

DB 44

广东省地方标准

DB 44/T XXXX—XXXX

# 公路排水技术规范

Technical Specifications for Drainage of Highway

（草案） 2026.10.26

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

广东省市场监督管理局 发布



目 次

前言 ..... II

引言 ..... III

1 范围 ..... 4

2 规范性引用文件 ..... 4

3 术语和定义 ..... 4

4 基本规定 ..... 5

5 水文调查与水文地质勘察 ..... 5

6 综合排水设计 ..... 6

7 路基排水设计 ..... 7

8 路面排水设计 ..... 19

9 隧道排水 ..... 26

10 桥梁排水设计 ..... 27

11 互通排水 ..... 30

12 排水衔接设计 ..... 31

13 水文与水力计算 ..... 33

14 施工技术规定 ..... 37

15 检测技术规定 ..... 41

附 录 A （规范性）广东省 45 个国家气象站降雨强度表 ..... 42

附 录 B （规范性）广东省暴雨强度等值线图 ..... 46

附 录 C （规范性）沟心渗沟、斜向渗沟连通性检测方法 ..... 64

附 录 D （规范性）支挡工程反滤层检测方法 ..... 66

附 录 E （资料性）水文水力计算示例 ..... 67

附 录 F （资料性）综合排水设计示例图 ..... 70

附 录 G （规范性）水膜厚度分析 ..... 77

## 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由广东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由广东省交通运输标准化技术委员会公路工程分技术委员会（GD/TC133/SC1）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 引言

广东省属亚热带季风气候区，常年遭遇龙舟水、台风、强对流短时暴雨叠加侵袭，区域降雨频次高、短时雨强突出、局地极端强降水多发。短时强降雨极易在宽幅高速路面形成连续水膜，可能诱发车辆水滑、行车失控。长时间降雨会降低路基边坡稳定系数，可能诱发滑坡、泥石流等灾害。公路建设持续快速发展，对排水系统的安全性、可靠性和耐久性提出了更高要求，极端降雨工况下排水设施防灾减灾的核心作用愈发突出。

现行公路排水设计主要执行 JTG/T D33-2012《公路排水设计规范》，该标准未结合广东省暴雨空间分布特征、多幅宽幅路面排水工况、泄水口截流效率等核心参数开展针对性细化，无法匹配本省降雨集中、瞬时强度大、持续时间长、区域分异明显的地域水文特点，工程适配性存在局限。

相对《公路排水设计规范》，本规范增加了水膜厚度分析、广东省45个国家气象站降雨强度表、广东省暴雨强度等值线图、地下排水连通性检测办法、等内容，细化了综合排水、互通排水、排水衔接等方面的规定。

为进一步系统提升公路排水设施的科学性、区域适应性和工程可操作性，本标准在全面总结广东省公路防护与排水工程实践经验基础上，充分吸收省内高速公路排查、评估与回溯成果，借鉴国内外先进技术标准，结合水文气象、地质条件等区域特征，对公路综合排水、路基排水、路面排水等关键环节进行了细化与提升。本文件的制定，将为我省公路排水工程设计、施工与检测提供系统、精细的技术依据，对全面提升公路防灾抗灾能力、推动公路建设高质量发展具有重要现实意义。

# 公路排水技术规范

## 1 范围

本文件规定了公路排水的基本要求、综合排水设计、排水衔接设计、路基排水设计、路面排水设计、隧道排水、桥梁排水、互通排水以及施工、检测等相关内容。  
本文件适用于广东省新建、改扩建高速公路。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| JTG/T D33  | 公路排水设计规范              |
| JTG C20    | 公路工程地质勘察规范            |
| GB 50021   | 岩土工程勘察规范（2009年版）      |
| GB/T 17642 | 土工合成材料 非织造布复合土工膜      |
| JTG E40    | 公路土工试验规程              |
| JTG F80/1  | 公路工程质量检验评定标准          |
| JTG/T 3610 | 公路路基施工技术规范            |
| CJ/T 437   | 垃圾填埋场用土工滤网            |
| GB/T 45355 | 无压埋地排污、排水用聚乙烯(PE)管道系统 |

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**泄水口截流率** interception rate of drainage outlet  
泄水口截获的径流量与其上游来流量的比值。

### 3.2

**边沟** side ditch  
路堤或路堑边坡坡脚附近的水沟。

### 3.3

**排水沟** drainage ditch  
将路基范围内地表水排至地方水系的水沟。

### 3.4

**接触冲刷** contact erosion  
渗流沿着两种土层的接触面或土与其他介质的接触面流动时，沿接触面带走细颗粒的现象，可能形成土洞，导致塌陷或坍塌。

### 3.5

**设计充满度** design depth ratio  
设计流量下，管内水深  $h$  与管径  $D$  之比值。

### 3.6

**截水渗沟** cut-off underdrain  
垂直地下水流方向布置，拦截地下水的渗沟，包括环形截水渗沟、横向截水渗沟、纵向截水渗沟等。

### 3.7

**排水渗沟** drainage underdrain

将截水渗沟中的地下水引排至路基外的渗沟，通常横向布置，周围包裹防渗膜。

4 基本规定

- 4.0.1 公路排水应采取“防、排、截”相结合的综合措施，并应做好相邻路段排水系统的衔接。
- 4.0.2 公路设计降雨的重现期应根据排水类型按表 4-1 确定。公路排水设施同时承担路面和坡面汇水时，应按较高标准值执行。

表 4-1 设计降雨的重现期（单位：年）

| 公路等级      | 路面和路肩表面排水 | 路界内坡面排水 |
|-----------|-----------|---------|
| 高速公路和一级公路 | 5         | 25      |
| 二级及二级以下公路 | 3         | 10      |

条文说明

设计降雨重现期的确定，既需考虑公路设施在使用中受水侵害的风险大小，又需兼顾排水设施的断面尺寸与工程造价。结合我省在役高速公路排水路径长度主要集中在 300~500m、汇流历时普遍为 5~10min 的典型工况，同时考虑气候变化背景下沿海地区极端降雨事件频率与强度上升的趋势，为提升交通基础设施的安全韧性，保障公路长期运行安全，综合确定我省路界内坡面排水设施设计降雨重现期为 25 年。

- 4.0.3 地表排水设施设计使用年限不宜小于 30 年，地下排水设施设计使用年限不宜小于 50 年。
- 4.0.4 城镇化路段公路排水应结合沿线地形条件、城镇排水规划、城镇雨水管网系统等因素进行综合设计。
- 4.0.5 公路排水设计图应包括路域外综合排水图、路面排水图、排水设施布设与衔接图。
- 4.0.6 水文地质条件复杂、水源保护区等特殊路段，应开展针对性的专项设计。
- 4.0.7 公路排水应结合现场水系核查、水文地质复核等进行动态设计。
- 4.0.8 项目实施阶段应组织排水专项设计交底、专项施工交底工作，明确现场控制及动态设计要点。

5 水文调查与水文地质勘察

5.1 一般规定

- 5.1.1 排水设计前应通过水文调查与水文地质勘察，查明沿线地表水、地下水的类型、补给来源、活动规律及其他有关参数，勘察成果应满足排水设计的需要。
- 5.1.2 水文调查与水文地质勘察宜与工程地质勘察结合进行，勘察深度应与设计阶段相适应。
- 5.1.3 前期受客观条件限制未完成调查或勘察任务的，应在具备条件后进行补充调查或勘察。

5.2 调查与勘察内容

- 5.2.1 水文调查与水文地质勘察应查明下列内容：
  - a) 水文资料，包括地表水汇水面积、地表径流量、水系分布等；
  - b) 含水岩组、隔水岩组、水文地质单元类型；
  - c) 地下水的类型、水位、分布、径流及动态特征，含水层分布范围及渗透系数、水量与补给关系；
  - d) 沿线泉、井的成因、补给条件、流量、水位；
  - e) 既有排水设施的使用情况；公路通过农田、洼地时，尚应调查地表水的积水深度、积水时间。
- 5.2.2 路堤尚应查明：沟谷低洼处、地下水密集出露处、褶皱轴部、断裂构造破碎带、岩脉发育带、裂隙密集带及不同岩组接触带等地段形成较高承压水头及发生渗透破坏的可能性。
- 5.2.3 路堑尚应查明：堑顶外地表水体与堑顶的距离、向边坡的渗流及其对边坡稳定的影响；边坡及其附近导水构造的类型、分布、导水方向和数量。
- 5.2.4 隧道尚应查明地下水类型及水量，预测异常涌水、突水地段；水文地质条件复杂的隧道，必要时应进行水文地质动态观测或专题研究。

5.3 调查与勘察方法

- 5.3.1 水文调查与水文地质勘察应在收集和研究既有资料的基础上，采用调绘、物探、钻探、试验相结

合的方法进行。

5.3.2 水文地质钻探应在调绘和物探的基础上布置，钻孔应选择在物探低阻异常带、沟谷低洼处、地下水密集出露处、褶皱轴部、断裂构造破碎带、裂隙密集带及不同含水岩组接触带等具有代表性和典型性的水文地质地段。

5.3.3 地层渗透系数宜采用注水或抽水试验测定，路堤填土渗透系数宜采用击实土室内渗透试验测定。抽水试验、渗水试验应符合现行 GB 50021、JTG C20 的规定，室内渗透试验应符合现行 JTG E40 的规定。

5.3.4 缺少常年地下水位监测资料的地区，以及大型滑坡、水文地质条件复杂的深路堑，宜设置观测孔对有关含水层地下水进行长期观测。

6 综合排水设计

6.1 综合排水设计流程

6.1.1 公路排水设计应在全面调查沿线水文、气象、地形、地质、环境敏感区等建设条件的基础上，根据公路功能与等级、区域特征，合理划分排水单元，分段确定综合排水方案。综合排水宜按图6-1所示工作流程进行设计。

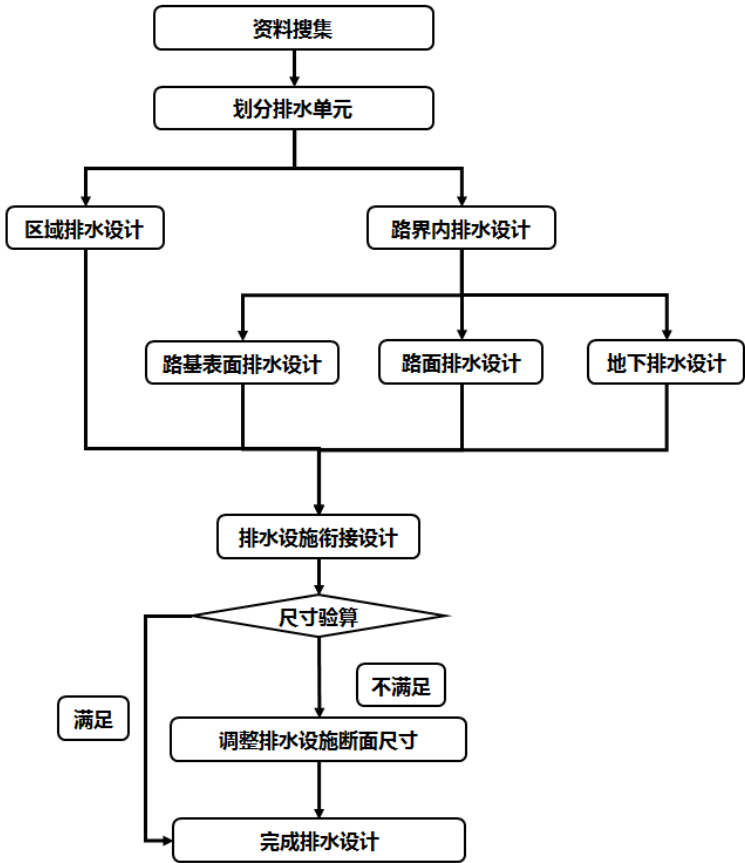


图6-1 综合排水流程

6.1.2 应将公路项目范围内基于地形、地物自然形成的独立汇水区域划分为排水单元。

6.1.3 综合排水设计应包括排水设施设计、各排水设施的衔接设计。

6.2 综合排水设计要点

6.2.1 综合排水设计前期宜搜集地形、水文地质、水文气象、地方水系、公路平面总体布置图和纵断面图等基础资料，按设计阶段选用对应比例尺地形图校核汇水边界。

6.2.2 路线平纵横方案稳定后，应依据分水岭、汇水边界、出水口划分排水单元和排水通道、框定分水线、核算汇水面积、识别特殊排水工点。

- 6.2.3 布设排水设施时应加强排水系统与防护工程的衔接设计,对关键场景加强排水路径分析,标注各排水设施的布设位置及尺寸、长度、关键部位或变化部位的高程以及涵洞进出水口、地方水系等的高程。
- 6.2.4 综合排水设计应统筹地表、地下排水及桥隧、防护工程、城镇管网衔接关系,分汇水单元、分段开展排水设施水力计算;路桥隧过渡、深挖高陡、互通、填平区等复杂工点宜编制精细化专项排水设计图纸,明确各类排水设施尺寸、纵坡及控制高程。
- 6.2.5 区域排水设计应开展以下工作:
- 统筹路域外山体汇水范围、地表径流路径;
  - 依据汇水量计算确定外部截排水设施、涵洞尺寸及进出口高程;
  - 落实改沟改渠、出水口与地方水系衔接方案;
  - 从总体层面控制路域外水流排泄通道;
  - 绘制路域外综合排水设计图。
- 6.2.6 路界内排水设计应统筹路基表面、路面、地下排水系统同步布置,预留各子系统衔接条件,避免各专业排水设计体系割裂。
- 6.2.7 路基地表排水设计应开展以下工作:
- 结合地形与工点类型布设截水沟、平台截水沟、急流槽、导水骨架、边沟等地表排水设施;
  - 明确平面位置、纵坡、断面形式及尺寸;
  - 针对高填深挖、半填半挖、陡坡路基等场景采取消能、防冲刷构造措施。
- 6.2.8 路面排水设计应开展以下工作:
- 识别路面排水困难路段;
  - 明确超高过渡段、凹形竖曲线底部、超宽路面、立交分合流区的排水对策;
  - 确定泄水口、超高横向排水管、中分带集水沟等设施的位置、间距与规格;
  - 排查排水设施与护栏、交安工程的空间冲突;
  - 绘制路面排水设计图。
- 6.2.9 地下排水设计应开展以下工作:
- 根据水文地质条件布设渗沟、暗沟、暗管等地下排水设施;
  - 合理确定地下排水设施埋置深度、出口位置,避免渗沟、盲沟出口被掩埋封堵。
- 6.2.10 完成各类排水设施单体布置后,应开展排水设施衔接专项设计,并应符合下列规定:
- 各类排水设施连接节点应标注控制高程;
  - 绘制关键连接部大样图;
  - 配套消能、防冲刷构造,规避接口淘蚀、沟外沟、水流脱接等病害。
  - 绘制排水设施布设与衔接设计图。
- 6.2.11 应通过水文分析和水力计算复核各级路基、路面排水设施尺寸的合理性,复核时应充分考虑桥梁、隧道等路界内汇水和路界外来水。

## 7 路基排水设计

### 7.1 一般规定

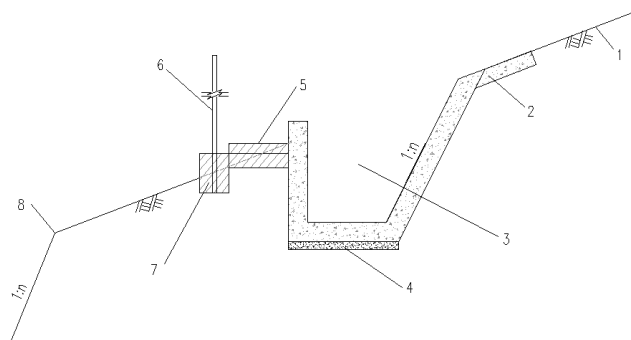
- 7.1.1 路基排水系统纵断面不应形成积水区,相邻段落之间应衔接顺畅。
- 7.1.2 地下排水应与地表排水设施、边坡防护、锚固与支挡工程相协调,出水口应排水顺畅,避免漫流或冲刷坡面。
- 7.1.3 路界外来水汇入时应复核下游排水构筑物过流能力,防止冲刷、淤堵引发路基失稳。

### 7.2 地表排水

7.2.1 路基地表排水设施应包括截水沟、急流槽、边沟、排水沟等排水设施。路基地表水应直接或通过排水沟间接排至天然沟渠、河道、水塘或集水池。

#### 7.2.2 堑顶截水沟应符合下列规定:

- 堑顶截水沟断面形式、尺寸应结合截水沟的汇水量,通过水力计算确定。
- 堑顶截水沟宜采用直角梯形断面,迎水面采用斜边,不应高于原状地面,如图 7-1 所示。



标引序号说明：  
1—原状地面线；2—混凝土硬化；3—堑顶截水沟；4—水泥砂浆垫层；5—检修踏步；6—扶手立管；7—现浇混凝土支座；8—边坡开口线

图7-1 堑顶截水沟示意图

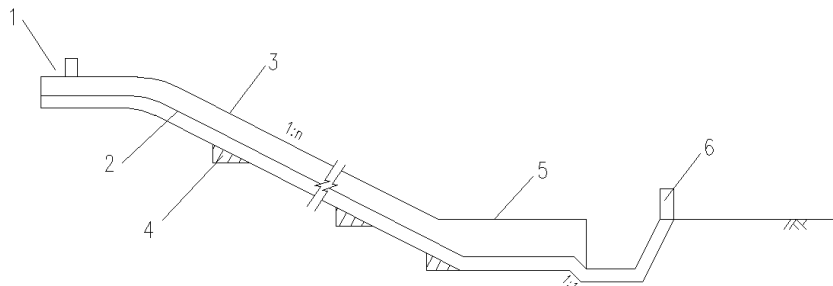
- c) 堑顶截水沟宜通过排水沟接入线外自然水系。条件受限时沟可接入边沟，接入角度应小于  $90^\circ$ ，并应对下游边沟尺寸进行验算。
- d) 堑顶截水沟两侧宜硬化，并宜在内侧设置巡检通道。
- e) 堑顶截水沟纵坡陡于  $1:1.5$  时，宜在沟底设置台阶式消能措施。当截水沟接入路基其他排水设施时，宜在接入处设置跌水井。

7.2.3 平台截水沟应符合下列规定：

- a) 路基边坡每级平台应设置平台截水沟。
- b) 平台截水沟沟底纵坡一般与路线纵坡一致，且沟底纵坡不小于  $0.3\%$ 。
- c) 平台截水沟断面宜采用直角梯形。截面尺寸应结合汇水量、纵坡等通过水力计算确定。
- d) 平台截水沟出水口应与急流槽或截水沟衔接顺畅。

7.2.4 急流槽应符合下列规定：

- a) 急流槽的断面尺寸、形式和布设间距应通过水力计算确定。当超高路段横向排水管接入急流槽时，急流槽尺寸应与横向排水管管径相匹配。
- b) 急流槽槽底应设置防滑平台或凸榫，如图 7-2 所示。
- c) 当坡面急流槽两侧无骨架防护时，应在急流槽两侧采用混凝土硬化封闭。
- d) 坡面急流槽末端宜采用挡水板消能，当采用槽身消能设施时宜采用台阶式。



标引序号说明：  
1—平台截水沟；2—急流槽；3—路基边坡坡面线；4—防滑平台；5—护坡道硬化顶面；6—挡水板

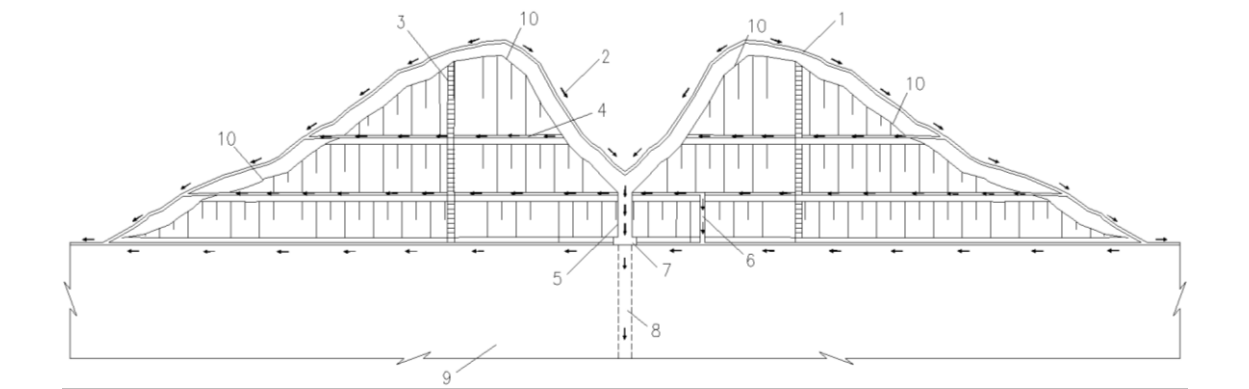
图7-2 急流槽底部设置挡水板示意图

- e) 检查踏步不宜兼作急流槽。

条文说明

路基排水设施，通常与路基防护是不可分开的，坡面急流槽设置时，应与坡面防护相结合，防止坡面岩土由于冲刷导致失稳。根据高边坡排查情况，当检查踏步兼具急流槽功能时，由于排水流速较快，极易导致水溅出，冲刷检查踏步两侧坡面，影响路基稳定性。因而，要求坡面急流槽与检查踏步分开设置。

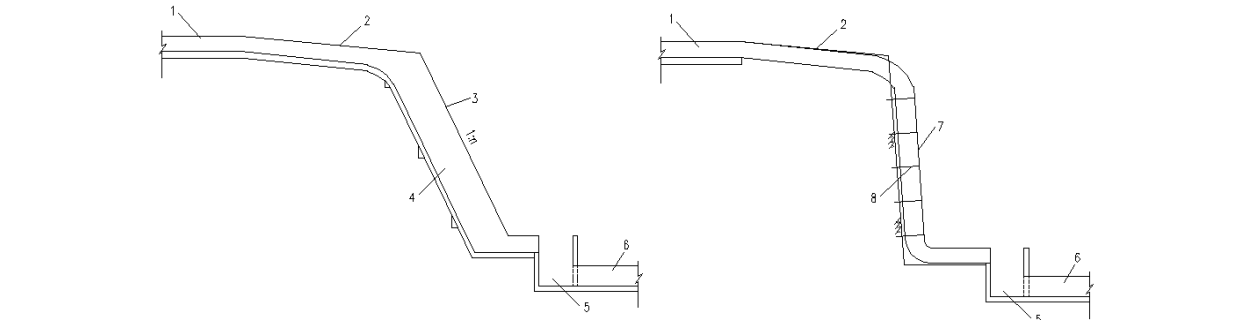
f) M形边坡中间凹形地带应设置急流槽将堑顶截水沟与平台截水沟、路堑边沟或涵洞连通。与路堑边沟连通的急流槽底部应设置跌水井，如图 7-3 所示。急流槽、跌水井具体尺寸应根据水文计算结果确定。当急流槽水引入路堑边沟时，下游边沟尺寸应根据水力计算结果确定。



