塞。岩石地基上的涵洞可不设沉降缝。

**4.3.13**　涵洞的基础，应按涵洞的构造、地质条件及地基处理的情况，设计为整体式或非整体式。

冰冻地区，端墙与端管节应采用整体的刚性基础。

**4.3.14**　有水压涵洞应设置基础，管节接缝应密不透水，避免水压渗透，保证路堤及基底的稳定性。

**4.3.15**　管涵及其他封闭式截面的涵洞，当涵身底部土质均匀，下沉量不大时，涵洞可

不设基础,并按表4.3.15进行处置。但涵洞出入口应设基础并考虑防渗作用,以避免管节间发生不均匀沉降和接缝漏水。

**表4.3.15 涵身底部的处置形式**

| 基底土名称 | 形 式 | 垫层厚度或夯实层厚度(m) |
|---|---|---|
| 岩石 | 混凝土抹成垫层 | — |
| | 砂垫层 | 不小于0.4 |
| 砾石土、卵石土 | 用砂填充空隙同时夯实 | 不小于0.4 |
| 砾砂、粗砂、中砂及细砂 | 表层夯实 | 不小于0.4 |

**4.3.16** 排洪涵洞和通道涵洞应分别设置。如设置排洪涵兼通道时,应详细分析历史洪水情况,采取必要的防洪安全措施,确保人、畜和车辆的通行安全。

**4.3.17** 涵洞基础应计算工后沉降,其工后沉降量不应大于200mm。当涵洞的工后沉降量不满足上述要求时,应进行地基处理。

## 4.4 涵洞与路基在设计、施工中的相关要求

**4.4.1** 涵洞洞身两侧填土应对称均衡分层夯实,其每侧长度不应小于洞身两侧填土高度的一倍,压实度不应小于96%。

**4.4.2** 高速公路、一级公路、二级公路路堤与涵洞连接处应设置过渡段,其长度宜按2~3倍路基填土高度确定。路基压实度不应小于96%,填料强度、地基处理、涵台背防排水等应进行综合设计。

**4.4.3** 当采用机械填土时,须待涵洞圬工达到容许强度后,洞身两侧应用人工或小型机具对称夯填,待填方高出涵顶不少于1.0m时,再用机械填筑。

**4.4.4** 预制混凝土拱圈和钢筋混凝土盖板的宽度应视起重及运输能力而定,但应保证构件的强度和刚度,其宽度不应小于1.0m。当需加宽时,可按0.5m的倍数增加。预制钢筋混凝土圆形管节的长度不宜小于1.0m。

**4.4.5** 施工时涵洞应设上拱度,除高填土和长、大孔径涵洞需要计算外,一般涵洞的预设上拱度,可按表4.4.5的规定设置。但入口流水槽面的高程不宜低于涵身中部流水槽面的高程。

**表 4.4.5　涵洞预设上拱度**

| 基底土类别 | 上拱度(mm) |
| --- | --- |
| 碎石土、砾砂、粗砂、中砂、细砂 | *H*/80 |
| 半干硬状态的、硬塑状态的黏性土及老黄土 | *H*/50 |

注:1. *H* 为路线中心线处自涵洞流水槽面至路面顶面的高度,单位为 mm。

2. 当设计有规定拱度时,按照设计办理。

3. 基底土属软塑状态的黏性土或新黄土时,上拱度可适当加大。

4. 基底土为岩石、涵洞顶上填方厚度不足 2m 以及涵身坡度较陡的涵洞( >5% ),可不设上拱度。

**4.4.6**　在同一区段内的涵洞类型,应力求简化,便于施工、养护、维修。

# 5 涵洞勘测

## 5.1 初测阶段涵洞勘测的工作内容和要求

**5.1.1** 初测阶段勘测的目的是通过外业勘测和调查,收集和初步整理出涵洞设计所需的外业资料,包括涵洞所在区域的排水体系、地形、地质、水文、农田排灌等自然条件,结合路基排水系统合理拟定涵洞的位置、结构类型、孔径、高度、洞口布置及附属工程等。

**5.1.2** 基本资料的收集:

1 沿线地形图,以能获得汇水区流域面积、主河沟纵横坡度等资料为原则。

2 地质特征资料和区域地质图及土壤资料。

3 多年平均降雨量,与设计洪水频率相对应的24h降雨量及雨力等。

4 涵位附近上、下游坝、闸、渠等水利设施的修建情况和水文资料。

5 地区性洪水计算方法、历史洪水资料、各河沟已有洪水计算成果。

6 现有排灌系统及规划方案图,各排灌渠的设计断面、流量、水位等。

7 对于改建工程,还需收集有关原涵洞测设、施工及竣工资料,了解涵洞的使用、养护、水毁等情况。

**5.1.3** 初测的主要工作内容:

1 一般的涵洞经现场粗略勘测调查确定位置,但复杂的涵洞、改沟工程、人工排灌渠道等应进行高程与断面测量。

2 当涵洞处于村庄附近时,应调查历史洪水位、常水位、沟床冲淤及漂浮物等情况。

3 调查涎流冰、泥石流及既有涵洞现状、结构类型、基础埋深、冲淤变化、运用情况等。

4 征求当地群众和有关部门对拟建涵洞的意见。现场初步选定涵洞类型、洞口形式及防护工程类型。

5 勾绘涵址汇水面积,进行必要的水文、水力计算。

6 采用调查、挖探、钻探相结合的方法了解地基承载力、地质构造和地下水情况及其对构造物的稳定性影响等。在涵洞轴线上勘探点不少于1个,其深度应达到持力层,遇软弱地基应穿过软弱夹层。提供涵洞轴线地质断面图与勘探点柱状图。对地质条件复杂的场地,应增勘涵洞中线及左、右边线的地质断面图。

7 对于改建工程,还应查明原涵洞的位置、结构形式、荷载标准、跨径、高度、长度、基

础形式及埋置深度、修建年代、损毁修复等情况及利用的程度。

## 5.2 定测阶段涵洞勘测的工作内容和要求

**5.2.1** 定测阶段涵洞勘测的目的是根据批准的初步设计文件所确定的原则和方案，在初测资料的基础上，进行详细的调查、勘测、核实、补充或修正，确定涵洞的位置、交角、结构类型、孔径、涵底高程、地基土壤类别、基础形式、洞口布置及附属工程等，满足施工图设计需要。

**5.2.2** 定测的主要工作内容：

1 涵址平面示意图和(工点)地形图测量：

一般的涵洞可绘制涵址平面示意图。应示出路线、沟渠、建筑物的相对位置；涵址桩号；历史洪水位和泛滥范围；原地面(含沟底)主要特征点高程等。

复杂的涵洞，应绘制涵址地形图。其范围为上游2倍沟宽、下游1倍沟宽，并超过铺砌加固长度，顺路线方向为最高历史洪水位以上0.5m。除平面示意图要求外，还应增绘地面等高线，设计频率洪水泛滥线，涵洞及调治构造物位置，改沟位置，改建工程原有墩台、进出口及铺砌的位置和高程等。

2 涵址横断面测量：

应沿路线方向测量涵址中线沟渠断面；当沟渠与路线正交时，该断面即为沟渠的横断面。比例尺可根据沟渠宽度采用1∶50～1∶200，测绘范围一般在调查历史洪水位以上0.5m，或洪水泛洪线10m以外，沟渠有堤坝时应测到堤外。应示出涵址桩号，路基设计高程，历史洪水位、设计水位，地貌情况，地质挖探等。若沟形复杂，洞口不易布置时，可选择上、下游洞口附近补测断面。当路幅较宽、斜交角度较大时，尚需增测必要的垂直沟渠的横断面。

3 沟渠纵断面测量：

沟渠纵断面一般应沿沟底施测，施测长度为上、下游洞口外不应小于20m。比例尺采用1∶100～1∶200。应示出沟渠纵坡、冲淤情况、涵址桩号、路基设计高程、历史洪水位和设计水位的水面线。对于改建工程，尚须增加原涵洞、进出口铺砌加固等构造物的位置和高程等。

4 沟渠洪水纵坡测量：

当洪水位比降不易测到时，可用常水位、低水位比降或沟底平均坡度代替，其施测长度：在平原区，宜沿沟渠上游测量200m，下游100m；在山区，宜沿沟渠上游测量100m，下游50m；如有陡坡跌水时，其施测长度还应将陡坡跌水包含在内。

5 地质调查及勘探：

对存在不良地质的涵洞或移位、新增涵洞，其地基的地层岩性、地质构造及岩土承载力应补充地质勘探。所需提供的资料与初测阶段相同。

## 5.3 涵洞勘测的精度要求

5.3.1 外业勘测资料应准确可靠、系统完整,要求深入现场,反复细致地边调查、边勘测、边核实、边整理,最后提交涵洞勘测调查整理表。

5.3.2 复杂的涵洞、改沟工程、人工排灌渠道等,应放桩并实测高程与断面,必要时应测绘1:500~1:2 000工点地形图。当地形及水文条件简单时,可在1:2 000地形图上查取或采用数字地面模型内插获取,并应现场核对。

5.3.3 涵洞调查和勘测中的高程应与路线高程系统一致,并应起闭于路线的水准点,允许闭合差为$\pm 30\sqrt{L}$(mm);平面位置应与路线控制桩建立联系,量距限差1/2 000。历史洪水位、水文断面及沟渠洪水纵坡的高程读数取位至厘米,允许闭合差$\pm 50\sqrt{L}$(mm);水平量距误差不大于1/2 000。

## 5.4 涵洞的平面布设

### 5.4.1 涵洞布设原则

1 应根据沿线地形、地质、水文等条件,结合路线排水系统,适应农田排灌,经济合理地布设涵洞。

2 在跨越排水沟槽处、通过农田排灌渠道处、平原区路线通过较长的低洼或泥沼地带、傍山或沿溪路线暴雨时径流易集中地带以及边沟排水需要时,均应设置涵洞。当地形条件许可,经过技术、经济比较,可并沟设涵。

3 涵洞位置和方向的布设,宜与水流方向一致,避免因涵洞布设不当,引起上游水位壅高,淹没农田、村庄和路基,引起下游流速过大,加剧冲蚀沟岸及路基。

4 涵洞的设置应综合考虑施工、养护、维修的要求,降低建设和养护费用。

5 沿线涵洞布设密度应根据地形、地貌、水文及农田排灌等自然条件确定,但考虑路基施工压实方便,其涵洞间距不宜小于50m。

### 5.4.2 山区涵洞布设

1 山岭地区一般应一沟一涵。在降雨量大或者暴雨集中且山坡植被很稀疏的地区,河沟均不宜合并设涵。在汇水区很小,两河沟相距很近,又具备沟通的条件下,通过技术经济比较,可合并设涵,但应注意修建必要的防护工程。

2 涵洞的设置应尽量符合水流方向,不宜为减短涵长强行正交。

当流速或流量较大,或窄深河沟两岸横向坡度较大、河沟水流方向与路线不垂直时,宜将涵洞斜交布设,其斜度不宜大于45°。

3 在截水沟排水出口处应布设涵洞,以免水顺边沟流经距离过长而冲刷路面和

路基。

4　路线的转角大于90°，曲线半径较小，弯道前的纵坡大于4%，且坡长在200m内又无其他涵洞时，在弯道地点附近应布设涵洞。

5　路线由陡坡（≥5%）段过渡到缓坡（≤3%）段，在此200m内又无其他涵洞时，在变坡点附近应布设涵洞。

6　沿溪线涵洞的布设，应考虑上游洞口水流方向，下游洞口应不危及农田和村镇。

**5.4.3**　山前区（丘陵地带）涵洞布设

1　流量较大、水流集中的丘陵河沟，可集中设置涵洞；流量较小、水流分散时，可采用分散与集中相结合的方法布设沿线涵洞。

2　丘陵区宽谷槽田地带，可将涵洞布设在地质条件较好的山坡坡脚或溪沟边岸附近。

3　在无显著沟槽的漫流地带，可采取分片泄洪的原则，结合水流出路选择低洼处布设涵洞，但不应过分集中布设。

4　在山口冲积扇地区，应分散布设涵洞，不应强行改沟引至低洼处。两冲积扇间洼地，亦应布设涵洞。

5　路线跨越弯曲的河沟时，在地形条件许可的情况下，可进行裁弯取直，改移河沟，使水流畅通，并尽量与路线正交。当路线跨越弯曲的沟谷处为坚硬的岩石，且涵身很长时，不易改沟设涵，可将涵身设为曲线形，确保水流畅通，节省工程量。

6　在农灌区应与农田排灌系统相配合。当须局部改变原有排灌系统时，不应降低原有排灌功能。

**5.4.4**　平原区涵洞布设

1　应根据农业灌溉所需的天然河沟和人工渠道位置，按天然排灌系统布设涵洞，避免因改沟合并而占用农田和破坏既有的耕作和排灌系统。

2　对于人工排灌渠道，应与当地有关部门协商涵址及孔径，避免调查不彻底，造成施工期间或竣工后增补涵洞。

3　在路线通过较长的低洼、泥沼地段时，应向当地居民、有关部门详细了解水流趋向，在适当的位置设置涵洞。

4　路线靠近村庄时，涵洞布设应能排除村内沥水，且涵洞的出水口设置应不危及农田和房屋。

5　在有长期积水的低洼地段，应设置涵洞，以降低路基两侧水位差。

6　当河沟严重弯曲、分岔时，可改沟取直或合并设正交涵。移位后的涵洞，上游应有1.5倍河槽宽的直沟段长度，下游以占地面积及工程量最小为原则；宜设置上下游防护工程，以防止引起上游水位壅高，造成淹没农田、村庄，或流速增大加剧下游沟岸与耕地的冲蚀。

**5.4.5** 不良地质地段及特殊条件下的涵洞布设

1 涵洞应尽量避免布设在泥石流地区,无法绕避时,可设在流通区的最窄处,且孔径应适当增大,净高应比流动泥石流的平衡高度高出1.0m以上。

2 在软土泥沼地段,涵洞应选择在泥沼覆盖层较浅或软土厚度较薄的地带布设,以便于地基基础的处理。

3 在水库回水区段,涵洞应布设在水库正常蓄水位以上。地形地质条件允许时,可将涵洞移建于岸坡上。

4 在填挖交界地段,涵洞应布设在原状地基上,或将挖方路基进行开挖,然后填筑涵洞地基,以避免不均匀沉降。

5 路基高填地段,河沟边坡稳定、土壤密实时,可将涵址从沟底移至岸坡上。

## 5.5 涵洞的立面布设

**5.5.1** 涵洞布设原则

1 应根据实际地形、地质及水文等条件进行涵洞立面布设,确保涵洞基础稳定,涵底不冲不淤。

2 山岭重丘地区河沟纵坡较陡,水流流速较大,涵洞立面布设应结合具体地形地质情况,设置缓坡涵或陡坡涵。

3 平原微丘地区河沟纵坡较平缓,水流流速较小,设在天然河床上的涵洞,其铺砌顶面高程及坡度应与天然沟底高程及沟底纵坡基本一致。

**5.5.2** 平原微丘区涵洞布设

1 当河沟纵坡小于或等于3%,且涵长小于或等于15m时,涵洞基底可水平设置,涵底铺砌纵坡可采用1%~3%。

2 当河沟纵坡大于3%,但小于或等于6%时,涵底铺砌可采用与天然河沟相同的纵坡。涵洞基础底面,当河沟纵坡较小时,可设置为平置式;河沟纵坡较大时,可设置为斜置式。

当路线以路堑形式通过灌溉沟渠且不满足建设渡槽的净空要求时,可采用竖井式倒虹吸管涵,其立面布设应使出水口铺砌顶面高程低于进水口高程,涵身底部顺水流向纵坡可采用1%~3%。构造中应注意采取防漏和防淤措施。

**5.5.3** 山岭重丘区涵洞布设

1 缓坡涵洞布设

1)当河沟中纵坡较小且涵长较短时,可按下游洞口沟床高程,以3%左右的缓坡向上延伸设置涵底铺砌。上游的铺砌,应选择合适的坡率与原沟底面连接。涵底基础设置方法与平原微丘地区相同。

2)当河沟纵坡较大,但小于15%,地质条件良好,基底有足够的强度且纵、横向均匀

一致时，若附近有大量石方可利用，可将涵洞基础以缓坡形式设置在紧密砌石基底上。上游砌石与原沟底面平顺衔接，下游洞口坡度较陡、流速较大时，应采取适当的消能措施。

2　陡坡涵洞布设

1）对于纵坡小于10%的土质地基河沟，或纵坡小于30%的轻度风化岩石地基河沟，可采用斜置式陡坡涵。涵底铺砌纵坡和原河沟纵坡基本一致，涵洞基底可设置为齿状基础或台阶形基础，或者将出口设置为扶壁式。

2）对于纵坡大于或等于10%的土质地基河沟，或纵坡大于或等于30%的轻度风化岩石地基河沟，可采用台阶平置式陡坡涵，又称阶梯涵。阶梯分节长度一般宜大于或等于2m，相邻两节的最大高差小于或等于$0.75d$（$d$为上部构造厚度）；也可使相邻两节的高差大于$d$，在两节接头处加砌挡墙，但应满足两节高差$H \leqslant 0.7$m或$H \leqslant h_d/3$（$h_d$为涵洞净高）。当河沟天然纵坡变化较大时，可适应地形做成不等长、不等高的台阶形式。

3）当河沟底天然纵坡变化较大时，可适应地形条件布设成缓坡及陡坡并用的平置式坡涵。其涵内跌水的跃水长度须大于跌水的射程长度，且不小于涵洞孔径。

# 6 涵洞水文计算

## 6.1 暴雨推理法

**6.1.1** 暴雨推理法是一种半理论半经验的计算方法,通过损失参数和汇流时间,体现地区差异性。其推理公式适用于汇水面积小于100km$^2$的河沟。

**6.1.2** 暴雨推理公式:

$$Q_P = 0.278\left(\frac{S_P}{\tau^n} - \mu\right)F \tag{6.1.2-1}$$

式中: $Q_P$——规定频率为$P\%$的设计流量(m$^3$/s);

$S_P$——频率为$P\%$的雨力(mm/h),查附录B各省(区)雨力等值线图(图B-1~图B-3);

$\tau$——汇流时间(h);汇流时间$\tau$按下式计算:

$$\text{北方可采用}\ \tau = K_3\left(\frac{L}{\sqrt{I_Z}}\right)^{\alpha_1} \tag{6.1.2-2}$$

$$\text{南方可采用}\ \tau = K_4\left(\frac{L}{\sqrt{I_Z}}\right)^{\alpha_2} S_P^{-\beta_3} \tag{6.1.2-3}$$

$K_3$、$K_4$——系数,查附录B表B-1;

$L$——主河沟长度(km);

$I_Z$——主河沟平均坡度(0.001);

$\alpha_1$、$\alpha_2$、$\beta_3$——指数,查附录B表B-1;

$n$——暴雨递减指数;查附录B各省(区)暴雨递减指数$n$值分区图(图B-4)和表B-2,表中$n_1$、$n_2$、$n_3$由$\tau$值分查;

$\mu$——损失参数(mm/h);损失参数$\mu$按下式计算:

$$\text{北方可采用}\ \mu = K_1 S_P^{\beta_1} \tag{6.1.2-4}$$

$$\text{南方可采用}\ \mu = K_2 S_P^{\beta_2} F^{-\lambda_1} \tag{6.1.2-5}$$

$K_1$、$K_2$——系数,查附录B表B-3,表中土壤植被分类,查附录B表B-4;

$\beta_1$、$\beta_2$、$\lambda_1$——指数,查附录B表B-3;

$F$——汇水面积(km$^2$)。

**6.1.3** 经验公式在公路以及其他相关行业和部门均有不同的公式形式,可供使用。各

省(区)、地市水利部门的地区性流量经验公式,亦可参照使用。

## 6.2 径流形成法

**6.2.1** 径流形成法是目前公路部门普遍使用的一种计算方法,其径流成因简化公式适用于汇水面积 $F \leqslant 30km^2$ 的小流域。

**6.2.2** 径流成因简化公式:

$$Q_P = \psi(h - z)^{\frac{3}{2}} F^{\frac{4}{5}} \beta\gamma\delta \tag{6.2.2}$$

式中:$Q_P$——规定频率为 $P\%$ 时的雨洪设计流量($m^3/s$);

$\psi$——地貌系数,可查附录 B 表 B-5;

$h$——径流厚度(mm),由暴雨分区(附录 B 表 B-6)、规定频率 $P\%$、土的吸水类属(附录 B 表 B-7),以及汇流时间(附录 B 表 B-8)确定,可查附录 B 表 B-9;

$z$——被植物或坑洼滞留的径流厚度(mm),可查附录 B 表 B-10;

$F$——汇水面积($km^2$);

$\beta$——洪峰传播的流量折减系数,可查附录 B 表 B-11;

$\gamma$——汇水区降雨量不均匀的折减系数,以汇水区的长度或宽度中小者计;当汇水区的长度或宽度小于 5km 时,可不予以考虑;大于 5km 时,可查附录 B 表B-12;

$\delta$——小水库(湖泊)调节作用影响洪峰流量的折减系数,可查附录 B 表 B-13。

**6.2.3** 径流流量经验公式在公路以及其他相关行业和部门均有不同的公式形式,可供使用,其中各水文参数的取值应尽量根据当地具体资料确定。地区性流量经验公式,亦可参照使用。

## 6.3 形态调查法

**6.3.1** 结合形态断面进行洪水调查,确定流量的形态调查法,是目前公路部门应用较为普遍的一种方法。当有可靠的历史洪水位调查资料时,其适用范围不受限制。

**6.3.2** 形态断面一般选在有较可靠的洪水调查资料的河段内。形态断面应与流向垂直,宜选在河段顺直、岸坡稳定、床面冲淤变化不大、泛滥宽度较小、断面比较规则、河槽在平面上无过大扩散或收缩、河沟床纵坡无急剧变化和无死水区及不受壅水影响的地方。

当涵址断面符合形态断面条件时,涵址断面亦可作为形态断面。

**6.3.3** 断面流速和历史洪峰流量(或多年平均洪峰流量)的计算:

1 当采用流速仪、深水(双)浮标实测出各测速点的流速后,首先计算出每根测速垂

线上的平均流速,然后用解析法或图解法计算通过流量及对应的全断面平均流速。

当采用水面浮标实测出每根行走线上的水面点流速时,此水面点流速即相当于测速垂线平均流速,但在流量计算时需予以修正。

2 当调查到的历史洪水位处于水面比降均一、河道顺直、河床断面较规整的稳定均匀流河段时,可按下式计算:

$$Q = A_c v_c + A_t v_t \tag{6.3.3-1}$$

$$v_c = \frac{1}{n_c} R_c^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \tag{6.3.3-2}$$

$$v_t = \frac{1}{n_t} R_t^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \tag{6.3.3-3}$$

式中:$Q$——洪峰流量($m^3/s$);

$A_c$、$A_t$——河槽、河滩过水面积($m^2$);

$v_c$、$v_t$——河槽、河滩平均流速(m/s);

$n_c$、$n_t$——河槽、河滩糙率;

$R_c$、$R_t$——河槽、河滩水力半径(m),当宽深比大于10时,可用平均水深代替;

$I$——水面比降。

**6.3.4** 按涵洞规定设计频率推算形态断面处的洪峰流量:

1 按流量模比系数推算:

$$Q_P = \frac{K_P}{K_n} Q \tag{6.3.4-1}$$

式中:$Q_P$——形态断面处规定频率为$P\%$的设计流量($m^3/s$);

$K_P$——规定频率为$P\%$的模比系数,可根据$C_v$(变差系数,可根据土的吸水类属查附录B表B-14)查附录B表B-15;

$K_n$——调查的历史洪水频率模比系数,可根据$C_v$查附录B表B-15;

$Q$——形态断面处相应于所调查的历史洪水位洪峰流量($m^3/s$)。

2 按多年平均流量推算:

$$Q_P = (1 + C_v \phi_P)\overline{Q} = K_P \overline{Q} \tag{6.3.4-2}$$

式中:$\phi_P$——离均系数;

$\overline{Q}$——多年平均洪峰流量($m^3/s$)。

3 按周期换算系数推算:

$$Q_P = MQ \tag{6.3.4-3}$$

式中:$M$——令已知频率的周期换算系数$M=1$时,查附录B表B-16得的规定频率时的周期换算系数;

$Q$——调查得的已知频率时的某一历史洪峰流量或多年平均洪峰流量($m^3/s$)。

**6.3.5** 拟建涵洞处设计流量的推求:

1 若形态断面处与拟建涵洞处估计两者汇水面积或流量相差在±10%以内时，可不进行涵址换算，即认为形态断面处规定频率对应的洪峰流量等于拟建涵洞处规定频率对应的设计流量。

2 若形态断面处与拟建涵洞处两者汇水面积或流量相差较大时，可按下式推求：

$$Q_S = \frac{F_2^n B_2^m I_2^{\frac{1}{4}}}{F_1^n B_1^m I_1^{\frac{1}{4}}} Q_P \tag{6.3.5-1}$$