标引序号说明：  
1—堑顶截水沟；2—水流方向；3—检修梯步；4—平台截水沟；5—M 型坡面急流槽；6—急流槽；7—跌水井；8—过路涵洞；9—路面范围；10—边坡开口线

图7-3 M型坡面急流槽设置示意图

g) 挖方桥台的桥下陡坡排水应根据现场情况设置桥下急流槽或排水管连接路堑边沟和桥下排水沟，并设置跌水井进行消能，如图 7-4 所示。

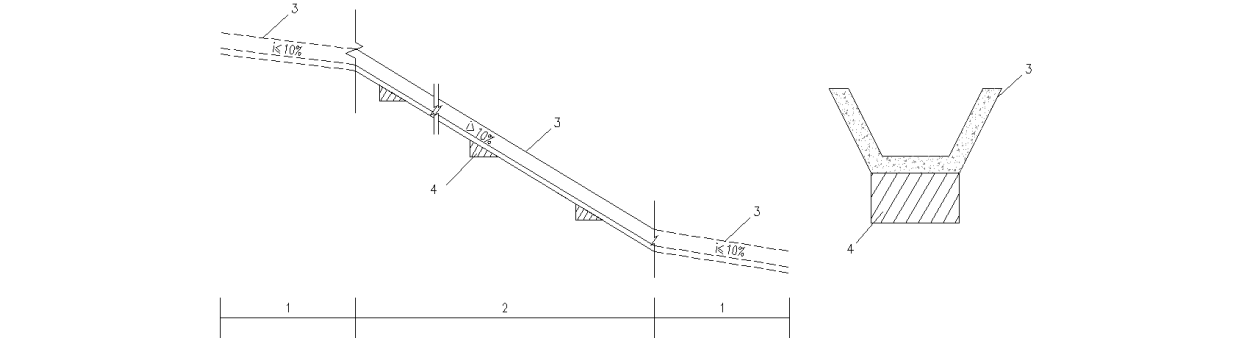


标引序号说明：  
1—路堑边沟；2—地面线；3—桥下陡坡坡面线；4—桥下急流槽；5—跌水井；6—桥下边沟；7—PE 管；8—U 型钉

图7-4 桥下陡坡排水示意图

7.2.5 路堤边沟应符合下列规定：

- a) 边沟宜采用梯形断面，采用矩形断面时迎水侧宜硬化。
- b) 路堤边沟断面尺寸、形式应根据汇水量、纵坡等因素综合确定。当有路界外来水汇入时，应对路堤边沟进行水文计算复核，确保排水设施满足汇流后的排水需求。
- c) 路堤边沟的沟底纵坡不应小于 0.5%；当路堤边沟沟底纵坡大于 10%时，应在沟底设置防滑平台，防滑平台应与路堤边沟整体浇筑，如图 7-5 所示。前后段沟底纵坡相差较大时应采用圆弧过渡。

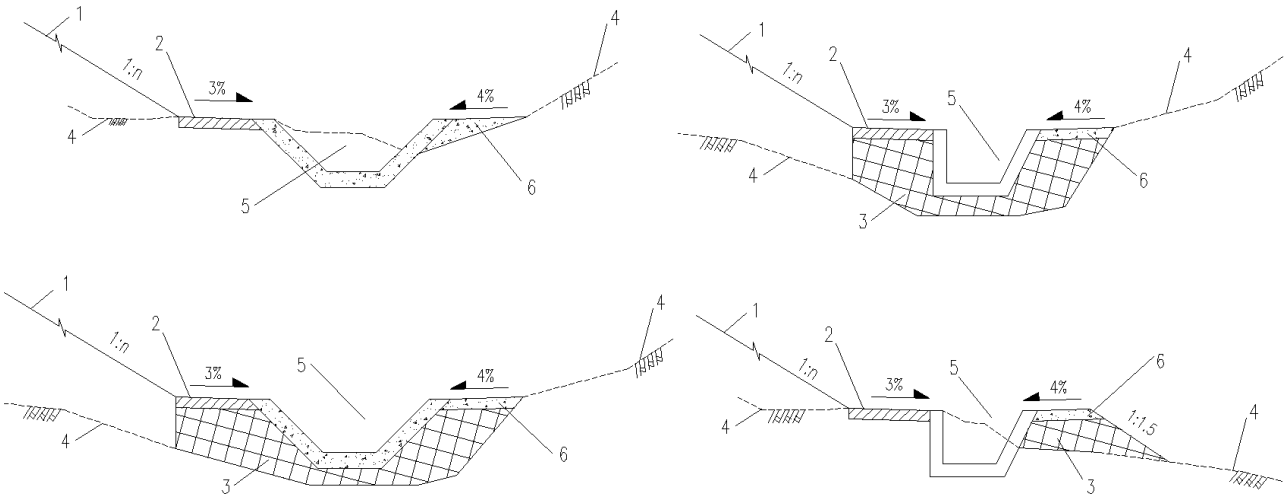


标引序号说明：

1—沟底纵坡 $i \leq 10\%$ 路段；2—沟底纵坡 $i > 10\%$ 路段；3—路堤边沟；4—防滑平台

图7-5 路堤边沟防滑平台示意图

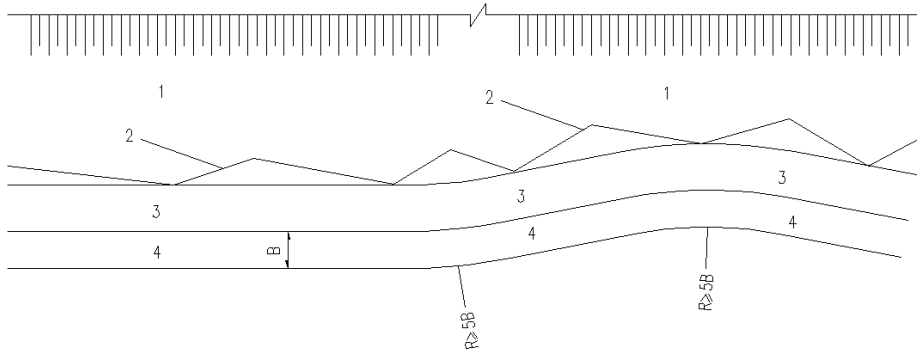
- d) 高速公路路堤边沟断面面积不宜小于  $0.6 \text{ m}^2$ ；当采用梯形断面时，斜边坡率不应陡于  $1:0.5$ 。
- e) 当沟外存在倾向边沟的斜坡时，路堤边沟沟顶宜低于原状地面；当沟顶高于原状地面时，宜调整沟底高程；无法调整时应对沟外一定范围进行填平、压实、硬化等处理，其中压实度不应低于  $90\%$ ，如图 7-6 所示。



标引序号说明：  
1—填方边坡；2—护坡道；3—填平压实；4—原状地面线；5—路堤边沟；6—混凝土硬化封闭

图7-6 沟顶高于原状地面处理示意图

- f) 当路堤边坡坡脚平面呈现“锯齿状”时，应采用顺直的线形对路堤边沟进行平面设计，如图 7-7 所示。



标引序号说明：  
1—路堤边坡；2—坡脚线；3—护坡道；4—路堤边沟；B—边沟顶宽；R—转弯半径

图7-7 锯齿状坡脚路堤边沟示意图

### 7.2.6 路堑边沟

- a) 路堑边沟的断面尺寸、形式应根据设计流量、地形地质条件、路侧安全及环境景观等因素综合确定。当有路界外来水汇入时，应对路堤边沟进行水文计算复核，确保排水设施满足汇流后的排水需求。
- b) 沟底纵坡宜与路线纵坡一致，且不宜小于  $0.5\%$ 。困难条件下，不宜小于  $0.3\%$ 。
- c) 高速公路路堑边沟宜采用矩形，断面尺寸不宜小于  $0.6 \times 0.6 \text{ m}$ 。
- d) 路堑坡面设置急流槽时，应复核下游路堑边沟的排水能力。

### 7.2.7 排水沟

- a) 排水沟应进行平、纵、横设计，用地纳入公路永久征地范围。

- b) 排水沟断面形式、尺寸应结合上游边沟或截水沟的汇水量，地形地质，通过水力计算确定，且不应小于边沟或截水沟的尺寸。
- c) 为防止流水溯源冲刷破坏水沟，应在排水沟末端设置隔水墙或坡面硬化，隔水墙埋入深度不宜小于 1m。

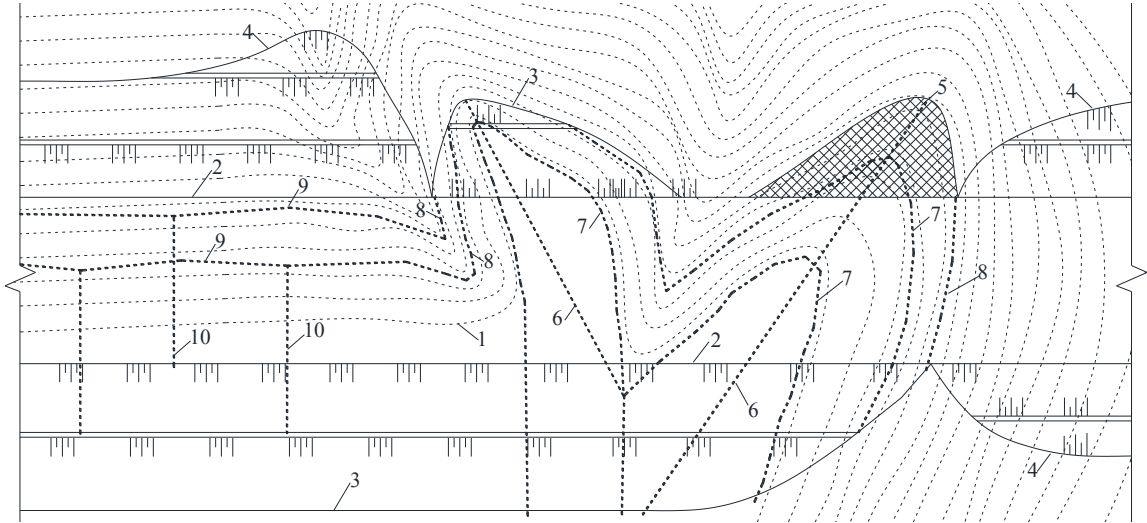
7.3 路堤地下排水

7.3.1 路堤地下排水应包括基底排水、地基排水、填平区排水、支挡结构排水等，路堤宜按表 7-1 选择地下排水设施，并应符合下列规定：

表 7-1 路堤地下排水设施

| 序号 | 部位                        | 排水设施                    |
|----|---------------------------|-------------------------|
| 1  | 路堤范围的沟谷斜坡                 | 沟心渗沟、环形截水渗沟、横向截水渗沟      |
| 2  | 路堤范围沟谷平坦区                 | 排水垫层或沟心渗沟、环形截水渗沟或横向截水渗沟 |
| 3  | 路堤范围沟谷外斜坡                 | 纵向截水渗沟、横向排水渗沟或斜向渗沟      |
| 4  | 路堤范围沟谷外平坦区                | 排水垫层或纵向截水渗沟和横向排水渗沟      |
| 5  | 路基范围的泉水、渗水点               | 暗沟、暗管或渗沟                |
| 6  | 大面积渗水的斜坡                  | 渗沟、排水层                  |
| 7  | 填平区地下水                    | 沟心渗沟、环形截水渗沟、集水井         |
| 8  | 存在富水强透水层的斜坡               | 截水沟或截水渗沟                |
| 9  | 承压水头较高的地基                 | 减压孔                     |
| 10 | 斜坡上高液限土路堤、膨胀土路堤、易崩解岩石填料路堤 | 排水层或纵向截水渗沟、横向排水渗沟       |
| 11 | 既有路堤渗水的拼接路堤               | 暗沟、暗管、横向排水渗沟            |
| 12 | 与既有路基、斜坡衔接的轻质土路堤          | 纵向截水渗沟、斜向渗沟或横向排水渗沟      |
| 13 | 护面墙、挡土墙                   | 面状排水反滤层或纵向渗沟、泄水孔或泄水窗    |
| 14 | 路基路面层间水                   | 纵向渗沟、横向排水管              |

a) 每条沟谷至少应设置 1 条沟心渗沟，如图 7-8 所示。沟底缓于 1:5 的平坦区宜设置排水层，否则应设置沟心渗沟。沟谷内缓于 1:5 的平坦区设置沟心渗沟且平坦区宽度大于 30 m 时，沿沟谷平坦区周围应设置 1 条环形渗沟或沿沟心渗沟设置树枝状渗沟。沟谷中的填石坡路堤底部不铺设反滤土工布时，应设置沟心渗沟。



标引序号说明：

- 1—等高线；2—路肩；3—坡脚线；4—塹顶线；5—填平区；6—沟心渗沟；7—环形截水渗沟；8—横向截水渗沟；9—

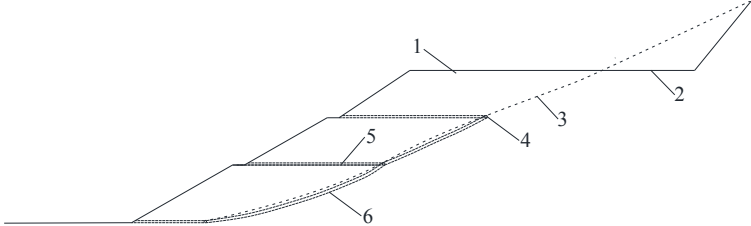
纵向截水渗沟；10—横向排水渗沟

图7-8层路堤渗沟平面布置示意图

b) 对沟谷外的斜坡路堤，其缓于 1:5 的平坦区宜设置排水层，否则应设置横向渗沟，并在平坦区内侧设置纵向截水渗沟。横向渗沟间距不宜大于 50 m。

c) 对沟谷内外的斜坡路堤，填挖交界的路床处、路堤上坡侧边坡最低坡脚以下 2 m 处、每级边坡平台处宜设置环形、横向或纵向截水渗沟，如图 7-8 所示。与平坦区排水层或截水渗沟竖向距离小于 2 m 的平台处可不设截水渗沟；路堤上坡侧边坡最低坡脚以下 2 m 处与平台标高之差小于 4 m 时，路堤上坡侧边坡最低坡脚以下 2 m 处可不设置截水渗沟。

d) 对沟谷内的斜坡路堤，横向截水渗沟的水应排至斜向急流槽，环向截水渗沟的水可根据距离排至沟心渗沟、斜向急流槽。对沟谷外的斜坡路堤，纵向截水渗沟的水可通过横向排水渗沟排至平台截水沟，也可通过斜向渗沟排至平坦段的排水层或横向渗沟，见图 7-9。横向排水渗沟出口与平台截水沟高程不一致时，横向排水渗沟出口处应设置急流槽或导水骨架。



标引序号说明：

1—填方路基；2—挖方路基；3—斜坡；4—纵向截水渗沟；5—排水渗沟；6—斜向渗沟

图7-9 沟谷外斜坡路堤渗沟剖面图

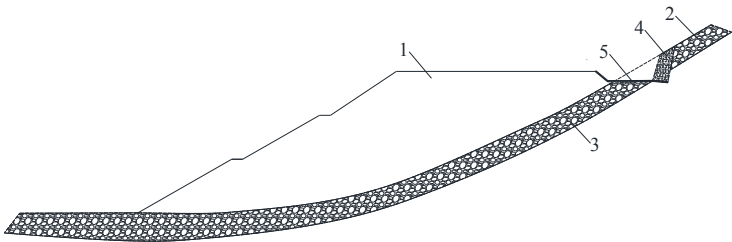
e) 沟心渗沟、截水渗沟、斜向渗沟、横向渗沟之外存在渗水点、泉水等时，应根据其位置、流量等采用暗沟、暗管或渗沟等以最短路径引出路堤外。

f) 设置填平区时，填平区基底应设置沟心渗沟、环形截水渗沟，并与路堤的沟心渗沟、环形截水渗沟衔接顺畅。

g) 斜坡大范围渗水时，宜采取加密截水渗沟、设置排水层或采用填石路堤等措施。

h) 路堤采用易崩解岩石、高液限土、膨胀土等水敏性材料填筑时，水敏性材料顶面应设置防渗层，斜坡路堤底部应设置排水层，非斜坡路堤底部应设置排水层或防水层。

i) 地基中的强透水层底面深度较小时，可在路堤上游设置截水沟或截水渗沟，将强透水中的地下水引排至路堤外，如图 7-10 所示。设置截水渗沟时，截水渗沟应截断强透水层，并对沟底采用混凝土等进行封闭，截水渗沟的排水能力应与强透水层流量匹配。



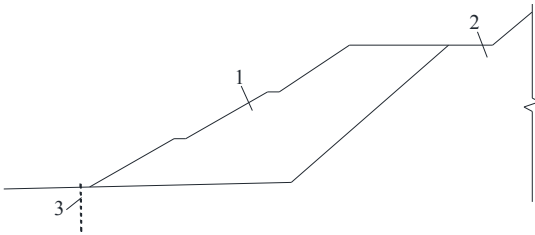
标引序号说明：

1—填方路基；2—斜陡坡；3—强透水层；4—挡土墙；5—截水沟

图7-10 强透水层截水沟

j) 既有路堤渗水时，拼宽路堤应根据渗水量大小利用暗沟、暗管或横向排水渗沟等引至拼宽路基外。渗水点密集或渗水面积大时，宜沿渗水区坡面设置排水层，并利用暗沟、暗管或排水渗沟将排水层中的水引至拼宽路基外。既有路基存在暗沟、暗管、渗沟、横向排水管等排水措施时，应将其引出拼宽路堤。

k) 沟谷路堤存在断层破碎带、侵入接触面、强透水层等导水构造时，应避免路堤堵塞其排泄通道而形成较高水头。需降低水头时，宜在路堤外设置减压孔，如图 7-11 所示。



标引序号说明：  
1—填方路基；2—挖方路基；3—减压孔

图7-11 水头控制措施

1) 既有填平区地下水位较高时，可设置集水井，集水井宜设置于填平区的沟心。

条文说明：

a) 填石路基设置沟心渗沟的主要目的是避免基底接触冲刷，导致路基不均匀沉降。

b) 横向填挖交界处，将纵向截水渗沟的地下水排出路基的渗沟称为连通渗沟，是为了与纵向填挖交界处的横向截水渗沟区分，两者结构和作用不同。

d) 路堤填土的渗透系数通常小于斜坡残坡积土的渗透系数。勘察、施工阶段未发现的季节性渗水点被路堤填土封堵后，会沿斜坡坡残积土渗流，并可能在路堤填土下方形成较高水压力。沿斜坡设置截水渗沟可以减少斜坡渗水点的渗流路径和水压力，提高路堤稳定性。

7.3.2 渗沟应符合下列规定：

a) 渗沟横断面尺寸应根据渗沟类型、排水需求、渗沟坡度、渗沟材料渗透性等确定。

b) 沟心渗沟应设置在沟谷最低处。沟心渗沟、斜向渗沟应设在原地面以下，沟心渗沟、斜向渗沟内宜设置单粒径碎石和网状 PE 硬式透水管或排水花管，可采用预制或现浇无砂混凝土。沟心渗沟、斜向渗沟周边应设置反滤材料。

c) 环形截水渗沟、横向截水渗沟、纵向截水渗沟宜设置在原地面以下，截水渗沟底部宜采用水泥砂浆或混凝土按照设计纵坡找平，渗沟内宜设置单粒径碎石和网状 PE 硬式透水管或排水花管，截水渗沟顶面和斜坡侧应设置反滤材料。截水渗沟底面和填土侧应设置复合土工膜或防水膜。

d) 横向排水渗沟应反开挖设置在路基填土内，排水渗沟底部宜采用水泥砂浆或混凝土按照设计纵坡找平。排水渗沟内设置单粒径碎石和排水管，排水渗沟周边应设置复合土工膜或防水膜。

e) 横向渗沟、连接渗水点或泉水的渗沟应设置在原地面以下，渗沟宜设置单粒径碎石和网状 PE 硬式透水管或排水花管，渗沟周边应设置反滤材料。

f) 渗沟中的网状 PE 硬式透水管、排水花管的直径不应小于 11 cm，环向刚度不应低于 8 kN/m<sup>2</sup>。花管开孔直径宜 5 mm~10 mm，开孔间距宜 5 cm~10 cm。网状 PE 硬式透水管、排水花管的外侧应包裹反滤材料。

g) 反滤材料渗透系数应大于被保护土的渗透系数的 10 倍，等效孔径 095 应大于被保护土 d15 的 3 倍，095 应小于被保护土 d85 的  $\alpha$  倍， $\alpha$  取值可参考表 7-2，土工织物连用其下土粒可能移动时， $\alpha$  值应采用 0.5。095 宜 0.12 mm~0.15 mm。反滤材料宜采用反滤土工布或土工滤网，土工滤网应符合 CJ/T 437 中地下水、封场表面入渗水收集系统用土工滤网的规定。

表 7-2  $\alpha$  经验值

| 被保护土 $\leq 0.075\text{mm}$ 颗粒含量 (%) | 土的不均匀系数，或土工织物品种             |                            | $\alpha$ |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------|
| $\leq 50$                           | $C_u \leq 2$ 或 $C_u \geq 8$ |                            | 1        |
|                                     | $2 < C_u \leq 4$            |                            | $0.5C_u$ |
|                                     | $4 < C_u < 8$               |                            | $8/C_u$  |
| $> 50$                              | 有织物                         | $O_{95} \leq 0.3\text{mm}$ | 1        |
|                                     | 无织物                         |                            | 1.8      |

h) 碎石母岩单轴抗压强度不应小于 30MPa，碎石粒径宜采用 2cm~4cm，压碎值不应大于 30%，含泥量不应大于 1.5%。

i) 沟心渗沟、沟谷平坦段环形截水渗沟出口宜设置检查井。与斜向急流槽相接的环形渗沟应采取措施避免碎石落入急流槽。

j) 渗沟与支挡结构相交时，支挡结构应设置渗沟出口。

k) 渗沟的纵坡不宜小于 1%。

**条文说明：**

勘察、施工期间，可能无法发现斜坡上的季节性渗水区、泉眼等，不设置环向、纵向渗沟时，可能导致路堤基底土、填土的饱和区范围较大，降低路堤稳定性。

渗沟埋设填方路堤深处，难以修复和重新设置，因此其耐久性非常重要。保证渗沟耐久性的一个重要方面是防淤堵性能。

《垃圾填埋场用土工滤网》（CJ/T 437-2013）中地下水、封场表面入渗水收集系统过滤用土工网幅宽 3 m~6 m，纵向断裂强度不小于 45 kN/m，横向断裂强度不小于 30 kN/m，纵向断裂伸长率不大于 25%，横向断裂伸长率不大于 15%，纵向撕破强力不小于 0.6 kN，横向撕破强力不小于 0.4 kN，刺破强力不小于 0.4 kN，顶破强力不小于 3 kN，等效孔径 0.1 mm~0.3 mm，垂直渗透系数  $k \times (0.1 \sim 100)$  cm/s，开孔率 4%~8%，单位面积质量 200 g/m<sup>2</sup>，抗紫外线性能：断裂强度保持率不小于 70%，断裂伸长率保持性能不小于 70%；抗酸碱性能：断裂强度保持率不小于 70%，断裂伸长率保持性能不小于 70%。

本文件对反滤土工布推荐的指标参考了占据国际上 70%反滤土工布市场的杜邦公司关于反滤土工布的性能指标，并借鉴了国内关于防淤堵土工布的研究成果。

沟心渗沟、沟谷平坦段环形渗沟出口通常低于护坡道，为排水顺畅并有利于检查渗沟排水效果，宜在渗沟出口设置检查井。

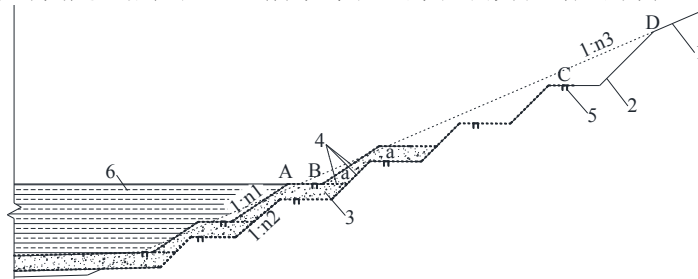
**7.3.3 排水层结构应符合下列规定：**

a) 碎石排水层厚度不宜小于 0.5 m，片石或块石排水层厚度不宜小于 1m，无砂混凝土厚度不宜小于 20cm。

b) 碎石应符合 7.3.2h) 的规定。片石粒径不宜大于 30 cm，母岩抗压强度不应低于 30 MPa。片石表面不得附有泥土、泥团，不得有风化、软弱夹层。

c) 排水层底面、顶面均应铺设反滤材料，反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定。

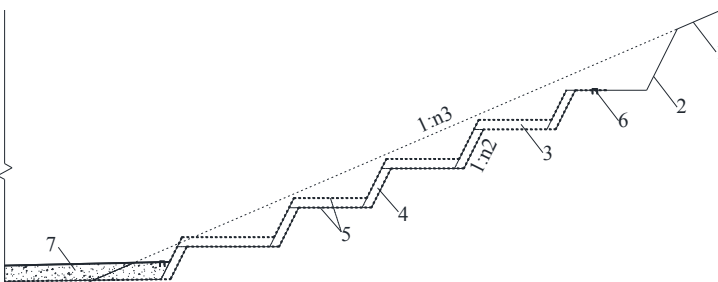
d) 陡于 1:5 的斜坡上的排水层应结合台阶设置，如图 7-12、图 7-13 所示。 $n_1$  应大于 1.5， $n_2$  不应大于  $n_3$ 。对碎石、片石或块石排水层，路堤施工顺序应为：开挖一级台阶→填筑一层碎石、片石或块石→分层填筑该层碎石、片石或块石对应的填土，且台阶开挖应比碎石层施工超前三级，以利于固定反滤材料。当填土至 A 点时，台阶应开挖至 D 点，施工 a 所示碎石、片石或块石后，反滤材料应由 B 点铺设至 C 点并用 U 形钉固定，然后施工 a 所示碎石、片石或块石对应的填土。



标引序号说明：

1—斜坡；2—台阶；3—碎石、片石或块石；4—反滤材料；5—U 形钉；6—填土

图7-12 碎石排水层示意图



标引序号说明：

1—富水斜坡；2—台阶；3—水平无砂混凝土板；4—斜向无砂混凝土板；5—反滤材料；6—U 形钉；7—碎石垫层

图7-13 无砂混凝土排水层示意图

条文说明：

香港对斜坡上路堤，普遍利用无砂混凝土设置面状排水层，并在无砂混凝土上面设置普通混凝土防水层。

7.3.4 暗沟、暗管的尺寸应根据泉水流量计算确定。暗沟宜采用矩形断面，宽度、高度均不宜小于 0.5m。井壁和沟底、沟壁宜采用混凝土浇筑或浆砌片石砌筑。暗管直径不宜小于 0.3m，周围宜采用混凝土包裹。

7.3.5 减压孔应符合下列规定：

a) 减压孔布设范围应覆盖导水构造沿路堤坡脚的宽度。减压孔间距宜根据导水构造渗透性、连通性、富水性等通过水文地质计算确定，减压孔间距不宜大于 3 m。减压孔穿透导水构造或进入导水构造不少于 3 m。

b) 减压孔宜采用直径不小于 6 cm 的软式透水管、网状 PE 硬式透水管、HDPE 花管或 PVC 花管，网状 PE 硬式透水管、HDPE 花管或 PVC 花管外侧应包裹反滤材料，孔口应设置混凝土保护墩。保护墩露出地面宜 0.2 m~0.3 m，埋入地下不宜小于 0.2m。

c) 反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定。

7.3.6 护面墙、挡土墙地下排水应符合下列规定：

a) 墙后应设置碎石层、中粗砂层、复合排水垫等面状排水层，其底部应设置防渗层。

b) 墙身泄水孔直径不宜小于 80 mm，进水口处应包裹反滤材料；泄水孔向墙外倾斜，坡度宜为 3%~5%；最下排泄水孔宜高出地面 0.1 m~0.3 m，泄水孔间距宜为 2.0 m~3.0 m，宜上下左右交错布置。地下水较多的地段，泄水孔应加密，或适当增大泄水孔孔径，必要时可采用挡墙直接开设窗口。

c) 挡土墙身对应排水层高程处应设置排水管与排水层连通，排水管直径不应小于 11cm，间距不应大于 10m。排水层中设置排水花管时，墙身排水管直径、数量、位置应与排水层中排水花管一致。

d) 挡土墙对应渗沟高程处应设置排水管与渗沟连通。排水管直径不应小于 11cm。渗沟中设置透水管、排水花管时，墙身排水管直径、数量、位置应与渗沟中透水管、排水花管一致。

7.3.7 集水井应符合下列规定：

a) 集水井直径应根据集水井结构、施工工艺等确定，不宜小于 4 m。

b) 集水井井底应低于原地面或潜在滑面不少于 2 m。

c) 集水井宜与多层放射状仰斜排水孔配套使用，仰斜式排水孔应符合下列规定：

1) 仰斜式排水孔的仰角宜为 6°~10°，长度不宜小于 10m，层间距不宜大于 3m，水平间距不宜大于 2m。

2) 仰斜式排水孔的直径宜 75 mm-150 mm，相应孔内透水管直径宜 50 mm-100 mm。可选用软式透水管或带孔的 PVC、PP、PE 塑料管等材料，塑料管应外包反滤材料，反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定。

3) 位于煤系地层中的仰斜式排水孔不应采用防腐性能差的软式透水管。

4) 集水井底部应设置导流管引至坡外或利用水泵抽排井中积水。

7.3.8 路面层间水宜通过纵向渗沟和排水管排至急流槽处或人字形骨架竖肋导水槽处。

7.3.9 应对地下排水设施应提出施工、检测和保护要求，渗沟、减压孔等地下排水出口应设置明显标识牌，渗沟、反滤层应提出连通性检测要求。

7.4 路堑地下排水

7.4.1 路堑地下排水应包括边坡排水、防护或支挡结构排水、路床排水等，路堑地下排水设施可按表 7-3 选择，并应符合下列规定：

表 7-3 路堑排水设施

| 序号 | 部位                                                   | 排水设施                           |
|----|------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 1  | 边坡泉水等地下水集中出露处；M 形边坡的中间低洼处；边坡断层破碎带、侵入接触面、强透水层等导水构造出露处 | 仰斜式排水孔，中风化~未风化岩体处可自然渗排或设置浅层泄水孔 |
| 2  | 边坡土层与下卧泥岩或其变质岩之间的界面；黏性土层与下卧富水层之间；硬岩中的软弱夹层；二元边坡土岩界面附近 | 仰斜式排水孔                         |
| 3  | 边坡煤系地层                                               | 仰斜式排水孔、支撑渗沟                    |

|   |                              |                                       |
|---|------------------------------|---------------------------------------|
| 4 | 膨胀土或高液限土坡面；潮湿但无泉眼等地下水集中出露的边坡 | 边坡渗沟、支撑渗沟、浅层泄水孔、干砌护面墙、护面墙上的泄水孔、仰斜式排水孔 |
| 5 | 富水边坡或滑坡                      | 支撑渗沟、截水渗沟、仰斜式排水孔、集水井、排水隧洞、渗井          |
| 6 | 护面墙、挡土墙                      | 复合排水垫、泄水孔或窗孔                          |
| 7 | 路堑路床                         | 排水垫层、纵向渗沟                             |

- a) 疏干坡体浅层地下水、防止坡面溜塌时可采用边坡渗沟；排除浅层滑带水、兼具抗滑作用时宜采用支撑渗沟。
- b) 边坡存在强透水层且埋深不大时，宜在上游侧设置截水明沟或截水渗沟。
- c) 路堑路床应设置排水层，并与两侧的纵向渗沟连通。

#### 7.4.2 仰斜式排水孔设计应符合下列规定：

- a) 仰斜式排水孔应伸至地下水富集部位或潜在滑动面，仰斜式排水孔布置应根据坡面渗水范围、岩土渗透性等动态设计确定，且间距不宜大于 6 m。
- b) 仰斜式排水孔倾角、结构等应符合 7.3.7c) 的规定。
- c) 仰斜式排水孔位于坡面的出口处宜设置混凝土浅碟形沟，并引入排水系统。

#### 7.4.3 渗沟设计应符合下列规定：

- a) 边坡渗沟宽度不宜大于 1.5 m，沟底底面应置于潮湿土层以下。根据边坡渗水情况，边坡渗沟可按条带形、分岔形或拱形布设，竖向渗沟间距不应大于 8m。竖向渗沟基底宜呈台阶状，台阶宜铺设混凝土或浆砌片石，台阶壁及两侧应设置反滤材料。斜向渗沟、拱形渗沟迎水侧应设置反滤材料，背水面及底面应设置混凝土、防渗膜等防渗层。渗沟中部应回填透水性粒料，沟顶部可采用混凝土或浆砌片石封闭。
- b) 支撑渗沟宜按条带形布设。支撑渗沟间距应根据渗水量、渗沟间土体滑动稳定性等综合确定，不宜大于 8m。渗沟基底宜设置稳定地层上，宽度不宜小于 2 m。基底宜呈台阶状，台阶宜铺设混凝土或浆砌片石，台阶壁及两侧应设置反滤材料，中部应回填透水性粒料，沟顶部可采用混凝土或浆砌片石封闭。
- c) 截水渗沟应设置在稳定地层中，沟底宜设置在强透水层底以下不小于 0.5 m。截水渗沟迎水面应设置反滤材料，背水面及底面应设置混凝土、防渗膜等防渗层。沟底宜设置透水管或排水花管。
- d) 支撑渗沟、边坡渗沟中的透水性材料宜采用码砌片石或块石，片石、块石粒径不应大于 40 cm；其他渗沟的透水性材料可根据渗沟尺寸采用片石、块石、砂砾、粗砂、碎石，砂砾中小于 2.36 mm 细料含量不得大于 5%。渗水管中透水管或排水花管可采用带孔的 HPPE 管、PVC 管、PE 管、软式透水管、无砂混凝土管等。渗沟反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定。
- e) 边坡渗沟、支撑渗沟在坡脚宜设置独立纵向渗沟或设置排水管，管直径不应小于 30 cm。
- f) 渗沟与挡土墙等构筑物相交时，应在构筑物上预留渗沟位置或设置大直径排水管。

#### 7.4.4 富水滑坡的集水井应符合下列规定：

- a) 集水井宜设置在滑坡区外围。当在滑体上布设集水井时，集水井应布设于富水区域。
- b) 集水井的尺寸、深度和结构应符合 7.3.7 的规定。
- c) 集水井间距宜为 30 m~40 m，井间设置导流管，并引出坡面。

#### 7.4.5 排水隧洞应符合下列规定：

- a) 排水隧洞应埋入欲截引的主要含水层中，且隧洞底应位于含水层以下。滑坡区的隧洞应设于滑动面（带）以下的稳定地层，其顶部与滑动面（带）的距离不应小于 0.5 m。
- b) 排水隧洞位于含水层的部分宜采用透水性结构。对与排水隧洞之间存在隔水层的含水层，宜采用渗井、渗管、仰斜式排水孔等引入隧洞中。
- c) 排水隧洞轴线宜顺直，隧洞纵坡应根据含水层空间分布、出水口高程等综合确定，排水隧洞纵坡不宜小于 0.5%。
- d) 排水隧洞的横断面宽度应根据排水流量要求、施工需要等确定，排水隧洞净宽不宜小于 1.5 m，净高不宜小于 2.0 m。
- e) 隧洞结构设计应符合 JTG/T D70 的有关规定。

#### 7.4.6 渗井设计应符合下列要求：

a) 渗井宜将边坡、滑坡中的地下水引排至强透水层或排水隧洞中。滑坡体内的渗井宜成井群布设；用于拦截地下水的渗井宜线状布设，渗井排列方向宜垂直于渗流方向。

b) 渗井断面尺寸与间距应通过渗流计算确定，渗井直径不宜小于 0.5 m。渗井横断面宜采用钢筋笼内填充碎石，钢筋笼外设置反滤层的结构形式。反滤层宜采用反滤材料，反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定，碎石应符合 7.3.2h) 的规定。

#### 7.4.7 护面墙、挡土墙排水应符合 7.3.6 的规定。

7.4.8 路床排水层可结合换填层、找平层设置。采用碎石时，其厚度不宜小于 0.3 m，碎石应符合 7.3.2h) 的规定，顶面、底面均宜设置反滤材料，反滤材料应符合 7.3.2g) 的规定。路床两侧的纵向渗沟应符合以下规定：

a) 渗沟底面应低于排水层底面不少于 0.2 m。纵向渗沟深度不宜小于 0.5 m，宽度不宜小于 0.5 m。

b) 渗沟底面应低于排水层底面不少于 0.2 m。纵向渗沟深度不宜小于 0.5 m，宽度不宜小于 0.5 m。

c) 渗沟宜设置碎石和透水管、排水花管，渗沟的透水管、排水花管应伸入斜向急流槽或跌水井。渗沟侧壁应采用透水土工布包裹，底面应铺设防渗土工布隔水层。

d) 渗沟的碎石、反滤层、透水管、排水花管应符合 7.3.2 的规定。

### 7.5 轻质土排水设计

7.5.1 泡沫轻质土路基的排水设计，应遵循“防、排、疏”相结合的原则，确保轻质土体内部不积水，同时防止外部地表水和地下水渗入。

7.5.2 轻质土底部应设置排水层，排水层顶部应铺设土工布或防渗膜。

7.5.3 在轻质土路堤与既有路堤或斜坡交界处，应每隔一定高度在台阶处设置一道纵向渗沟。在轻质土内或底部应设置横向渗沟或排水管，并与纵向渗沟连通。

7.5.4 轻质土与既有挡墙衔接时，应疏通既有挡墙泄水孔，并在既有挡墙外立面铺设复合排水垫。

7.5.5 渗沟宜采用碎石渗沟，并采用反滤土工布进行包裹。

### 7.6 高速公路改扩建排水设计

7.6.1 改扩建路段排水设计，应对原有排水设施进行调查评估，根据改扩建方式、交通组织方案等综合确定排水方案，并做好新旧排水系统的衔接。

7.6.2 利用既有排水设施时，应对既有公路排水设施的技术状况与周边水系状况进行调查及评价，复核现状排水构筑物的尺寸及高程，确定既有排水工程的直接利用、维修加固后利用或重建等方案。

7.6.3 超高段外侧路基拼宽填筑时，各层填筑横坡应向路基外侧倾斜，并通过改善层形成超高横坡。

7.6.4 当在既有路基挡墙外侧拼宽路基时，应疏通既有挡墙泄水孔、在既有挡墙外立面铺设复合波形排水垫。拼宽路基底部应设置渗沟或排水垫层，并与复合波形排水垫连通。

7.6.5 应同步配套完整临时排水系统，遵循保通优先、永临结合、分级导排的设计原则，施工汇水不得冲刷、浸泡既有路基、路面、支挡结构，不得直接排入河道、水源保护区等敏感水体。

7.6.6 改扩建高速公路超高横向排水管设置应符合以下规定。

a) 应优先利用既有超高段的横向排水管。

b) 对原有横向管应进行调查，未损坏的予以保留并接长，已损坏的应修复或重建。

c) 应对超高外侧纵向排水沟泄水能力及横向排水管输水能力进行验算，对不满足排水需求的可通过新增横向排水管、加大排水管孔径等方式提升排水能力。

d) 所有需重构、新增或接长的横向排水管，宜采用反开挖的明挖施工方法。对于为减少对运营干扰而增设的横向管，可采用顶管施工。

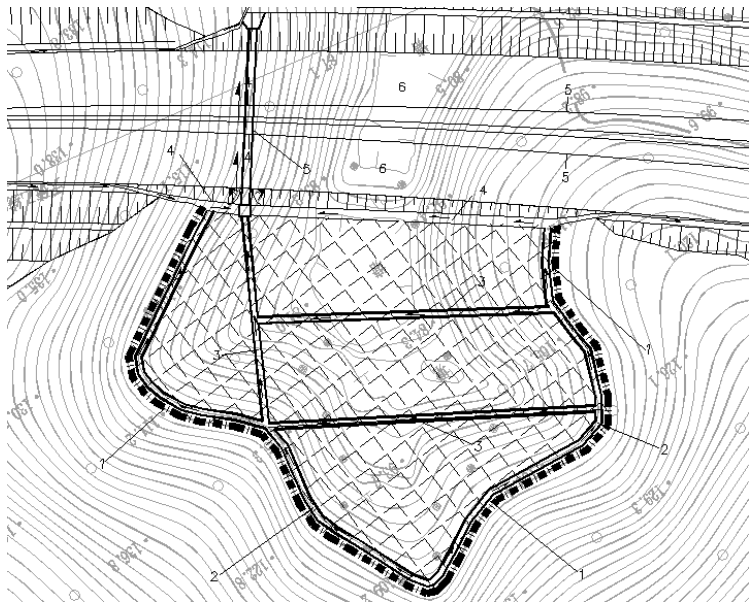
#### 条文说明：

改扩建后，路面宽度增加，汇水面积和排水路径均发生变化。充分利用既有排水设施是经济合理的选择，但应对其排水能力进行评估。新旧路基交界处是结构的薄弱环节，也是水流汇集区，需加强排水设计以防止水损坏。地下水(尤其是层间水)若不及时排除，会软化新旧路基结合部，影响整体稳定性。对于超高段，扩建后原横向排水管的间距和管径可能不满足要求，需根据水力计算结果进行复核与增强。

### 7.7 填平区

7.7.1 填平区排水系统应包括外围环形截水沟、顶面排水沟、基底渗沟、集水井等，将整个填平排水区

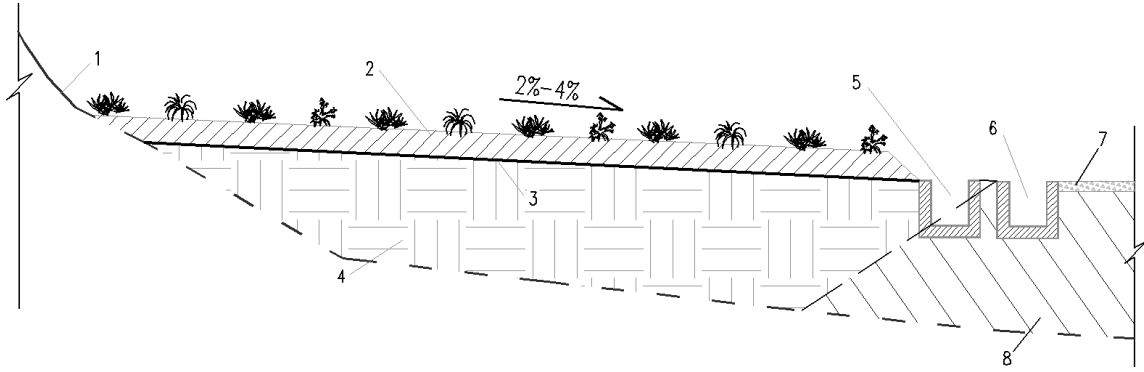
的地面、地下水排出路域以外，如图 7-14 所示。



标引序号说明：  
1—填平区外缘线；2—填平区环形截水沟；3—填平区丰字形水沟；4—高速路界范围内路堤排水沟；5—过路排水涵；6—公路

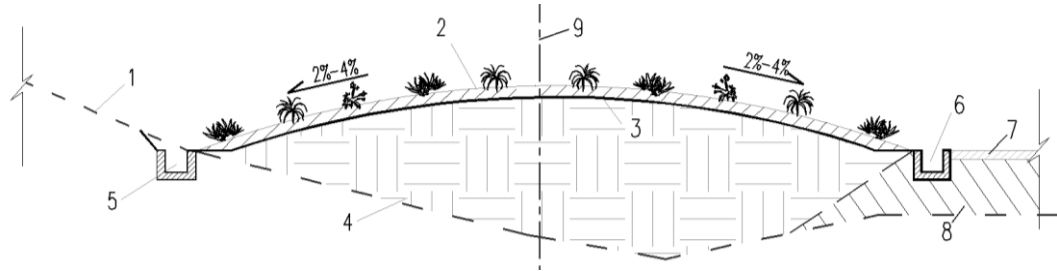
图7-14 填平区环形截水沟平面示意图

7.7.2 填平区顶面应根据填平区大小及周边地形，设置有利于排水的坡面形式，如龟背状、斜坡状，如图 7-15、图 7-16 所示。



标引序号说明：  
1—原始坡面；2—黏土夯实；3—防渗土工膜；4—填土区；5—填平区排水沟；6—边沟；7—土路肩；8—路基填土

图7-15 斜坡状断面示意图



标引序号说明：  
1—原始坡面；2—黏土夯实；3—防渗土工膜；4—填土区；5—环形截水沟；6—边沟；7—土路肩；8—路基填土；9—中心线

图7-16 龟背状断面示意图

- 7.7.3 填平区的环形截水沟应设置在原状地面上，且沟顶不应高于原状地面。
- 7.7.4 当填平区排水引入路界内排水设施时，应对路界内排水设施进行水力计算复核。