式中：$Q_S$——拟建涵洞处设计洪峰流量（$m^3/s$）；

$F_1$、$F_2$——分别为形态断面和拟建涵洞处的汇水面积（$km^2$）；

$B_1$、$B_2$——分别为形态断面和拟建涵洞处汇水区的平均宽度（km）；

$I_1$、$I_2$——分别为形态断面和拟建涵洞处的主河沟平均坡度，计算时以小数计；

$n$——汇水面积的指数参数，大流域时取1/2～2/3；$F \leqslant 30km^2$时，取0.8；

$m$——流域形状的指数参数，雨洪采用1/3；

$Q_P$——形态断面处由拟建涵洞规定频率而定的洪峰流量（$m^3/s$）。

3 若$F \leqslant 30km^2$，形态断面处距涵洞处较近，且两者地形无显著区别时，可按下式推求：

$$Q_S = \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^{0.8} Q_P \tag{6.3.5-2}$$

4 若无汇水面积资料，可通过调查实测形态断面处和拟建涵洞处的主河沟长度$L_1$和$L_2$，按下式推求：

$$Q_S = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^{1.6} Q_P \tag{6.3.5-3}$$

式中：$L_1$、$L_2$——分别为形态断面和拟建涵洞处的主河沟长度（km）。

## 6.4 直接类比法

**6.4.1** 直接类比法是当公路所跨同一河沟上、下游附近存在已建涵洞，且能调查到可靠的涵前洪水积水高度及相应的洪水频率时，用已有涵洞作为形态断面，可采用类似形态调查法推求拟建涵洞的设计流量，其适用范围不受限制。

**6.4.2** 通过原有涵洞的洪峰流量：

1 无压力式涵洞：

$$Q = \varepsilon\varphi\omega_k \sqrt{2g(H_0 - h_k)} \tag{6.4.2-1}$$

$$v_k = \frac{Q}{\varepsilon\omega_k} \tag{6.4.2-2}$$

$$H_0 = h_k + \frac{v_k^2}{2g\varphi^2} \tag{6.4.2-3}$$

$$H = H_0 - \frac{v_0^2}{2g} \tag{6.4.2-4}$$

式中:$Q$——通过原有涵洞的洪峰流量($m^3/s$);

$\varepsilon$——涵洞侧向压缩系数,对于无升高管节的拱涵取 $\varepsilon=0.96$,其他涵可取 $\varepsilon=1.0$;

$\varphi$——流速系数,矩形涵 $\varphi=0.95$;拱涵、圆管涵 $\varphi=0.85$;

$\omega_k$——临界断面处过水面积($m^2$);

$g$——重力加速度,取用 9.80($m/s^2$);

$H_0$——涵前总水头(m),当$\frac{v_0^2}{2g}$很小时,$H_0=H$;

$v_0$——涵前行近流速(m/s);

$h_k$——临界断面处临界水深(m),涵内收缩断面处水深 $h_c=0.9h_k$;

$v_k$——临界断面处临界流速(m/s),涵内收缩断面处流速 $v_c=\frac{v_k}{0.9}$;

$H$——涵前水深(m)。

2 半压力式涵洞:

$$Q=\varphi\omega_c\sqrt{2g(H_0-h_c)} \tag{6.4.2-5}$$

$$H_0=h_c+\frac{v_c^2}{2g\varphi^2} \tag{6.4.2-6}$$

式中:$\varphi$——流速系数,进水口不升高式 $\varphi=0.85$,升高式(或流线型)$\varphi=0.95$;

$\omega_c$——涵内收缩断面处过水面积($m^2$);

$h_c$——涵内收缩断面处水深(m),$h_c=0.6h_d$;

$h_d$——涵洞净高(m);

$v_c$——涵内收缩断面处流速(m/s);

其余符号意义同前。

3 压力式涵洞:

$$Q=\omega\sqrt{2g(H-h_t)\frac{1}{1+\xi+\frac{2gL}{C^2R}}} \tag{6.4.2-7}$$

式中:$\omega$——涵洞过水断面面积($m^2$);

$h_t$——涵后天然水深(m),调查得来,或按式 $h_t=H_0-\frac{v_y^2}{2g\varphi^2}$计算,$v_y$ 为允许(不冲刷)平均流速,查附录 B 表 B-17;$\varphi$ 为流速系数,查附录 B 表 B-18;

$\xi$——涵洞进水口摩阻系数,查附录 B 表 B-19;

$L$——涵洞长度(m);

$C$——谢才系数,$C=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$;

$R$——水力半径(m);

$n$——糙率。

6.4.3 换算原有涵洞处的天然洪峰流量：

$$Q_t = SQ \tag{6.4.3}$$

式中：$Q_t$——某一历史洪水位（或多年平均洪水位）时原有涵洞处天然的洪峰流量（$m^3/s$）；

$S$——积水换算系数，查附录B表B-20。

6.4.4 按涵洞规定设计频率推算原有涵洞处的洪峰流量，可按本细则第6.3.4条的规定进行。

6.4.5 拟建涵洞处设计流量的推求，可按本细则第6.3.5条的规定进行。

## 6.5 流量计算方法的比较和核对

6.5.1 各种流量计算方法的比较：

1 暴雨推理法，参变数是简化了的概略值，且暴雨指数 $n$ 值的分区和土壤分类均较粗略。因此，在实际应用中，参数和指数可采用各地区编制的水文参数值。

2 径流形成法，暴雨分区及按汇水面积划分的汇流时间比较粗略。因此，在实际应用中，应根据具体情况，正确选取较合理的汇流时间及相应的径流厚度。

3 形态调查法，是目前弥补暴雨推理法或径流形成法计算中资料不足的最好方法。但不易调查出历史洪水位并确定相应的频率及准确地确定河沟床的糙率；同时对河床冲淤变化程度难以掌握，使流量计算结果偏大或偏小。为了获得较准确的结果，可将形态调查法与前两种计算方法配合论证使用。

4 直接类比法，因其资料来自对原有涵洞的调查，故这种方法计算结果比较可靠，有条件时应首选。

6.5.2 流量计算中的核对：

1 应根据当地实际情况，采用两种以上方法计算，互相核对比较。

2 通过调查研究，尽量采用适合本地区的计算方法和有关参数。

6.5.3 流量计算中应结合现场具体情况加以验证。

1 根据一定数量的洪水调查资料，对调查算得的流量与按公式计算值进行比较，修正公式算得的结果。

2 通过调查既有涵洞通过的历史最大流量进行比较验证。

# 7 涵洞水力计算

## 7.1 一般规定

**7.1.1** 涵洞水力计算是孔径设计的依据,必须保证设计洪水、漂浮物等的安全通过,确保路基及基底的稳定,满足排灌需要,避免对上、下游农田、房舍的不利影响,并考虑工程造价的经济合理。

**7.1.2** 根据公路等级,求得涵洞规定设计洪水频率的设计流量,并初拟涵洞的类型、洞口式样和孔径后,应进行水力计算;验算涵内流速、水深和涵前壅水位。

**7.1.3** 涵洞水力计算图示应采用无压力式,并应符合第4.3.7条规定;仅在特殊情况下,有充分的技术经济比较依据时,方可采用半压力式或压力式涵洞。

**7.1.4** 涵洞孔径应采用标准跨径,当采用多孔时应注意流量分配的不均匀性。

**7.1.5** 人工排灌渠道上的涵洞,应依据排灌流量和当地水利部门及有关单位意见确定其孔径。不宜压缩排灌渠道过水面积。

**7.1.6** 山区涵洞的布设,应保证路基和涵洞稳定、免遭水毁,必须采取相应的工程措施防止冲刷和消耗能量。其陡坡过水消能建筑物一般布置形式见图7.1.6。

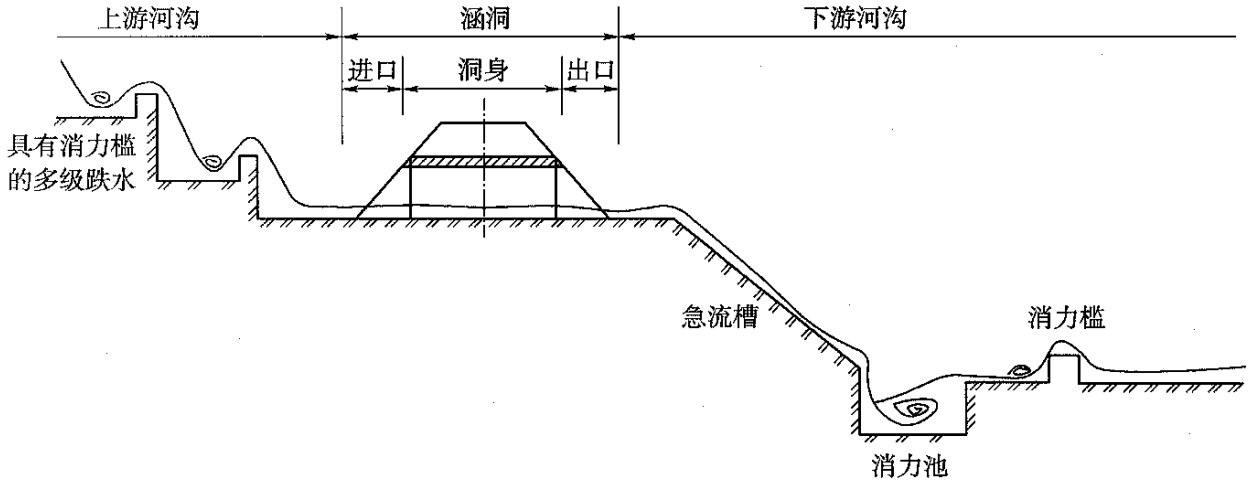



图7.1.6 陡坡过水消能建筑物一般布置形式

## 7.2 涵洞孔径验算

### 7.2.1 无压力式涵洞的孔径验算

根据河沟断面形态初拟孔径后，应按下列公式验算涵内流速、水深和涵前壅水位。

1 临界流状态

$$v_k = \sqrt[3]{\frac{Q_P g}{\varepsilon B_k}} \tag{7.2.1-1}$$

$$A_k = \frac{Q_P}{\varepsilon v_k} \tag{7.2.1-2}$$

$$v_{qs} = \frac{v_k}{0.9} \tag{7.2.1-3}$$

$$h_{qs} = 0.9 h_k \tag{7.2.1-4}$$

$$h_q = h_{qs} + \frac{v_{qs}^2}{2g\varphi} - \frac{\bar{v}^2}{2g} \tag{7.2.1-5}$$

$$H_y = H_q + h_q \tag{7.2.1-6}$$

式中：$v_k$——涵内临界流速(m/s)；

$Q_P$——设计流量($m^3/s$)；

$B_k$——临界水深时的涵内净水面宽度(m)；

$g$——重力加速度，取用9.80($m/s^2$)；

$\varepsilon$——涵洞侧向压缩系数，对于无升高管节的拱涵取$\varepsilon=0.96$，其他涵可取$\varepsilon=1.0$；

$A_k$——临界水深时的涵内净过水面积($m^2$)；

$v_{qs}$——涵内收缩断面处流速(m/s)；

$h_{qs}$——涵内收缩断面处水深(m)；

$h_k$——临界水深(m)，临界断面处，铺砌面至临界水面的水深，按$A_k$值及涵内断面形式推算；

$h_q$——涵前积水深(m)；

$\varphi$——流速系数，按附录B表B-18取用；

$\bar{v}$——涵前行近流速(m/s)；

$H_y$——涵前壅水位(m)；

$H_q$——涵前铺砌面高程(m)。

1)当$H_s > H_{cd} + 1.3h_k + I_d(L_h - L_c)$时，应改按淹没流状态验算。

其中，$H_s$为涵洞出口断面的设计水位(m)；$H_{cd}$为涵洞出口断面铺砌面高程(m)；$I_d$为涵底纵坡；$L_h$为涵长(m)；$L_c$为涵口进口端至收缩断面间的距离，取(1.5～2.5)($h_q - h_{qs}$)。

2)当涵洞内铺砌面允许流速$v_y < v_{qs}$时，应改变铺砌类型，使$v_y \geq v_{qs}$。

3)当 $H_y$ 超过涵前允许淹没水位时,应增大孔径。

2 淹没流状态

$$v_s = \varphi_0 \sqrt{2g(H_0 - H_s)} \tag{7.2.1-7}$$

$$A = \frac{Q_P}{\varepsilon v_s} \tag{7.2.1-8}$$

$$H_0 = H_y + \frac{\bar{v}^2}{2g} \tag{7.2.1-9}$$

$$H_y = H_s + \frac{v_s^2}{2g\varphi_0^2} - \frac{\bar{v}^2}{2g} \tag{7.2.1-10}$$

$$\varphi_0 = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_1 + \xi_2}} \tag{7.2.1-11}$$

$$\xi_2 = \frac{2gL_h}{C^2R} \tag{7.2.1-12}$$

$$C = \frac{1}{n_h}R^{\frac{1}{6}} \tag{7.2.1-13}$$

式中:$v_s$——涵内设计流速(m/s);

$\varphi_0$——流速修正系数;

$H_0$——涵前水头高程(m);

$A$——涵内过水面积($m^2$);

$\xi_1$——入口损失系数,按附录B表B-19取用相应的摩阻系数$\xi$值;

$\xi_2$——沿程损失系数;

$C$——满宁流速系数;

$n_h$——涵内糙率,一般取用0.017或查取相关资料;

$R$——水力半径(m)。

1)当 $v_s > v_y$ 时,应改变铺砌类型,使 $v_y \geqslant v_s$,或增大孔径使 $v_s \leqslant v_y$。

2)当 $H_y$ 超过涵前允许淹没水位时,应增大孔径;当 $H_y$ 低于涵前允许淹没水位过多时,可考虑缩减孔径。

### 7.2.2 倒虹吸涵洞的孔径计算

1 倒虹吸过水面积应按下列公式计算:

$$Q_P = \varphi_0 A \sqrt{2gZ} \tag{7.2.2-1}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{5} \xi_i}} \tag{7.2.2-2}$$

式中:$A$——倒虹吸过水面积($m^2$);

$Z$——上、下游水位差(m);

$\sum_{i=1}^{5}\xi_i$——阻力系数之和。

2　阻力系数一般包括：管径变化阻力系数、进口阻力系数、转弯阻力系数、沿程阻力系数和出口阻力系数等。各阻力系数应按以下规定确定。

1）管径变化阻力系数 $\xi_1$，按表 7.2.2-1 确定。

**表 7.2.2-1　管径变化阻力系数 $\xi_1$**

| 断面变化比 $A_1/A_2$ | | 0.01 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\xi_1$ | 断面由小变大 | 0.98 | 0.81 | 0.64 | 0.36 | 0.16 | 0.04 | 0 |
| | 断面由大变小 | 0.45 | 0.39 | 0.35 | 0.28 | 0.20 | 0.09 | 0 |

注：$A_1$ 为较小的断面面积，$A_2$ 为较大的断面面积。

2）进口阻力系数 $\xi_2$，按表 7.2.2-2 确定。

**表 7.2.2-2　进口阻力系数 $\xi_2$**

| 进口边缘外形 | $\xi_2$ |
|---|---|
| 边缘未做成圆弧形 | 0.5 |
| 边缘微带圆弧形 | 0.2～0.25 |
| 边缘轮廓很光滑 | 0.05～0.10 |

3）转弯阻力系数 $\xi_3$：

转弯分为急弯和缓弯两种，转弯角 $\theta<15°$ 时为缓弯，$\theta\geqslant15°$ 时为急弯。急弯的阻力系数 $\xi'_3$ 视 $\theta$ 角大小，按表 7.2.2-3 确定。缓弯的阻力系数 $\xi''_3$，按下式计算：

$$\xi''_3 = k\frac{\theta}{90} \tag{7.2.2-3}$$

式中：$\theta$——转弯角(°)；

$k$——系数，对于矩形断面，按表 7.2.2-4 确定，对于圆形断面按表 7.2.2-5 确定。

**表 7.2.2-3　急弯阻力系数 $\xi'_3$**

| $\theta$ | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° |
|---|---|---|---|---|---|
| $\xi'_3$ | 0.025 | 0.110 | 0.260 | 0.490 | 1.200 |

**表 7.2.2-4　缓弯矩形断面 $k$ 值**

| $b/(2R)$ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | 0.12 | 0.14 | 0.18 | 0.25 | 0.40 | 0.64 | 1.02 | 1.55 | 2.27 | 3.23 |

注：$b$-净宽(m)；$R$-弯曲半径(m)。

**表 7.2.2-5　缓弯圆形断面的 $k$ 值**

| $r/R$ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
|---|---|---|---|---|---|
| $k$ | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.21 | 0.29 |

注：$r$-圆管半径(m)；$R$-弯曲半径(m)。

4）沿程阻力系数 $\xi_4$，按下式计算：

$$\xi_4 = \frac{2gn_h^2L_h^2}{R^{\frac{4}{3}}} \tag{7.2.2-4}$$

式中:$n_h$——糙率,对混凝土洞身,采用0.013~0.014;对浆砌块石洞身,采用0.016~0.017。

5)出口阻力系数$\xi_5$,一般采用1.0。

## 7.3 过水消能建筑物的水力计算

### 7.3.1 消力池的水力计算

1 初估消力池下挖深度$d$,可按下列公式估算收缩断面的水深和流速(图7.3.1):

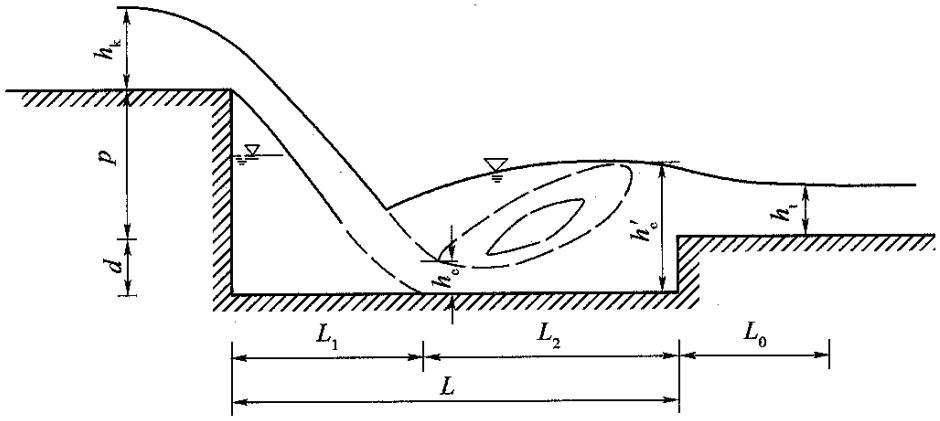



图7.3.1 消力池计算图式

$$v_c = \sqrt{2g(d + p + 1.5h_k - h_c)} \tag{7.3.1-1}$$

$$h_c = \frac{Q}{Bv_c} \tag{7.3.1-2}$$

式中:$v_c$——收缩断面流速(m/s);

$d$——消力池下挖深度(m);

$p$——跌坎距原沟底面的高度(m);

$h_k$——跌坎上临界水深(m);

$h_c$——收缩断面水深(m);

$Q$——需通过的设计流量($m^3/s$);

$B$——消力池宽度(m)。

计算得的$h_c$与假定值比较,若相差较大,应将算得的$h_c$值代回式(7.3.1-1)和式(7.3.1-2)再计算$h_c$。

2 计算$h_c$的水跃共轭水深$h'_c$:

$$h'_c = \frac{h_c}{2}\left(\sqrt{1 + 8\left(\frac{h_k}{h_c}\right)^3} - 1\right) \tag{7.3.1-3}$$

3 验算假定的池深:

为了使消力池产生淹没式水跃,可按下式验算:

$$h_t + d = 1.1h'_c \tag{7.3.1-4}$$

式中：$h_t$——下游天然正常水深(m)。

假定的池深 $d$ 经试算至等式成立(相差不大于5%)为止，$d$ 即为确定池深。

4　水流的射流长度 $L_1$，可按下式计算：

$$L_1 = v_k\sqrt{\frac{2d + 2p + h_k}{g}} \tag{7.3.1-5}$$

5　水跃长度 $L_2$：

消力池内的水跃是一种强迫形成的水跃，它的长度比自由水跃长度短，可按下式计算：

$$L_2 = 5(h'_c - h_c) \tag{7.3.1-6}$$

6　消力池的池长 $L$，可按下式计算：

$$L = L_1 + L_2 \tag{7.3.1-7}$$

7　水跃静定缓和所需的铺砌长度 $L_0$：

由于水流发生水跃后仍存在剩余动能，需有一个静定缓和的过程，故池后加设一段铺砌长度 $L_0$，可按下式计算：

$$L_0 = (2.5 \sim 3.0)L_2 \tag{7.3.1-8}$$

### 7.3.2　消力槛的水力计算

消力槛类似消力池，其水力计算即决定槛高及消力池的长度。其中，消力池长度可按公式(7.3.1-7)计算。槛高 $P_1$ 可按下式计算(图7.3.2)：

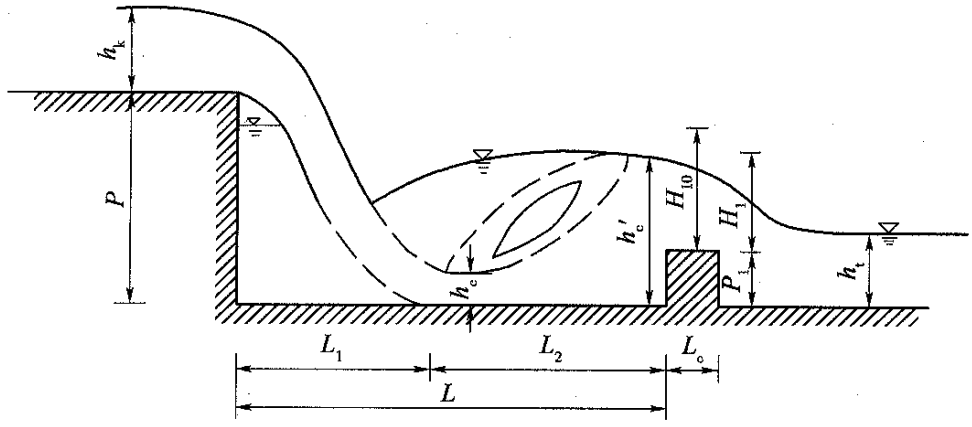



图7.3.2　消力槛计算图式

$$P_1 = \sigma h'_c - \left(\frac{q}{M\sigma_s}\right)^{\frac{2}{3}} + \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h'_c)^2} \tag{7.3.2-1}$$

1　槛上水深 $H_1$ 和槛上总水头 $H_{10}$ 的确定

$$H_1 = H_{10} - \frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h'_c)^2} \tag{7.3.2-2}$$

$$H_{10} = \left(\frac{q}{M\sigma_s}\right)^{\frac{2}{3}} \tag{7.3.2-3}$$

式中:$q$——单宽流量[$m^3/(s\cdot m)$],矩形过水断面 $q=\frac{Q}{B}$;

$h'_c$——水跃的跃后水深(m);

$\alpha$——动能修正系数,可取 $\alpha=1$;

$\sigma$——消力槛前保证形成淹没式水跃的系数,一般取 $\sigma=1.05\sim1.10$;

$M$——流量系数,取用1.86;

$\sigma_s$——消力槛的淹没系数,当出槛水流为自由出流时 $\sigma_s=1$;当下游水位影响槛的过流能力,即为淹没出流时,$\sigma_s<1$;

$g$——重力加速度,取用9.80($m/s^2$)。

2 消力槛淹没系数 $\sigma_s$ 的确定

$$\sigma_s=f\left(\frac{h_s}{H_{10}}\right) \tag{7.3.2-4}$$

式中:$h_s$——下游天然正常水深 $h_t$ 在槛上的超高;

$$h_s=h_t-P_1$$

计算中可按表7.3.2选用 $\sigma_s$ 的数值。表中当 $h_s/H_{10}\leqslant0.45$ 时,$\sigma_s=1$,为自由出流;当 $h_s/H_{10}>0.45$ 时,$\sigma_s<1$,为淹没出流。

**表7.3.2 消力槛的淹没系数 $\sigma_s$ 值**

| $h_s/H_{10}$ | ≤0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.72 | 0.74 | 0.76 | 0.78 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sigma_s$ | 1.000 | 0.990 | 0.985 | 0.975 | 0.960 | 0.940 | 0.930 | 0.915 | 0.900 | 0.885 |
| $h_s/H_{10}$ | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.95 | 1.00 | |
| $\sigma_s$ | 0.865 | 0.845 | 0.815 | 0.785 | 0.750 | 0.710 | 0.651 | 0.535 | 0.000 | |

3 消力槛高 $P_1$ 的确定

1)根据式(7.3.2-1)~式(7.3.2-3)、表7.3.2,先假定 $\sigma_s=1$ 求得消力槛淹没系数 $\sigma_s$,判断出槛水流情况。当为自由出流时,则 $P_1$ 值即为所求得的值;当为淹没出流时,可重新假定 $P_1$ 值,试算 $\sigma_s$ 值。试算中以式(7.3.2-1)的变形式计算 $H_{10}$,$H_{10}=\sigma h'_c-P_1+\frac{\alpha q^2}{2g(\sigma h'_c)^2}$。

2)每次试算 $\sigma_s$ 值后,可按下式计算单宽流量:

$$q=\sigma_s M H_{10}^{\frac{3}{2}} \tag{7.3.2-5}$$

若计算的 $q$ 与设计的单宽流量 $q_s\left(q_s=\frac{Q_s}{B}\right)$ 大致相等时,则所设的 $P_0$ 即为确定值;若不相等,继续假设 $P_1$ 试算,直至 $q$ 与 $q_s$ 基本一致为止。