8 路面排水设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 路面排水设计应包括路面表面排水设计和路面内部排水设计，路面表面排水设计应包括路面边部排水、超高路段排水、中央分隔带排水、桥面排水等排水设施。路面内部排水应按 JTG/T D33 执行。
- 8.1.2 高速公路、一级公路路表积水宽度不应侵入行车道外缘。
- 8.1.3 宽幅高速公路（单向 $\geq 4$  车道）、超高缓坡段、凹竖曲线底部、互通分合流三角带、长下坡为水膜超标高风险路段，路面排水设计须开展路表水膜厚度专项验算，并强化排水措施。
- 8.1.4 路面表面排水宜按图 8-1 所示工作流程进行设计。

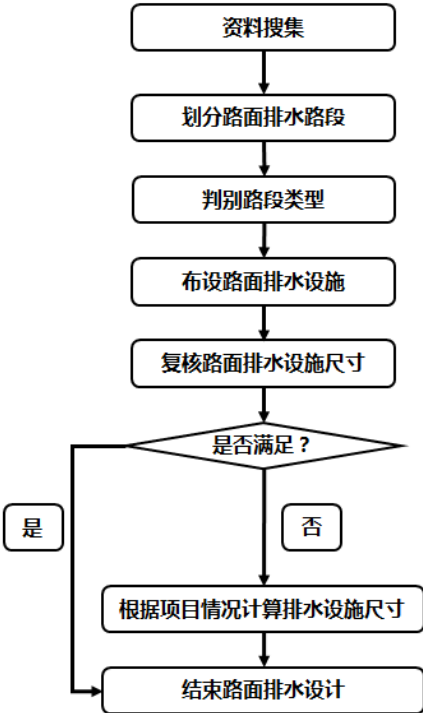
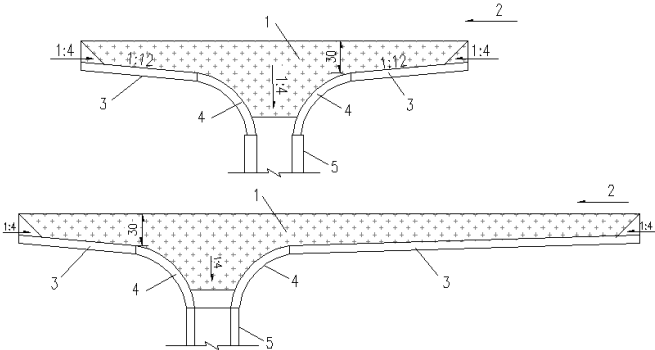


图8-1 路面排水设计流程

8.2 路面边部排水设计

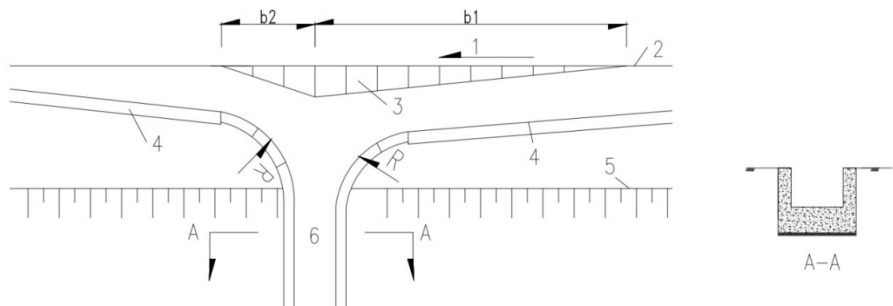
- 8.2.1 填方路段路面表面宜采用集中排水、挖方路段路面表面宜采用分散排水。
- 8.2.2 填方路段路面表面集中排水可采用立缘石集中排水、路肩边沟集中排水和矩形格栅泄水口集中排水等形式。
  - a) 立缘石集中排水泄水口宜采用对称的喇叭口式，纵坡较大坡段上的泄水口宜采用非对称的喇叭口式，如图 8-2、图 8-3 所示。



标引序号说明:

1—下凹区; 2—水流方向; 3—拦水带凸起缘石; 4—泄水喇叭口; 5—急流槽

图8-2 对称式泄水口大样图(上)与非对称式泄水口(下)大样图



标引序号说明:

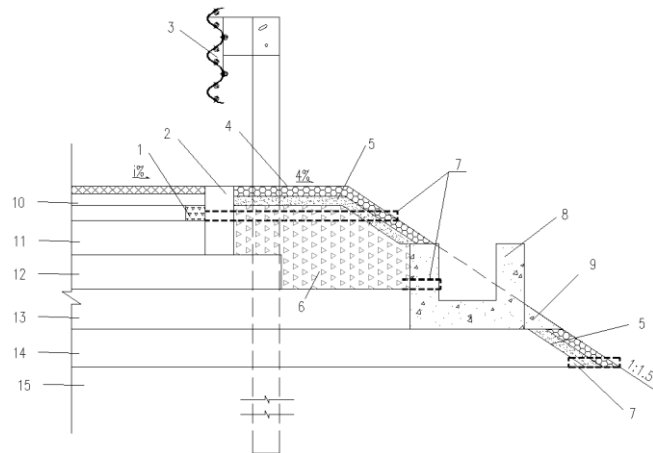
1—水流流向; 2—硬路肩边缘; 3—低凹区; 4—拦水带顶; 5—路堤边坡坡顶; 6—急流槽; b1—下凹区楔形来水侧渐变长度; b2—下凹区楔形尖端段长度

图8-3 不对称泄水口平面布置示意图

条文说明

拦水带泄水口做成对称式便于施工,但在纵坡较大的路段上,非对称式泄水口水流顺畅,泄水能力优于对称式。因此,推荐设在纵坡较大路段上(>2%情况)的泄水口采用非对称式。

b) 路肩边沟采用矩形断面,宜设置在路床改善层顶,如图8-4所示。

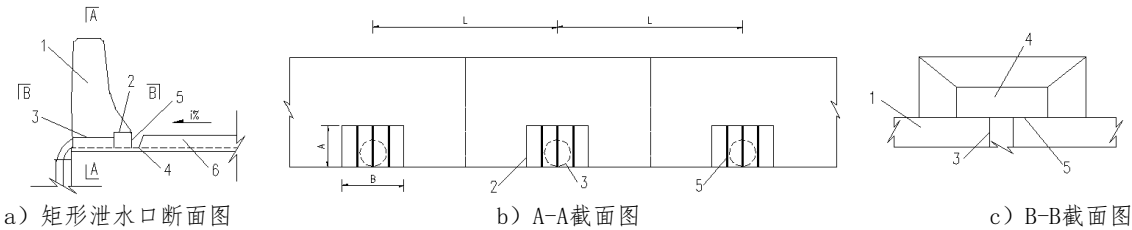


标引序号说明:

1—纵向碎石渗沟; 2—平缘石; 3—波形梁护栏; 4—土路肩; 5—现浇混凝土硬化或六棱砖硬化; 6—未筛分碎石或土; 7—Φ5cmPVC管; 8—路肩边沟; 9—素混凝土填筑; 10—面层; 11—上基层; 12—下基层; 13—底基层; 14—路床改善层; 15—路床

图8-4 路肩边沟示意图

c) 矩形泄水口采用“格栅泄水口+下凹区+横管”的组合形式,当采用排水沥青路面时,泄水口下凹区深度不应小于透水沥青层的厚度,如图8-5所示。



标引序号说明:

1—混凝土护栏; 2—矩形泄水口; 3—泄水管; 4—泄水槽; 5—铸铁格栅; 6—路面面层

图8-5 混凝土护栏矩形泄水口示意图

- 8.2.3 常规填方路段宜采用立缘石集中排水，并应符合以下规定。
- a) 泄水口形式、间距应结合路线纵坡根据水文计算选定。
  - b) 桥梁端部、涵洞通道两侧等位置应增设泄水口。
  - c) 单向两车道反向凹形竖曲线底部、互通匝道鼻端、平面交叉口应加密设置泄水口。
  - d) 泄水口应与坡面急流槽衔接顺畅。
- 8.2.4 设置混凝土护栏、声屏障的一般路段，宜采用“矩形格栅泄水口+路肩边沟”的形式集中排水，并应符合以下规定。
- a) 泄水口尺寸及间距、路肩边沟断面形式及尺寸应根据水文计算确定。
  - b) 路肩边沟开口应与急流槽对应，如图 8-6 所示。

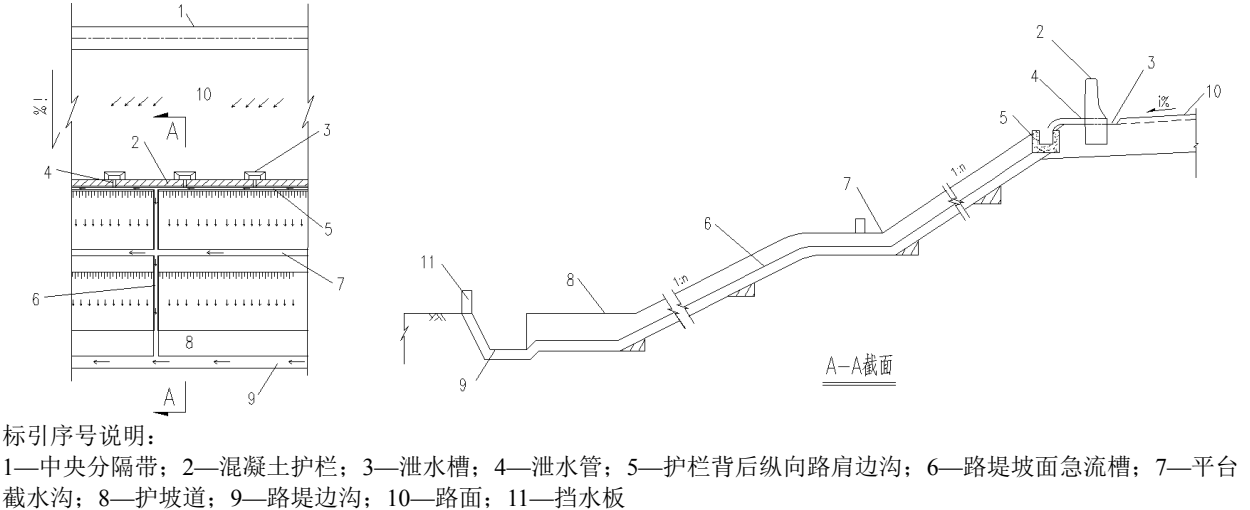


图8-6填方边坡设置混凝土护栏路段矩形格栅泄水口示意图

- 8.2.5 设置混凝土护栏、声屏障的路肩挡土墙路段、轻质土路段宜采用矩形格栅泄水口集中排水，并应符合以下规定。
- a) 泄水口尺寸及间距应根据水文计算确定。
  - b) 挡土墙外侧应设置竖向排水管与泄水口相接，将水排至路堤边沟内，如图 8-7 所示。

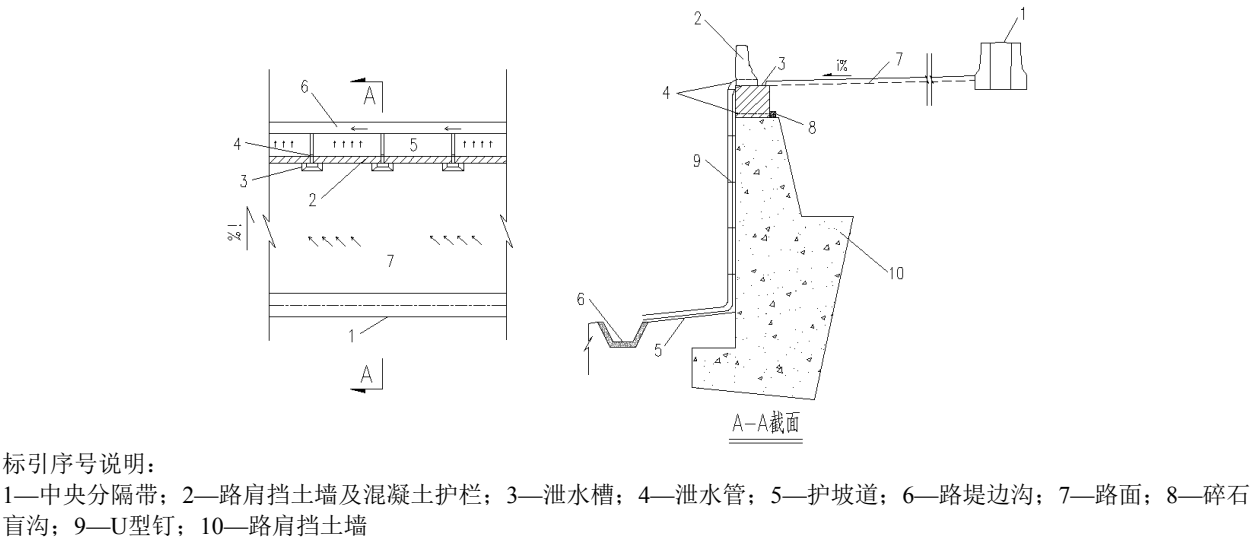
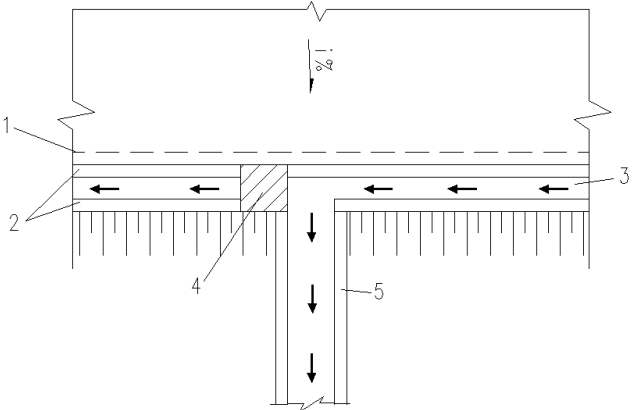


图8-7路肩墙路段矩形格栅泄水口示意图

- 8.2.6 反向凹型竖曲线底部，纵坡较缓和超高缓和段横坡较小等路面排水不畅路段，以及双向八车道及以上公路的非超高填方路段和超高填方路段内侧宜采用路肩边沟集中排水，并应符合以下规定。
- a) 路肩边沟断面形式及尺寸、开口间距应根据水文计算确定。

b) 当路肩边沟与标志、标牌或照明设施等基础冲突时，应截断路肩边沟，并在截断处上游增设一道路堤坡面急流槽，如图 8-8 所示。



标引序号说明：  
1—硬路肩外边缘线；2—路肩边沟侧壁；3—路肩边沟；4—标志、标牌或照明等基础；5—急流槽

图8-8 路肩边沟避让交安设施平面布置示意图

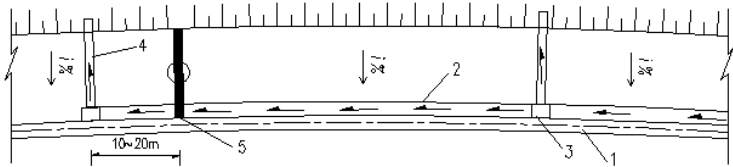
### 8.3 超高路段排水设计

8.3.1 高速公路、一级公路的超高段外侧路面表面排水，应采用“纵向集水沟+集水井+横向排水管+急流槽”的组合方案。排水构造物水力计算应结合路面汇水范围、路线线形、集水沟排水纵坡等因素开展。

8.3.2 纵向集水沟（管）、集水井及检查井等排水设施应在中间带内设置，并预留路面纵向标线的施划空间。

8.3.3 纵向集水沟应符合以下规定。

- a) 纵向集水沟宜采用带孔盖板的矩形沟。
- b) 沟底纵坡宜与路线纵坡一致，且不应小于 0.3%。
- c) 纵向集水沟起止点位于超高缓和段时，如横坡零点位于高点，集水沟起点（终点）宜位于横坡零点位置，当横坡零点位于低点时，集水沟的起点（终点）应结合路面合成坡度的情况，对纵向集水沟沿排水方向延长，如图 8-9 所示。



标引序号说明：  
1—中央分隔带；2—纵向集水沟；3—集水井；4—超高横向管；5—超高零点位置

图8-9 纵向排水沟加长示意图

d) 桥梁搭板路段应设置纵向排水沟，其宽度与路基段一致。当来水流向搭板时，纵向浅沟排水方向朝向集水井，其坡度不小于 0.5%；当来水流向路基时，纵向沟的纵坡宜与路线纵坡一致。

e) 纵向集水沟应每 10m 设置一道伸缩缝，缝内填充防水密封胶。

8.3.4 超高横向排水管、集水井的设置应符合以下规定。

- a) 集水井布设间距应通过纵向集水沟汇流量、横向排水管泄水能力综合分析确定，并与横向管一一对应。
- b) 超高横向排水管出口宜设置在超高内侧，排水管坡度与路面横坡一致。当超高横向排水管出口设置在超高外侧时，排水管坡度不应小于 0.5%，如图 8-10、图 8-11 所示。

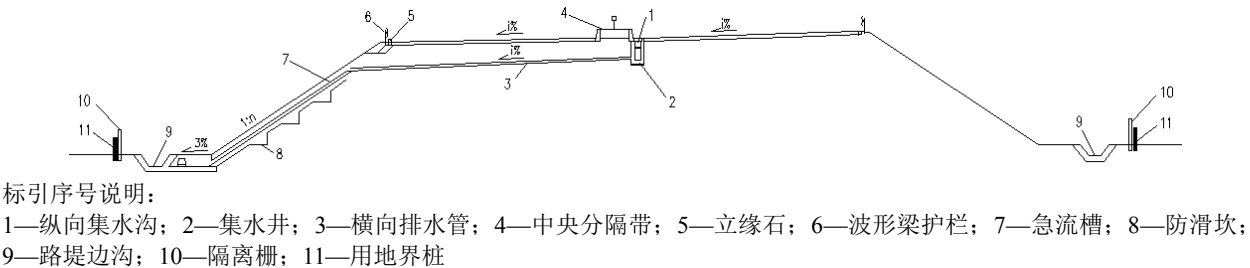


图8-10 超高横向排水管出口设置在超高内侧示意图

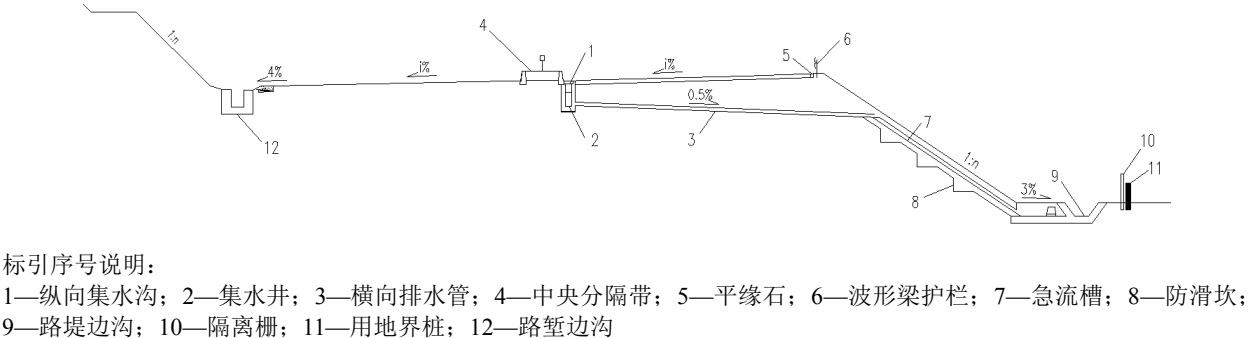
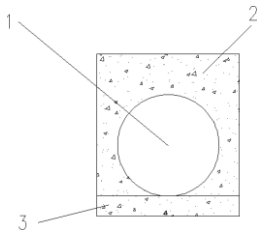


图8-11 超高横向排水管出口设置在超高外侧示意图

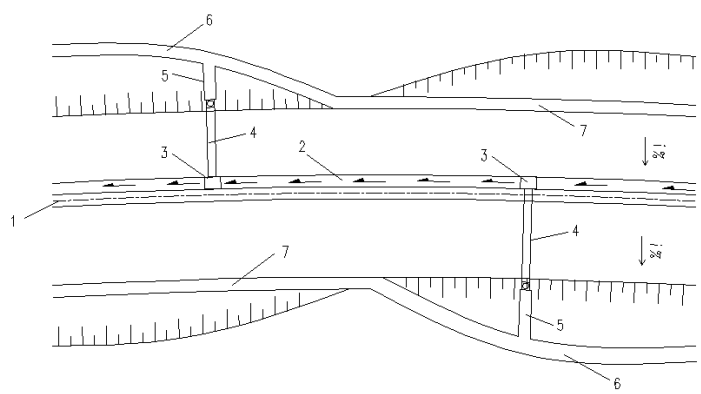
- c) 反向凹型竖曲线底部超高路段，应在最低点设置集水井和超高横向管，并根据汇水面积在凹曲线底部加密设置。
- d) 超高路段应在桥梁来水侧搭板前、隧道洞口来水侧前增设 1 处集水井和横向排水管。
- e) 超高横向排水管应采用混凝土包裹，其底部和两侧混凝土厚度应不小于 10cm 厚，如图 8-12 所示。



标引序号说明：  
1—横向排水管；2—现浇混凝土封装管道；3—混凝土垫层

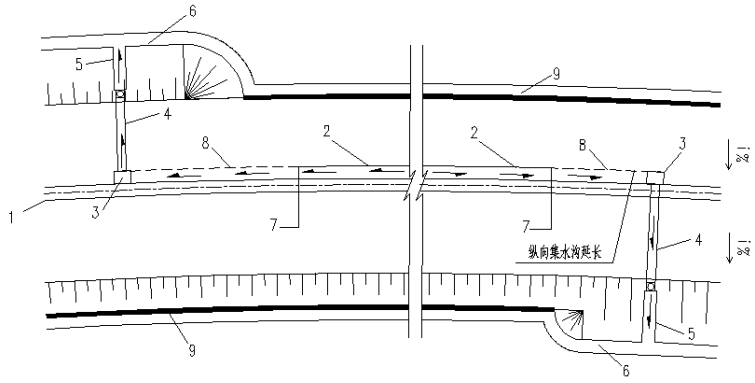
图8-12 超高横向排水管垫层示意图

- f) 超高横向排水管宜采用 PE 管，管材相关技术指标应符合现行《无压埋地排污、排水用聚乙烯 (PE) 管道系统》(GB/T 45355) 的相关规定。
- g) 横向排水管沟槽宜采用级配碎石分层回填至路床顶，压实度不小于 96%。
- 8.3.5 纵向集水沟、集水井的盖板应采用钢筋混凝土或钢筋加强的复合材料，不宜采用凹形盖板形式，其厚度和配筋应根据汽车荷载计算确定。
- 8.3.6 长挖方路段、挡土墙路段、轻质土路段、低填浅挖路、高填方路段、挖方桥台路段、反向凹型竖曲线底部路段等特殊路段，应符合以下规定：
- a) 挖方路段、挡土墙路段、低填路段等不宜设置横向管出水口，宜将纵向集水沟延长至一般填方路段并设置横向管出水口。当需在挡土墙路段设置横向排水管时，并通过墙外竖向排水管将横向管引至路堤边沟内，如图 8-13、图 8-14 所示。



标引序号说明：  
1—中央分隔带；2—纵向集水沟；3—集水井；4—超高横向管；5—坡面急流槽；6—路堤边沟；7—路堑边沟

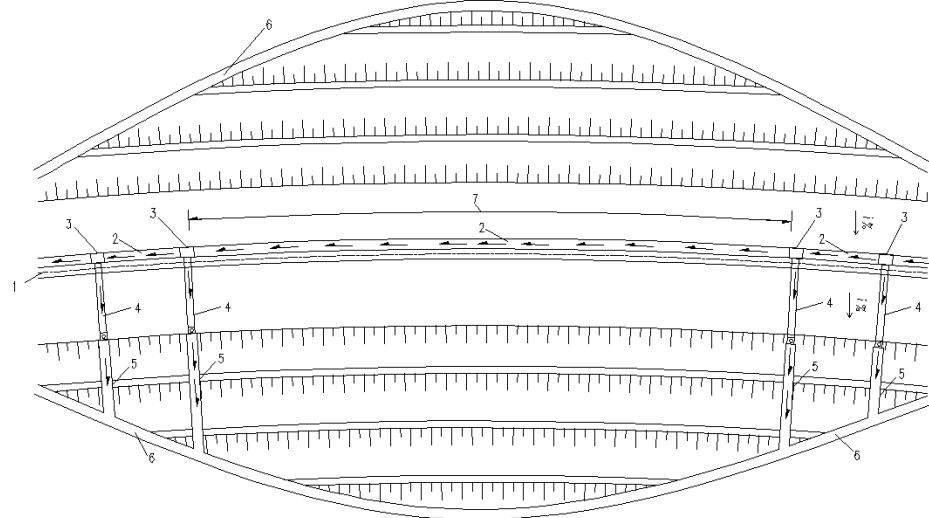
图8-13 挖方、低填浅挖路段超高排水设施布置示意图



标引序号说明：  
1—中央分隔带；2—纵向集水沟；3—集水井；4—超高横向管；5—坡面急流槽；6—路堤边沟；7—横坡零点；8—纵向集水沟延长；9—路肩挡土墙

图8-14 挡土墙路段超高排水设施布置示意图

b) 高填方路段的集水井和超高横向排水管宜设置在填方较低的路段，如图 8-15 所示。



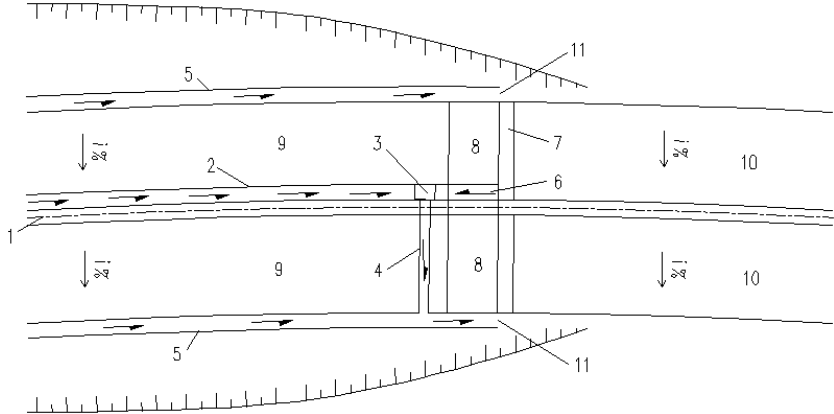
标引序号说明：  
1—中央分隔带；2—纵向集水沟；3—集水井；4—超高横向管；5—坡面急流槽；6—路堤边沟；7—纵向集水沟建议最大间距

图8-15 高填方路段超高排水设施布置示意图

条文说明

高填路基本体压缩固结、工后持续沉降，路基横向、纵向沉降不一致，沟槽与周边路基属于不同填筑体，沟槽回填区和原路基产生差异沉降，管道随路基产生挠曲变形，管道跨越沉降差位置，受弯、受剪，造成管壁开裂、接口错位脱开。

c) 挖方桥台路段当纵向集水沟来水流向桥梁时，应在桥梁搭板前增设 1 处集水井和超高横向排水管。当桥台两侧都为挖方时应加深超高内侧的路堑边沟，并将横向管连至该边沟，如图 8-16 所示。



标引序号说明：

1—中央分隔带；2—纵向集水沟；3—集水井；4—超高横向管；5—路堑边沟；6—桥头搭板范围纵向集水沟；7—桥台；8—搭板；9—路基范围；10—桥梁范围；11—接入桥下排水系统

图8-16 挖方桥台超高排水设施布置示意图

8.3.7 泡沫轻质土超高路段应符合以下规定

- a) 泡沫轻质路段较短时，宜将横向排水管及集水井设置在轻质土路基两端。
- b) 当泡沫轻质土路段较长时，可在轻质土路段范围内设置横向排水管，并通过竖向排水管将横向管引至路堤边沟内。

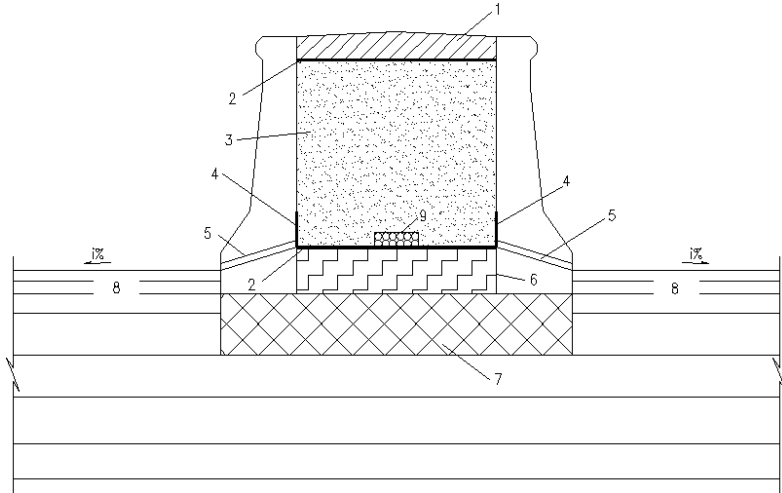
8.3.8 工后沉降较大的软土地基路段应加密超高横向排水管、集水井设置间距。

8.4 中央分隔带排水

8.4.1 中央分隔带采用波形梁护栏时，排水设计应符合《公路排水设计规范》的相关规定。

8.4.2 高速公路中央分隔带顶部宜采用混凝土硬化封闭。

8.4.3 中央分隔带采用混凝土护栏时，应在两侧护栏底部预留泄水孔排除中央分隔带内部水，如图 8-17 所示。



标引序号说明：

1—现浇混凝土封盖；2—防渗土工膜；3—石屑填充；4—反滤土工布；5—泄水孔（每4m一道）；6—混凝土支撑块；7—混凝土枕梁；8—路面面层；9—通信管线

图8-17 设置混凝土防撞护栏的中央分隔带排水示意图

## 8.5 水膜厚度分析

8.5.1 应结合道路沿线气象条件及其几何设计情况，对单向 4 车道及以上的路段、立交连接部、超高过渡段等路段进行水膜厚度分析，并绘制路面排水路径图。水膜厚度分析可参考附录 G。

8.5.2 当水膜厚度不满足安全行车要求时，可采取以下措施。

- a) 当路线纵坡大于 2% 时，加大路拱横坡，但不宜大于 4%。
- b) 有条件时宜采用移动路脊法、双向路拱横坡等加强排水。
- c) 调整超高过渡段位置，使其位于道路宽度较窄路段。
- d) 设置排水沥青路面，其范围应根据排水路径分析后确定。
- e) 在道路横坡零点处及其前后设置 1 道或多道横向排水管。
- f) 立交连接部处应在划线部分设置纵向排水沟。

## 9 隧道排水

### 9.1 一般规定

9.1.1 公路隧道排水设计应坚持“截、排、防、堵相结合，清污分流，便于养护”的原则。

9.1.2 公路隧道设计内容应包括路侧边沟、侧式暗沟、中心水沟、衬砌后地下排水等内容。

### 9.2 隧道内排水

9.2.1 公路隧道宜利用路侧边沟排放路面水、冲洗废水、消防废液、事故泄漏等污水，利用暗沟排放盲管收集的围岩渗漏水、衬砌背后地下水等清水。

9.2.2 边沟、暗沟应符合下列规定：

- a) 边沟与暗沟不应连通。
- b) 边沟或暗沟排水坡度宜与隧道纵坡一致。
- c) 暗沟包括侧式暗沟和中心暗沟。隧道应设置侧式暗沟，以下隧道可设置中心暗沟：
  - 1) 地下水补给条件较好、预测涌水量较大的特长隧道。
  - 2) 穿越断层破碎带、岩溶发育区、富水层的隧道。
  - 3) 纵坡较小、单向长坡或反坡排水困难，仅依靠侧式暗沟难以满足排水要求的隧道。
  - 4) 经水文地质分析和排水能力验算，侧式暗沟不能满足长期排水及极端降雨后滞后涌水排放要求的隧道。

d) 中心暗沟应结合仰拱结构形式、排水条件、施工组织和运营养护要求合理布置，宜布置在单个车道中间。

e) 暗沟宜采用矩形断面，断面尺寸应根据隧道长度、纵坡、地下水丰富程度、衬砌背后排水量综合确定。

f) 侧式暗沟应按 25~30m 间距设置滤水算、沉砂池或清淤口，洞口段、富水段、泥砂含量较大的地段宜适当加密，或设置多级沉砂池。

g) 中心暗沟宜按 50~200m 间距设置沉砂池，并设置检查井。富水段、含砂量较大地段及洞口段宜取小值。检查井井盖被路面面层覆盖时，运营期应能够准确定位和开启维护。

h) 暗沟与电缆沟应分开设置，不应利用电缆沟作为排水通道。

9.2.3 排水盲管应符合下列要求：

a) 环向盲沟应沿拱墙环向布置，应沿布置在初支与防水板之间，间距宜 5m~20m，出水端应取较小值。管径不应小于 50mm，可采用半圆排水管、软式透水管。环向盲管应与纵向盲管可靠连通。当衬砌背后采用防排水一体化材料时，其排水能力不应小于 50mm 直径盲管的排水能力；含砂、含泥及岩溶充填物发育地段，宜采取反滤、防淤堵和便于疏通的措施。

b) 纵向盲管宜沿隧底两侧及行车道分界线布置，并与路线纵坡一致。隧址区地下水丰富、存在集中渗水或隧底排水需求较大时，应根据水文地质条件和排水量适当加密。管径不宜小于 100mm。两侧纵向排水盲管应结合两侧边墙脚高程分别布置。当隧道设置超高时，应考虑超高过渡段影响，保持连续顺坡。

c) 横向盲管直径不宜小于 100mm，排水坡度不宜小于 2%，横向盲管沿隧道纵向每隔 3~8m 设置。富水段、施工缝渗水明显地段、隧底冒水位置宜采用小值。横向盲管应与纵向排水盲管可靠连通，并伸至暗沟。横向盲管与暗沟连接处应采取防堵、防倒灌措施。

9.3 洞口截排水

9.3.1 隧道洞口排水设计应符合以下规定：

- a) 洞顶及边仰坡汇水不得直接冲刷洞门、边坡或引入洞内。
- b) 洞口排水出口应与自然沟谷、市政排水系统或路基排水系统顺接，并采取防冲刷、防淤堵措施。

9.3.2 隧道截水沟设计应符合以下规定：

- a) 隧道洞口截水沟断面形式及尺寸应结合洞顶汇水面积、地形坡度及暴雨强度通过水文计算确定。
- b) 截水沟应设置在坡顶稳定处，并与洞口排水系统、边坡防护工程统筹衔接，形成完整的防排水体系。

9.3.3 端墙式洞门排水设计应符合以下规定：

- a) 端墙背后宜设置环向盲沟，盲沟应沿墙背连续布设，并与墙身下部泄水孔有效连通。
- b) 当端墙两侧或翼墙后存在地下水时，宜视需要增设竖向或斜向盲沟，将水汇集至墙底泄水孔排出。
- c) 墙身下部泄水孔排出的水应引入路基边沟内。

9.3.4 明洞回填坡面排水沟设置应符合下列规定：

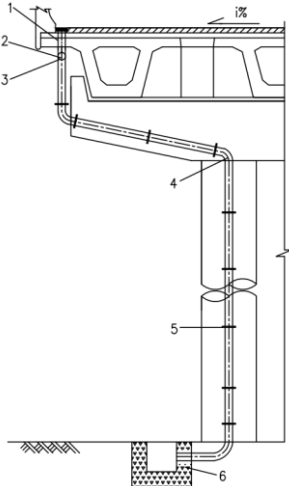
- a) 当明洞回填坡面上方有较大汇水面积的自然坡面，且无法完全被仰坡顶截水沟拦截时，应在回填坡面增设截水沟，分段消能后引至洞口排水系统。
- b) 削竹式洞门明洞回填坡面，宜利用仰坡顶截水沟及坡面铺砌顺坡散排；当回填坡面纵向长度较大，汇水面积较大，或坡面坡度较缓且存在积水可能时，应在坡面增设横向或人字形排水沟。
- c) 端墙式洞门明洞回填坡面，应沿洞门墙顶以外回填坡面设置坡面排水沟，排水沟出口应接入洞门墙前排水沟或边沟。

10 桥梁排水设计

10.1 桥面排水

10.1.1 桥面排水可分为直排式和管排式，直排式排水通过桥上泄水口、竖向或水平泄水管直接排至桥面以下。管排式排水将桥面水通过泄水孔、竖向或水平泄水管、纵向排水管、横向排水管、桥墩处竖向排水管等排至地表排水系统。

10.1.2 管排式排水宜用于跨地方路、高速公路、水源保护区、风景区、立交内及易冲刷路段的桥梁。竖向排水管不得直接冲刷桥台、墩柱及原有路基，宜采取措施减小水流对桥下土体的直接冲刷。

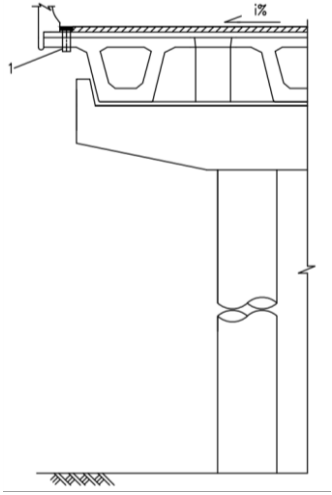


标引序号说明：

1—泄水管；2—纵向接水管；3—吊架；4—排水接地管；5—管道支撑；6—纵向排水沟渠

图10-1 管排式排水示意图

10.1.3 直排式排水可用于桥梁所跨越区域为低洼地、河流、湖泊等环境，降水可直接流入所处环境，对环保要求不高的情况。对于非水环境路段，泄水口底部距地面的高程不应低于 8.0m。



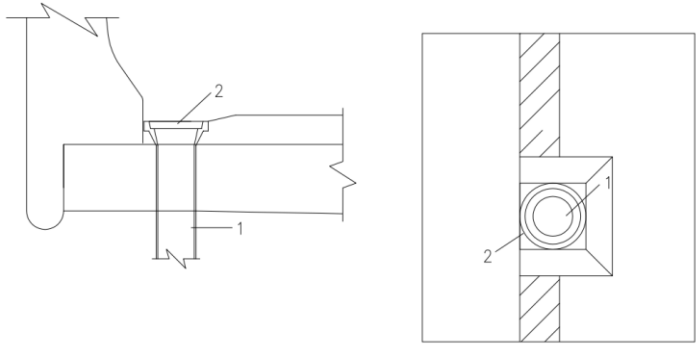
标引序号说明：

1—泄水管

图10-2 直排式排水示意图

10.1.4 桥面排水宜采用圆形泄水口+竖向泄水管、矩形泄水口+竖向泄水管或矩形泄水口+横向泄水管的形式，且应符合以下规定。

a) 当桥梁上部结构有翼板时，对于设置在硬路肩且硬路肩宽度不小于 2m 的泄水口，宜采用“圆形泄水口+竖向泄水管”。对于设置在硬路肩且硬路肩宽度小于 2m 的泄水口、或设置在左侧路缘带的泄水口宜采用“矩形泄水口+竖向泄水管”。

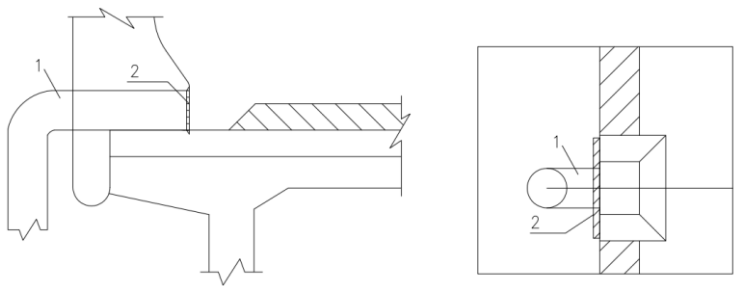


标引序号说明：

1—泄水管；2—圆形泄水口

图10-3 圆形泄水口+竖向泄水管立面、平面示意图

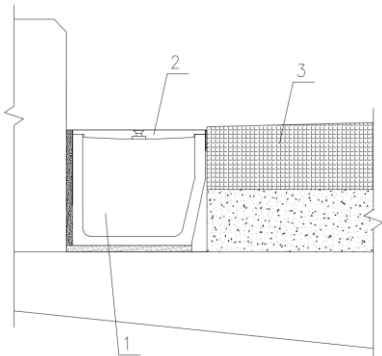
b) 当桥梁上部结构无翼板时，宜采用“矩形泄水口+横向泄水管”。



标引序号说明：  
1—泄水管；2—矩形泄水口

图10-5 矩形泄水口+横向泄水管立面、平面示意图

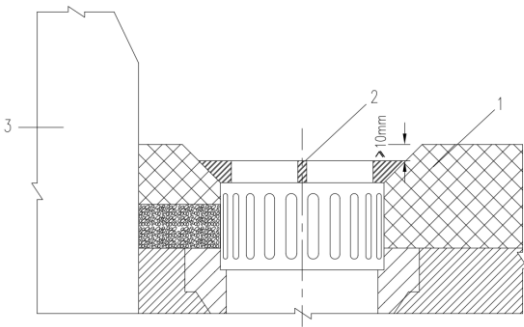
c) 对于单向 5 车道及以上路段且泄水口设置在左侧路缘带时，宜在左侧路缘带内设置矩形集水槽。



标引序号说明：  
1—矩形集水槽；2—集水槽格栅盖板；3—桥面铺装

图10-6 矩形集水槽示意图

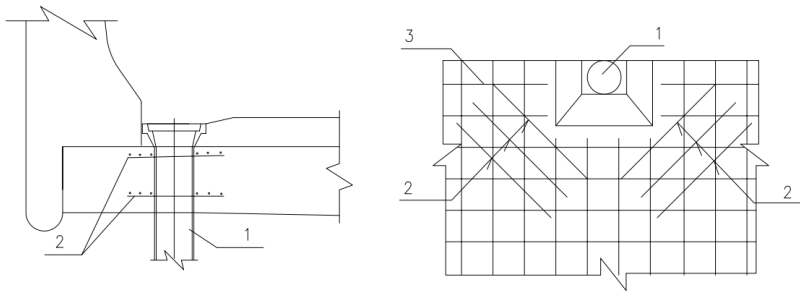
d) 矩形泄水口的宽度宜不小于 200mm，长度宜不小于 300mm；圆形泄水口的直径宜不小于 150mm。泄水口顶部应采用格栅盖板，格栅盖板顶面宜比周围桥面铺装低 10mm。



标引序号说明：  
1—桥面铺装；2—格栅盖板；3—护栏

图10-7 格栅盖板顶面与桥面铺装示意图

e) 泄水口周围应设置补强钢筋，确保其具有足够的强度承受车辆荷载作用。



标引序号说明：  
1—泄水管；2—补强钢筋；3—主梁构造钢筋

图10-8 泄水口补强钢筋示意图

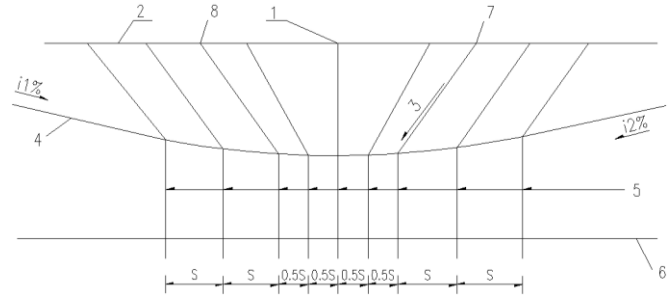
f) 泄水口与结构主体间应做好防水隔离措施。  
g) 泄水管可采用 PE 管、PVC 管或复合材料管，内径不宜小 150mm。

条文说明

要求泄水口顶面比周围桥面铺装低是为了有利于桥面水往泄水口汇集,增加泄水口对桥面水的截留率。

10.1.5 泄水口设置间距应根据项目情况和水文资料合理确定,并应符合以下规定。

- a) 泄水口布置宜遵循“低处密、高处疏”的原则。
- b) 泄水口应设在横向向高程低的一侧。
- c) 桥梁位于反向凹形竖曲线时,最低点处应设置泄水口,并在前后±0.5%的纵坡范围内对泄水口进行加密;对于单向4车道及以上路段且泄水口设置在左侧路缘带时,宜在左侧路缘带内增设矩形集水槽。



标引序号说明:

1—凹曲线范围最低点;2—路基中心线;3—水流路径线;4—土路肩外边缘;5—急流槽;6—路堤边坡边缘线;7—5%位置;8—-5%位置;S—正常路段泄水口间距

图10-9 桥面泄水孔加密示意图

条文说明

桥面排水是保障桥梁结构耐久性和行车安全的关键。广东省降雨量大,宽幅桥面汇水面积大,因此对泄水口的直径和间距提出了比国标更严格的要求。在凹形竖曲线底部,水流汇集,积水风险高,需加密设置泄水口。桥梁在超高段时,内侧车道为最低点,设置纵向明沟能有效缩短排水路径,防止积水漫流。泄水口处的钢筋补强是保证结构安全的重要构造措施。

- d) 桥梁伸缩缝的上游方向1~2m处应加密设置一处泄水口。

10.2 桥下排水沟

10.2.1 采用管排式排水时应设置桥下排水沟。

10.2.2 桥下排水沟布设方向沿路线纵向,应尽量适应自然地形,并将水引入临近的自然沟渠或油水分离池、沉淀池等设施。

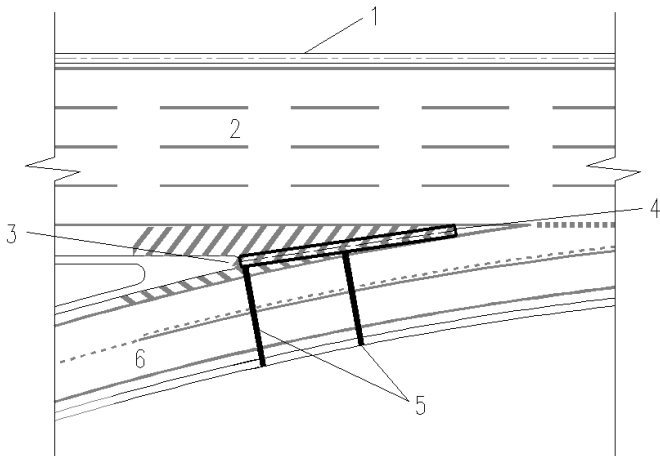
10.2.3 桥下排水沟断面形式和尺寸应根据设计泄水量、地形与地质条件等因素综合确定。排水沟断面形式宜采用梯形。

11 互通排水

11.1.1 互通立交区综合排水设计应符合下列规定:

- a) 排水系统应与防护工程、桥涵及地表径流、地下渗流整体协调。
- b) 应结合匝道排水设施的水流方向核查其排水出口设置是否合理。
- c) 主线与匝道排水系统应衔接良好,衔接处沟底高程应一致,纵坡方向应相同。
- d) 应根据排水设施衔接设计核查排水断面尺寸是否满足排水需求。
- e) 应绘制互通立交排水设施布置图,示出各排水设施水流方向及排水出口。
- f) 做好收费站广场、服务区及停车区排水衔接设计,确保沟底高程衔接顺畅。

11.1.2 单向4车道及以上路段,可在分合流鼻端增设纵横向排水设施,如缝隙式排水沟等。当三角段位于桥梁时,可在分合流鼻段处增加桥面竖向排水口,如图11-1所示。



标引序号说明：  
1—中央分隔带；2—主线路面；3—合流鼻端；4—缝隙式纵向排水沟；5—横向管；6—匝道

图11-1 分合流鼻端增排水沟示意图

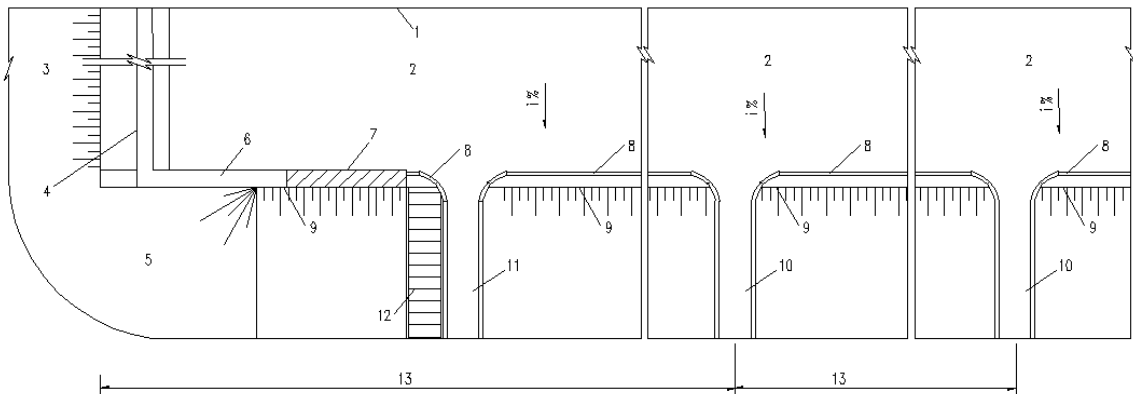
**条文说明：**清花高速公路、广韶高速公路等改扩建工程在互通立交分合流鼻端且合成坡度较小路段，在三角带设置纵向缝隙式排水沟；汕梅高速、中江高速公路等在互通立交分合流鼻端超宽路段，在三角带范围内设置带孔盖板式矩形混凝土集水沟用于排水。

- 11.1.3 收费广场排水设计应满足以下规定。
- a) 收费广场应采用双向路拱，路拱横坡不应小与 2%。
  - b) 应在收费广场来水侧设置横向截水沟，其断面尺寸根据水文计算确定。

12 排水衔接设计

12.1 路基与桥梁衔接设计

- 12.1.1 填方桥台处的路堤边沟应结合地形、桥台锥坡形式等合理设置，并与桥下边沟或自然水系有效衔接。
- 12.1.2 挖方边坡连接桥台时的桥下陡坡排水，宜设置急流槽或 PE 管将路堑边沟水排至跌水井，经跌水井消能后排入桥下边沟或自然水系。
- 12.1.3 桥梁起终点的混凝土护栏过渡段末端路基宜增设 1 道坡面急流槽，并与桥头检查踏步分开设，如图 12-1 所示。



标引序号说明：  
1—设计中心线；2—路基范围；3—桥梁范围；4—桥头分跨线；5—桥头锥坡；6—桥台耳墙；7—混凝土护栏过渡段；8—凸起缘石；9—土路肩边缘线；10—坡面急流槽；11—桥头加密的坡面急流槽；12—桥头检查踏步；13—正常路段急流槽间距

图12-1 桥头路基急流槽示意图

12.2 路基与隧道衔接设计

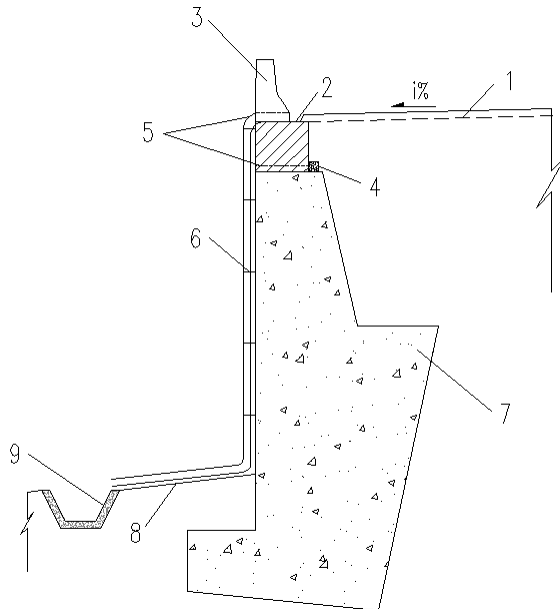
- 12.2.1 隧道边沟、中心水沟应与路基边沟应做好衔接设计，确保排水顺畅。
- 12.2.2 路基与隧道衔接设计应尽量避免路基水流入隧道。无法避免时，应根据项目情况合理确定隧道排水方案。
- 12.2.3 洞外路面排水流向隧道时，应在洞口设置边部泄水口将水排出，应符合以下规定：
- a) 填方路段应在隧道洞口前加密泄水口及急流槽。
  - b) 挖方路段若条件允许应将路堑边沟排水调整为道路纵坡相反方向，将路面水引流至隧道洞口外的填方路段的路堤边沟内。
  - c) 半填半挖路段增设横向排水管，将挖方侧的路堑边沟排水引至填方侧，通过急流槽排入路堤边沟内。
- 12.2.4 隧道洞口截水沟应妥善引入路基边沟或天然水系，引入路基边沟时应核查边沟过水能力。
- 12.2.5 当隧道洞口处的线外汇水量较大时，应结合地形开展专项排水设计。

12.3 桥梁与隧道衔接设计

- 12.3.1 桥面水流向隧道时，隧道洞口前应加密桥梁竖向排水管。
- 12.3.2 隧道洞口的排水设施应结合地形设置急流槽或排水管，经跌水井消能后将隧道汇水排入桥下边沟或自然水系，避免冲刷桥梁墩柱和基础。

12.4 排水工程与防护工程衔接设计

- 12.4.1 骨架防护路段，坡面急流槽应与防护骨架统筹设计。
- 12.4.2 挡土墙、抗滑桩等支挡结构背后应设置完善的排水设施，并将背后的渗水有组织地引入路基表面排水系统。
- 12.4.3 挡土墙路段应注意地下盲沟出水口位置与挡土墙的衔接
- 12.4.4 路肩墙挡土墙路段，应设置竖向排水管连接路面泄水口和路堤边沟，连接路堤边沟时应设置弯头将排水管延长至路堤边沟内部，如图 12-2 所示。



标引序号说明：  
1—路面；2—泄水槽；3—混凝土护栏；4—碎石盲沟；5—泄水管；6—U型钉；7—路肩挡土墙；8—护坡道；9—路堤边沟

图12-2 路肩挡墙段防撞护栏排水衔接示意图

12.5 地表水与地下水衔接设计

- 12.5.1 地下排水设施应将地下水引入地表排水设施中。

12.5.2 地下排水设施出口与地表排水设施衔接时，应避免地表水倒灌进入地下排水设施。

13 水文与水力计算

13.1 水文计算

13.1.1 水文计算按照 JTG/T D33 相关规定进行，降雨强度计算应符合下列规定：

a) 根据广东省各地级市最新暴雨强度公式、附录 A 中国国家站降雨强度表、附录 B 中广东省暴雨强度等值线图计算降雨历时内的平均降雨强度，计算结果取大值。

条文说明

《公路设计排水规范》（JTG/T D33-2012）中降雨强度需根据 5 年重现期 10min 降雨历时标准降雨强度等值线图（全国）以及降雨历时转换系数、重现期转换系数计算。本文件根据广东省 45 个国家气象站 1980-2024 年共 45 年的历史降雨数据（逐小时），绘制了不同重现期以及不同降雨历时的广东省暴雨强度等值线图，方便设计人员直接使用。

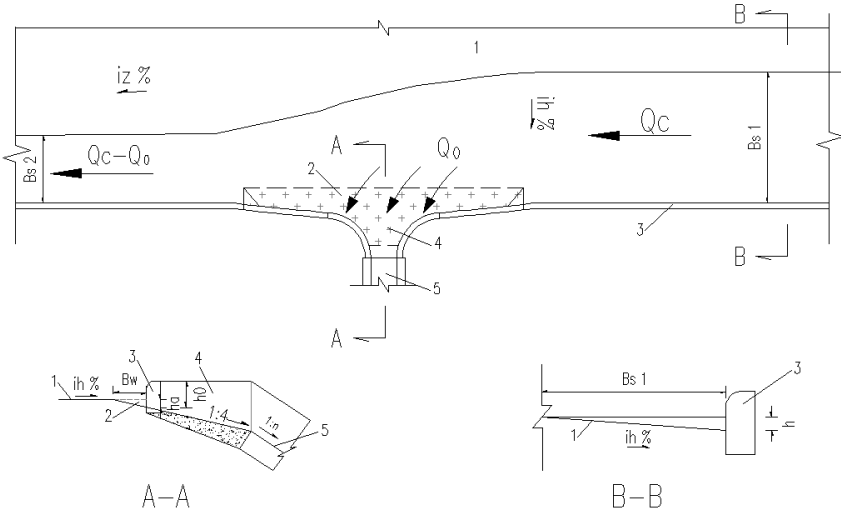
b) 排水计算采用的降雨强度应在第 a 款基础上乘以气候变化调整系数 1.11。

13.1.2 当路界外来水汇入公路排水设施时，应考虑转输流量对下游排水设施进行水文计算复核，确保排水设施满足汇流后的排水需求。

13.1.3 当排水设施采用明沟时，明沟顶应高出沟内设计水面 0.1m。采用圆形排水管时，其设计充满度不宜超过 70%。

13.2 侧向泄水口水力计算

13.2.1 侧向泄水口截流率为喇叭口泄水量  $Q_0$  与喇叭口上游来水量  $Q_c$  的比值，如图 13-1 所示。侧向泄水口泄水量应根据开口长度和截流率确定，截流率见表 13-1。



标引序号说明：

1—路面顶面；2—泄水口下凹区；3—拦水带凸起缘石；4—泄水口；5—急流槽底面； $i_z$ —路面纵向坡度； $i_h$ —路面横向坡度； $h$ —过水断面的水深； $h_0$ —泄水口处开口净高； $h_a$ —下凹区深度； $B_w$ —下凹区宽度； $B_s$ —过水断面宽度； $Q_c$ —过水断面泄水能力； $Q_0$ —泄水口泄水量

图13-1 泄水口周围水流状况示意图

表 13-1 不同纵坡对应截流率（横坡 2%）

| 纵坡（%） | 双向四车道     |            | 双向六车道     |            | 双向八车道     |            |
|-------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
|       | 对称式截流率（%） | 非对称式截流率（%） | 对称式截流率（%） | 非对称式截流率（%） | 对称式截流率（%） | 非对称式截流率（%） |
| 0.3   | 97.20     | 99.43      | 95.61     | 98.40      | 92.62     | 96.53      |
| 0.5   | 93.37     | 97.37      | 89.61     | 93.13      | 84.95     | 88.80      |

|   |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 86.78 | 92.93 | 78.46 | 83.83 | 71.87 | 76.97 |
| 2 | 72.35 | 82.28 | 62.26 | 70.47 | 54.93 | 60.92 |
| 3 | 60.76 | 73.27 | 51.30 | 60.84 | 44.35 | 50.98 |
| 4 | 51.86 | 65.06 | 43.53 | 52.47 | 37.18 | 43.93 |

条文说明

表 13-1 所展示为 25 年一遇降雨（3.45mm/min）情景下，横坡为 2%、长度为 800 米的路段，利用 TELEMAC-2D 模型计算所得的急流槽在发生降雨后 200~600s 之间的平均截流率随纵坡的变化趋势。考虑到降雨初期流量较小且不稳定，经模拟分析，在发生降雨 200 秒之后截流率趋于稳定，因此取 200~600 秒平均截流率作为计算值。

纵坡越大，截流率越低，当纵坡>2%时，在工程中可采取非对称式泄水口来增大截流率。当纵坡坡度越大时，非对称式泄水口对截流率提高效果越显著。

13.2.2 急流槽最大间距应满足急流槽之间的径流量等于急流槽截流量。即满足以下公式：

$$Q_x = ql = Q_c C \quad (13-1)$$

式中：Q<sub>c</sub>——上游来流量（m<sup>3</sup>/s）；  
q——单位长度径流量（m<sup>3</sup>/s/m）；  
l——泄水口间距（m）；  
Q<sub>x</sub>——两个急流槽之间产生的径流量（m<sup>3</sup>/s）。  
C——截流率；

条文说明

当沿路线等间距设置泄水口时，根据水量平衡原理，当水流经过一定路段后，流量会逐渐增大最终趋于稳定，稳定上游来流量等于两个泄水口之间汇流量与上游未被截流的下泄流量之和，由此推得稳定上游来流量计算公式：Q<sub>c</sub>=ql+Q<sub>c</sub>(1-C)，化简即为式（13-1）。泄水口间距水文水力计算示例参见附录 E。

13.2.3 凹曲线底部除承担集水范围内产生的径流外还承担两侧上方急流槽未截流量，因此凹曲线底部急流槽应适当加密，过水断面的水面宽度不超出硬路肩范围。

13.2.4 当桥梁位于超高路段时，应加密超高外侧的泄水口间距，且应小于超高内侧的泄水口间距，按保证过水断面水面宽度不超出硬路肩范围。

条文说明

超高路段外侧车道泄水路径不设有应急车道，为保证行车安全，需保证过水断面宽度不超出硬路肩范围。间距计算流程同示例 1，仅需将允许硬路肩宽度 3m 更改为硬路肩宽度 0.75m。

13.3 格栅式泄水口泄水量计算

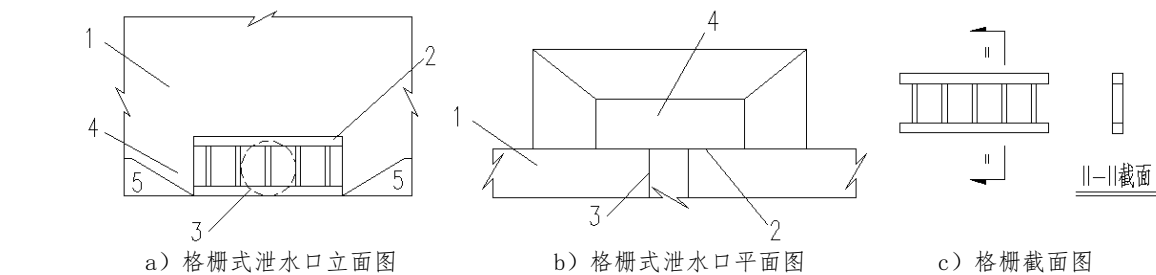
13.3.1 当采用侧入式格栅口时，在格栅口尺寸确定情况下，其截流率与道路纵坡关系如表 13-2 所示，截流率随纵坡加大而减小。

表 13-2 侧入式格栅口不同纵坡对应截流率（横坡 2%）

| 纵坡（%） | 双向四车道 | 双向六车道 | 双向八车道 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0.3   | 78.36 | 78.14 | 72.09 |
| 0.5   | 66.92 | 65.21 | 59.19 |
| 1     | 54.13 | 52.09 | 43.41 |
| 2     | 43.30 | 39.85 | 32.07 |
| 3     | 38.20 | 35.20 | 27.54 |
| 4     | 34.45 | 31.89 | 24.44 |

条文说明

表 13-2 所展示为 25 年一遇降雨 (3.45mm/min) 情景下, 横坡为 2%、长度为 800 米的路段, 利用 TELEMAC-2D 模型计算所得的急流槽在发生降雨后 200~600s 之间的平均截流率随纵坡的变化趋势。考虑到降雨初期流量较小且不稳定, 经模拟分析, 在发生降雨 200 秒之后截流率趋于稳定, 因此取 200~600 秒平均截流率作为计算值。



标引序号说明:  
1—混凝土护栏; 2—矩形泄水口及铸铁格栅; 3—泄水管; 4—泄水槽; 5—路面面层

图13-2 格栅式泄水口大样图

13.3.2 格栅式泄水口最大间距应满足泄水口之间的径流量等于泄水口截留量, 即满足公式 (13-1)

13.4 地下排水计算

13.4.1 路基两侧用于降低路基地下水位的渗沟计算应符合下列规定:

- a) 宜先根据路基中线附近水位控制需求计算渗沟底面埋深, 然后根据渗沟底面埋深计算流入渗沟的流量, 最后按照渗沟通过流量不小于流入流量的原则计算渗沟断面和纵坡。
- b) 路基两侧降低路基水位的渗沟底面埋深宜按式 (13-2)、式 (13-3) 计算。

$$H=P+\epsilon+f+h_0-h_1 \tag{13-2}$$

$$f=I_0B \tag{13-3}$$

式中:

$H$ ——渗沟底面埋深 (m);

$P$ ——路基中线顶面至排水后毛细管水升高曲线的距离 (m), 可取 0.5m;

$\epsilon$ ——毛细水上升高度 (m), 无试验数据时可取: 砂土 0.2 m~0.3 m, 砂性土 0.3 m~0.8 m, 粉性土 0.8 m~2.0 m, 黏性土 1.0 m~2.0 m;

$f$ ——降落曲线矢距 (m);

$h_0$ ——渗沟内水深 (m), 可取 0.3m~0.4m;

$h_1$ ——路基中线顶面至边沟底的高差 (m);

$I_0$ ——降落曲线平均坡度值, 可按表 13-3 取值;

$B$ ——渗沟内侧至路基中线的距离 (m)。

表 13-3 降落曲线平均坡度

| 含水层土质 | 渗透系数参考值 (cm/s)                     | 平均坡度 $I_0$  | $I_0/(2-I_0)$ |
|-------|------------------------------------|-------------|---------------|
| 粗砂    | $1\times10^{-2}\sim1\times10^{-1}$ | 0.003~0.006 | 0.0015~0.003  |
| 砂类土   | $1\times10^{-4}\sim1\times10^{-2}$ | 0.006~0.020 | 0.003~0.010   |
| 亚砂土   | $1\times10^{-5}\sim1\times10^{-3}$ | 0.020~0.050 | 0.010~0.025   |
| 亚黏土   | $1\times10^{-6}\sim1\times10^{-5}$ | 0.050~0.100 | 0.026~0.053   |
| 黏土    | $1\times10^{-6}\sim1\times10^{-7}$ | 0.100~0.150 | 0.053~0.081   |
| 重黏土   | $\leq1\times10^{-7}$               | 0.150~0.200 | 0.081~0.011   |
| 泥炭    | $1\times10^{-4}\sim1\times10^{-2}$ | 0.020~0.120 | 0.011~0.061   |

c) 每米渗沟沟壁一侧流入渗沟的流入量计算应符合下列规定:

1) 渗沟沟底位于不透水层上或不透水层中, 且不透水层的横向坡度较小时, 可按式 (13-4) ~式 (13-7) 计算。当水由两侧流入渗沟时, 渗沟流量应乘以 2。

$$Q_s = \frac{k(h^2 - h_0^2)}{2L} h \quad (13-4)$$

$$h_0 = \frac{I_0}{2 - I_0} h \quad (13-5)$$

$$L = \frac{h - h_0}{I_0} \quad (13-6)$$

$$I_0 = \frac{1}{3000\sqrt{k}} \quad (13-7)$$

式中:

$Q_s$ ——每米渗沟沟壁一侧流入的流量 [ $\text{m}^3/(\text{s})$ ];

$h$ ——含水层内地下水位的高度 (m);

$h_0$ ——渗沟内的水面高出不透水层顶面的高度 (m); 当渗沟内水面低于不透水层顶面时, 采用按式 (13-5) 计算值。

$k$ ——含水层的渗透系数 (m/s);

$L$ ——一侧水位降落曲线宽度 (m);