### 7.3.3 跌水的水力计算

1 单级跌水的计算只是收缩断面水深计算及消力池、消力槛计算(图7.3.1、图7.3.2),见本细则第7.3.1条和第7.3.2条规定。

2 多级跌水就是一系列相连的消力池(图7.3.3)。这种跌水的水力计算与单级跌

水的计算相似。其计算内容为:确定各级消力槛高和消力池长及最后一级消力池池深及池长。多级跌水的级高宜取相同数值。

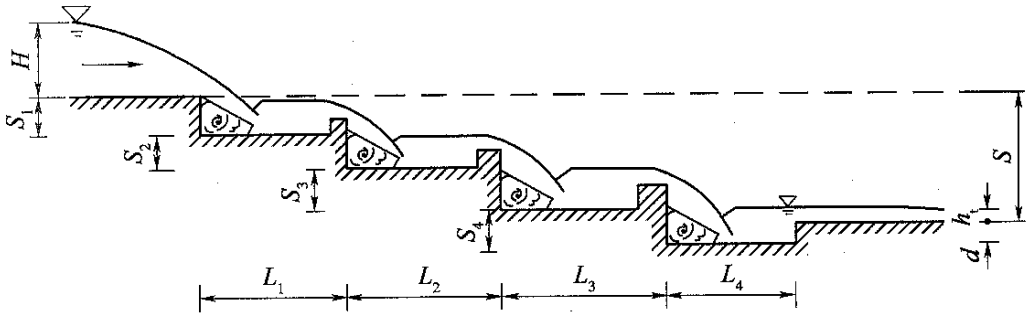



图 7.3.3　多级跌水布置图式

### 7.3.4　急流槽的水力计算

急流槽由进口、陡坡(槽身)、消能设施和出口等四部分组成,如图 7.3.4 所示。

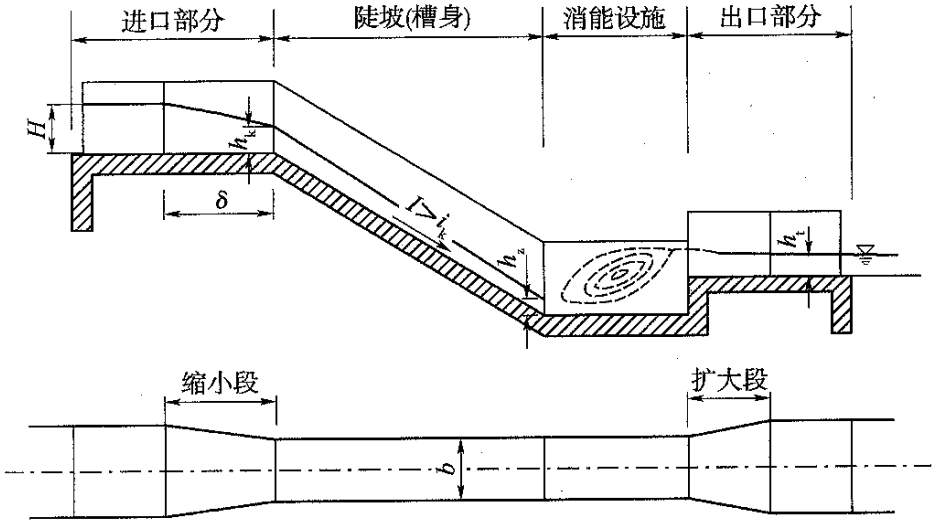



图 7.3.4　急流槽

1　急流槽的宽度一般与涵洞孔径大致相同,或根据需要通过的设计流量计算确定。

2　急流槽中水流在整个槽身长度内处于急流状态,起点断面水深为临界水深 $h_k$,随后各断面水深小于临界水深 $h_k$,即出现降水曲线。

3　按均匀流公式试算槽中正常水深 $h_0$、流速 $v_0$,最后验算流量并检验与设计流量差不大于 ±5%。

4　降水曲线范围内可按分段求和法计算完整的降水曲线长度 $l$。

$$l = \sum \Delta l \tag{7.3.4-1}$$

式中:　$\Delta l$——每相邻两假定水深 $h_i$、$h_{i+1}$ 断面间的沿槽长度(m);

$$\Delta l = \frac{E_{s2} - E_{s1}}{I - \bar{J}} \tag{7.3.4-2}$$

$E_{s1}$——前一断面的断面比能;

$$E_{s1} = h_1 + \frac{\alpha Q^2}{2gA_1^2}$$

$E_{s2}$——后一断面的断面比能;

$$E_{s2} = h_2 + \frac{\alpha Q^2}{2gA_2^2}$$

$I$——急流槽坡度,以小数计;

$\bar{J}$——前、后两断面的平均摩阻坡度,按下式计算:

$$\bar{J} = \frac{Q^2}{\bar{A}^2\bar{C}^2\bar{R}} \tag{7.3.4-3}$$

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2}$$

$A_1$、$A_2$、$C_1$、$C_2$、$R_1$、$R_2$——前、后两断面相应的过水面积($m^2$)、谢才系数和水力半径(m)。

计算出完整的降水曲线长度 $l$ 与陡槽的实际布置长度 $L$ 进行比较:

当 $l \leqslant L$ 时,为长急流槽。过 $l$ 后至 $L$ 之间为陡坡均匀流的长槽末端水深 $h_z = h_0$。

当 $l > L$ 时,为短急流槽。此时槽身内为一不完整的降水曲线。槽末端水深 $h_z$ 可以直线内插法求得,公式为:

$$h_z = (h_k - h_0)\frac{l - L}{l} + h_0 \tag{7.3.4-4}$$

式中:$h_k$——急流槽起点断面水深(即临界水深)(m);

$h_0$——急流槽正常水深(m)。

槽末断面的流速:

$$v_z = \frac{Q}{A_2}$$

式中:$A_2$——槽末断面的面积。

5 急流槽末端设置消力池或消力槛,除 $L_1 = 0$ 外,其余尺寸的计算均与第 7.3.1 条、第 7.3.2 条相同。

# 8 涵洞构造

## 8.1 洞身构造

### 8.1.1 圆管涵

1 管身宜由钢筋混凝土构成，应配双层钢筋。

2 基础形式应视地基条件而定。当在土质较软弱地基上时，可采用混凝土或浆砌片石基础；当在砂砾、卵石、碎石及密实均匀的黏土或砂土地基上时，可采用砂砾石垫层基础；当在岩石地基上时，可采用垫层混凝土。基础顶面应进行八字斜面包角，其支撑角不应小于120°。

3 接口宜为平接，可分为刚性、半刚性、柔性接口等，根据受力条件、施工方法及水文地质情况来选用接口形式。

当为柔性接口时，宜采用承插式钢筋混凝土圆管涵，其接口处应设O形橡胶圈。

4 管身周围应设防水层，以防渗水侵蚀，可采用沥青或厚200mm的塑性黏土等。

5 当管涵较长设计有沉降缝时，沉降缝应贯穿整个洞身断面，其方向应与洞身轴线垂直。

### 8.1.2 盖板涵

1 盖板分石盖板、钢筋混凝土盖板等。

2 盖板两端应与涵台顶紧，并设锚栓连接，采用C20小石子混凝土填满捣实空隙。

3 涵台基础及支撑梁由浆砌块（片）石或混凝土构成。涵底铺砌宜为水泥砂浆砌片石。

4 沿涵身长度方向应每隔4～6m设一道沉降缝，具体位置应根据地基土变化情况和填土高度而定。在地基土质发生变化、基础埋深不同或地基压力发生较大变化以及填挖交界处，均应设置沉降缝。当采用填石抬高基础时，其沉降缝间距不宜大于4m。沉降缝应贯穿整个洞身断面，其方向应与板的跨径方向一致。

5 在各式钢筋混凝土涵洞的洞身及端墙、基础顶面以上等部位，凡被土掩埋部分的表面均应设防水层。

### 8.1.3 拱涵

1 拱涵分石拱涵、混凝土拱涵等。

2 拱圈由石料、混凝土等构成。拱圈宜采用等截面圆弧拱。

3 护拱由石灰砂浆或水泥砂浆砌片石构成。

4 拱上侧墙和涵底铺砌可用水泥砂浆砌片石构成。

5 涵台宜为圬工结构,视地基土情况,可采用整体式或分离式基础。

6 拱背及台背宜设防水层,通过泄水孔或盲沟等排水设施导出积水。沉降缝的设置同盖板涵,其方向应与洞身轴线垂直。

### 8.1.4 箱涵

1 涵身宜采用钢筋混凝土整体闭合式框架结构,其横截面可为长方形或正方形。内壁在角隅处宜设倒角并配防劈裂钢筋。

2 翼墙采用一字式钢筋混凝土薄壁结构时,应与洞身连成整体;采用八字式翼墙时,翼墙与洞身间应设沉降缝。

3 涵身底部宜为混凝土和砂砾垫层上下两层。在洞口两端2m范围内应将基底埋入冰冻线以下不小于0.25m。

4 在涵身中部应设置沉降缝一道。当涵身长度超过20m时,可视具体情况每隔6m左右再设沉降缝。

### 8.1.5 倒虹吸管涵

1 倒虹吸管涵主要由进口段、水平段和出口段组成。进口段由进水河沟、沉淀池、进水井等组成。水平段是倒虹吸的主体,由基础、管身、接缝等组成。出口段由出水井、出水河沟等组成。

2 管身宜为钢筋混凝土圆管,管身基础由级配砂石垫层和混凝土基础构成。管身接缝宜为钢丝网抹带接口或环带接口。

3 进出水井宜由混凝土构成,也可由水泥砂浆砌片石构成。竖井上应设置活动的钢筋混凝土顶盖。沉淀池宜由浆砌块、片石构成。基础由混凝土和砂砾垫层构成。进出口河沟一定范围内应做铺砌加固。

### 8.1.6 钢波纹管涵

1 管身由薄钢板压成波纹后,卷制成管节构成。整体式波纹管采用法兰连接;分片拼装式波纹管采用钢板搭接,并用高强螺栓连接。

2 钢波纹管涵地基或基础应均匀坚固,其地基或基础的最小厚度与宽度应符合表8.1.6的规定。

3 钢波纹管管节内外面和紧固连接螺栓或铆钉,应进行热镀锌防腐处理。

4 管身楔形部分应采用砾类土、砂类土回填。管顶填土应在管两侧保持对称均匀、分层摊铺、逐层压实,层厚宜为150~250mm,其压实度不应小于96%。

**表 8.1.6　钢波纹管涵地基或基础的最小厚度与宽度**

| 地质条件 | | 基础最小厚度 | 基础宽 |
|---|---|---|---|
| 优质土地基 | | 可直接将地基作为基础 | |
| 一般性土质地基 | 管径 $D<900$mm | 200mm | $2D$ |
| | 管径 $D=900\sim2\,000$mm | 300mm | |
| | 管径 $D>2\,000$mm | $0.20D$ | |
| 岩石地基 | | 200～400mm，但当填土高度大于5m时，填土每增高1.0m，其厚度增加40mm | $2D$ |
| 软土地基 | | $(0.3\sim0.5)D$ 或500mm以上 | $(2\sim3)D$ |

## 8.2　洞口构造

### 8.2.1　八字式洞口

1　正八字式洞口由敞开斜置八字墙构成[图8.2.1a)]，敞开角宜采用30°，且左右翼墙对称；适用于河沟平坦顺直，无明显沟槽，且沟底与涵底高差变化不大的情况。当八字墙与路中线垂直时，称直墙式洞口[图8.2.1b)]；适用于涵洞跨径与沟宽基本一致，无需集纳和扩散水流或仅为疏通两侧农田灌溉时的情况。八字墙墙身宜由块(片)石砌筑，有条件时可做料石或混凝土预制块镶面。

2　当地形和水流条件要求涵洞与路线斜交时，应做斜八字式洞口[图8.2.1c)、d)]，分斜交斜做或斜交正做，洞口建筑应作特殊设计。

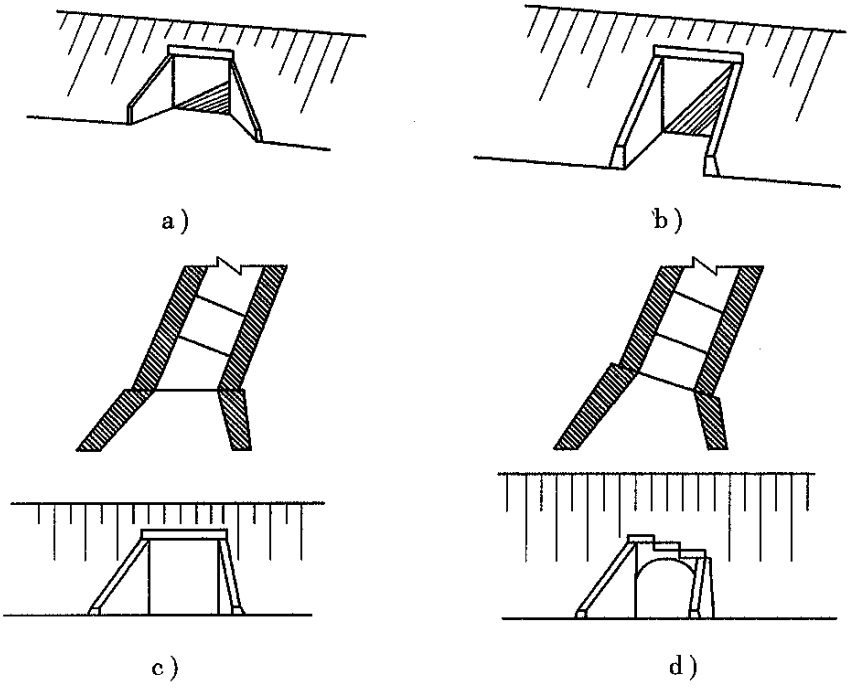



图8.2.1　八字式洞口

a)八字式洞口；b)直墙式洞口；c)斜交斜做八字式洞口；d)斜交正做八字式洞口

**8.2.2** 一字墙式(端墙式)洞口

1 一字墙式正洞口采用涵台两侧垂直涵洞轴线部分挡住路堤边坡的矮墙(端墙),墙外侧可用砌石椭圆锥坡、天然土坡、砌石护坡或挡土墙与天然沟槽、渠道和路基相连接,构成多种形式的一字墙式洞口[图 8.2.2a)、b)、c)];适用于沟床稳定、土质坚实的河沟以及流速较小的人工渠道或不易受冲刷的岩石河沟。

2 当涵洞与路线斜交时,锥坡洞口宜采用斜交正做洞口[图 8.2.2d)],其端墙可做成斜坡式或台阶式。

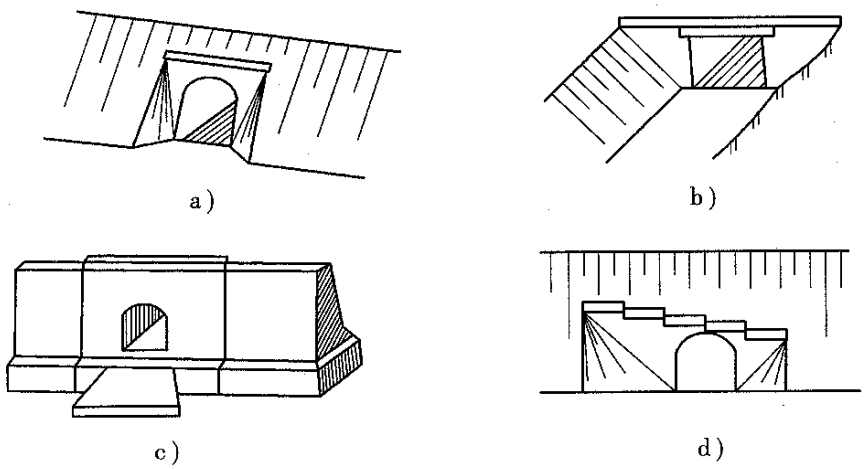



图 8.2.2 一字墙式洞口

a)一字墙式配锥形护坡洞口;b)一字墙式接渠道洞口;c)挡墙式洞口;d)一字墙式斜洞口

**8.2.3** 扭坡式洞口

1 扭坡式洞口与渠道之间由一段变化坡度的过渡段构成(图 8.2.3),适用于盖板涵、箱涵、拱涵洞身与人工灌溉渠道的连接。

2 进口收缩过渡段长度宜为渠道水深的 4 ~ 6 倍,出口扩散段还应适当增长。

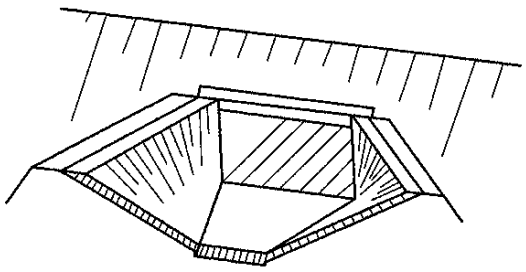
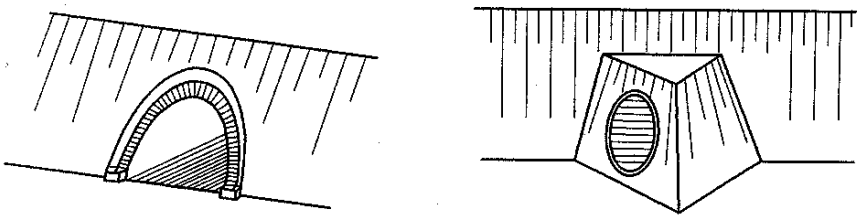


图 8.2.3 扭坡式洞口

**8.2.4** 平头式洞口

平头式洞口常用于钢筋混凝土圆管涵和钢波纹管涵,需制作特殊的洞口管节[图 8.2.4a)、b)];适用于水流通过涵洞挤束不大和流速较小的情况。



a)　　b)

图 8.2.4　平头式洞口

a)平头式正洞口;b)平头式斜洞口

### 8.2.5　走廊式洞口

走廊式洞口由两道平行翼墙在前端展开成八字形或圆曲线形构成(图 8.2.5),可使涵前的壅水水位在洞口部分提前收缩跌落,降低无压力式涵洞的计算高度或提高涵内计算水深,增大涵洞的宣泄能力;适用于高路堤的情况。

### 8.2.6　流线型洞口

流线型洞口由进水口端节在立面上升高形成流线型构成(图 8.2.6),平面也可做成流线型,使涵长方向涵洞净空符合水流进洞收缩的实际情况。流线型洞口应用于压力式涵洞时,可使洞内满流;应用于无压力式涵洞时,可增大涵前水深,提高涵洞的宣泄能力。其适用于高路堤或路幅较宽、涵身较长的涵洞。

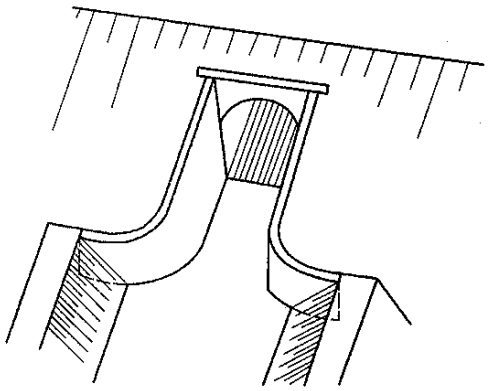


图 8.2.5　走廊式洞口

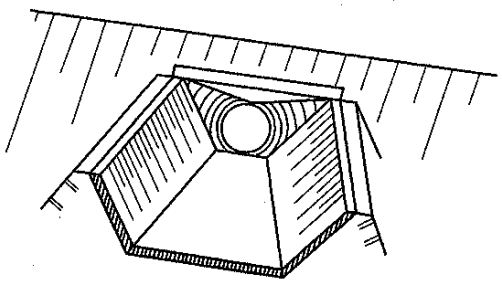
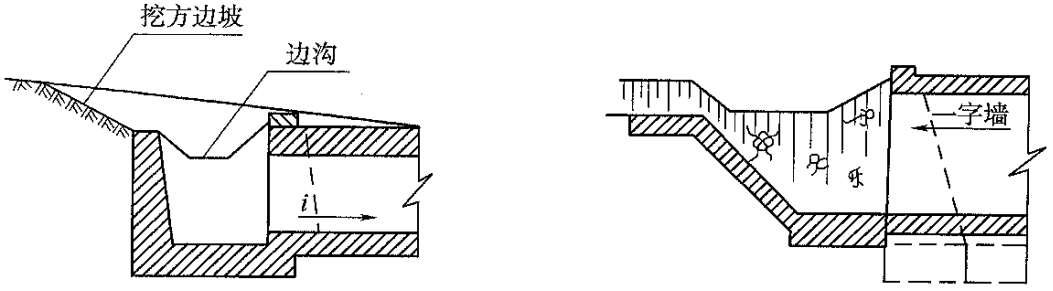


图 8.2.6　流线型洞口

### 8.2.7　跌水井式洞口

跌水井式洞口主要有边沟跌水井与一字墙式跌水井洞口两种[图 8.2.7a)、b)]。边




a)　　b)

图 8.2.7　跌水井式洞口

a)边沟跌水井洞口;b)一字墙式跌水井洞口

沟跌水井用于内侧有挖方边沟涵洞的洞口,一字墙式跌水井用于陡坡沟槽跌水。跌水井式洞口适用于河沟纵坡大于50%或路基不能满足涵洞建筑高度要求、涵洞进口开挖大以及天然沟槽与洞口高差大时,以解决路基边沟或天然沟槽与涵洞进口的连接。

## 8.3 进出水口沟床加固及防护

8.3.1 在涵洞上、下游河沟和路基边坡一定范围内,宜采取冲刷防护措施。当沟底纵坡小于或等于15%时,可铺砌到上、下游翼墙端部,并应在上、下游铺砌端部设置截水墙。其埋置深度不小于台身或翼墙基础深度。

8.3.2 进水口沟床加固及防护

1 当河沟纵坡小于10%,河沟顺直,且土质和流速许可时,可对进口采用干砌片石铺砌加固。

2 当河沟纵坡为10%~50%时,除岩石沟槽外,沟底和沟槽侧向边坡以及路基边沟均须采取人工铺砌加固。加固类型由水流流速确定。

当采用缓坡涵进口时,涵前沟底纵坡较陡,涵身纵坡较缓,应在进口段设置缓坡段,其长度为1~2倍的涵洞孔径。

当采用陡坡涵进口时,涵身纵坡较大,水流呈急流状态,涵底坡度与涵前沟底纵坡基本平顺衔接,可不设缓坡段,只做人工铺砌加固。

3 当河沟纵坡大于50%时,流速很大,进口处宜设置跌水井,可采用急流槽与天然河沟连接。急流槽底每隔1.5~2.0m宜设一防滑墙。为减缓槽内流速,可在槽底增设人工加糙设施。

4 为便于检查、养护、清淤,涵洞可设置养护阶梯。

8.3.3 出水洞口沟床加固及防护

1 在河沟纵坡小于3%的缓坡涵洞中,当出水流速小于土壤的允许冲刷流速时,下游洞口河床可不作处理;当出水口流速大于或等于土壤的允许冲刷流速时,下游洞口沟床应铺砌片石进行加固或设置挑坎防护。

2 在河沟纵坡小于或等于15%的缓坡涵洞中,出水口流速较小时,可对下游河床进行一般的铺砌加固,并在铺砌末端设置截水墙。其埋置深度不小于洞身或翼墙基础深度。截水墙外做干砌片石加固。出口流速较大时,采用延长铺砌石块或混凝土块,同时设深埋的截水墙。其深度应大于铺砌末端冲刷深度0.1~0.25m。

3 在河沟纵坡大于15%的陡坡涵洞中,其洞口末端应视河沟的地质、地形和水力条件,采用出口阶梯、急流槽、导流槽、跌水、消力池、消力槛、人工加糙等特殊加固消能设施。

# 9 结构设计

## 9.1 一般规定

9.1.1 公路涵洞的结构设计应符合《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)中作用及其组合,及《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)中承载能力极限状态和正常使用极限状态设计的规定。

9.1.2 按承载能力极限状态设计时,应采用下列表达式:

$$\gamma_0 S \leqslant R(f_d, a_d) \tag{9.1.2}$$

式中:$\gamma_0$——结构重要性系数,取用0.9;

$S$——作用效应组合设计值,宜按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定计算;

$R(\cdot)$——构件承载力设计值函数;

$f_d$——材料强度设计值;

$a_d$——几何参数设计值,可采用几何参数标准值 $a_k$,即设计文件规定值。

9.1.3 当圆管涵满足下列条件时可认为其为刚性管涵,此时,作用组合时采用的土压力分项系数宜乘以1.1的系数。

$$\frac{E}{E_S}\left(\frac{t}{r}\right)^3 \geqslant 1 \tag{9.1.3}$$

式中:$E$——涵洞结构材料的弹性模量(MPa);

$E_S$——回填土的压缩模量(MPa);

$t$——管壁厚度(m);

$r$——管的平均半径(m)。

## 9.2 作用

9.2.1 公路涵洞设计应采用车辆荷载。车辆荷载的纵、平面尺寸如图9.2.1所示,主要技术指标见表9.2.1。重型车辆少的四级公路的桥涵,车辆荷载的效应可乘以0.7的折减系数;应考虑车辆荷载的多车道作用及车轮荷载的传递和分布;除填料厚度(包括路面厚度)大于或等于0.5m的拱涵不计冲击力外,涵洞结构的冲击系数取用0.3。