$I_0$ ——水位降落曲线的平均坡度, 可按式 (13-7) 计算或按表13-3确定。

2) 渗沟沟底距不透水层顶面较远时, 可按式 (13-8)、式 (13-9) 计算, 当  $T$  不小于  $h_s + L + C$  时, 式 (13-9) 取  $90 + \arctan I_0$ 。

$$Q_s = \frac{\varepsilon k h_s \varphi}{2 \ln \frac{L+C}{C}} \quad (13-8)$$

$$\varphi = \arctan I_0 + \arctan \frac{T}{L+C} \quad (13-9)$$

式中:

$\varepsilon$ ——校正系数, 可取 0.7~0.8;

$k$ ——含水层的渗透系数 (m/s);

$h_s$ ——渗沟处水位降幅 (m);

$L$ ——一侧水位降落曲线宽度 (m);

$C$ ——渗沟半宽 (m);

$T$ ——渗沟处水位以下含水层厚度 (m)。

3) 路基两侧用于降低路基地下水位的渗沟沟底距不透水层较远时, 可按式 (13-10) 计算。

$$Q_s = \frac{\pi k h_s}{2 \ln \frac{2L}{B}} \quad (13-10)$$

式中:

$k$ ——含水层的渗透系数 (m/s);

$h_s$ ——渗沟处水位降幅 (m);

$L$ ——一侧水位降落曲线宽度 (m);

$B$ ——渗沟内侧至路基中线的距离 (m)。

d) 渗沟的通过流量计算应符合下列规定:

1) 碎石渗沟或片石渗沟可按式 (13-11) 计算。

$$Q_c = A \sqrt{i_z} k_m \quad (13-11)$$

式中:

$Q_c$ ——渗沟通过流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$A$ ——渗透面积 ( $\text{m}^2$ );

$i_z$ ——渗沟纵坡;

$k_m$ ——紊流状态时的渗透系数 (m/s), 可参考表13-4或表13-5确定。

表 13-4 排水层填料渗透系数 (m/s)

| 换算成球形的颗粒直径（cm）                | 排水层填料孔隙率 |      |      |
|-------------------------------|----------|------|------|
|                               | 0.4      | 0.45 | 0.5  |
| 5                             | 0.15     | 0.17 | 0.19 |
| 10                            | 0.23     | 0.26 | 0.29 |
| 15                            | 0.30     | 0.33 | 0.37 |
| 20                            | 0.35     | 0.39 | 0.43 |
| 25                            | 0.39     | 0.44 | 0.49 |
| 30                            | 0.43     | 0.48 | 0.53 |
| 注：不规则的有棱角的岩块孔隙率取0.5，浑圆的岩块取0.4 |          |      |      |

表 13-5 排水层填料渗透系数（m/s）

| 粒料粒径（mm） | K（m/s） | 粒料粒径（mm） | K（m/s） |
|----------|--------|----------|--------|
| >50      | 0.8    | 9~12 级配  | 0.12   |
| 50 单粒    | 0.78   | 9 单粒     | 0.10   |
| 35~50 级配 | 0.68   | 6~9 级配   | 0.06   |
| 25 单粒    | 0.60   | 6 单粒     | 0.05   |
| 19~25    | 0.41   | 3~6 级配   | 0.02   |
| 19 单粒    | 0.37   | 3 单粒     | 0.015  |
| 12~19 级配 | 0.20   | 0.5~3 级配 | 0.0015 |
| 12 单粒    | 0.16   |          |        |

2) 洞式渗沟、管式渗沟的通过流量可按 JTG/T D33 的规定计算。

条文说明

式（13-8）、式（13-9）是《路基》（第二版）中的公式。式（13-10）是《公路排水设计规范》（JTG/T D33-2012）中的公式。式（13-10）是将路基及其两侧渗沟看作一个大的渗沟，计算结果较大。

13.4.2 不透水层顶面坡度较陡的截水渗沟、排水隧洞的流入量可采用式（13-12）计算。

$$Q_s=ki_hh_s \tag{13-12}$$

式中：  
 $k$ ——含水层的渗透系数（m/s）；  
 $i_h$ ——不透水层顶面横向坡度；  
 $h_s$ ——渗沟处水位降幅（m）。

13.4.3 底面进入不透水层的集水井的流入量可采用式（13-13）、式（13-14）计算。

$$Q_s=\frac{k(h^2-h_0^2)}{\ln\frac{R}{r_0}} \tag{13-13}$$

$$R=3000(h-h_0)\sqrt{k} \tag{13-14}$$

式中：  
 $k$ ——含水层的渗透系数（m/s）；  
 $h$ ——含水层内地下水位的高度（m）；  
 $h_0$ ——集水井内高出含水层底面的水深；  
 $R$ ——降水影响半径（m），可根据抽水试验确定，或根据式（13-14）计算；  
 $r_0$ ——集水井半径。

14 施工技术规定

14.1 一般规定

14.1.1 施工前应熟悉设计文件、领会设计意图，并应对施工现场进行详细踏勘，核对设计图纸与实际地形、地质、水文条件的符合性，特别是排水设施的起终点、标高、与既有水系的衔接关系等。

14.1.2 应根据地形地貌、设计意图、工期要求等,合理安排施工顺序,采取措施保证工程质量和工期。

14.1.3 施工应遵循“动态设计、动态施工”原则。施工过程中发现水文地质条件、水文条件与勘察设计文件不符时,应暂停相关工序施工,由建设单位组织勘察、设计、施工、监理等单位进行现场核查,必要时开展补充勘察,按动态设计原则调整设计方案后,方可恢复施工。

14.1.4 施工过程中应修建临时排水设施,保护尚未成型的路基和边坡,宜与永久排水设施相结合,尽量做到“永临结合”。

14.1.5 施工过程中,应定期进行巡查,清理淤堵,保持排水设施畅通,同时应重点关注汛期检查。

14.1.6 应严格按照设计图纸进行测量放样,准确定出各类排水设施的中心线、开挖边线和标高控制点。对超高路段、凹型竖曲线底部等关键位置应加密测点。

14.1.7 排水设施浇筑前应对基底进行夯实,并采用中粗砂或低标号混凝土对基底进行整平,确保排水设施沟底平整,纵坡顺适。

14.1.8 混凝土排水设施宜优先采用现浇结构,连续现浇线性排水结构应设置沉降缝,并在沉降缝底部铺设1层防渗土工膜。

14.1.9 堑顶截水沟应在路堑边坡开挖前修筑好,减少地表水对坡面冲刷和渗入坡体。

14.1.10 平台截水沟与护脚、平台硬化相接处应参考排水设施沉降缝做接缝处理。

14.1.11 地下排水施工应建立关键工序施工记录档案,应留存照片或视频等施工过程记录:

14.1.12 雨季施工时,渗沟沟槽应随挖随填,暴露时间不宜超过12h;

14.1.13 桥面排水设施应与桥梁结构同步施工,排水系统应确保桥面水迅速排除,防止积水。

14.1.14 桥面排水施工应符合设计要求,排水管、泄水口等构件应位置准确、安装牢固。

14.1.15 隧道排水施工应遵循「防、排、截、堵相结合,因地制宜,综合治理」的原则。

14.1.16 隧道防水排水体系应为:地表截水→结构自防水(抗渗等级P6~P12)→防水层(EVA防水板+土工布)→接缝止水→排水管网。

14.2 路基地表排水

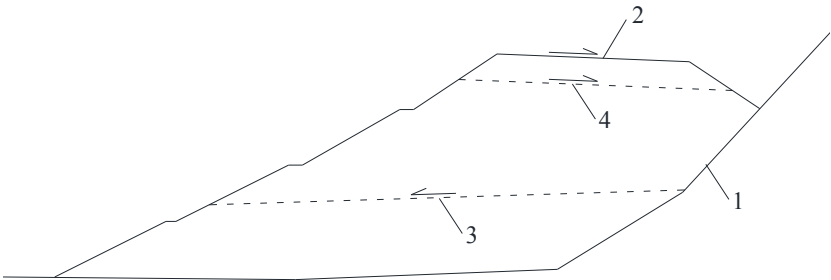
14.2.1 清表后应复核地形地貌、渗水点或泉水、涵洞进出水口高程和平面位置与地方道路或水系的衔接情况等。当路堤范围存在泉水或斜坡存在渗水点但设计文件未设置相应排水措施时,应及时反馈。

14.2.2 路基临时截排水应符合JTG/T 3610的规定外,尚应符合下列规定:

a) 施工便道与沟谷、冲沟等相交处应设置临时圆管涵,当永久排水完善后应对临时圆管涵采用混凝土、水泥砂浆或水泥浆等进行填充或封堵。

b) 坡面应设置临时急流槽,路堤坡脚应设置临时边沟,路堤上游侧应设置临时截水沟,路基外应设置临时排水沟,并接入当地排水系统。

c) 填土顶面宜设置不缓于4%的横坡,两侧应设置拦水埂。对于斜坡上的路堤,填土高度低于高侧边沟时,填土顶面横坡宜采用向低侧2%的横坡。填土高度高于内侧边沟时,可按设计横坡施工。如图14-1所示。

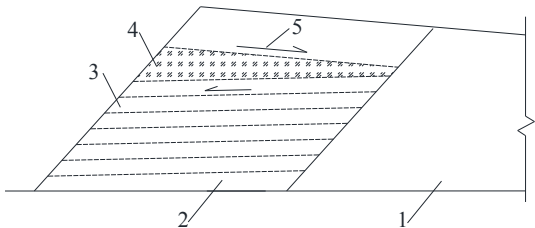


标引序号说明:

1—地面;2—路基;3—下部填土横坡;4—路床填土横坡

图14-1 填土横坡设置

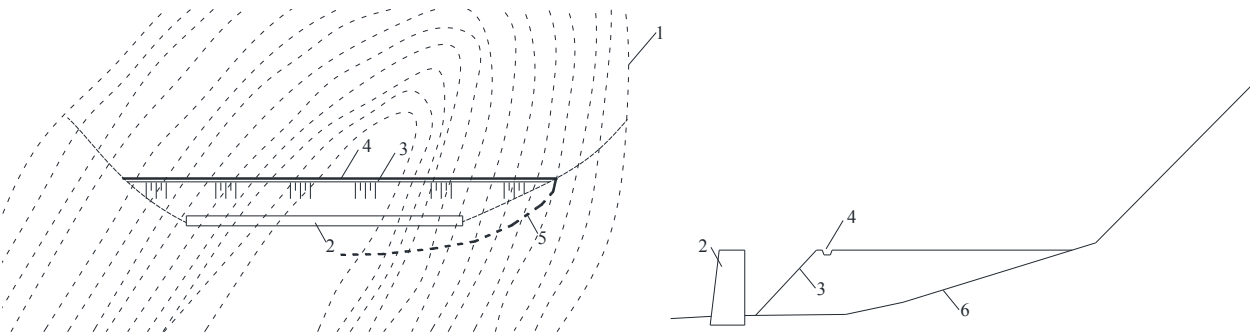
d) 对于改扩建拼接路基填筑,超高外侧拼宽路基填土顶面应采用向外2%的横坡,如图14-2所示。



标引序号说明：  
1—既有路基；2—拼宽路基；3—填土分层；4—排水层；5—水流方向

图14-2 超高外侧路堤路基填土横坡

e) 沟谷中的挡土墙、护脚墙及其后填土无法在雨季前施工完毕时，挡土墙、护脚墙上游填土顶面宜设置临时截水沟或拦水埂，并将地表水引至下游，如图 14-3 所示。



标引序号说明：  
1—等高线；2—挡土墙；3—挡内侧填土边坡；4—填土顶面截水沟；5—斜坡上排水沟；6—地面

图14-3 挡墙上游临时截排水措施

14.2.3 地表排水设施施工除应符合 JTG/T 3610 的规定外，尚应符合下列规定：

- a) 地表排水设施宜在边坡变形稳定，且路堤边坡削坡并进行坡面压实度检测后施工实施。
- b) 骨架嵌入坡面的深度应符合设计要求，骨架导水槽表面应与坡面填土齐平。骨架内坡面水应能顺畅地流至平台截水沟、边沟或急流槽。
- c) 边坡两侧的斜向急流槽沟壁不应高于坡面，两侧应回填密实。横向排水管、路缘石开口应与急流槽衔接顺畅，必要时在横向排水管、路缘石开口处增设急流槽。
- d) 边沟、截水沟、排水沟地面纵坡应符合设计要求，沟侧回填应密实。
- e) 边坡排水系统应线形平顺、衔接顺畅纵，不得积水。

14.2.4 填平区地表排水设施施工应符合下列规定：

- a) 填平区的地表排水应与路堤地表排水同步施工。
- b) 填平区顶面平整，纵横向坡度均应满足设计要求，不应出现凹形汇水地形、反坡、积水。
- c) 填平区截水沟、排水沟纵坡应保证排水顺畅，不应积水、漏水。
- d) 路堤设置排水涵洞的填平区顶面标高应不低于设计标高。

14.2.5 急流槽施工应符合下列规定：

- a) 基础应嵌入稳固的基面内，底面应按设计要求砌筑抗滑平台或凸榫，对超挖、局部坑洞应采用相同材料与急流槽同时施工。
- b) 急流槽应分节砌筑，分节长度宜为 5~10m，接头处应采用防水材料填缝。
- c) 急流槽喇叭型进水口应与排水设施衔接平顺，汇集路面水流的进水口底部不得高于路肩表面。

14.2.6 暗管、暗沟施工应符合下列规定：

- a) 沟底应埋入不透水层内，沟壁最低一排渗水孔应高出沟底 200mm 以上。进口应采取截水措施。
- b) 暗沟、暗管设在路基侧面时，宜沿路线方向布置。
- c) 暗沟、暗管设在低洼地带或天然沟谷时，宜沿沟谷走向布置。
- d) 暗沟顶面应设置混凝土盖板或石料盖板，板顶上填土厚度应不小于 500mm。

e) 暗沟、暗管及检查井应采用透水性材料分层回填,层厚宜不大于 150mm,材料粒径宜不大于 50mm。

### 14.3 地下排水

14.3.1 地下排水设施施工除应符合 JTG/T 3610 的规定外,尚应符合下列规定:

- a) 渗沟位置应满足设计要求,沟心渗沟、环向渗沟不应高于原地面。
- b) 斜陡坡上的沟心渗沟可随路基填土分段施工。分段上端应采用反滤土工布包裹,施工下一段渗沟时再将上端土工布去掉。
- c) 渗沟经过挡土墙、护脚墙时,应保证渗沟水顺畅排至墙外。
- d) 减压孔或减压孔施工深度应以进去承压水层为主,设计深度为辅。施工后应采取措施避免损坏和堵塞。
- e) 填平区的地下排水设施等应与路堤的地下排水设施同步施工。填平区基底排水系统(包括基底渗沟、排水垫层等)经检验确认排水通畅后方可进行填土作业。

#### 条文说明:

斜陡坡上的沟心渗沟较陡,路基填筑前一次性施工的难度较大,可以分段施工。为避免浑浊的地表水淤堵渗沟,渗沟分段的顶面需采用反滤土工布包裹。

14.3.2 支挡工程地下排水设施施工除应符合 JTG/T 3610 的规定外,尚应符合下列规定:

- a) 应按设计要求分层施工反滤层,应先填筑反滤层,然后填筑相应土层。反滤层质量应按附录 D 的方法检测。
- b) 反滤层结构和材料应符合设计要求。
- c) 反滤土工布铺设搭接宽度 $\geq 20\text{cm}$ ,接缝错开布置,无撕裂、破损、架空。
- d) 防渗复合土工膜接缝采用热熔焊接,焊缝连续无气泡渗漏,沟槽全包无缺口。

### 14.4 水沟沟槽回填

- e) 边沟、排水沟应待沟身混凝土强度达到设计强度 75%、槽内淤泥积水清理干净后方可开展。
- f) 回填应采用路基开挖合格素土、级配砂石回填压实,禁用淤泥、腐殖土、大块碎石、建筑垃圾。
- g) 沟顶下 80cm 范围内回填压实度不低于 93%,80cm 以上区域压实度不低于 90%。

### 14.5 变形缝(沉降缝)设置位置与间距

14.5.1 常规路堤边沟、路堑边沟、平台截水沟、急流槽、纵向集水沟:纵向每 10~15m 设置一道沉降缝。

14.5.2 软基、泡沫轻质土、挡土墙等路段的纵向集水沟每 10m 设置一道沉降缝。

14.5.3 填挖交界、新旧路基衔接、涵洞进出口、急流与边沟交接、地形突变、地基承载力差异分界处应增设沉降缝。

14.5.4 急流槽防滑平台、跌水井阶梯部位禁止设置竖向施工缝。

### 14.6 沉降缝分层构造施工要求

14.6.1 沉降缝贯通沟槽底板、两侧侧壁全断面,基础与沟身同步断开,不得局部连通、错缝,缝宽 2cm。

14.6.2 缝芯填充层:缝内部通长填塞泡沫橡胶板或沥青纤维板。

14.6.3 流水面密封层:沟槽内侧过水顶面填塞 2cm 厚热沥青麻絮封闭防渗。

14.6.4 地下渗沟封底层:碎石渗沟、轻质土段沟槽沉降缝底部增设防渗土工膜封底,阻断地下水沿缝隙渗流至路基。

### 14.7 水平施工缝设置规则

14.7.1 现浇沟槽分层浇筑时,水平施工缝统一留置在沟底板以上 15cm 侧壁位置。

14.7.2 两道沉降缝区间内仅允许设置 1 道水平施工缝。

### 14.8 施工缝缝体材料要求

14.8.1 填缝芯材(泡沫橡胶板、沥青纤维板):耐水浸泡、低温不脆裂,压缩回弹性能满足公路排水防渗要求。

- 14.8.2 表层密封材料：热浸沥青麻絮，沥青浸透饱满，无干麻、漏浸。
- 14.8.3 防渗封底土工膜：两布一膜复合土工膜，膜厚 $\geq 1.5\text{mm}$ ，执行 GB/T17642。
- 14.9 桥梁排水施工
- 14.9.1 桥梁路面纵坡、横坡应符合设计要求。
- 14.9.2 设置竖向泄水孔的梁板应按设计位置和方法固定泄水管，泄水管与模板之间的缝隙应封闭严密。
- 14.9.3 排水管道的接头和弯头部位在安装过程中，必须要确保内壁光滑。

15 检测技术规定

15.1 一般规定

- 15.1.1 排水工程质量检测点应现场随机选取。
- 15.1.2 检测过程宜录像或拍照。

15.2 排水工程

- 15.2.1 排水工程的质量要求应符合 JTG F80/1 的规定，并应对表 15-1 的项目进行检测。

表 15-1 排水设施项目检测表

| 检测项目    | 检测标准                                                                       | 检测方法                                              |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 排水设施衔接  | ①各排水设施应衔接顺畅，排水方向与设计一致；<br>②与桥涵、自然水系连接平顺，无“断头沟”；<br>③水沟交汇角度不大于 $90^\circ$ 。 | 目测检查                                              |
| “沟外沟”现象 | ①沟外侧土体应填平压实；<br>②边沟顶面不宜高于周围地面。                                             | 目测检查沟外土体是否填平，采用灌砂法检测压实度。                          |
| 设施布设完整性 | 排水设施数量应满足设计要求，线型合理。                                                        | 目测检查：现场对照设计图纸核查边沟、截水沟、急流槽、超高横向排水管等是否全部按设计实施，有无缺漏。 |

- 15.2.2 渗沟检测应符合表 15-2 的规定。

表 15-2 渗沟检测要求

| 序号 | 检测项目          | 要求或允许偏差  | 检测方法和频率               | 备注    |
|----|---------------|----------|-----------------------|-------|
| 1  | 深度（mm）        | $\pm 50$ | 尺量：每条渗沟不少于 3 个断面      | 施工时检测 |
| 2  | 宽度（mm）        | $\pm 50$ |                       |       |
| 3  | 碎石粒径（mm）      | 符合设计要求   | 筛分：1 次/1000m，其不少于 1 次 | 原材料检测 |
| 4  | 反滤、防渗材料的性能指标  | 满足设计要求   | 称重：1 次/1000m，其不少于 1 次 |       |
| 5  | 反滤、防渗材料的搭接宽度  | 符合设计要求   | 尺量：1 次/1000m，其不少于 1 次 | 施工时检测 |
| 6  | 沟心渗沟、斜向渗沟的连通性 | 满足设计要求   | 附录 C 灌水法：100%检测       | 施工后检测 |

- 15.2.3 PVC-U、PE 排水管原材料、成品应分别符合 GB/T20221、GB/T45355 相关要求；
- a) 进场逐批开展外观、尺寸抽检，见证送检力学、热稳定性能。
- b) 埋地管材环向刚度不低于  $8\text{kN/m}^2$ ，环刚度、环柔性、落锤冲击等指标达标。
- c) 管道安装完成后分段通水密闭试验，检测合格后方可回填施工。