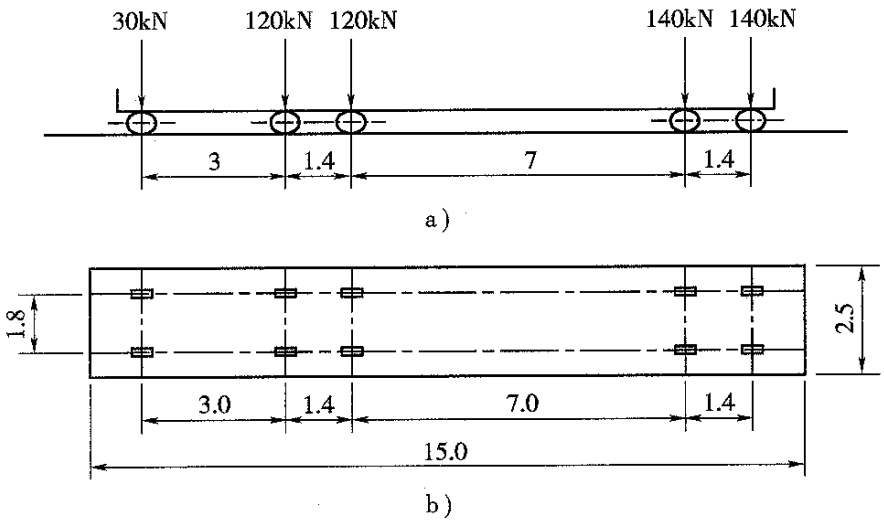



图 9.2.1　车辆荷载的纵、平面尺寸(尺寸单位:m)

a)立面布置;b)平面尺寸

**表 9.2.1　车辆荷载的主要技术指标**

| 项　　目 | 单　位 | 技术指标 | 项　　目 | 单　位 | 技术指标 |
|---|---|---|---|---|---|
| 车辆重力标准值 | kN | 550 | 轮距 | m | 1.8 |
| 前轴重力标准值 | kN | 30 | 前轮着地宽度及长度 | m | 0.3×0.2 |
| 中轴重力标准值 | kN | 2×120 | 中、后轮着地宽度及长度 | m | 0.6×0.2 |
| 后轴重力标准值 | kN | 2×140 | 车辆外形尺寸(长×宽) | m | 15×2.5 |
| 轴距 | m | 3+1.4+7+1.4 | | | |

9.2.2　土的重力及土侧压力宜按下列规定计算:

1　静土压力的标准值可按下列公式计算:

$$e = \xi\gamma h \tag{9.2.2-1}$$

$$E = \frac{1}{2}\xi\gamma H^2 \tag{9.2.2-2}$$

$$\xi = 1 - \sin\varphi \tag{9.2.2-3}$$

式中:$e$——任一高度 $h$ 处的静土压力强度(kPa);

$\xi$——压实土的静土压力系数;

$\gamma$——土的重力密度(kN/m$^3$);

$h$——填土顶面至计算点的高度(m);

$\varphi$——土的内摩擦角(°);

$H$——填土顶面至基底高度(m);

$E$——高度 $H$ 范围内单位宽度的静土压力标准值(kN/m)。

在验算抗倾覆和抗滑动稳定时,墩、台前侧地面以下不受冲刷部分土的侧压力可按静土压力计算。

2　主动土压力的标准值可按下列公式计算(图 9.2.2):

1)当土层特性无变化且无车辆荷载时,作用在涵台前后的主动土压力标准值可按下

式计算：

$$E = \frac{1}{2}B\mu\gamma H^2 \tag{9.2.2-4}$$

$$\mu = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2\alpha \cdot \cos(\alpha + \delta)\left[1 + \sqrt{\dfrac{\sin(\varphi + \delta)\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta)\cos(\alpha - \beta)}}\right]^2} \tag{9.2.2-5}$$

式中：$E$——主动土压力标准值(kN)；

$\gamma$——土的重力密度(kN/m$^3$)；

$B$——涵台的计算宽度(m)；

$H$——计算土层高度(m)；

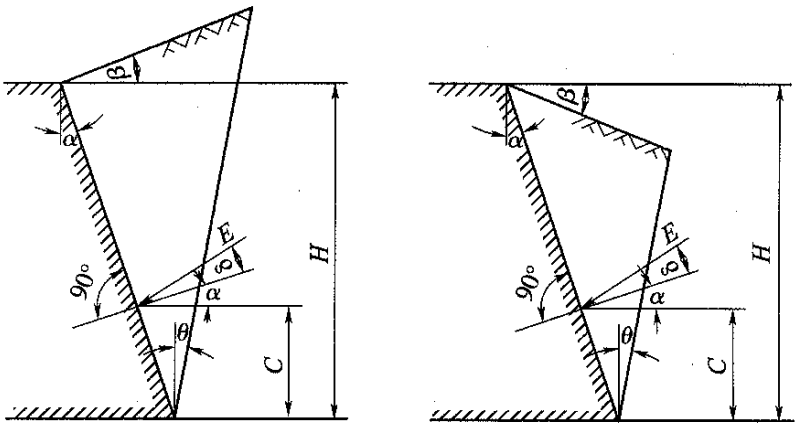
$\varphi$——土的内摩擦角(°)；

$\beta$——填土表面与水平面的夹角(°)，当计算台后的主动土压力时，$\beta$ 按图 9.2.2a)取正值；当计算台前主动土压力时，$\beta$ 按图 9.2.2b)取负值；

$\alpha$——涵台背与竖直面的夹角(°)，俯台背如图 9.2.2 所示时为正值，反之为负值；

$\delta$——台背与填土间的摩擦角(°)，可取 $\delta = \varphi/2$。

主动土压力的着力点自计算土层底面算起，$C = H/3$。




a)　　b)

图 9.2.2　主动土压力图

2)当土层特性无变化但有车辆作用时，作用在涵台后的主动土压力标准值在 $\beta = 0°$ 时可按下式计算：

$$E = \frac{1}{2}B\mu\gamma H(H + 2h) \tag{9.2.2-6}$$

式中：$h$——车辆荷载的等代均布土层厚度(m)；

其他符号意义和单位同式(9.2.2-4)。

主动土压力的着力点自计算土层底面算起，$C = \dfrac{H}{3} \times \dfrac{H + 3h}{H + 2h}$。

3)当 $\beta = 0°$ 时，破坏棱体破裂面与竖直线间夹角 $\theta$ 的正切值可按下式计算：

$$\tan\theta = -\tan\omega + \sqrt{(\cot\varphi + \tan\omega)(\tan\omega - \tan\alpha)} \tag{9.2.2-7}$$

$$\omega = \alpha + \delta + \varphi$$

式中符号意义同式(9.2.2-5)。

3 填土的重力对涵洞的竖向和水平压力强度,可按下式计算:

竖向压力强度 $$q_V = K\gamma h \tag{9.2.2-8}$$

水平压力强度 $$q_H = \lambda\gamma h \tag{9.2.2-9}$$

式中:$\gamma$——土的重力密度(kN/m$^3$);

$h$——计算截面至路面顶的高度(m);

$\lambda$——侧压系数,按下式计算:

$$\lambda = \tan^2(45° - \varphi/2)$$

$\varphi$——土的内摩擦角(°);

$K$——系数,见表9.2.2,对经久压实路堤取1.0。

**表9.2.2 系 数 $K$**

| $h/D$ | 0.1 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $K$ | 1.04 | 1.20 | 1.40 | 1.45 | 1.50 | 1.45 |
| $h/D$ | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ≥10 |
| $K$ | 1.40 | 1.35 | 1.30 | 1.25 | 1.20 | 1.15 |

注:1. $D$-涵洞的外形宽度(m)。对于圆管涵系指外直径。

2. 新填土的涵洞应分别按路堤为新填土和经久压实土两种情况计算,取不利者设计。

**9.2.3** 汽车荷载引起的土压力采用车辆荷载加载,并按下列规定计算:

1 车辆荷载在涵台后填土的破坏棱体上引起的土侧压力,可按下式换算成等代均布土层厚度 $h$(m)计算。

$$h = \frac{\sum G}{Bl_0\gamma} \tag{9.2.3}$$

式中:$\gamma$——土的重力密度(kN/m$^3$);

$\sum G$——布置在 $B \times l_0$ 面积内的车轮的总重力(kN);

$l_0$——涵台后填土的破坏棱体长度(m);

$B$——涵台横向全宽(m)。

2 计算涵洞顶上车辆荷载引起的竖向土压力时,车轮按其着地面积的边缘向下作30°角分布。当几个车轮的压力扩散线相重叠时,扩散面积以最外边的扩散线为准。

**9.2.4** 施加于涵洞上的温度等作用应按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的规定取用。

## 9.3 洞身上部的计算

### 9.3.1 圆管涵

1 混凝土圆管涵的设计可仅考虑车辆荷载、圆管涵自重和填土产生的等效荷载的作

用组合。管壁环向压力和径向剪力可不计算，仅考虑弯矩作用效应。

2 车辆荷载和填土在截面上的弯矩作用效应 $M$ 可按下式计算：

$$M = 0.137qR^2(1-\lambda) \tag{9.3.1-1}$$

式中：$q$——车辆荷载和填土产生的等效荷载的垂直压力(kPa)；

$R$——圆管涵管壁内外径的平均半径(m)；

$\lambda$——土的侧压力系数，$\lambda = \tan^2(45° - \varphi/2)$；

$\varphi$——土的内摩擦角(°)。

3 圆管涵自重在截面上的弯矩作用效应 $M_z$ 可按下式计算：

$$M_z = 0.369\gamma tR^2 \tag{9.3.1-2}$$

式中：$\gamma$——材料重力密度(kN/m$^3$)；

$t$——管壁厚度(m)；

$R$——圆管涵管壁内外径的平均半径。

4 混凝土圆管涵结构应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定进行承载能力极限状态的承载能力(强度)和正常使用极限状态下的裂缝宽度的验算。

### 9.3.2 正交盖板涵

1 盖板的两端铰接支撑在台身上端，台身下端与基础固接。盖板可按两端简支的板计算，可不考虑涵台传来的水平力。当涵洞结构无支撑梁时，宜以净跨径加板厚作为计算跨径计算弯矩效应，并以净跨径为计算跨径计算剪力效应。

2 板的长度与宽度之比大于或等于2时，可按简支单向板计算。

3 正交盖板涵的设计可仅考虑车辆荷载、盖板涵自重和填土产生的等效荷载的作用效应组合。

4 正交盖板涵结构应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定进行承载能力极限状态的承载能力(正截面强度和斜截面强度)和正常使用极限状态下的裂缝宽度、刚度(挠度)的验算。

5 钢筋混凝土正交盖板涵应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)中最小钢筋配筋率的规定。

6 正交盖板涵尚应按相关标准的规定进行附属结构的验算。

### 9.3.3 斜交盖板涵

1 盖板的两端铰接支撑在台身上端，台身下端与基础固接。盖板可按两端简支的斜板计算，可不考虑涵台传来的水平力。

2 简支斜板的单宽最大弯矩效应可为简支正板的单宽最大弯矩效应乘以折减系数 $K_\alpha$，可不考虑板与板之间的横向联系。

$$M' = K_\alpha M \tag{9.3.3-1}$$

式中：$M'$——斜板的单宽最大弯矩效应(kN·m)；

$M$——计算跨径为 $l_a$ 的正板的单宽最大弯矩效应(kN·m);

$$l_a = l_0 + h$$

$l_0$——斜板跨径(m);

$h$——斜盖板的厚度(m);

$K_\alpha$——弯矩效应折减系数,可依参数 $\gamma$ 按表9.3.3-1取用;

$$\gamma = 5.8\frac{I}{J}\left(\frac{b}{l_a}\right)^2$$

$I$——截面惯性矩($m^4$);

$b$——矩形截面的宽度(m);

$J$——截面扇性惯性矩($m^4$);

$$J = cbt^3$$

$t$——矩形截面的厚度(高度);

$c$——矩形截面的抗扭刚度系数,可按表9.3.3-2查取。

**表9.3.3-1 弯矩效应折减系数**

| $\gamma$ | 板1~3 | | | | 板4 | | | | 板5 | | | | 板6 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $K_\alpha$ | | | | $K_\alpha$ | | | | $K_\alpha$ | | | | $K_\alpha$ | |
| | 75° | 60° | 45° | 30° | 75° | 60° | 45° | 30° | 75° | 60° | 45° | 30° | 75° | 60° |
| 0.012 5 | 0.974 | 0.893 | 0.772 | 0.634 | 0.997 | 0.903 | 0.791 | 0.660 | 0.980 | 0.914 | 0.813 | 0.700 | 0.983 | 0.925 |
| 0.039 6 | 0.965 | 0.866 | 0.738 | 0.602 | 0.971 | 0.889 | 0.777 | 0.630 | 0.977 | 0.910 | 0.810 | 0.644 | 0.982 | 0.924 |
| 0.106 8 | 0.963 | 0.863 | 0.726 | 0.606 | 0.971 | 0.886 | 0.744 | 0.599 | 0.975 | 0.894 | 0.749 | 0.596 | 0.976 | 0.896 |
| 0.241 9 | 0.961 | 0.852 | 0.733 | 0.612 | 0.965 | 0.861 | 0.732 | 0.564 | 0.965 | 0.867 | 0.729 | 0.537 | 0.965 | 0.871 |
| 0.480 6 | 0.960 | 0.862 | 0.741 | 0.584 | 0.960 | 0.858 | 0.710 | 0.518 | 0.961 | 0.854 | 0.697 | 0.483 | 0.961 | 0.853 |
| 0.866 7 | 0.962 | 0.865 | 0.725 | 0.539 | 0.958 | 0.847 | 0.678 | 0.412 | 0.958 | 0.842 | 0.664 | 0.444 | 0.957 | 0.840 |
| 1.451 8 | 0.961 | 0.856 | 0.691 | 0.490 | 0.955 | 0.831 | 0.645 | 0.432 | 0.954 | 0.825 | 0.627 | 0.398 | 0.954 | 0.823 |
| 2.295 3 | 0.958 | 0.837 | 0.651 | 0.447 | 0.951 | 0.814 | 0.613 | 0.398 | 0.949 | 0.806 | 0.593 | 0.372 | 0.949 | 0.803 |
| 3.464 5 | 0.952 | 0.815 | 0.613 | 0.412 | 0.946 | 0.796 | 0.584 | 0.371 | 0.944 | 0.787 | 0.566 | 0.350 | 0.943 | 0.783 |

| $\gamma$ | 板6 | | 板7 | | | | 板8 | | | | 板9 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $K_\alpha$ | | $K_\alpha$ | | | | $K_\alpha$ | | | | $K_\alpha$ | | | |
| | 45° | 30° | 75° | 60° | 45° | 30° | 75° | 60° | 45° | 30° | 75° | 60° | 45° | 30° |
| 0.012 5 | 0.839 | 0.739 | 0.986 | 0.936 | 0.864 | 0.767 | 0.988 | 0.946 | 0.883 | 0.785 | 0.990 | 0.954 | 0.897 | 0.798 |
| 0.039 6 | 0.826 | 0.655 | 0.984 | 0.932 | 0.833 | 0.660 | 0.986 | 0.935 | 0.837 | 0.663 | 0.987 | 0.937 | 0.838 | 0.671 |
| 0.106 8 | 0.756 | 0.581 | 0.977 | 0.897 | 0.772 | 0.583 | 0.977 | 0.898 | 0.775 | 0.580 | 0.977 | 0.904 | 0.778 | 0.579 |
| 0.241 9 | 0.722 | 0.524 | 0.968 | 0.876 | 0.721 | 0.518 | 0.969 | 0.876 | 0.721 | 0.515 | 0.969 | 0.876 | 0.720 | 0.514 |
| 0.480 6 | 0.692 | 0.467 | 0.961 | 0.853 | 0.691 | 0.458 | 0.961 | 0.853 | 0.690 | 0.453 | 0.961 | 0.853 | 0.690 | 0.450 |
| 0.866 7 | 0.657 | 0.417 | 0.957 | 0.840 | 0.654 | 0.406 | 0.957 | 0.839 | 0.653 | 0.400 | 0.957 | 0.839 | 0.652 | 0.395 |
| 1.451 8 | 0.619 | 0.377 | 0.953 | 0.822 | 0.615 | 0.365 | 0.953 | 0.822 | 0.613 | 0.357 | 0.953 | 0.821 | 0.612 | 0.352 |
| 2.295 3 | 0.584 | 0.349 | 0.949 | 0.802 | 0.579 | 0.334 | 0.948 | 0.801 | 0.576 | 0.324 | 0.948 | 0.801 | 0.574 | 0.319 |
| 2.464 5 | 0.553 | 0.330 | 0.943 | 0.782 | 0.547 | 0.316 | 0.943 | 0.781 | 0.544 | 0.305 | 0.943 | 0.780 | 0.542 | 0.298 |

**表 9.3.3-2　矩形截面的抗扭刚度系数**

| $t/b$ | 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | <0.1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0.141 | 0.155 | 0.171 | 0.189 | 0.209 | 0.229 | 0.250 | 0.270 | 0.291 | 0.312 | 1/3 |

3　涵洞顶上的车辆荷载引起的垂直土压力计算与正交盖板涵相同。

4　斜交盖板涵的设计可仅考虑车辆荷载、盖板涵自重和填土产生的等效荷载的作用效应组合。

5　斜交盖板涵结构应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定进行承载能力极限状态的承载能力(正截面强度和斜截面强度)和正常使用极限状态下的裂缝宽度、刚度(挠度)的验算。

6　钢筋混凝土斜交盖板涵应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)中最小钢筋配筋率的规定。单宽范围内垂直于主筋方向或者平行于简支边方向布置的分布钢筋数量应同时满足下述要求:

$$F_s \geqslant 113.1\left(2-\frac{\alpha}{90}\right) \tag{9.3.3-2}$$

式中:$F_s$——单宽(1m)范围内分布钢筋的面积($mm^2$);

$\alpha$——斜交角(°),即自由边与简支边的夹角。

7　斜交盖板涵尚应按相关标准的规定进行附属结构的验算。

### 9.3.4　箱涵

1　钢筋混凝土箱涵可按矩形框架设计、计算,框架的轴线以构件混凝土断面的重心轴线为准。进行超静定结构内力效应分析时,可按全截面考虑。

2　箱涵的顶板、底板和侧墙可按偏心受压构件设计、配筋。

3　箱涵体内外的温度变化值可按 ±(10 ~ 15℃)考虑;底板、侧板分期浇筑时,混凝土收缩的影响可按降温 10℃考虑。

4　箱涵的设计可仅考虑车辆荷载、箱涵自重和填土产生的等效荷载的作用效应组合。

5　箱涵结构的顶板、底板和侧板应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)的规定进行承载能力极限状态的承载能力(正截面强度和斜截面强度)和正常使用极限状态下的裂缝宽度、刚度(挠度)的验算。

6　钢筋混凝土箱涵结构应符合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)中最小钢筋配筋率的规定。

7　钢筋混凝土箱涵的设计应检算涵底的地基承载力,并应满足相关规范的要求。

### 9.3.5　拱涵

1　拱涵的拱圈宜按无铰拱计算,其矢跨比不宜小于 1/4。拱涵可不考虑曲率、剪切变形、弹性压缩、温度作用效应和混凝土收缩效应。

2　整体式涵洞基础底面地基土的承压应力,可按涵长根据不同的填土高度分段

计算。

3 圬工拱涵的主拱圈高度 $h$ 可按下列公式计算确定:

$$h = 1.5m\sqrt[3]{l_0} \tag{9.3.5-1}$$

或

$$h = 0.06 + 13.7\sqrt{R_1 + l_0/2} \tag{9.3.5-2}$$

式中:$h$——主拱圈高度(m);

$l_0$——圆弧拱净跨径(m);

$R_1$——拱腹线半径(m);

$m$——系数,一般为4.5~6,取值随矢跨比减小而增大。

计算跨径

$$l = l_0 + h\sin\varphi_0 \tag{9.3.5-3}$$

计算矢高

$$f = f_0 + \frac{h}{2} - \frac{h}{2}\cos\varphi_0 \tag{9.3.5-4}$$

计算半径

$$R_0 = \frac{l_0}{2\sin\varphi_0} = \frac{f}{1 - \cos\varphi_0} \tag{9.3.5-5}$$

以上三式中:$\varphi_0$——拱脚至圆心的连线与垂线的交角(半圆心角)(°);

$f$——计算矢高(m);

$f_0$——净矢高(m);

其余符号意义同式(9.3.5-1)。

4 拱涵的拱圈应按《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)的规定进行承载能力极限状态的承载能力(正截面强度)、稳定性验算。

## 9.4 涵台的计算

### 9.4.1 盖板涵涵台

1 应按《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)的规定,将涵台上部盖板与涵底支撑梁或固定基础作为涵台的上下支撑点,涵台作为上下端简支的竖梁,验算墙身圬工在竖直荷载和水平压力作用下的承载能力(强度和稳定性),并应符合相关规范的规定。

2 应按《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)的规定,将涵台(轻型)身、一字墙(当一字墙和涵台结成整体时)和基础视为弹性地基上的短梁,验算涵台在轴线方向竖直平面内的弯曲承载能力,并应符合相关规范的规定。

3 应按有关规范的要求,验算涵台下地基土的承载能力。

### 9.4.2 拱涵涵台

1 拱涵涵台的设计和验算应考虑恒载与全孔或半孔车辆荷载及其单侧水平推力的组合状况。

2 拱涵涵台应按偏心受压构件验算台墙的承载能力(正截面强度和稳定性)。抗倾覆和抗滑动的稳定系数应不低于1.3。

3 应按有关规范的要求,验算涵台下地基土的承载能力。

## 9.5 洞口构造的计算

**9.5.1** 八字翼墙应按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)和现行《公路桥涵地基与基础设计规范》分别验算其抗滑动稳定性、抗倾覆稳定性、基底应力、基底偏心距和墙身强度。

**9.5.2** 八字翼墙可按独立墙计算。

**9.5.3** 一字墙(端墙)宜作为挡土墙结构按现行公路桥涵设计规范分别验算其强度和应力。

# 附录 A　石材试件强度的换算系数及石砌体分类

**A.0.1**　石材的强度等级,应用边长为 70mm 的立方体试块的抗压强度表示;当采用其他尺寸时,应乘以附表 A.0.1 的换算系数进行换算。

**表 A.0.1　石材试件强度的换算系数**

| 立方体试件边长(mm) | 200 | 150 | 100 | 70 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|
| 换算系数 | 1.43 | 1.28 | 1.14 | 1.00 | 0.86 |

**A.0.2**　石砌体分类如下:

1　细料石砌体

石材砌块厚度 200 ~ 300mm,宽度为厚度的 1.0 ~ 1.5 倍,长度为厚度的 2.5 ~ 4.0 倍,表面凹陷深度不大于 10mm,外形为方正的六面体,错缝砌筑。砌筑缝宽不应大于 10mm。

2　半细料石砌体

砌块表面凹陷深度不大于 15mm,缝宽不大于 15mm,其他要求同细料石砌体。

3　粗料石砌体

砌块表面凹陷深度不大于 20mm,缝宽不大于 20mm,其他要求同细料石砌体。

4　块石砌体

石材砌块厚度 200 ~ 300mm,形状大致方正,宽度约为厚度的 1.0 ~ 1.5 倍,长度约为厚度的 1.5 ~ 3.0 倍,每层石材高度大致一律,并错缝砌筑。

5　片石砌体

石材砌块厚度不小于 150mm,砌筑时敲去其尖锐凸出部分,平稳放置,可用小石块填塞空隙。

**A.0.3**　混凝土预制块砌体各项规格、尺寸同细料石砌体。

# 附录 B　水文计算图表

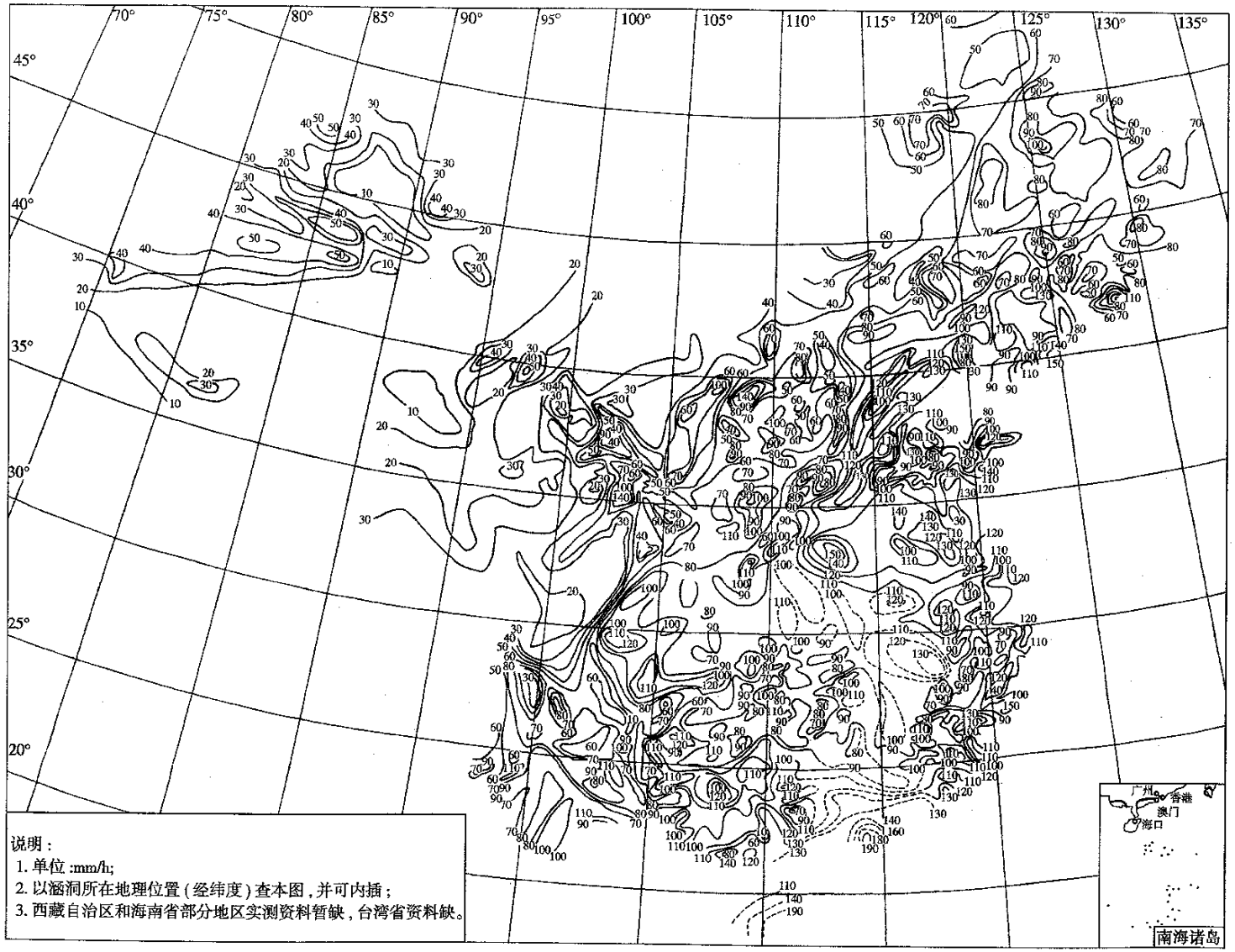



图 B-1　暴雨等值线图（$S_P=1\%$）

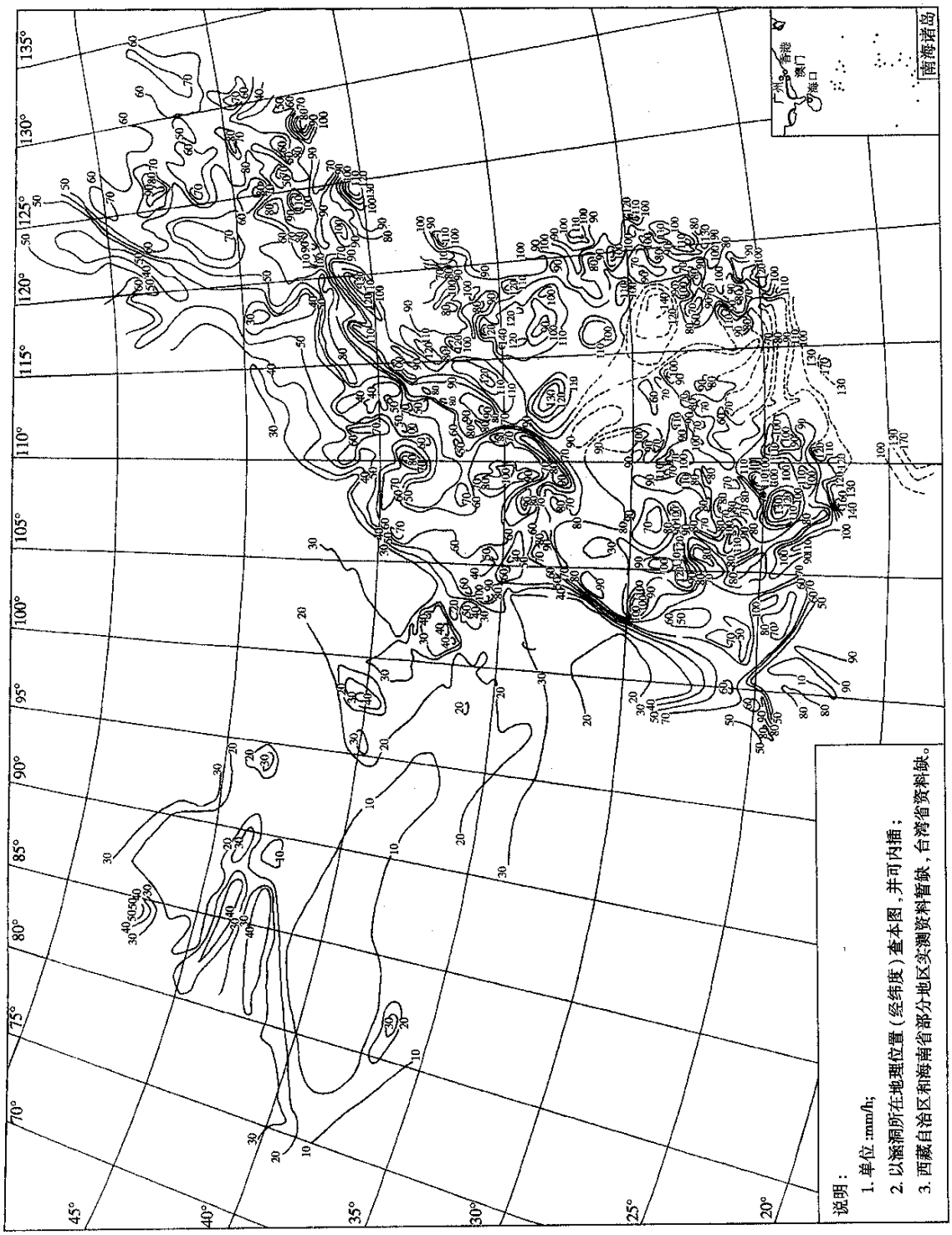



图 B-2　暴雨等值线图（$S_P = 2\%$）

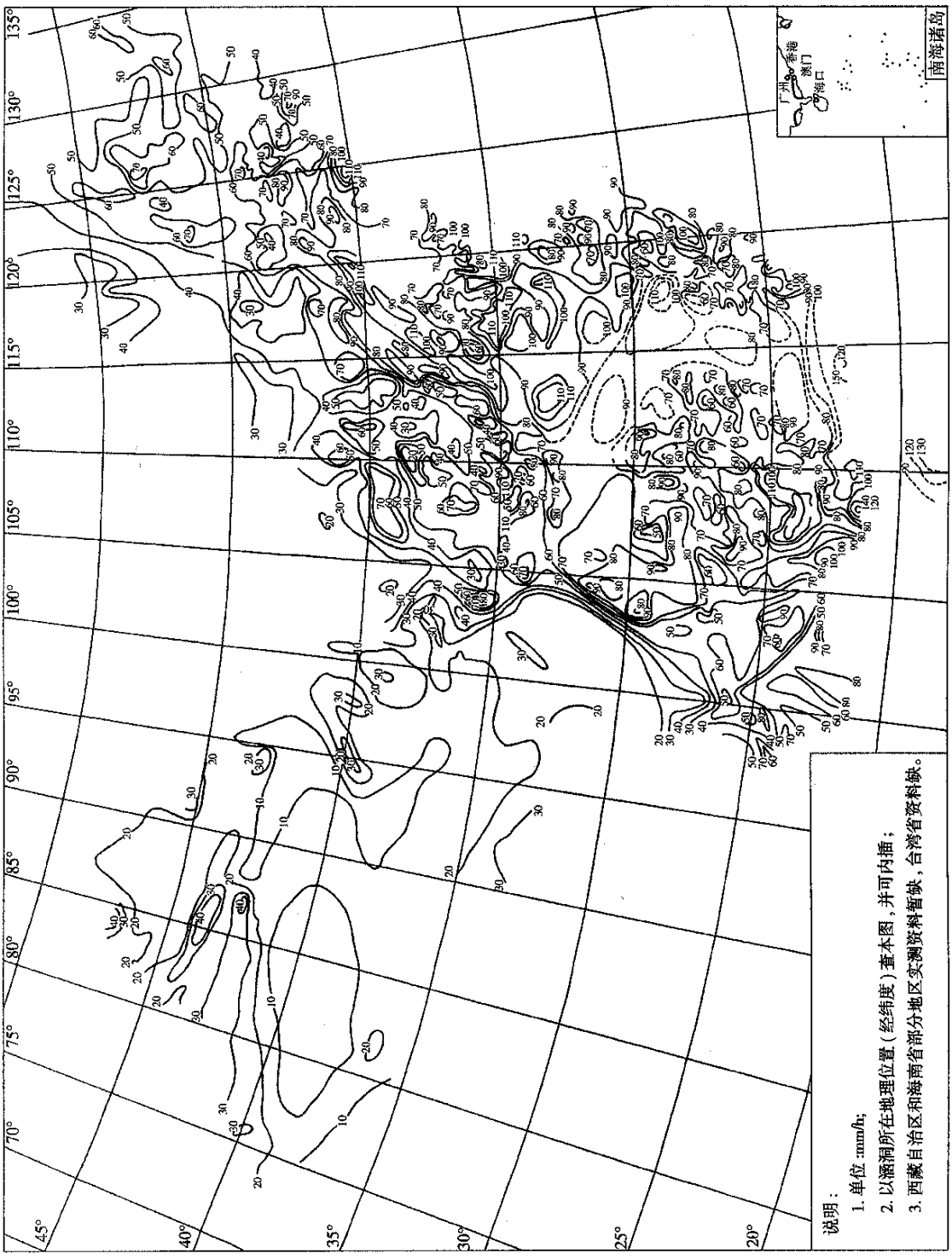



图 B-3　暴雨等值线图（$S_P = 4\%$）

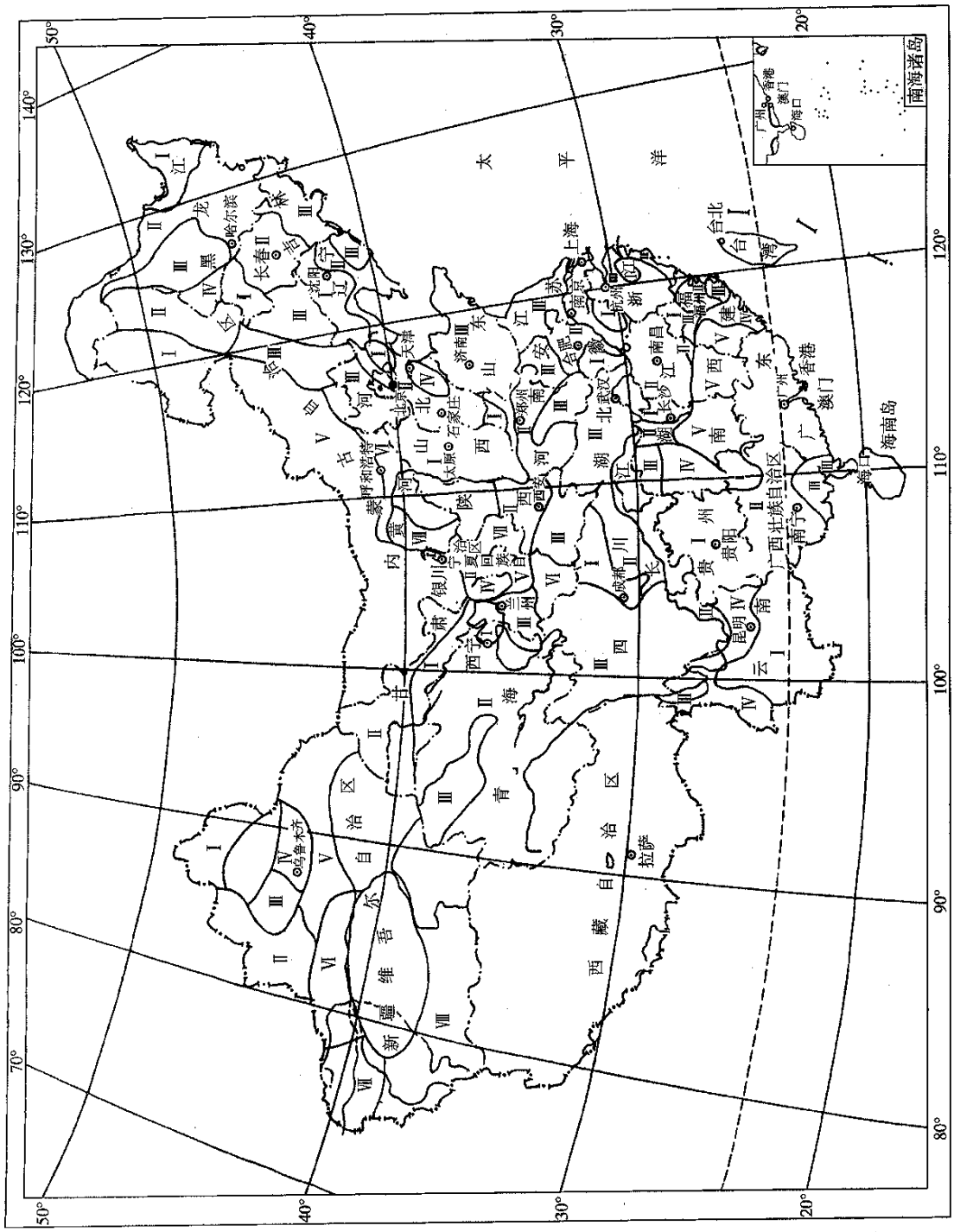



图 B-4　暴雨递减指数 $n$ 值分区图

**表 B-1　汇流时间的分区和系数指数值**

| 省区名称 | 分区 | 系数、指数 / 分区、指标 | | $K_3$ | $\alpha_1$ | $K_4$ | $\alpha_2$ | $\beta_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 河北 | I | 河北平原区 | | 0.70 | 0.41 | | | |
| | II | 冀北山区 | | 0.65 | 0.38 | | | |
| | | 冀西北山间盆地 | | 0.58 | 0.39 | | | |
| | | 冀西山区 | | 0.58 | 0.40 | | | |
| | III | 坝上高原区 | | 0.45 | 0.18 | | | |
| 山西 | | 土石山覆盖的林区 | | 0.15 | 0.42 | | | |
| | | 煤矿塌陷漏水区和严重风化区 | | 0.13 | 0.42 | | | |
| | | 黄土丘陵区 | | 0.10 | 0.42 | | | |
| 四川 | | 盆地丘陵区 $I_z \leqslant 1.0\%$ | | | | 3.67 | 0.620 | 0.203 |
| | | 青衣江区 $I_z > 1.0\%$ | | | | 3.67 | 0.516 | 0.203 |
| | | 盆缘山区 | $I_z \leqslant 1.5\%$ 及西昌区 | | | 3.29 | 0.696 | 0.239 |
| | | | $I_z \geqslant 1.5\%$ | | | 3.29 | 0.536 | 0.239 |
| 安徽 | I | $I_z > 1.5\%$ | | | | $\begin{cases} F < (90)37.5 \\ F > (90)26.3 \end{cases}$ | 0.925 | 0.725 |
| | II | $I_z = 1.0\% \sim 1.5\%$ | | | | 11 | 0.512 | 0.395 |
| | III | $I_z = 0.5\% \sim 1.0\%$ | | | | 29 | 0.810 | 0.544 |
| | IV | $< 0.5\%$ | | | | 14.3 | 0.30 | 0.330 |
| 湖南 | I | 湘资水系 | | 5.59 | 0.380 | | | |
| | II | 沅水系 | | 3.79 | 0.197 | | | |
| | III | 洋水系 | | 1.57 | 0.636 | | | |
| 宁夏 | I | 山区 | | 0.14 | 0.44 | | | |
| | II | 丘陵区 | | 0.38 | 0.21 | | | |
| 广西 | I | 山区 | | 0.56 | 0.306 | | | |
| | II | 丘陵区 | | 0.42 | 0.419 | | | |
| 甘肃 | I | 平原 | | 0.96 | 0.71 | | | |
| | II | 丘陵区 | | 0.62 | 0.71 | | | |
| | III | 山区 | | 0.39 | 0.71 | | | |
| 吉林 | I | | | 0.000 35 | 1.40 | | | |
| | II | | | 0.032 | 0.84 | | | |
| | III | | | 0.022 | 1.45 | | | |
| 河南 | I | | | 0.73 | 0.32 | | | |
| | II | | | 0.038 | 0.75 | | | |
| | III | | | 0.63 | 0.15 | | | |
| | IV | | | 0.80 | 0.20 | | | |

续上表

| 省区名称 | 分区 | 系数、指数 / 分区、指标 | $K_3$ | $\alpha_1$ | $K_4$ | $\alpha_2$ | $\beta_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 青海 | I | 东部区 | 0.871 | 0.75 | | | |
| | II | 内陆区 | 0.96 | 0.747 | | | |
| 新疆 | I | $50 < F < 200$ | 0.60 | 0.65 | | | |
| | II | $F > 200$ | 0.20 | 0.65 | | | |
| 浙江 | I | 浙北地区 | | | 72.0 | 0.187 | 0.90 |
| | II | 浙东南沿海区 | | | 72.0 | 0.187 | 0.90 |
| | III | 浙西南、西北山区及中部丘陵区 | | | 72.0 | 0.187 | 0.90 |
| | IV | 杭嘉湖平原边缘地势平缓地区 | | | 105.0 | 0.187 | 0.90 |
| 内蒙古 | I | 大兴安岭中段余脉山地丘陵区 | 0.334 ~ 0.537 | 0.16 | | | |
| | II | 黄河流域山地丘陵区 | 0.334 ~ 0.537 | 0.16 | | | |
| 福建 | I | 平原区 | | | 1.8 | 0.48 | 0.51 |
| | II | 丘陵区 | | | 2.0 | 0.48 | 0.51 |
| | III | 山区 | | | 2.6 | 0.48 | 0.51 |
| 贵州 | I | 平丘区 | 0.080 | 0.713 | | | |
| | II | 浅山区 | 0.193 | 0.713 | | | |
| | III | 深山区 | 0.302 | 0.713 | | | |

注:$I_z$-主河沟平均坡度(%);$F$-汇水面积($km^2$)。

**表 B-2　暴雨递减指数 $n$ 值分区**

| 省区名称 | 分　区 | $n$　值 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ |
| 内蒙古 | I | 0.62 | 0.79 | 0.86 |
| | II | 0.60 | 0.76 | 0.79 |
| | III | 0.59 | 0.76 | 0.80 |
| | IV | 0.65 | 0.73 | 0.75 |
| | V | 0.63 | 0.76 | 0.81 |
| | VI | 0.59 | 0.71 | 0.77 |
| | VII | 0.62 | 0.74 | 0.82 |
| 陕西 | I | 0.59 | 0.71 | 0.78 |
| | II | 0.52 | 0.75 | 0.81 |
| | III | 0.52 | 0.72 | 0.78 |

续上表

| 省区名称 | 分　区 | $n$　值 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ |
| 福建 | I | 0.53 | 0.65 | 0.70 |
| | II | 0.52 | 0.69 | 0.73 |
| | III | 0.47 | 0.65 | 0.70 |
| | IV | 0.48 | 0.65 | 0.73 |
| | V | 0.51 | 0.67 | 0.70 |
| 浙江 | I | 0.60 | 0.65 | 0.78 |
| | II | 0.49 | 0.62 | 0.65 |
| | III | 0.53 | 0.68 | 0.73 |
| 安徽 | I | | 0.61 | 0.69 |
| | II | 0.38 | 0.69 | 0.69 |
| | III | 0.39 | 0.76 | 0.77 |
| 甘肃 | I | 0.69 | 0.72 | 0.78 |
| | II | 0.61 | 0.76 | 0.82 |
| | III | 0.62 | 0.77 | 0.85 |
| | IV | 0.55 | 0.65 | 0.82 |
| | V | 0.58 | 0.74 | 0.85 |
| | VI | 0.49 | 0.59 | 0.84 |
| | VII | 0.53 | 0.66 | 0.75 |
| 宁夏 | I | 0.52 | 0.62 | 0.81 |
| | II | 0.58 | 0.66 | 0.75 |
| 湖南 | I | 0.45 | 0.62～0.63 | 0.70～0.75 |
| | II | 0.30～0.40 | 0.65～0.70 | 0.75 |
| | III | 0.40～0.50 | 0.55～0.60 | 0.70～0.80 |
| | IV | 0.40～0.50 | 0.65～0.70 | 0.75～0.80 |
| | V | 0.40～0.50 | 0.70～0.75 | 0.75～0.80 |
| 辽宁 | I | 0.60～0.66 | 0.70～0.74 | |
| | II | 0.55～0.60 | 0.60～0.70 | |
| | III | 0.50～0.55 | 0.55～0.60 | |
| 四川 | I | 0.50 | 0.60～0.65 | |
| | II | 0.45 | 0.70～0.75 | |
| | III | 0.73 | 0.70～0.75 | |
| 青海 | I | 0.49 | 0.75 | 0.87 |
| | II | 0.47 | 0.76 | 0.82 |
| | III | 0.65 | 0.78 | |

续上表

| 省区名称 | 分 区 | n 值 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ |
| 吉林 | I | 0.56 | 0.70 | 0.76 |
| | II | 0.56 | 0.75 | 0.82 |
| | III | 0.60 | 0.69 | 0.75 |
| 河南 | I | 0.55～0.60 | 0.65～0.70 | 0.75～0.80 |
| | II | 0.50～0.55 | 0.70～0.75 | 0.75～0.80 |
| | III | 0.45～0.50 | 0.60～0.65 | 0.75 |
| 广西 | I | 0.38～0.43 | 0.65～0.70 | 0.70～0.73 |
| | II | 0.40～0.45 | 0.70～0.75 | 0.75～0.85 |
| | III | 0.40～0.45 | 0.60～0.65 | 0.75～0.85 |
| 新疆 | I | 0.63 | 0.70 | 0.84 |
| | II | 0.73 | 0.78 | 0.85 |
| | III | 0.56 | 0.72 | 0.88 |
| | IV | 0.45 | 0.64 | 0.80 |
| | V | 0.63 | 0.77 | 0.91 |
| | VI | 0.62 | 0.74 | 0.80 |
| | VII | 0.60 | 0.72 | 0.86 |
| | VIII | 0.60 | 0.66 | 0.85 |
| 山西 | | 0.60 | 0.70 | |
| 贵州 | | 0.47 | 0.69 | 0.80 |
| 河北 | I | 0.40～0.50 | 0.50～0.60 | 0.65 |
| | II | 0.50～0.55 | 0.60～0.70 | 0.70 |
| | III | 0.55 | 0.60 | 0.60～0.70 |
| | IV | 0.30～0.40 | 0.70～0.75 | 0.75～0.80 |
| 云南 | I | 0.50～0.55 | 0.75～0.80 | 0.75～0.80 |
| | II | 0.45～0.55 | 0.70～0.80 | 0.75～0.80 |
| | III | 0.55 | 0.60 | 0.65 |
| | IV | 0.45～0.50 | 0.65～0.75 | 0.70～0.80 |

注:$n_1$-小于1h的暴雨递减指数;$n_2$-1～6h的暴雨递减指数;$n_3$-6～24h的暴雨递减指数。

**表 B-3　损失参数的分区和系数指数值**

| 省区名称 | 分区 | 分区、指标 \ 系数、指数 | $K_1$ | $\beta_1$ | $K_2$ | $\beta_2$ | $\lambda_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 河北 | I | 河北平原区 | 1.23 | 0.61 | | | |
| | II | 冀北山区 | 0.95 | 0.60 | | | |
| | | 冀西北山间盆地 | 1.15 | 0.58 | | | |
| | III | 冀西山区 | 1.12 | 0.56 | | | |
| | | 坝上高原区 | 1.52 | 0.50 | | | |
| 山西 | I | 煤矿塌陷和森林覆盖较好地区 | 0.85 | 0.98 | | | |
| | II | 裸露石山区 | 0.25 | 0.98 | | | |
| | III | 黄土丘陵区 | 0.65 | 0.98 | | | |
| 四川 | I | 青衣江区 | | | 0.742 | 0.542 | 0.222 |
| | II | 盆地丘陵区 | | | 0.270 | 0.897 | 0.272 |
| | III | 盆缘山区 | | | 0.263 | 0.887 | 0.281 |
| 安徽 | II | 根据表 B-4 土壤分类 | | | 0.755 | 0.74 | 0.017 1 |
| | III | | | | 0.103 | 1.21 | 0.042 5 |
| | IV | | | | 0.406 | 1.00 | 0.110 4 |
| | V | | | | 0.520 | 0.94 | 0 |
| | VI | | | | 0.332 | 1.099 | 0 |
| 宁夏 | IV | 根据表 B-4 土壤分类 | 0.93 | 0.86 | | | |
| | V | | 1.98 | 0.69 | | | |
| 湖南 | I | 湘资流域 | 0.697 | 0.567 | | | |
| | II | 沅水流域 | 0.213 | 0.940 | | | |
| | III | 沣水流域 | 1.925 | 0.223 | | | |
| 甘肃 | II | 根据表 B-4 土壤分类 | 0.65 | 0.82 | | | |
| | III | | 0.75 | 0.84 | | | |
| | IV | | 0.75 | 0.86 | | | |
| 吉林 | II | 根据表 B-4 土壤分类 | 0.12 | 1.44 | | | |
| | III | | 0.13 | 1.37 | | | |
| | IV | | 0.29 | 1.01 | | | |
| | V | | 0.29 | 1.01 | | | |
| 河南 | I | 根据河南省 $n$ 值分区图 | 0.002 3 | 1.75 | | | |
| | II | | 0.057 | 1.0 | | | |
| | III | | 1.0 | 0.71 | | | |
| | IV | | 0.80 | 0.51 | | | |
| 青海 | I | 东部区 | 0.52 | 0.774 | | | |
| | II | 内陆区 | 0.32 | 0.913 | | | |

续上表

| 省区名称 | 分区 | 系数、指数 / 分区、指标 | $K_1$ | $\beta_1$ | $K_2$ | $\beta_2$ | $\lambda_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新疆 | I | $50 < F < 200$ | 0.46 | 1.09 | | | |
| | II | $F < 200$ | 0.68 | 1.09 | | | |
| 浙江 | I | 浙北地区 | 0.08 | 0.15 | | | |
| | II | 浙东南沿海区 | 0.10～0.11 | 0.15 | | | |
| | III | 浙西南、西北及东部丘陵区 | 0.13～0.14 | 0.15 | | | |
| | IV | 杭嘉湖平原边缘地势平缓区 | 0.15 | 0.15 | | | |
| 内蒙古 | IV | 大兴安岭中段及余脉山区 | 0.517～0.83 | 0.4～0.71 | | | |
| | VI | 黄河流域山地丘陵区 | 1.0 | 1.05 | | | |
| 福建 | | 全省通用 | 0.34 | 0.93 | | | |
| 贵州 | I | 深山区 | | | 1.17 | 1.099 | 0.437 |
| | II | 浅山区 | | | 0.51 | 1.099 | 0.437 |
| | III | 平丘区 | | | 0.31 | 1.099 | 0.437 |
| 广西 | I | 丘陵区 | 0.52 | 0.774 | | | |
| | II | 山区 | 0.32 | 0.915 | | | |

注:$F$-汇水面积($km^2$)。

**表 B-4 土壤植被分类**

| 类 别 | 特 征 |
|---|---|
| II | 黏土、盐碱土地面,土壤脊薄的岩石地区;植被差,轻微风化的岩石地区 |
| III | 植被差的沙质黏土地面;土层较薄的土面山区,植被中等、风化中等的山区 |
| IV | 植被差的一般黏砂土地面;风化严重土层厚的山区;草灌较厚的山丘区或草地;人工幼林区;水土流失中等的黄土地面区 |
| V | 植被差的一般砂土地面;土层较厚森林较密的地区;有大面积水土保持措施治理较好的土质 |
| VI | 无植被松散的砂土地面,茂密并有枯枝落叶层的原始森林 |

**表 B-5 径流公式中的地貌系数 $\psi$ 值**

| 地 形 | 按主河沟平均坡度 | 汇水面积 $F$($km^2$)的范围 | | |
|---|---|---|---|---|
| | $I_Z$(%) | $F < 10$ | $10 < F < 20$ | $20 < F < 30$ |
| 平地 | 0.12 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 平原 | 0.3,0.4,0.6 | 0.07 | 0.06 | 0.06 |
| 丘陵 | 1.0,1.4,2.0 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| 山地 | 2.7,3.5,4.5 | 0.10 | 0.09 | 0.07 |
| 山岭 | 6.0～10.0 | 0.13 | 0.11 | 0.08 |
| | 10.0～20.0 | 0.14 | | |
| | 20.0～40.0 | 0.15 | | |
| | 40.0～80.0 | 0.16 | | |
| | 80.0～120.0 | 0.17 | | |

注:表中 $I_Z > 10.0\%$ 的 $\psi$ 值,系参考铁路科学研究院资料拟定,仅供参考。

**表 B-6 暴雨分区**

| 区别 | 分区界线 | | | | 分区范围 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 东 | 南 | 西 | 北 | |
| 第 1 区 | 由黄河口起至太行山东麓 | 黄河 | 五台山、太行山 | 燕山山脉 | 主要是太行山东面山区，包括：河北西北部、河南西北角、山西东部一部分 |
| 第 2 区 | 黄河 | 黄河 | 太行山麓 | 海河 | 华北平原，包括：河北大部分、山东黄河以北、河南黄河以北的北角一小部分 |
| 第 3 区 | 黄海 | 沂河 | 京杭运河 | 黄河、渤海 | 山东半岛，包括：山东大部、江苏北部一小部分、山东西南角 |
| 第 4 区 | 黄海 | 天目山、黄山、大别山、大洪山、荆山 | 武当山、巫山 | 沂河、京杭运河、黄河、嵩河 | 淮河流域和长江下游平原，包括：江苏全部，安徽、河南的绝大部分，湖北北部的一小部分、山东西南角 |
| 第 5 区 | 武夷山 | 大庾岭和沿广西北部省界山脉 | 武陵山脉 | 黄山、大别山、大洪山、荆山 | 长江流域中游平原，包括：湖南全部，江西、湖北一部分，安徽西南角，浙江、广西一小部分 |
| 第 6 区 | 括苍山、戴云山 | 罗浮山、九连山 | 武夷山、大庾岭、北江西江分水岭 | 天目山 | 东南丘陵区，包括：浙江、福建、广东大部分，江西东南角 |
| 第 7 区 | 东海、台湾海峡 | 韩江、九龙江分水岭 | 括苍山、戴云山 | 杭州湾 | 东南丘陵区，包括：浙江、福建一部分 |
| 第 8 区 | 韩江、九龙江分水岭 | 南海 | 国界 | 罗浮山、九连山、云开山、十万大山 | 东南丘陵区，包括：广东大部分、广西南部一小部分 |
| 第 9 区 | 北江、西江分水岭 | 云开大山、十万大山 | 沿经度 106° 山脉 | 沿省界山脉、苗岭山脉 | 东南丘陵区，包括：广西大部分、广东西部一小部分 |
| 第 10 区 | 武陵山脉 | 苗岭、国界 | 沿经度 107° 山脉、大娄山、沿经度 104° 山脉 | 大巴山 | 云贵高原区，包括：贵州全部，陕西、湖北、四川、云南的一部分和广西西北角 |
| 第 11 区 | 沿经度 104° 山脉 | 国界 | 横断山 | 纬度 28° | 云贵高原区，包括：云南大部分、四川一小部分 |
| 第 12 区 | 沿经度 107° 山脉 | 大娄山 | 茶坪山、邛莱山、夹金山、大相岭 | 米仓山、摩天岭 | 四川盆地区，包括：四川大部分 |
| 第 13 区 | 大兴安岭、太行山、五台山、武当山、巫山 | 大巴山 | 洛河、泾河发源山脉分水岭 | 长城 | 黄土高原区，包括：山西大部分，河北、陕西、甘肃的一部分 |

续上表

| 区别 | 分区界线 | | | | 分区范围 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 东 | 南 | 西 | 北 | |
| 第14区 | 大兴安岭 | 太行山、五台山 | 贺兰山、六盘水 | 阴山、锡林浩特、国界 | 北部高原和黄河岸高原,包括:内蒙古的大部分,河北、山西、甘肃的一小部分 |
| 第15区 | 小兴安岭 | 大、小兴安岭南麓 | 大兴安岭 | 国界 | 黑龙江和内蒙古的一部分 |
| 第16区 | 国界 | 国界、龙江山、公主岭、双山、燕山山脉 | 大兴安岭 | 国界、小兴安岭南麓 | 松花江平原,包括:黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古的一部分 |
| 第17区 | 龙江山、公主岭 | 千山、辽东湾 | 大兴安岭东麓 | 双山 | 辽河平原区,包括:辽宁的大部分,吉林、内蒙古、河北的一部分 |
| 第18区 | 鸭绿江 | 西朝鲜湾 | 旅大、本溪的连线 | 龙江山、千山 | 辽东半岛区,包括:辽宁的一部分 |

注:1. 海南省用第8区资料,兰州可用第14区的暴雨资料。

2. 新疆、西藏等地区,因形成最大洪水多半为融雪水,不在本分区方案之内。

3. 台湾省尚未分区。

4. 区内山区迎风坡常出现较大暴雨,分区用的降雨量-历时-重现期曲线系代表平均情况,因此在使用时应加以注意。这些山区(根据现有资料)有:泰山南面山区;黄山山区;湘西山区;峨眉山山区;邛崃山山区;腾冲附近;横断山脉;广西西北山区;还有受台风影响的沿海地区迎风坡也常有大暴雨出现。

**表B-7a 土的吸水类属**

| 类别 | 名称 | 含砂率(%) |
|---|---|---|
| I | 无缝岩石、沥青面、混凝土面、冻土、重黏土、沼泽土、冰沼土、水稻土 | 0~5 |
| II | 黏土、盐土、碱土、龟裂地、山地草甸土 | 5~15 |
| III | 壤土(亚黏土)、红壤、黄壤、灰化土、灰钙土、漠钙土、紫色土 | 15~35 |
| IV | 黑钙土、黄土、栗钙土、灰色森林土、棕色森林土(棕壤)、褐色土、生草沙壤土、冲积性土壤 | 35~65 |
| V | 沙壤土(亚砂土)、生草的沙 | 65~85 |
| VI | 沙 | 85~100 |

注:1. 表中所指含砂率的砂粒径为0.05~3mm。

2. 土取样位置在地面下0.2~0.5m。

3. 取样质量为200g。

4. 根据土的类别确定径流厚度时,须考虑下列因素,酌予提高或降低类别:

(1)如某种土的含砂率大于表列该类别平均值范围,可酌提高1~2类;如红壤为III类,含砂60%时,可作为VI类;

(2)如底土不透水,视表土较薄,可降低一类,如沙壤土为V类,底土不透水,可作为IV类;

(3)对于耕作土或异常松散土,可酌提高1~2类;

(4)如土中有遇水不闭合的裂隙(如岩石裂缝),或植物(森林)根系通道、虫孔、动物孔洞等较多时,可提高1~2类;

(5)土中夹杂碎石、卵石、砾石特多时,可提高1~2类;

(6)在含砂量分析试验条件不足时,可参考附表B-7b,通过调查土的特征,确定土的名称及其吸水类属。

## 表 B-7b　按土的名称确定土的吸水类属

| 编号 | 土的名称 | 说明与特征 | 土的吸水类属 |
|---|---|---|---|
| 1 | 无缝岩石 | 石山、不风化或风化很微弱 | I |
| 2 | 沥青面、混凝土面 | 道路路面、飞机场跑道等 | I |
| 3 | 冻土 | 气候严寒、永冻层离地面很浅 | I |
| 4 | 重黏土 | 土质滑腻，湿时可搓成条，弯曲不断，如所谓“死泥田” | I |
| 5 | 冻沼土 | 属苔原气候带，大部分地面被雪原和冰川所覆盖，植物为真藓、地衣、苔草、小灌木；基本特征是无森林。底土为永久冻层，表土为半泥炭的腐殖层。分布在我国新疆、西藏高山雪线以上地区，四川西部松潘高山高原的顶部等处 | I～II |
| 6 | 沼泽土 | 在湿生草类及苔藓植物生长环境发育的土壤，地下水位高或长年积水。通常分泥炭层与潜育层。泥炭湿时呈暗棕色或深黑色，无结构，吸水性强，几乎不透水。我国东北东部及大小兴安岭的山谷地区以及各地的沼泽低洼地区都有分布 | I～II |
| 7 | 水稻土 | 长期种植水稻，表土的黏化（熟化）层相当厚（>20cm） | I～II |
| 8 | 黏土 | 无粗糙感觉，湿时可搓成条，弯曲难断，如所谓“胶泥田” | II |
| 9 | 龟裂地 | 干燥时开裂，雨后裂缝消失 | II |
| 10 | 盐土 | 分布于西北、内蒙古和东北的干旱及半干旱地区的低地，华北平原、渤海及东海的滨海地区亦分布较广。土中含有各种易溶性盐类，并生长耐盐性植物，如藜科的盐蒿等。表层呈显著片状，并有白色盐霜 | II |
| 11 | 碱土 | 分布于东北、内蒙古和西北等干旱地区的低平地带，表土为灰色或淡灰色的淋溶层，厚几厘米至30cm不等，其下淀积层显褐色，呈柱状、棱柱状或角粒状。生长耐盐碱植物，如碱蓬、马蔺草、地肤等 | II |
| 12 | 山地草甸土 | 分布于青藏高原、西北及西南山地，多位于森林线以上、雪线以下地带。降水量不少，而温暖时期很短，腐殖土层较厚。以草甸植物为主，杂生灌丛 | II～III |
| 13 | 壤土（亚黏土） | 湿时可搓成条，弯曲有裂痕 | II～III |
| 14 | 红壤 | 长江以南，东至沿海，西至云贵，南迄海南岛均有分布。发育于气候温暖多雨、森林植被下。农作物以水稻居首，植物生长迅速，种类繁多，以常绿阔叶林居多。剖面呈鲜红色，均匀、疏松和很厚的层次，富含三水铝矿和其他以氧化铁形态为主的矿物 | II～III |
| 15 | 黄壤 | 分布地区和红壤同，以贵州最广。其发育过程也近似于红壤，多处于地形平坦、排水不良长期湿润的条件下，因地形平坦，冲刷不如红壤剧烈。一般在表面有灰黄色有机薄层，下接黄色黏重的黄壤，富含以水化铁形态为主的针铁矿和多水高岭石 | II～III |
| 16 | 紫色土 | 以四川分布最广，贵州和云南也有，是发育于紫红色砂页岩上的黄壤型土壤，剖面呈紫色 | II～III |

续上表

| 编号 | 土的名称 | 说明与特征 | 土的吸水类属 |
|---|---|---|---|
| 17 | 灰化土 | 在密闭的森林植物被覆下形成。特征是:在森林残落物层下有明显的呈淡色或白色的灰化层。发育很好的灰化土在我国较少。东北林区若干山地所发现的主要是属于生草灰化土亚类,特征是:森林稀疏,林下有草本植物的侵入,使表层的腐殖质增加 | II ~ III |
| 18 | 灰钙土 | 沙漠盆地的四周,夏季炎热,冬季严寒,空气干燥,年雨量300mm以下。土壤呈灰色,下层有石灰淀积层。植物生长较多,腐殖质含量少。分布于内蒙古、新疆等地,一般在漠钙土之北或地势较高之处 | III ~ IV |
| 19 | 漠钙土 | 气候较灰钙土所处地区更为干旱,植被稀少,以刍草为主。土色以淡棕色为主,略带红色或灰色。表层细粒物质常为风刮去,仅留石砾于地表。主要分布在内蒙古、新疆、甘肃西部与宁夏等地 | III ~ IV |
| 20 | 黑钙土 | 草甸草原下形成,由于干燥与冰冻,(乌敏酸盐)蓄积于土中,染土粒为灰黑色,甚至黑色。腐殖质多,团粒结构显著,夏季炎热,冬季严寒,气候干燥,缺水,微生物活动少,有机物不易矿化。主要分布在东北和内蒙古。我国的黑钙土,一般腐殖质层较薄,可列为IV类;但如腐殖质厚,则应列为第III类 | III ~ IV |
| 21 | 灰色森林土 | 森林草原地带,植被为阔叶森林及灌丛草甸,也有针叶树木。气候干燥、温暖,是生草灰化土与黑钙土之间的过渡地带,以灰色为主。因为森林根系的发展,使土壤透水性比灰化土高而接近黑钙土。分布于华北平原西端及青海等处 | III ~ IV |
| 22 | 棕色森林土(棕壤) | 分布范围自辽东半岛、辽宁西南部,向南一直到长江沿岸和我国西部山地、高原一带,是温暖湿润气候下,落叶与阔叶森林植物群落下发育的土壤。全剖面层次不甚明显,以棕色为主。颗粒成分相当黏重,有未灰化的和灰化的。最强烈灰化层与灰化土的灰化层不同,不呈白色而呈浅黄色 | III ~ IV |
| 23 | 森林棕钙土(褐土) | 分布于河北东北部、华北平原西端、黄土高原东南部、西北及四川西部山地等较干燥而温暖的地带。发育于森林和草原地带之间的森林草原植物群落下,表面有浅薄森林残落物层,无灰化性质,或因生草的影响,为富含腐殖质层,其下为棕色层,呈粒状,厚50 ~ 70cm或更厚,再下为明显钙积层,生长旱生森林和灌丛草甸 | III ~ IV |
| 24 | 栗钙土 | 新疆、西北和内蒙古等沙漠盆地四周分布很广,东北大兴安岭西麓亦有。气候较干旱,夏热冬寒。西北的栗钙土多发育于黄土性母质土。表土栗色,呈大块及粉末状,底层为浅黄棕色,富含石灰质的层次。最多的植物为羽茅、狐茅及蒿类 | III ~ IV |
| 25 | 黄土性土壤(黄土多孔性土) | 分布于华北及西北黄土高原上,以山西、陕西、甘肃几省较多。大部是风成沉积,在干燥气候下,细颗粒不断风积而成多孔性土,剖面多成峭壁,具有眼力能辨别的管形孔隙,呈灰棕色、棕色及红色,土层厚、疏松,无层理,含大量石灰质,颗粒成分以粉土居多。降水时,水沿管形孔隙直下甚速,但孔隙被破坏时,则渗入甚缓 | III ~ IV |

续上表

| 编号 | 土的名称 | 说明与特征 | 土的吸水类属 |
|---|---|---|---|
| 26 | 冲积性土壤 | 能生长植物的冲积物而未经历过长期的成土过程的土壤，土层深厚、肥沃、透水和含有腐殖质 | IV |
| 27 | 生草沙壤土 | 同沙壤土，有草类植被 | IV |
| 28 | 沙壤土（亚砂土） | 湿时不易搓成条 | V |
| 29 | 生草的沙 | 同沙，有草类植被 | V |
| 30 | 沙 | 手摸时有粗糙感觉，肉眼也可以分辨沙粒，搓不成土条 | VI |

**表 B-8　汇 流 时 间**

| 汇水面积 $F(km^2)$ | 汇流时间 $\tau$(min) |
|---|---|
| $F \leqslant 10$ | 30 |
| $10 < F \leqslant 20$ | 45 |
| $20 < F \leqslant 30$ | 80 |

**表 B-9　常用径流厚度 $h$ 值(mm)**

| 暴雨分区 | 土的类别 \ 频率 $P$ / 汇流时间 $\tau$(min) | $\frac{1}{25}$(4%) | | | | $\frac{1}{50}$(2%) | | | | $\frac{1}{100}$(1%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 |
| 第1区 | I | 41 | 50 | 56 | 65 | 45 | 56 | 62 | 73 | 48 | 59 | 67 | 78 |
| | II | 32 | 38 | 42 | 47 | 36 | 44 | 49 | 55 | 39 | 48 | 53 | 61 |
| | III | 27 | 32 | 36 | 41 | 31 | 38 | 42 | 49 | 35 | 42 | 48 | 55 |
| | IV | 20 | 26 | 28 | 32 | 25 | 30 | 34 | 39 | 28 | 33 | 39 | 46 |
| | V | 13 | 15 | 16 | 18 | 18 | 20 | 23 | 25 | 19 | 24 | 28 | 32 |
| | VI | 3 | 5 | 6 | 7 | 7 | 9 | 11 | 13 | 9 | 12 | 15 | 20 |
| 第2区 | I | 48 | 58 | 64 | 70 | 51 | 63 | 71 | 79 | 57 | 68 | 77 | 86 |
| | II | 38 | 45 | 50 | 54 | 43 | 51 | 57 | 62 | 48 | 57 | 63 | 69 |
| | III | 32 | 38 | 42 | 42 | 37 | 45 | 50 | 55 | 43 | 51 | 56 | 61 |
| | IV | 27 | 31 | 35 | 37 | 30 | 38 | 42 | 45 | 36 | 43 | 47 | 51 |
| | V | 18 | 21 | 21 | 20 | 22 | 26 | 28 | 28 | 28 | 32 | 34 | 35 |
| | VI | 3 | — | — | — | 8 | 9 | 9 | 7 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 第3区 | I | 52 | 66 | 75 | 86 | 56 | 70 | 81 | 93 | 60 | 75 | 85 | 100 |
| | II | 43 | 54 | 62 | 70 | 48 | 59 | 67 | 77 | 52 | 63 | 72 | 84 |
| | III | 37 | 48 | 56 | 64 | 41 | 52 | 61 | 70 | 46 | 57 | 64 | 75 |
| | IV | 32 | 41 | 47 | 54 | 37 | 46 | 52 | 60 | 41 | 50 | 57 | 67 |
| | V | 24 | 31 | 36 | 40 | 28 | 34 | 39 | 44 | 31 | 39 | 45 | 52 |
| | VI | 13 | 17 | 20 | 24 | 15 | 20 | 24 | 30 | 19 | 26 | 32 | 40 |

续上表

| 暴雨分区 | 土的类别 \ 频率 $P$ / 汇流时间 $\tau$(min) | $\frac{1}{25}$(4%) | | | | $\frac{1}{50}$(2%) | | | | $\frac{1}{100}$(1%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 |
| 第4区 | I | 52 | 64 | 73 | 84 | 56 | 70 | 83 | 97 | 60 | 78 | 94 | 109 |
| | II | 44 | 54 | 61 | 72 | 48 | 62 | 72 | 82 | 52 | 68 | 82 | 95 |
| | III | 39 | 50 | 55 | 64 | 43 | 55 | 64 | 75 | 46 | 63 | 77 | 90 |
| | IV | 32 | 40 | 45 | 53 | 35 | 45 | 53 | 64 | 41 | 54 | 66 | 77 |
| | V | 20 | 25 | 31 | 37 | 23 | 32 | 40 | 53 | 31 | 40 | 49 | 60 |
| | VI | 12 | 14 | 16 | 18 | 16 | 21 | 25 | 30 | 21 | 28 | 33 | 41 |
| 第5区 | I | 43 | 55 | 63 | 72 | 48 | 60 | 69 | 78 | 56 | 69 | 78 | 89 |
| | II | 35 | 44 | 52 | 60 | 40 | 50 | 57 | 65 | 48 | 59 | 68 | 77 |
| | III | 30 | 39 | 45 | 52 | 35 | 43 | 50 | 57 | 43 | 52 | 60 | 68 |
| | IV | 24 | 31 | 36 | 42 | 27 | 34 | 41 | 47 | 35 | 44 | 51 | 59 |
| | V | 14 | 19 | 23 | 26 | 17 | 23 | 27 | 32 | 24 | 31 | 37 | 42 |
| | VI | 5 | 6 | 7 | 9 | 7 | 9 | 12 | 15 | 12 | 15 | 18 | 22 |
| 第6区 | I | 48 | 57 | 64 | 71 | 52 | 61 | 70 | 79 | 57 | 69 | 78 | 86 |
| | II | 40 | 47 | 52 | 57 | 44 | 51 | 59 | 65 | 49 | 60 | 67 | 72 |
| | III | 35 | 41 | 46 | 50 | 39 | 46 | 51 | 56 | 43 | 52 | 58 | 64 |
| | IV | 27 | 32 | 35 | 37 | 31 | 36 | 40 | 44 | 36 | 44 | 50 | 54 |
| | V | 16 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 27 | 27 | 30 | 33 | 35 |
| | VI | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 11 | 12 | 14 |
| 第7区 | I | 54 | 68 | 76 | 85 | 60 | 75 | 86 | 96 | 66 | 83 | 95 | 105 |
| | II | 46 | 57 | 64 | 71 | 52 | 66 | 74 | 82 | 59 | 74 | 84 | 94 |
| | III | 41 | 51 | 57 | 63 | 47 | 59 | 68 | 74 | 53 | 66 | 76 | 84 |
| | IV | 34 | 41 | 45 | 51 | 39 | 50 | 56 | 61 | 46 | 58 | 65 | 72 |
| | V | 21 | 26 | 30 | 35 | 29 | 35 | 41 | 46 | 33 | 40 | 46 | 52 |
| | VI | 9 | 10 | 12 | 13 | 17 | 19 | 20 | 23 | 19 | 24 | 26 | 30 |
| 第8区 | I | 59 | 77 | 90 | 105 | 65 | 85 | 100 | 116 | 70 | 92 | 110 | 131 |
| | II | 52 | 67 | 79 | 92 | 58 | 76 | 89 | 103 | 63 | 82 | 99 | 118 |
| | III | 47 | 61 | 72 | 83 | 53 | 69 | 82 | 95 | 58 | 76 | 92 | 110 |
| | IV | 39 | 51 | 61 | 72 | 45 | 59 | 70 | 82 | 49 | 66 | 80 | 96 |
| | V | 27 | 36 | 45 | 56 | 34 | 45 | 53 | 63 | 39 | 53 | 65 | 79 |
| | VI | 18 | 25 | 31 | 38 | 24 | 33 | 40 | 49 | 30 | 42 | 51 | 63 |

续上表

| 暴雨分区 | 土的类别 | 频率 $P$ $\frac{1}{25}$(4%) 汇流时间 $\tau$(min) 30 | 45 | 60 | 80 | $\frac{1}{50}$(2%) 30 | 45 | 60 | 80 | $\frac{1}{100}$(1%) 30 | 45 | 60 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第9区 | I | 58 | 69 | 75 | 81 | 63 | 74 | 80 | 86 | 70 | 80 | 87 | 94 |
| | II | 50 | 59 | 62 | 67 | 56 | 64 | 68 | 72 | 63 | 71 | 77 | 82 |
| | III | 46 | 53 | 56 | 59 | 51 | 58 | 62 | 66 | 57 | 64 | 69 | 73 |
| | IV | 38 | 42 | 45 | 47 | 43 | 48 | 50 | 53 | 48 | 55 | 56 | 59 |
| | V | 26 | 28 | 28 | 28 | 30 | 32 | 33 | 34 | 37 | 40 | 40 | 41 |
| | VI | 6 | 6 | 7 | 9 | 10 | 10 | 11 | 15 | 18 | 19 | 21 | 22 |
| 第10区 | I | 43 | 54 | 60 | 67 | 46 | 57 | 64 | 71 | 52 | 64 | 72 | 79 |
| | II | 35 | 43 | 48 | 53 | 38 | 46 | 51 | 57 | 44 | 54 | 60 | 65 |
| | III | 30 | 38 | 42 | 46 | 34 | 41 | 46 | 50 | 39 | 48 | 53 | 57 |
| | IV | 24 | 29 | 31 | 33 | 27 | 32 | 35 | 38 | 34 | 40 | 43 | 45 |
| | V | 13 | 16 | 16 | 16 | 15 | 19 | 20 | 21 | 21 | 25 | 26 | 27 |
| | VI | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 4 | — | — |
| 第11区 | I | 40 | 50 | 57 | 64 | 43 | 56 | 61 | 68 | 45 | 55 | 64 | 73 |
| | II | 31 | 39 | 45 | 50 | 34 | 43 | 49 | 55 | 38 | 48 | 55 | 62 |
| | III | 27 | 34 | 38 | 42 | 28 | 36 | 41 | 46 | 32 | 40 | 45 | 51 |
| | IV | 16 | 24 | 28 | 30 | 20 | 26 | 31 | 35 | 25 | 31 | 35 | 41 |
| | V | 9 | 15 | 13 | 11 | 12 | 15 | 17 | 19 | 15 | 20 | 23 | 25 |
| | VI | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 第12区 | I | 48 | 58 | 65 | 72 | 53 | 62 | 70 | 78 | 59 | 71 | 78 | 84 |
| | II | 41 | 48 | 53 | 58 | 45 | 52 | 58 | 64 | 51 | 61 | 67 | 73 |
| | III | 35 | 41 | 46 | 50 | 41 | 48 | 53 | 57 | 46 | 53 | 58 | 64 |
| | IV | 27 | 32 | 36 | 39 | 33 | 38 | 41 | 44 | 38 | 45 | 49 | 53 |
| | V | 15 | 19 | 20 | 21 | 21 | 23 | 25 | 26 | 26 | 30 | 32 | 35 |
| | VI | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 10 | 10 | 11 | 12 |
| 第13区 | I | 35 | 41 | 44 | 48 | 40 | 47 | 50 | 54 | 46 | 52 | 56 | 61 |
| | II | 26 | 29 | 30 | 32 | 31 | 35 | 36 | 37 | 37 | 41 | 42 | 44 |
| | III | 21 | 24 | 24 | 24 | 26 | 30 | 30 | 30 | 31 | 35 | 36 | 37 |
| | IV | 14 | 15 | 15 | 14 | 20 | 21 | 20 | 20 | 25 | 26 | 26 | 27 |
| | V | 2 | — | — | — | 9 | 6 | 2 | 1 | 16 | 14 | 11 | 6 |
| | VI | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

续上表

| 暴雨分区 | 土的类别 | 频率 $P$ | $\frac{1}{25}$(4%) | | | | $\frac{1}{50}$(2%) | | | | $\frac{1}{100}$(1%) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 汇流时间 $\tau$ (min) | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 | 30 | 45 | 60 | 80 |
| 第14区 | I | | 30 | 36 | 41 | 45 | 34 | 41 | 46 | 50 | 38 | 46 | 52 | 57 |
| | II | | 21 | 25 | 27 | 27 | 25 | 29 | 35 | 34 | 30 | 35 | 38 | 39 |
| | III | | 16 | 19 | 20 | 20 | 20 | 23 | 25 | 25 | 24 | 29 | 31 | 32 |
| | IV | | 3 | 6 | 8 | 9 | 14 | 16 | 17 | 15 | 17 | 21 | 22 | 22 |
| | V | | — | — | — | — | 6 | 5 | 2 | 1 | 10 | 8 | 3 | 3 |
| | VI | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 第15区 | I | | 37 | 46 | 51 | 56 | 39 | 49 | 57 | 63 | 44 | 54 | 62 | 69 |
| | II | | 29 | 35 | 37 | 39 | 31 | 39 | 44 | 48 | 36 | 43 | 48 | 52 |
| | III | | 23 | 29 | 31 | 33 | 25 | 32 | 36 | 39 | 30 | 36 | 41 | 44 |
| | IV | | 17 | 20 | 22 | 22 | 19 | 24 | 27 | 29 | 23 | 29 | 33 | 35 |
| | V | | 10 | 9 | — | — | 13 | 16 | 14 | — | 15 | 19 | 20 | 16 |
| | VI | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 第16区 | I | | 36 | 45 | 51 | 56 | 41 | 50 | 57 | 63 | 45 | 56 | 64 | 71 |
| | II | | 28 | 34 | 38 | 41 | 32 | 38 | 43 | 47 | 36 | 44 | 50 | 54 |
| | III | | 23 | 28 | 31 | 33 | 27 | 33 | 37 | 40 | 31 | 38 | 43 | 47 |
| | IV | | 16 | 20 | 22 | 24 | 21 | 26 | 28 | 31 | 25 | 30 | 34 | 37 |
| | V | | 9 | 10 | 3 | — | 13 | 15 | 15 | 13 | 18 | 21 | 21 | 21 |
| | VI | | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 1 | — | — |
| 第17区 | I | | 52 | 64 | 70 | 76 | 58 | 70 | 78 | 85 | 66 | 79 | 86 | 93 |
| | II | | 44 | 52 | 56 | 61 | 50 | 59 | 64 | 68 | 58 | 67 | 72 | 76 |
| | III | | 39 | 45 | 50 | 53 | 44 | 53 | 57 | 60 | 52 | 61 | 66 | 69 |
| | IV | | 32 | 37 | 39 | 42 | 32 | 45 | 48 | 50 | 45 | 53 | 56 | 59 |
| | V | | 24 | 28 | 28 | 26 | 29 | 34 | 35 | 32 | 38 | 43 | 44 | 42 |
| | VI | | 6 | 2 | 2 | 2 | 12 | 9 | 6 | 5 | 19 | 19 | 18 | 13 |
| 第18区 | I | | 46 | 57 | 66 | 75 | 52 | 64 | 72 | 81 | 57 | 69 | 78 | 87 |
| | II | | 37 | 46 | 52 | 58 | 43 | 53 | 58 | 64 | 49 | 58 | 64 | 70 |
| | III | | 32 | 40 | 46 | 51 | 37 | 46 | 52 | 57 | 43 | 52 | 57 | 64 |
| | IV | | 28 | 33 | 37 | 41 | 33 | 39 | 43 | 47 | 37 | 45 | 50 | 55 |
| | V | | 20 | 22 | 23 | 25 | 24 | 28 | 30 | 31 | 28 | 33 | 36 | 39 |
| | VI | | 7 | 8 | 8 | 6 | 10 | 12 | 12 | 11 | 16 | 18 | 20 | 21 |

**表 B-10　植物坑洼滞留的径流厚度 $z$ 值**

| 地　面　特　征 | $z$(mm) |
|---|---|
| 高 1m 以下密草,1.5m 以下幼林,稀灌木丛,根浅茎细的旱田农作物(如麦类) | 5 |
| 高 1m 以上密草,1.5m 以上幼林,灌木丛,根深茎粗的旱田农作物(如高粱);山地水稻田,结合治理,坡面已初步控制者 | 10 |
| 顺坡带埂的梯田,每个 0.1～0.2$m^3$、>10 万个/$km^2$ 的鱼鳞坑,0.3$m^3$/m 左右、>5 万个/$km^2$的水平沟(后两项在黄土高原水土流失严重地区不考虑) | 10～15 |
| 稀林,树冠所遮盖的面积占全面积的百分比(即郁闭度)为 40% 以下,结合治理,坡面已基本控制者 | 15 |
| 平原水稻田 | 20 |
| 中等稠度林(郁闭度 60% 左右) | 25 |
| 水平带埂或倒坡的梯田 | 20～30 |
| 密林(郁闭度 80% 以上) | 35 |
| 阻塞地、青苔泥苔地、洪水时期长有农作物的耕地 | 20～40 |

**表 B-11　洪峰传播的流量折减系数 $\beta$ 值**

| 汇水面积重心至涵位(洞)的距离 $L_0$ (km) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 平原及丘陵汇水区 | 1 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.70 | 0.60 |
| 山地及山岭汇水区 | 1 | 1 | 1 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.70 |

**表 B-12　降雨不均匀的折减系数 $\gamma$ 值**

| 汇流时间 $\tau$ (min) | 季候风气候地区 | | | | 西北和内蒙古地区 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 汇水面积长度或宽度(km) | | | | | | | |
| | 25 | 35 | 50 | 100 | 5 | 10 | 20 | 35 |
| 30 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 |
| 45 | | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 |
| 60 | | | 1.0 | 0.9 | | 0.9 | 0.8 | 0.7 |
| 80 | | | | 1.0 | | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| 100 | | | | | | | 0.9 | 0.8 |
| 150 | | | | | | | 1.0 | 0.9 |
| 200 | | | | | | | | 1.0 |

**表 B-13　小水库(湖泊)调节折减系数 $\delta$ 值**

| $\frac{f}{F}$(%) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\delta$ 值 | 0.99 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.90 | 0.88 | 0.87 | 0.85 | 0.82 | 0.79 | 0.76 | 0.73 | 0.70 |

注:1. $F$-涵位(洞)处的汇水面积;$f$-水库(湖泊)控制的汇水面积($km^2$)。

2. 本表是按溢洪流量对入库流量之比值 $K=0.7$ 计算的结果。

**表 B-14　小流域流量变差系数 $C_v$ 的平均值**

| 土的吸水类属 | 流量变差系数 $C_v$ / 日雨量变差系数 $C'_v$ 的平均值 | 全国 $C'_v$ 平均值 | 流量变差系数 $C_v$ 的平均值及其变幅 |
|---|---|---|---|
| I | 1.00 | 全国40余站 $C'_v$=0.3～0.6，而记录最长的北京、上海、天津三站的历时10～1 440min间的 $C'_v$ 为0.3～0.6，平均 $C'_v$=0.45 | 0.45(0.30～0.60) |
| II | 1.25 | | 0.56(0.38～0.75) |
| III | 1.40 | | 0.63(0.42～0.84) |
| IV | 1.60 | | 0.72(0.48～0.96) |
| V | 2.50 | | 1.12(0.75～1.50) |
| VI | 3.50 | | 1.57(1.05～2.10) |

注：土的吸水类属见表 B-7。

**表 B-15　流量模比系数 $K$ 值**

| $C_v$ | 频率 $P$ | | | | | | | | $C_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1/1 000 | 1/500 | 1/300 | 1/100 | 1/50 | 1/25 | 1/10 | 1/5 | |
| 0.02 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 0.1 |
| 0.03 | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 0.2 |
| 0.05 | 1.18 | 1.16 | 1.15 | 1.13 | 1.11 | 1.09 | 1.07 | 1.04 | 0.3 |
| 0.07 | 1.26 | 1.23 | 1.22 | 1.18 | 1.16 | 1.12 | 1.09 | 1.06 | 0.4 |
| 0.09 | 1.34 | 1.32 | 1.30 | 1.24 | 1.21 | 1.16 | 1.12 | 1.07 | 0.5 |
| 0.11 | 1.44 | 1.40 | 1.37 | 1.30 | 1.26 | 1.20 | 1.15 | 1.09 | 0.6 |
| 0.13 | 1.53 | 1.48 | 1.46 | 1.37 | 1.31 | 1.24 | 1.17 | 1.10 | 0.7 |
| 0.15 | 1.64 | 1.57 | 1.54 | 1.43 | 1.37 | 1.28 | 1.20 | 1.12 | 0.8 |
| 0.17 | 1.74 | 1.66 | 1.63 | 1.50 | 1.43 | 1.32 | 1.23 | 1.13 | 0.9 |
| 0.20 | 1.91 | 1.82 | 1.76 | 1.60 | 1.51 | 1.38 | 1.27 | 1.15 | 1.0 |
| 0.22 | 2.03 | 1.92 | 1.86 | 1.68 | 1.57 | 1.42 | 1.29 | 1.16 | 1.1 |
| 0.29 | 2.39 | 2.25 | 2.17 | 1.91 | 1.76 | 1.55 | 1.39 | 1.21 | 1.2 |
| 0.36 | 2.78 | 2.58 | 2.49 | 2.16 | 1.96 | 1.69 | 1.48 | 1.26 | 1.3 |
| 0.45 | 3.32 | 3.09 | 2.92 | 2.48 | 2.23 | 1.95 | 1.61 | 1.32 | 1.4 |
| 0.50 | 3.64 | 3.35 | 3.17 | 2.67 | 2.37 | 1.98 | 1.67 | 1.35 | 1.5 |
| 0.56 | 4.00 | 3.68 | 3.47 | 2.89 | 2.55 | 2.19 | 1.75 | 1.38 | 1.6 |
| 0.63 | 4.45 | 4.08 | 3.83 | 3.16 | 2.77 | 2.35 | 1.83 | 1.41 | 1.7 |
| 0.72 | 5.07 | 4.61 | 4.34 | 3.53 | 3.05 | 2.45 | 1.95 | 1.46 | 1.8 |
| 0.78 | 5.50 | 4.98 | 4.67 | 3.77 | 3.25 | 2.55 | 2.02 | 1.49 | 1.9 |
| 0.85 | 6.02 | 5.42 | 5.09 | 4.06 | 3.47 | 2.70 | 2.11 | 1.52 | 2.0 |
| 0.92 | 6.58 | 5.88 | 5.42 | 4.36 | 3.70 | 2.84 | 2.19 | 1.55 | 2.1 |
| 0.99 | 7.14 | 6.35 | 5.85 | 4.66 | 3.94 | 2.99 | 2.27 | 1.57 | 2.2 |
| 1.06 | 7.72 | 6.83 | 6.19 | 4.98 | 4.18 | 3.13 | 2.35 | 1.59 | 2.3 |

续上表

| $C_v$ | 频率 $P$ | | | | | | | | $C_s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1/1 000 | 1/500 | 1/300 | 1/100 | 1/50 | 1/25 | 1/10 | 1/5 | |
| 1.12 | 8.23 | 7.35 | 6.58 | 5.24 | 4.39 | 3.28 | 2.40 | 1.61 | 2.4 |
| 1.20 | 8.92 | 7.94 | 7.00 | 5.60 | 4.67 | 3.41 | 2.49 | 1.64 | 2.5 |
| 1.27 | 9.55 | 8.37 | 7.48 | 5.91 | 4.92 | 3.55 | 2.56 | 1.65 | 2.6 |
| 1.34 | 10.19 | 9.04 | 7.97 | 6.24 | 5.18 | 3.69 | 2.62 | 1.66 | 2.7 |
| 1.41 | 10.86 | 9.46 | 8.47 | 6.57 | 5.44 | 3.84 | 2.69 | 1.66 | 2.8 |
| 1.48 | 11.54 | 10.03 | 8.99 | 6.90 | 5.71 | 3.99 | 2.76 | 1.67 | 2.9 |
| 1.57 | 12.43 | 10.94 | 9.50 | 7.33 | 6.00 | 4.25 | 2.83 | 1.66 | 3.0 |
| 1.69 | 13.59 | 11.99 | 10.30 | 7.90 | 6.24 | 4.40 | 2.86 | 1.65 | 3.2 |
| 1.83 | 15.00 | 14.30 | 11.61 | 8.59 | 7.02 | 4.64 | 3.43 | 1.64 | 3.4 |
| 1.98 | 16.54 | 14.38 | 12.96 | 9.36 | 7.57 | 4.90 | 3.59 | 1.61 | 3.6 |
| 2.11 | 17.99 | 15.60 | 14.02 | 10.03 | 8.07 | 5.11 | 3.70 | 1.58 | 3.8 |
| 2.26 | 19.65 | 17.00 | 15.24 | 10.81 | 8.64 | 5.36 | 3.83 | 1.54 | 4.0 |
| 2.40 | 21.28 | 18.38 | 16.43 | 11.56 | 9.16 | 5.56 | 3.93 | 1.48 | 4.2 |
| 2.54 | 22.95 | 19.75 | 17.64 | 12.30 | 9.69 | 5.75 | 4.02 | 1.41 | 4.4 |
| 2.68 | 24.64 | 21.15 | 18.85 | 13.06 | 10.19 | 5.88 | 4.06 | 1.32 | 4.6 |
| 2.82 | 26.38 | 22.63 | 20.12 | 13.83 | 10.67 | 5.96 | 4.10 | 1.28 | 4.8 |
| 2.96 | 28.08 | 24.03 | 21.34 | 14.59 | 11.15 | 6.00 | 3.84 | 1.23 | 5.0 |

注：1. 本表是铁路科学研究院根据我国观测 15 年以上的 20 个测站记录资料制定的。

2. 本表可以内插。

**表 B-16　周期换算系数 $M$ 值**

| 编制单位 | 频率 $P$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1/300 | 1/100 | 1/50 | 1/25 | 1/20 | 1/10 | 1/5 |
| 铁道部第二勘测设计院 $F \leqslant 30$ ($km^2$)（西南地区用） | 1.00 | 0.80 | 0.67 | 0.50 | 0.45 | 0.33 | 0.25 |
| | 1.25 | 1.00 | 0.83 | 0.62 | 0.57 | 0.42 | 0.32 |
| | 1.50 | 1.20 | 1.00 | 0.75 | 0.68 | 0.50 | 0.38 |
| | 2.00 | 1.60 | 1.33 | 1.00 | 0.91 | 0.67 | 0.51 |
| | 2.21 | 1.76 | 1.47 | 1.10 | 1.00 | 0.74 | 0.56 |
| | 3.00 | 2.40 | 2.00 | 1.50 | 1.36 | 1.00 | 0.76 |
| | 3.95 | 3.16 | 2.64 | 1.97 | 1.79 | 1.32 | 1.00 |
| 铁道部第三勘测设计院 $F \leqslant 30$ ($km^2$) | | 1.00 | 0.80 | 0.60 | 0.50 | 0.30 | |
| | | 1.25 | 1.00 | 0.75 | 0.63 | 0.38 | |
| | | 1.67 | 1.33 | 1.00 | 0.83 | 0.50 | |
| | | 2.00 | 1.60 | 1.20 | 1.00 | 0.60 | |
| | | 3.33 | 2.66 | 2.00 | 1.66 | 1.00 | |

**表 B-17a　人工加固工程的允许(不冲刷)平均流速 $v_y$**

| 序号 | 加固工程种类 | 水流平均深度(m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | |
| 1 | 平铺草皮(在坚实基底上) | 0.9 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| | 叠铺草皮 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
| 2 | 用大圆石或片石堆积,当石块平均尺寸为 20~30cm | 3.3 | 3.6 | 4.0 | 4.3 |
| | 30~40cm | — | 4.1 | 4.3 | 4.6 |
| | 40~50cm 及以上 | — | — | 4.6 | 4.9 |
| 3 | 在篱格内堆两层大石块,当石块平均尺寸为 20~30cm | 4.0 | 1.5 | 4.9 | 5.3 |
| | 30~40cm | — | 5.0 | 5.4 | 5.7 |
| | 40~50cm 及以上 | — | — | 5.7 | 5.9 |
| 4 | 青苔上单层铺砌(青苔层厚度不小于 5cm): | | | | |
| | (1)用 15cm 大小的圆石(或片石) | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| | (2)用 20cm 大小的圆石(或片石) | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |
| | (3)用 25cm 大小的圆石(或片石) | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| 5 | 碎石(或砾石)上的单层铺砌(碎石层厚度不小于 10cm): | | | | |
| | (1)用 15cm 大小的片石(或圆石) | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |
| | (2)用 20cm 大小的片石(或圆石) | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| | (3)用 25cm 大小的片石(或圆石) | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| 6 | 单层细面粗凿石料铺砌在碎石(或砾石)上(碎石层厚度不小于 10cm): | | | | |
| | (1)用 20cm 大小的石块 | 3.5 | 4.5 | 5.0 | 5.5 |
| | (2)用 25cm 大小的石块 | 4.0 | 4.5 | 5.5 | 5.5 |
| | (3)用 30cm 大小的石块 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 6.0 |
| 7 | 铺在碎石(或砾石)上的双层片石(或圆石): | | | | |
| | 下层用 15cm 石块,上层用 20cm 石块(碎石层厚度不小于 10cm) | 3.5 | 4.5 | 5.0 | 5.5 |
| 8 | 铺在坚实基底上的枯枝铺面及枯枝铺垫(临时性加固工程用): | — | 2.0 | 2.5 | — |
| | (1)铺面厚度 $\delta=20\sim25$cm | 按上值乘以系数 $0.2\sqrt{\delta}$ | | | |
| | (2)大于上述厚度时 | | | | |
| 9 | 柴排: | 2.5 | 3.0 | 3.5 | — |
| | (1)厚度 $\delta=50$cm 时 | | | | |
| | (2)大于上述厚度时 | 按上值乘以系数 $0.2\sqrt{\delta}$ | | | |
| 10 | 石笼(尺寸不小于 0.5m×0.5m×1.0m 者) | 4.0 及以下 | 5.0 及以下 | 5.5 及以下 | 6.0 及以下 |
| 11 | 在碎石层上 M5 水泥砂浆砌双层片石,其石块尺寸不小于 20cm | 5.0 | 6.0 | 7.5 | — |
| 12 | M5 水泥砂浆砌石灰岩片石的圬工(石料极限强度不小于 10MPa) | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| 13 | M5 水泥砂浆坚硬的粗凿片石圬工(石料极限强度不小于 30MPa) | 6.5 | 8.0 | 10.0 | 12.0 |

续上表

| 序号 | 加固工程种类 | 水流平均深度(m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | |
| 14 | C20 混凝土护面加固 | 6.5 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |
| | C15 混凝土护面加固 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| 15 | 混凝土水槽表面光滑者： | | | | |
| | (1)C20 混凝土 | 13.0 | 16.0 | 19.0 | 20.0 |
| | (2)C15 混凝土 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 |
| 16 | 木料光面铺底，基层稳固及水流顺木纹者 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 |

注：表列流速值不得内插，水流深度在表值之间时，流速数值采用接近于实际深度的流速。

**表 B-17b　黏性土的允许(不冲刷)平均流速 $v_y$**

| 序号 | 土的名称 | 颗粒成分(%) | | 土的特征 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 小于 0.005 (mm) | 0.005～0.050 (mm) | 不密结的土(孔隙系数 1.2～0.9)，土的骨料重力密度在 12kN/m³ 以下 | | | | 中等密结的土(孔隙系数 0.9～0.6)，土的骨料重力密度 12～16.6kN/m³ | | | | 密结的土(孔隙系数 0.6～0.3)，土的骨料重力密度 16.6～20.4 kN/m³ | | | | 极密结的土(孔隙系数 0.3～0.2)，土的骨料重力密度 20.4～21.4 kN/m³ | | | |
| | | | | 水流平均深度(m) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| | | | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 黏土 | 30～50 | 70～50 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.70 | 0.85 | 0.95 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.40 | 1.50 | 1.40 | 1.70 | 1.90 | 2.10 |
| 2 | 重砂质黏土 | 20～30 | 80～70 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 硗瘠砂质黏土 | 10～20 | 90～80 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.65 | 0.80 | 0.90 | 1.00 | 0.95 | 1.20 | 1.40 | 1.50 | 1.40 | 1.70 | 1.90 | 2.10 |
| 4 | 新沉淀的黄土性土 | — | — | — | — | — | — | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.85 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.30 | 1.10 | 1.30 | 1.50 | 1.70 |
| 5 | 砂质土 | 5～10 | 20～40 | 根据砂粒大小采用表 B-17c 中的值 | | | | | | | | | | | | | | | |

注：当设计位于易受风化的密结的及极密结的土中时，允许流速采用中等密结土的数值。

**表 B-17c　非黏性土的允许(不冲刷)平均流速 $v_y$**

| 序号 | 土及其特征 | | 土的颗粒尺寸 (mm) | 水流平均深度(m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 名称 | 形状 | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 5.0 | 10 及以上 |
| | | | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | | | |
| 1 | 粉砂及淤泥 | 粉砂及淤泥带细砂，沃土 | 0.005～0.05 | 0.15～0.20 | 0.20～0.30 | 0.25～0.40 | 0.30～0.45 | 0.40～0.55 | 0.45～0.65 |
| 2 | 砂，小颗粒 | 细砂带中等尺寸的砂粒 | 0.05～0.25 | 0.20～0.35 | 0.30～0.45 | 0.40～0.55 | 0.45～0.60 | 0.55～0.70 | 0.65～0.80 |

续上表

| 序号 | 土及其特征 | | 土的颗粒尺寸(mm) | 水流平均深度(m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 名称 | 形状 | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 5.0 | 10及以上 |
| | | | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | | | |
| 3 | 砂,中颗粒 | 细砂带黏土,中等尺寸的砂带大的砂粒 | 0.25~1.00 | 0.35~0.50 | 0.45~0.60 | 0.55~0.70 | 0.60~0.75 | 0.70~0.85 | 0.80~0.95 |
| 4 | 砂,大颗粒 | 大砂夹杂着砾,中等颗粒砂带黏土 | 1.00~2.50 | 0.50~0.65 | 0.60~0.75 | 0.70~0.80 | 0.75~0.90 | 0.85~1.00 | 0.95~1.20 |
| 5 | 砾,小颗粒 | 细砾带着中等尺寸的砾石 | 2.50~5.00 | 0.65~0.80 | 0.75~0.85 | 0.80~1.00 | 0.90~1.10 | 1.00~1.20 | 1.20~1.50 |
| 6 | 砾,中颗粒 | 大砾带砂带小砾 | 5.00~10.0 | 0.80~0.90 | 0.85~1.05 | 1.00~1.15 | 1.10~1.30 | 1.20~1.45 | 1.50~1.75 |
| 7 | 砾,大颗粒 | 小卵石带砂带砾 | 10.0~15.0 | 0.90~1.10 | 1.05~1.20 | 1.15~1.35 | 1.30~1.50 | 1.45~1.65 | 1.75~2.00 |
| 8 | 卵石,小颗粒 | 中等尺寸卵石带砂带砾 | 15.0~25.0 | 1.10~1.25 | 1.20~1.45 | 1.35~1.65 | 1.50~1.85 | 1.65~2.00 | 2.00~2.30 |
| 9 | 卵石,中颗粒 | 大卵石夹杂着砾 | 25.0~40.0 | 1.25~1.50 | 1.45~1.85 | 1.65~2.10 | 1.85~2.30 | 2.00~2.45 | 2.30~2.70 |
| 10 | 卵石,大颗粒 | 小鹅卵石带卵石带砾 | 40.0~75.0 | 1.50~2.00 | 1.85~2.40 | 2.10~2.75 | 2.30~3.10 | 2.45~3.30 | 2.70~3.60 |
| 11 | 鹅卵石,小个 | 中等尺寸鹅卵石带卵石 | 75.0~100 | 2.00~2.45 | 2.40~2.80 | 2.75~3.20 | 3.10~3.50 | 3.30~3.80 | 3.60~4.20 |
| 12 | 鹅卵石,中等 | 中等尺寸鹅卵石夹杂着大个的鹅卵石,大鹅卵石带着小的夹杂物 | 100~150 | 2.45~3.00 | 2.80~3.35 | 3.20~3.75 | 3.50~4.10 | 3.80~4.40 | 4.20~4.50 |
| 13 | 鹅卵石,大个 | 大鹅卵石带小漂圆石带卵石 | 150~200 | 3.00~3.50 | 3.35~3.80 | 3.75~4.30 | 4.10~4.65 | 4.40~5.00 | 4.50~5.40 |
| 14 | 漂圆石,小个 | 中等漂圆石带卵石 | 200~300 | 3.50~3.85 | 3.80~4.35 | 4.30~4.70 | 4.65~4.90 | 5.00~5.50 | 5.40~5.90 |
| 15 | 漂圆石,中等 | 漂圆石夹杂着鹅卵石 | 300~400 | — | 4.35~4.75 | 4.70~4.95 | 4.90~5.30 | 5.50~5.60 | 5.90~6.00 |
| 16 | 漂圆石,特大 | | 400~500及以上的 | — | — | 4.95~5.35 | 5.30~5.50 | 5.60~6.00 | 6.00~6.20 |

**表 B-17d　石质土的允许(不冲刷)平均流速 $v_y$**

| 序号 | 土的名称 | 水流平均深度(m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| | | 平均流速 $v_y$(m/s) | | | |
| 1 | 砾岩、泥灰岩、页岩 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| 2 | 多孔的石灰岩、紧密的砾岩、成层的石灰岩、石灰质砂岩、白云石质石灰岩 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| 3 | 白云石质砂岩、紧密不分层的石灰岩、砂质石灰石、大理石 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 6.5 |
| 4 | 花岗岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、石英岩、斑岩 | 15.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 |

注:1. 表 B-17b、表 B-17c、表 B-17d 所列流速数值不可内插;当水流深度在表列水深值之间时,流速应采取与实际水流深度最接近时的数值。

2. 当水流深度大于 3.0m(在缺少特别观测与计算的情况下)时,允许流速采用水深为 3.0m 时的数值。

**表 B-18　流速系数 $\varphi$ 值**

| 涵台形式 | $\varphi$ |
|---|---|
| 单孔涵锥坡填土 | 0.90 |
| 单孔涵有八字翼墙 | 0.90 |
| 多孔涵或无锥坡或涵台伸出锥坡以外 | 0.85 |
| 拱脚淹没的拱涵 | 0.80 |

**表 B-19　涵洞进水口摩阻系数 $\xi$ 值**

| 上游洞口建筑形式 | $\xi$ |
|---|---|
| 没有洞口建筑的涵洞 | 0.45 |
| 有扩张式斜翼墙洞口建筑的涵洞 | 0.25 |
| 有锥形洞口建筑的涵洞 | 0.10 |

**表 B-20　天然流量计算用的积水换算系数 $S$ 值**

| $H$ | $\frac{B}{Hi}$ \ $Q^{\frac{3}{2}}F$ | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 100 | 1.10 | | | | | | | | | | |
| | 150 | 1.16 | | | | | | | | | | |
| | 200 | 1.20 | | | | | | | | | | |
| | 250 | 1.26 | 1.16 | | | | | | | | | |
| | 300 | 1.30 | 1.17 | 1.10 | | | | | | | | |
| | 400 | 1.40 | 1.23 | 1.13 | | | | | | | | |
| | 500 | 1.52 | 1.30 | 1.20 | | | | | | | | |

续上表

| $H$ | $Q^{\frac{3}{2}}F$ / $\frac{B}{Hi}$ | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.75 | 25 | 1.10 | | | | | | | | | | |
| | 30 | 1.12 | | | | | | | | | | |
| | 40 | 1.13 | | | | | | | | | | |
| | 50 | 1.21 | 1.10 | | | | | | | | | |
| | 70 | 1.32 | 1.18 | | | | | | | | | |
| | 100 | 1.48 | 1.25 | 1.11 | | | | | | | | |
| | 150 | 1.64 | 1.38 | 1.28 | | | | | | | | |
| | 200 | 1.88 | 1.50 | 1.31 | 1.24 | 1.19 | 1.13 | | | | | |
| | 250 | 2.08 | 1.64 | 1.39 | 1.28 | 1.21 | 1.15 | 1.11 | | | | |
| | 300 | 2.20 | 1.72 | 1.50 | 1.35 | 1.30 | 1.22 | 1.17 | | | | |
| | 400 | 2.65 | 1.94 | 1.60 | 1.46 | 1.40 | 1.30 | 1.20 | 1.12 | | | |
| | 500 | 3.04 | 2.20 | 1.74 | 1.60 | 1.49 | 1.37 | 1.28 | 1.20 | | | |
| 1.0 | 10 | 1.10 | | | | | | | | | | |
| | 15 | 1.15 | | | | | | | | | | |
| | 20 | 1.23 | 1.12 | | | | | | | | | |
| | 25 | 1.31 | 1.17 | | | | | | | | | |
| | 30 | 1.43 | 1.23 | 1.15 | | | | | | | | |
| | 40 | 1.57 | 1.32 | 1.20 | 1.12 | | | | | | | |
| | 50 | 1.70 | 1.37 | 1.23 | 1.18 | 1.14 | | | | | | |
| | 70 | 1.94 | 1.52 | 1.31 | 1.23 | 1.20 | 1.13 | | | | | |
| | 100 | 2.37 | 1.72 | 1.47 | 1.35 | 1.29 | 1.20 | 1.11 | | | | |
| | 150 | 2.86 | 1.78 | 1.71 | 1.57 | 1.49 | 1.38 | 1.24 | | | | |
| | 200 | | 1.90 | 1.71 | 1.60 | 1.44 | 1.30 | 1.25 | 1.10 | | | |
| | 250 | | 2.03 | 1.85 | 1.71 | 1.60 | 1.42 | 1.26 | 1.16 | | | |
| | 300 | | 2.32 | 2.08 | 1.90 | 1.70 | 1.50 | 1.31 | 1.20 | | | |
| | 400 | | 2.68 | 2.30 | 2.10 | 1.84 | 1.61 | 1.43 | 1.27 | 1.10 | | |
| | 500 | | 2.85 | 2.57 | 2.39 | 2.10 | 1.80 | 1.50 | 1.30 | 1.16 | | |
| 1.25 | 10 | 1.31 | 1.15 | | | | | | | | | |
| | 15 | 1.48 | 1.21 | 1.12 | | | | | | | | |
| | 20 | 1.60 | 1.32 | 1.19 | 1.11 | | | | | | | |
| | 25 | 1.78 | 1.40 | 1.23 | 1.17 | 1.13 | | | | | | |
| | 30 | 2.09 | 1.60 | 1.35 | 1.25 | 1.20 | 1.10 | | | | | |
| | 40 | 2.30 | 1.73 | 1.45 | 1.32 | 1.26 | 1.17 | | | | | |
| | 50 | 2.50 | 1.85 | 1.56 | 1.40 | 1.31 | 1.23 | 1.18 | | | | |
| | 70 | 3.18 | 2.40 | 1.83 | 1.60 | 1.49 | 1.32 | 1.22 | 1.15 | | | |
| | 100 | | 2.63 | 2.10 | 1.86 | 1.70 | 1.56 | 1.37 | 1.21 | 1.12 | | |
| | 150 | | 3.19 | 2.60 | 2.30 | 2.10 | 1.83 | 1.60 | 1.37 | 1.18 | | |
| | 200 | | | 3.01 | 2.60 | 2.38 | 2.03 | 1.79 | 1.50 | 1.30 | | |
| | 250 | | | | 2.98 | 2.65 | 2.30 | 2.01 | 1.62 | 1.40 | 1.18 | |
| | 300 | | | | 3.25 | 3.00 | 2.54 | 2.10 | 1.71 | 1.48 | 1.24 | |
| | 400 | | | | | | | 2.43 | 1.92 | 1.58 | 1.31 | |
| | 500 | | | | | | | 2.72 | 2.11 | 1.71 | 1.39 | |

续上表

| $H$ | $\frac{B}{Hi}$ \ $Q^{\frac{3}{2}}F$ | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.50 | 10 | 1.69 | 1.33 | 1.16 | | | | | | | | |
| | 15 | 1.96 | 1.52 | 1.30 | 1.21 | 1.18 | | | | | | |
| | 20 | 2.27 | 1.70 | 1.39 | 1.27 | 1.20 | 1.12 | | | | | |
| | 25 | 2.47 | 1.84 | 1.53 | 1.37 | 1.33 | 1.24 | 1.21 | | | | |
| | 30 | 2.81 | 2.02 | 1.66 | 1.48 | 1.39 | 1.27 | 1.22 | | | | |
| | 40 | 3.26 | 2.32 | 1.85 | 1.65 | 1.52 | 1.37 | 1.24 | | | | |
| | 50 | | 2.58 | 1.98 | 1.74 | 1.59 | 1.43 | 1.33 | | | | |
| | 70 | | 3.26 | 2.46 | 2.12 | 1.94 | 1.71 | 1.50 | | | | |
| | 100 | | | 3.06 | 2.60 | 2.33 | 2.02 | 1.73 | 1.43 | 1.24 | | |
| | 150 | | | | 3.30 | 2.94 | 2.47 | 2.02 | 1.64 | 1.39 | 1.24 | |
| | 200 | | | | | 3.30 | 2.87 | 2.42 | 1.93 | 1.59 | 1.28 | |
| | 250 | | | | | | | 2.72 | 2.08 | 1.67 | 1.35 | |
| | 300 | | | | | | | | 2.20 | 1.90 | 1.50 | |
| | 400 | | | | | | | | 2.50 | 2.06 | 1.64 | |
| 1.75 | 10 | 2.27 | 1.64 | 1.34 | 1.22 | 1.15 | 1.10 | | | | | |
| | 15 | 2.50 | 1.88 | 1.56 | 1.41 | 1.32 | 1.22 | 1.12 | | | | |
| | 20 | 3.08 | 2.00 | 1.74 | 1.56 | 1.45 | 1.32 | 1.22 | | | | |
| | 25 | 3.23 | 2.35 | 1.92 | 1.71 | 1.58 | 1.43 | 1.27 | | | | |
| | 30 | | 2.72 | 2.06 | 1.81 | 1.67 | 1.49 | 1.35 | | | | |
| | 40 | | 3.30 | 2.42 | 2.06 | 1.87 | 1.67 | 1.50 | 1.33 | 1.23 | | |
| | 50 | | | 2.84 | 2.38 | 2.10 | 1.85 | 1.63 | 1.52 | 1.28 | | |
| | 70 | | | | 2.70 | 2.49 | 2.20 | 1.92 | 1.61 | 1.36 | 1.14 | |
| | 100 | | | | | 2.94 | 2.47 | 2.12 | 1.76 | 1.43 | 1.23 | |
| | 150 | | | | | | 2.54 | 2.28 | 1.96 | 1.69 | 1.39 | |
| | 200 | | | | | | | | 2.76 | 2.13 | 1.52 | |
| 2.0 | 10 | 2.82 | 1.93 | 1.52 | 1.37 | 1.28 | 1.21 | | | | | |
| | 15 | | 2.44 | 1.89 | 1.67 | 1.52 | 1.36 | 1.22 | | | | |
| | 20 | | 2.67 | 2.13 | 1.90 | 1.76 | 1.56 | 1.39 | | | | |
| | 25 | | 3.30 | 2.47 | 2.12 | 1.92 | 1.70 | 1.49 | 1.20 | | | |
| | 30 | | | | 2.38 | 2.13 | 1.89 | 1.63 | 1.36 | 1.16 | | |
| | 40 | | | | 2.62 | 2.38 | 2.12 | 1.82 | 1.47 | 1.21 | | |
| | 50 | | | | 3.23 | 2.87 | 2.46 | 2.04 | 1.67 | 1.35 | 1.10 | |
| | 70 | | | | | | 2.94 | 2.42 | 1.92 | 1.56 | 1.24 | |
| | 100 | | | | | | | 2.50 | 2.11 | 1.79 | 1.43 | |
| | 150 | | | | | | | | 2.73 | 2.17 | 1.63 | |

续上表

| $H$ | $\frac{B}{Hi}$ \ $Q^{\frac{3}{2}}F$ | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1 000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.5 | 10 | | 3.18 | 2.32 | 2.00 | 1.82 | 1.60 | 1.41 | | | | |
| | 15 | | | | | 2.13 | 1.90 | 1.65 | 1.35 | 1.11 | | |
| | 20 | | | | | 2.70 | 2.25 | 1.98 | 1.56 | 1.22 | | |
| | 25 | | | | | | 2.35 | 2.02 | 1.70 | 1.43 | 1.11 | |
| | 30 | | | | | | 3.13 | 2.50 | 1.92 | 1.52 | 1.20 | |
| | 40 | | | | | | | 2.81 | 2.15 | 1.72 | 1.32 | 1.16 |
| | 50 | | | | | | | | 2.59 | 1.94 | 1.56 | 1.22 |
| | 70 | | | | | | | | 3.10 | 2.40 | 1.70 | 1.30 |
| 3.0 | 10 | 2.60 | 1.92 | 1.50 | 1.32 | 1.20 | | | | | | |
| | 15 | | | | | 3.00 | 2.68 | 2.06 | 1.83 | 1.50 | 1.10 | |
| | 20 | | | | | | | 2.18 | 1.93 | 1.16 | 1.27 | |
| | 25 | | | | | | | 2.90 | 2.30 | 1.90 | 1.38 | |
| | 30 | | | | | | | | 2.65 | 2.10 | 1.55 | 1.20 |
| 3.5 | 10 | | | | | | 3.10 | 2.60 | 2.00 | 1.60 | 1.14 | |
| | 15 | | | | | | | 2.70 | 2.28 | 1.80 | 1.40 | 1.13 |
| 4.0 | 10 | | | | | | | | 2.38 | 1.93 | 1.41 | |
| | 15 | | | | | | | | 2.90 | 2.22 | 1.58 | |

注:1. 表中符号意义:

$Q$-原涵洞通过某一历史洪峰流量或多年平均洪峰流量($m^3/s$);

$F$-原涵位上游的汇水面积($km^2$);

$H$-洪峰时原涵前的水深(m);

$B$-原涵前相应于洪峰水深时的水面宽度(m);

$i$-原涵位处纵向平均坡度(0.001)。

2. 表中所列 $S$ 值在 1.1 ~ 3.3 范围之内;当 $S>3.3$ 时,应详细调查,确定积水原因后再行计算;当 $S<1.1$ 时,按 1.1 计算。

3. 表中所缺数值,可用内插法计算。

# 本细则用词说明

为便于在执行本细则条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

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”。

4　表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

# 公路工程现行标准、规范、规程、指南一览表

| 序号 | 类别 | | 编　　号 | 名　　称 | 定价 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 基础 | | JTJ 002—87 | 公路工程名词术语 | 22.00 |
| 2 | | | JTJ 003—86 | 公路自然区划标准 | 16.00 |
| 3 | | | JTJ/T 0901—98 | 1:1000000 数字交通图分类与图示规范 | 78.00 |
| 4 | | | JTG B01—2003 | 公路工程技术标准 | 28.00 |
| 5 | | | JTJ 004—89 | 公路工程抗震设计规范 | 15.00 |
| 6 | | | JTG B03—2006 | 公路建设项目环境影响评价规范 | 26.00 |
| 7 | | | JTJ/T 006—98 | 公路环境保护设计规范 | 8.00 |
| 8 | | | JTG/T B05—2004 | 公路项目安全性评价指南 | 18.00 |
| 9 | | | JTG/T B07-1—2006 | 公路工程混凝土结构防腐蚀技术规范 | 16.00 |
| 10 | 勘测 | | JTG C10—2007 | 公路勘测规范 | 28.00 |
| 11 | | | JTG/T C10—2007 | 公路勘测细则 | 42.00 |
| 12 | | | JTJ 064—98 | 公路工程地质勘察规范 | 28.00 |
| 13 | | | JTG/T C21-01—2005 | 公路工程地质遥感勘察规范 | 17.00 |
| 14 | | | JTG C30—2003 | 公路工程水文勘测设计规范 | 22.00 |
| 15 | 设计 | 公路 | JTG D20—2006 | 公路路线设计规范 | 38.00 |
| 16 | | | JTG D30—2004 | 公路路基设计规范 | 38.00 |
| 17 | | | JTG D40—2003 | 公路水泥混凝土路面设计规范 | 26.00 |
| 18 | | | JTG D50—2006 | 公路沥青路面设计规范 | 36.00 |
| 19 | | | JTJ 018—96 | 公路排水设计规范 | 12.00 |
| 20 | | | JTJ/T 019—98 | 公路土工合成材料应用技术规范 | 12.00 |
| 21 | | 桥隧 | JTG D60—2004 | 公路桥涵设计通用规范 | 24.00 |
| 22 | | | JTG/T D60-01—2004 | 公路桥梁抗风设计规范 | 28.00 |
| 23 | | | JTG/T D65-04—2007 | 公路涵洞设计细则 | 26.00 |
| 24 | | | JTG D61—2005 | 公路圬工桥涵设计规范 | 19.00 |
| 25 | | | JTG D62—2004 | 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 | 48.00 |
| 26 | | | JTJ 024—85 | 公路桥涵地基与基础设计规范 | 19.00 |
| 27 | | | JTJ 025—86 | 公路桥涵钢结构及木结构设计规范 | 16.00 |
| 28 | | | JTJ 027—96 | 公路斜拉桥设计规范(试行) | 9.80 |
| 29 | | | JTG D70—2004 | 公路隧道设计规范 | 50.00 |
| 30 | | | JTJ 026.1—1999 | 公路隧道通风照明设计规范 | 16.00 |
| 31 | | | JTG/T D71—2004 | 公路隧道交通工程设计规范 | 26.00 |
| 32 | | 交通 | JTG D80—2006 | 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范 | 25.00 |
| 33 | | | JTG D81—2006 | 公路交通安全设施设计规范 | 25.00 |
| 34 | | | JTG/T D81—2006 | 公路交通安全设施设计细则 | 35.00 |
| 35 | 检测 | | JTJ 051—93 | 公路土工试验规程 | 25.00 |
| 36 | | | JTJ 052—2000 | 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 | 40.00 |
| 37 | | | JTG E30—2005 | 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程 | 32.00 |
| 38 | | | JTG E41—2005 | 公路工程岩石试验规程 | 18.00 |
| 39 | | | JTJ 056—84 | 公路工程水质分析操作规程 | 8.00 |
| 40 | | | JTJ 057—94 | 公路工程无机结合料稳定材料试验规程 | 10.00 |
| 41 | | | JTG E42—2005 | 公路工程集料试验规程 | 30.00 |
| 42 | | | JTJ 059—95 | 公路路基路面现场测试规程 | 13.50 |
| 43 | | | JTG E50—2006 | 公路土工合成材料试验规程 | 28.00 |

续上表

| 序号 | 类别 | | 编　　号 | 名　　称 | 定价 |
|---|---|---|---|---|---|
| 44 | 施工 | 公路 | JTG F10—2006 | 公路路基施工技术规范 | 40.00 |
| 45 | | | JTJ 034—2000 | 公路路面基层施工技术规范 | 16.00 |
| 46 | | | JTG F30—2003 | 公路水泥混凝土路面施工技术规范 | 46.00 |
| 47 | | | JTJ 037.1—2000 | 公路水泥混凝土路面滑模施工技术规程 | 16.00 |
| 48 | | | JTG F40—2004 | 公路沥青路面施工技术规范 | 38.00 |
| 49 | | 桥隧 | JTJ 041—2000 | 公路桥涵施工技术规范 | 52.00 |
| 50 | | | JTG/T F81-01—2004 | 公路工程基桩动测技术规程 | 17.00 |
| 51 | | | JTJ 042—94 | 公路隧道施工技术规范 | 20.00 |
| 52 | | 交通 | JTG F71—2006 | 公路交通安全设施施工技术规范 | 20.00 |
| 53 | | | JTG/T F83-01—2004 | 高速公路护栏安全性能评价标准 | 15.00 |
| 54 | 质检安全 | | JTG F80/1—2004 | 公路工程质量检验评定标准　第一册　（土建工程） | 46.00 |
| 55 | | | JTG F80/2—2004 | 公路工程质量检验评定标准　第二册　（机电工程） | 26.00 |
| 56 | | | JTG G10—2006 | 公路工程施工监理规范 | 20.00 |
| 57 | | | JTJ 076—95 | 公路工程施工安全技术规程 | 12.00 |
| 58 | 养护管理 | | JTJ 073—96 | 公路养护技术规范 | 26.00 |
| 59 | | | JTJ 073.1—2001 | 公路水泥路面养护技术规范 | 12.00 |
| 60 | | | JTJ 073.2—2001 | 公路沥青路面养护技术规范 | 13.00 |
| 61 | | | JTG H11—2004 | 公路桥涵养护规范 | 30.00 |
| 62 | | | JTG H12—2003 | 公路隧道养护技术规范 | 26.00 |
| 63 | | | JTJ 075—94 | 公路养护质量检查评定标准 | 5.00 |
| 64 | | | JTG H30—2004 | 公路养护安全作业规程 | 36.00 |
| 1 | 技术指南 | | 中建标公路[2002]1号 | 公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南 | 16.00 |
| 2 | | | 交公便字[2005]330号 | 公路机电系统维护技术指南 | 30.00 |
| 3 | | | 交公便字[2006]02号 | 公路工程水泥混凝土外加剂与掺合料应用技术指南 | 50.00 |
| 4 | | | 交公便字[2005]329号 | 微表处和稀浆封层技术指南 | 18.00 |
| 5 | | | 交公便字[2005]329号 | 公路冲击碾压应用技术指南 | 15.00 |
| 6 | | | 交公便字[2006]02号 | 公路工程抗冻设计与施工技术指南 | 26.00 |
| 7 | | | 厅公路字[2006]418号 | 公路安全保障工程实施技术指南 | 40.00 |
| 8 | | | 交公便字[2006]02号 | 公路土钉支护技术指南 | 22.00 |
| 9 | | | 交公便字[2006]274号 | 公路钢箱梁桥面铺装设计与施工技术指南 | 25.00 |
| 10 | | | 交公便字[2006]243号 | 盐渍土地区公路设计与施工指南 | 20.00 |
| 11 | | | | 横张预应力混凝土桥梁设计施工指南 | 15.00 |

注：JTG——公路工程行业标准体系；JTG/T——公路工程行业推荐性标准体系；JTJ——仍在执行的公路工程原行业标准体系。

购书请与我社各地经销商联系，经销商联系方式见我社网站 www.ccpress.com.cn 首页，兴通书店（北京）联系电话：010-85285659。