## 附 录 A（规范性）广东省 45 个国家气象站降雨强度表

45 个国家气象站降雨强度表（单位：mm/min）

| 气象站 | 重现期   | 3 年  | 5 年  | 10 年 | 15 年 | 20 年 | 25 年 |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| 大埔  | 5 分钟  | 2.62 | 2.94 | 3.27 | 3.43 | 3.56 | 3.66 |
|     | 10 分钟 | 2.07 | 2.34 | 2.63 | 2.79 | 2.92 | 3.01 |
|     | 15 分钟 | 1.74 | 1.97 | 2.23 | 2.39 | 2.51 | 2.59 |
| 东莞  | 5 分钟  | 3.07 | 3.34 | 3.72 | 3.95 | 4.09 | 4.20 |
|     | 10 分钟 | 2.61 | 2.84 | 3.18 | 3.38 | 3.50 | 3.60 |
|     | 15 分钟 | 2.28 | 2.48 | 2.79 | 2.97 | 3.09 | 3.18 |
| 恩平  | 5 分钟  | 2.87 | 3.16 | 3.45 | 3.58 | 3.73 | 3.85 |
|     | 10 分钟 | 2.42 | 2.70 | 2.98 | 3.15 | 3.29 | 3.42 |
|     | 15 分钟 | 2.13 | 2.39 | 2.65 | 2.83 | 2.97 | 3.09 |
| 佛冈  | 5 分钟  | 3.26 | 3.48 | 3.71 | 3.79 | 3.89 | 3.97 |
|     | 10 分钟 | 2.67 | 2.92 | 3.16 | 3.29 | 3.40 | 3.48 |
|     | 15 分钟 | 2.30 | 2.54 | 2.79 | 2.93 | 3.04 | 3.12 |
| 广州  | 5 分钟  | 2.89 | 3.15 | 3.45 | 3.57 | 3.69 | 3.78 |
|     | 10 分钟 | 2.53 | 2.79 | 3.09 | 3.23 | 3.35 | 3.44 |
|     | 15 分钟 | 2.26 | 2.50 | 2.80 | 2.95 | 3.07 | 3.16 |
| 和平  | 5 分钟  | 2.45 | 2.70 | 2.99 | 3.15 | 3.26 | 3.33 |
|     | 10 分钟 | 2.03 | 2.25 | 2.52 | 2.67 | 2.77 | 2.84 |
|     | 15 分钟 | 1.75 | 1.95 | 2.19 | 2.34 | 2.43 | 2.49 |
| 河源  | 5 分钟  | 2.83 | 3.12 | 3.45 | 3.62 | 3.73 | 3.82 |
|     | 10 分钟 | 2.24 | 2.46 | 2.71 | 2.83 | 2.92 | 2.98 |
|     | 15 分钟 | 1.89 | 2.08 | 2.30 | 2.41 | 2.48 | 2.54 |
| 惠来  | 5 分钟  | 2.70 | 3.06 | 3.44 | 3.66 | 3.81 | 3.89 |
|     | 10 分钟 | 2.19 | 2.46 | 2.72 | 2.88 | 3.00 | 3.07 |
|     | 15 分钟 | 1.89 | 2.12 | 2.35 | 2.49 | 2.60 | 2.67 |
| 惠阳  | 5 分钟  | 2.93 | 3.20 | 3.40 | 3.53 | 3.62 | 3.69 |
|     | 10 分钟 | 2.40 | 2.64 | 2.83 | 2.94 | 3.02 | 3.09 |
|     | 15 分钟 | 2.06 | 2.27 | 2.46 | 2.57 | 2.64 | 2.70 |
| 揭阳  | 5 分钟  | 2.54 | 2.76 | 3.06 | 3.21 | 3.31 | 3.39 |
|     | 10 分钟 | 2.10 | 2.32 | 2.61 | 2.76 | 2.86 | 2.93 |
|     | 15 分钟 | 1.81 | 2.01 | 2.29 | 2.44 | 2.54 | 2.61 |
| 龙川  | 5 分钟  | 2.71 | 3.06 | 3.36 | 3.54 | 3.68 | 3.79 |
|     | 10 分钟 | 2.19 | 2.48 | 2.73 | 2.86 | 2.97 | 3.05 |
|     | 15 分钟 | 1.85 | 2.10 | 2.33 | 2.44 | 2.53 | 2.60 |
| 茂名  | 5 分钟  | 3.25 | 3.54 | 3.86 | 4.04 | 4.16 | 4.27 |
|     | 10 分钟 | 2.72 | 3.01 | 3.36 | 3.55 | 3.68 | 3.78 |
|     | 15 分钟 | 2.36 | 2.65 | 2.99 | 3.19 | 3.31 | 3.42 |
| 梅县  | 5 分钟  | 2.59 | 2.87 | 3.18 | 3.35 | 3.48 | 3.58 |
|     | 10 分钟 | 2.22 | 2.47 | 2.76 | 2.92 | 3.03 | 3.12 |
|     | 15 分钟 | 1.94 | 2.17 | 2.43 | 2.58 | 2.69 | 2.77 |

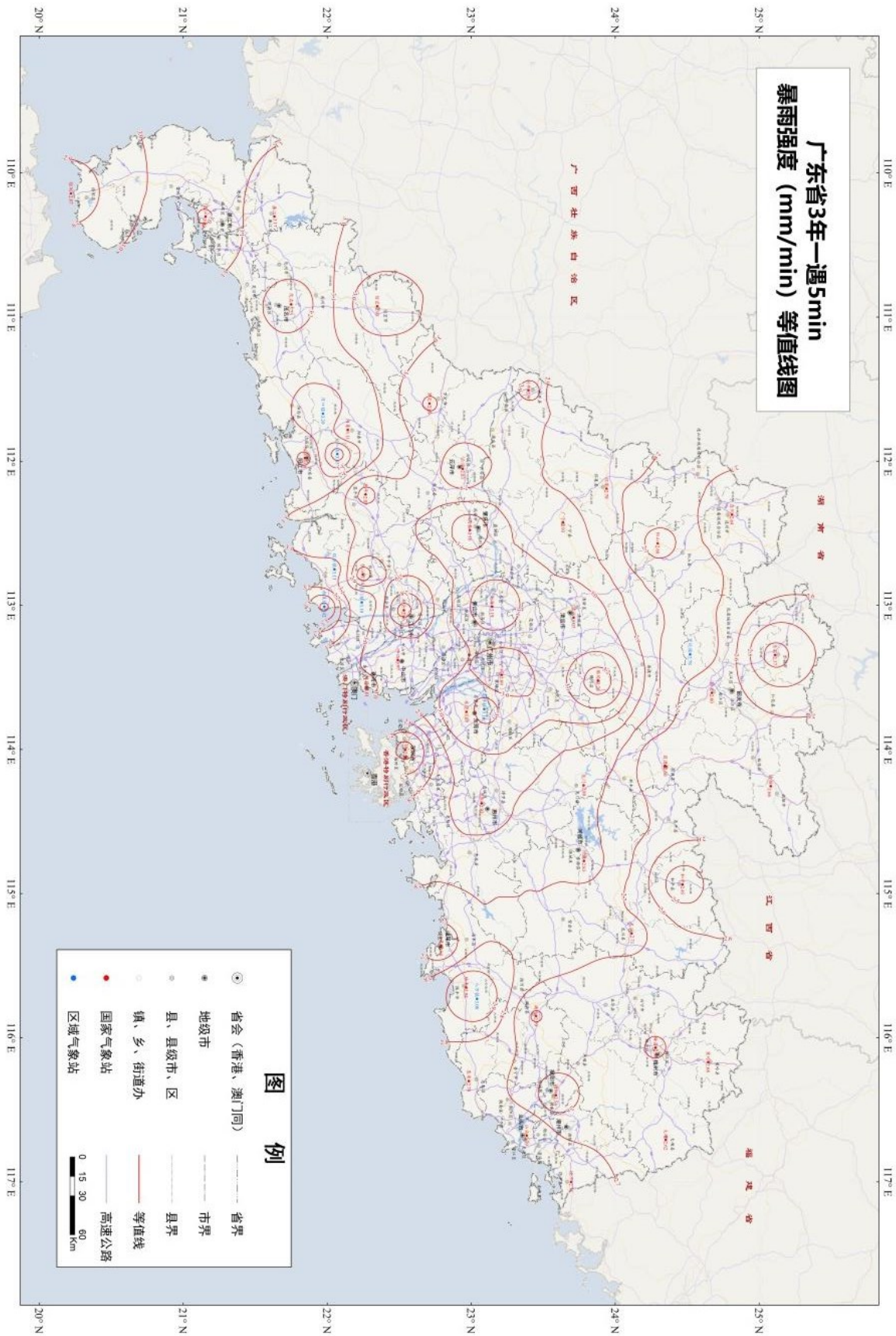
| 气象站 | 重现期   | 3 年  | 5 年  | 10 年 | 15 年 | 20 年 | 25 年 |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| 南海  | 5 分钟  | 3.19 | 3.59 | 4.06 | 4.36 | 4.55 | 4.69 |
|     | 10 分钟 | 2.68 | 3.02 | 3.39 | 3.63 | 3.77 | 3.88 |
|     | 15 分钟 | 2.32 | 2.62 | 2.93 | 3.12 | 3.24 | 3.33 |
| 清远  | 5 分钟  | 3.07 | 3.47 | 3.97 | 4.23 | 4.42 | 4.57 |
|     | 10 分钟 | 2.55 | 2.90 | 3.36 | 3.61 | 3.79 | 3.93 |
|     | 15 分钟 | 2.21 | 2.51 | 2.93 | 3.17 | 3.35 | 3.47 |
| 饶平  | 5 分钟  | 2.75 | 3.02 | 3.36 | 3.53 | 3.64 | 3.73 |
|     | 10 分钟 | 2.24 | 2.48 | 2.80 | 2.98 | 3.09 | 3.17 |
|     | 15 分钟 | 1.91 | 2.13 | 2.42 | 2.60 | 2.71 | 2.79 |
| 汕头  | 5 分钟  | 2.79 | 3.09 | 3.42 | 3.59 | 3.71 | 3.79 |
|     | 10 分钟 | 2.27 | 2.52 | 2.80 | 2.95 | 3.05 | 3.12 |
|     | 15 分钟 | 1.94 | 2.16 | 2.41 | 2.56 | 2.65 | 2.71 |
| 汕尾  | 5 分钟  | 2.64 | 2.93 | 3.23 | 3.41 | 3.55 | 3.66 |
|     | 10 分钟 | 2.25 | 2.52 | 2.80 | 2.98 | 3.11 | 3.21 |
|     | 15 分钟 | 1.98 | 2.23 | 2.49 | 2.67 | 2.79 | 2.89 |
| 韶关  | 5 分钟  | 2.60 | 2.86 | 3.13 | 3.31 | 3.42 | 3.50 |
|     | 10 分钟 | 2.14 | 2.36 | 2.57 | 2.72 | 2.80 | 2.87 |
|     | 15 分钟 | 1.83 | 2.02 | 2.22 | 2.34 | 2.42 | 2.47 |
| 深圳  | 5 分钟  | 2.56 | 2.80 | 3.09 | 3.22 | 3.31 | 3.38 |
|     | 10 分钟 | 2.22 | 2.45 | 2.72 | 2.86 | 2.95 | 3.01 |
|     | 15 分钟 | 1.98 | 2.19 | 2.45 | 2.58 | 2.67 | 2.73 |
| 台山  | 5 分钟  | 2.74 | 3.02 | 3.39 | 3.62 | 3.76 | 3.87 |
|     | 10 分钟 | 2.31 | 2.56 | 2.88 | 3.07 | 3.20 | 3.28 |
|     | 15 分钟 | 2.01 | 2.24 | 2.53 | 2.69 | 2.80 | 2.87 |
| 新会  | 5 分钟  | 2.66 | 2.89 | 3.19 | 3.33 | 3.45 | 3.53 |
|     | 10 分钟 | 2.25 | 2.44 | 2.70 | 2.83 | 2.94 | 3.01 |
|     | 15 分钟 | 1.96 | 2.13 | 2.37 | 2.48 | 2.58 | 2.64 |
| 阳江  | 5 分钟  | 3.08 | 3.35 | 3.69 | 3.89 | 4.01 | 4.11 |
|     | 10 分钟 | 2.66 | 2.90 | 3.21 | 3.39 | 3.50 | 3.59 |
|     | 15 分钟 | 2.36 | 2.59 | 2.88 | 3.04 | 3.14 | 3.23 |
| 封开  | 5 分钟  | 2.90 | 3.19 | 3.53 | 3.73 | 3.87 | 3.96 |
|     | 10 分钟 | 2.38 | 2.63 | 2.93 | 3.10 | 3.22 | 3.29 |
|     | 15 分钟 | 2.03 | 2.25 | 2.51 | 2.67 | 2.77 | 2.84 |
| 高要  | 5 分钟  | 3.16 | 3.49 | 3.89 | 4.10 | 4.23 | 4.34 |
|     | 10 分钟 | 2.54 | 2.83 | 3.19 | 3.38 | 3.50 | 3.60 |
|     | 15 分钟 | 2.13 | 2.40 | 2.72 | 2.90 | 3.01 | 3.10 |
| 怀集  | 5 分钟  | 2.78 | 3.06 | 3.39 | 3.56 | 3.69 | 3.81 |
|     | 10 分钟 | 2.29 | 2.55 | 2.84 | 3.03 | 3.17 | 3.28 |
|     | 15 分钟 | 1.96 | 2.19 | 2.47 | 2.65 | 2.78 | 2.89 |
| 广宁  | 5 分钟  | 2.93 | 3.24 | 3.64 | 3.87 | 4.02 | 4.12 |
|     | 10 分钟 | 2.37 | 2.63 | 2.97 | 3.15 | 3.28 | 3.36 |
|     | 15 分钟 | 2.01 | 2.24 | 2.53 | 2.69 | 2.79 | 2.86 |

| 气象站 | 重现期   | 3 年  | 5 年  | 10 年 | 15 年 | 20 年 | 25 年 |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| 蕉岭  | 5 分钟  | 2.68 | 2.97 | 3.33 | 3.52 | 3.65 | 3.76 |
|     | 10 分钟 | 2.14 | 2.39 | 2.70 | 2.87 | 2.99 | 3.08 |
|     | 15 分钟 | 1.80 | 2.02 | 2.31 | 2.47 | 2.57 | 2.66 |
| 揭西  | 5 分钟  | 2.59 | 2.89 | 3.18 | 3.37 | 3.49 | 3.57 |
|     | 10 分钟 | 2.12 | 2.37 | 2.62 | 2.79 | 2.89 | 2.97 |
|     | 15 分钟 | 1.82 | 2.04 | 2.27 | 2.42 | 2.52 | 2.59 |
| 乐昌  | 5 分钟  | 2.37 | 2.68 | 3.10 | 3.33 | 3.48 | 3.59 |
|     | 10 分钟 | 1.89 | 2.12 | 2.43 | 2.60 | 2.71 | 2.79 |
|     | 15 分钟 | 1.59 | 1.78 | 2.03 | 2.18 | 2.27 | 2.33 |
| 连州  | 5 分钟  | 2.64 | 2.83 | 3.04 | 3.16 | 3.24 | 3.29 |
|     | 10 分钟 | 2.10 | 2.28 | 2.48 | 2.60 | 2.66 | 2.72 |
|     | 15 分钟 | 1.76 | 1.92 | 2.11 | 2.23 | 2.29 | 2.34 |
| 中山  | 5 分钟  | 2.97 | 3.28 | 3.58 | 3.76 | 3.88 | 3.97 |
|     | 10 分钟 | 2.43 | 2.67 | 2.88 | 3.00 | 3.08 | 3.14 |
|     | 15 分钟 | 2.08 | 2.29 | 2.46 | 2.57 | 2.64 | 2.69 |
| 珠海  | 5 分钟  | 3.01 | 3.29 | 3.67 | 3.82 | 3.93 | 4.02 |
|     | 10 分钟 | 2.48 | 2.75 | 3.12 | 3.31 | 3.44 | 3.55 |
|     | 15 分钟 | 2.16 | 2.42 | 2.78 | 2.98 | 3.11 | 3.22 |
| 陆丰  | 5 分钟  | 2.94 | 3.32 | 3.80 | 4.05 | 4.20 | 4.31 |
|     | 10 分钟 | 2.40 | 2.67 | 2.93 | 3.13 | 3.25 | 3.34 |
|     | 15 分钟 | 2.07 | 2.30 | 2.51 | 2.68 | 2.79 | 2.87 |
| 廉江  | 5 分钟  | 3.17 | 3.52 | 3.88 | 4.09 | 4.24 | 4.34 |
|     | 10 分钟 | 2.60 | 2.89 | 3.18 | 3.36 | 3.48 | 3.57 |
|     | 15 分钟 | 2.23 | 2.49 | 2.75 | 2.91 | 3.01 | 3.09 |
| 龙门  | 5 分钟  | 2.80 | 3.01 | 3.25 | 3.41 | 3.49 | 3.56 |
|     | 10 分钟 | 2.30 | 2.48 | 2.70 | 2.84 | 2.92 | 2.98 |
|     | 15 分钟 | 1.98 | 2.14 | 2.34 | 2.47 | 2.54 | 2.60 |
| 信宜  | 5 分钟  | 2.93 | 3.26 | 3.64 | 3.82 | 3.95 | 4.06 |
|     | 10 分钟 | 2.50 | 2.80 | 3.15 | 3.33 | 3.45 | 3.55 |
|     | 15 分钟 | 2.19 | 2.47 | 2.80 | 2.97 | 3.09 | 3.18 |
| 徐闻  | 5 分钟  | 2.87 | 3.12 | 3.34 | 3.49 | 3.58 | 3.65 |
|     | 10 分钟 | 2.45 | 2.69 | 2.92 | 3.07 | 3.16 | 3.23 |
|     | 15 分钟 | 2.16 | 2.39 | 2.62 | 2.76 | 2.86 | 2.93 |
| 阳山  | 5 分钟  | 2.68 | 2.93 | 3.26 | 3.48 | 3.61 | 3.70 |
|     | 10 分钟 | 2.20 | 2.40 | 2.66 | 2.82 | 2.91 | 2.97 |
|     | 15 分钟 | 1.88 | 2.06 | 2.28 | 2.41 | 2.48 | 2.54 |
| 罗定  | 5 分钟  | 2.89 | 3.27 | 3.82 | 4.11 | 4.31 | 4.46 |
|     | 10 分钟 | 2.38 | 2.63 | 2.96 | 3.15 | 3.27 | 3.37 |
|     | 15 分钟 | 2.03 | 2.23 | 2.46 | 2.61 | 2.70 | 2.78 |
| 南雄  | 5 分钟  | 2.66 | 2.95 | 3.30 | 3.51 | 3.65 | 3.75 |
|     | 10 分钟 | 2.10 | 2.32 | 2.59 | 2.72 | 2.82 | 2.89 |
|     | 15 分钟 | 1.74 | 1.93 | 2.16 | 2.26 | 2.34 | 2.40 |

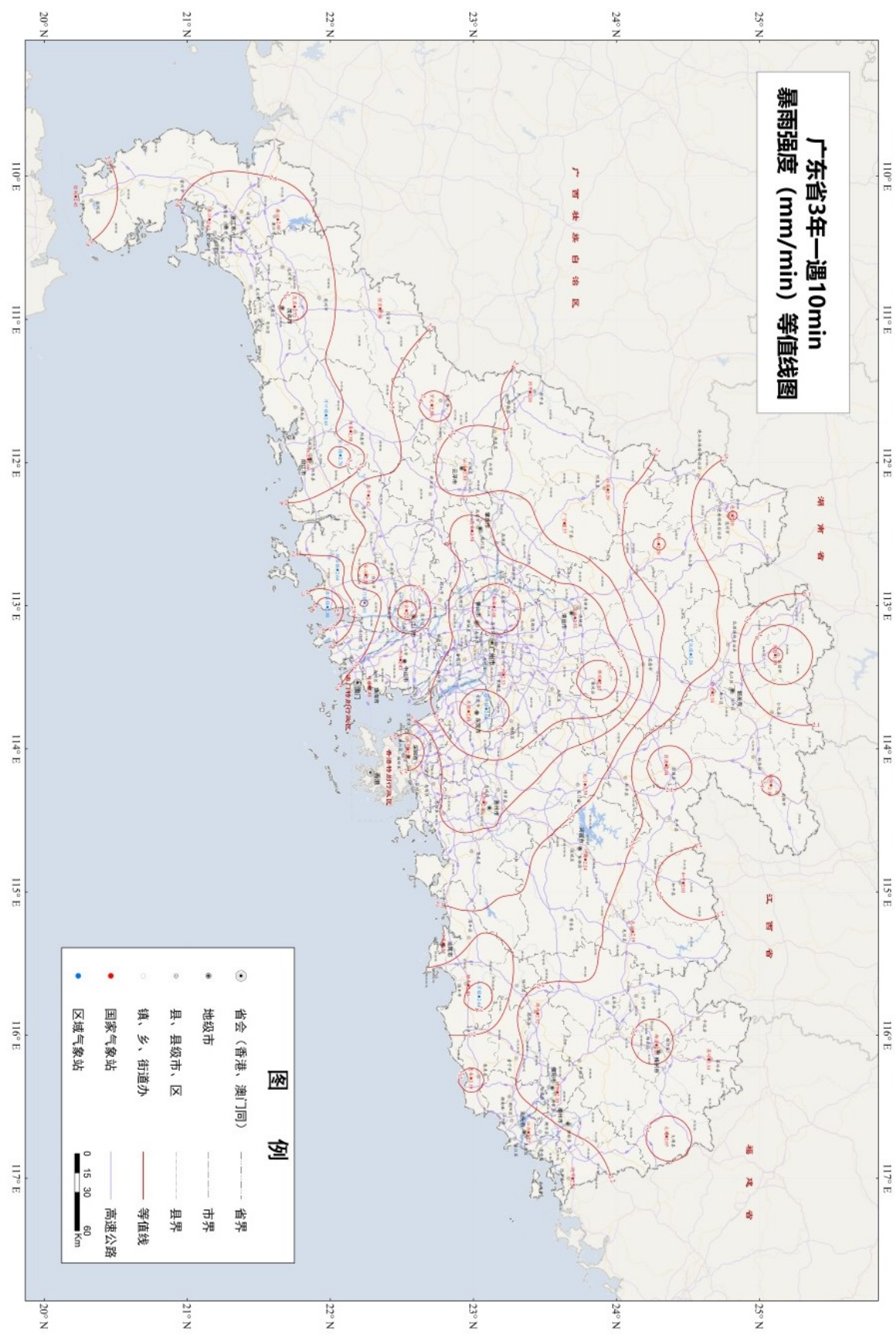
| 气象站 | 重现期   | 3 年  | 5 年  | 10 年 | 15 年 | 20 年 | 25 年 |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| 翁源  | 5 分钟  | 2.60 | 2.90 | 3.27 | 3.52 | 3.66 | 3.76 |
|     | 10 分钟 | 2.04 | 2.25 | 2.48 | 2.64 | 2.72 | 2.79 |
|     | 15 分钟 | 1.71 | 1.88 | 2.06 | 2.18 | 2.25 | 2.30 |
| 阳春  | 5 分钟  | 3.11 | 3.41 | 3.79 | 4.01 | 4.14 | 4.24 |
|     | 10 分钟 | 2.50 | 2.76 | 3.07 | 3.26 | 3.37 | 3.46 |
|     | 15 分钟 | 2.13 | 2.36 | 2.64 | 2.81 | 2.91 | 2.98 |
| 云浮  | 5 分钟  | 2.83 | 3.16 | 3.62 | 3.89 | 4.06 | 4.19 |
|     | 10 分钟 | 2.30 | 2.55 | 2.86 | 3.04 | 3.15 | 3.23 |
|     | 15 分钟 | 1.96 | 2.16 | 2.40 | 2.54 | 2.62 | 2.68 |
| 湛江  | 5 分钟  | 3.00 | 3.18 | 3.48 | 3.60 | 3.68 | 3.74 |
|     | 10 分钟 | 2.62 | 2.81 | 3.11 | 3.26 | 3.36 | 3.43 |
|     | 15 分钟 | 2.33 | 2.53 | 2.83 | 3.00 | 3.10 | 3.18 |

注：采用 1980-2024 年共 45 年降雨数据编制暴雨强度公式，根据暴雨强度公式计算得到了 45 个国家气象站 5、10、15 分钟 3、5、10、15、20、25 年 6 个重现期的降雨强度。

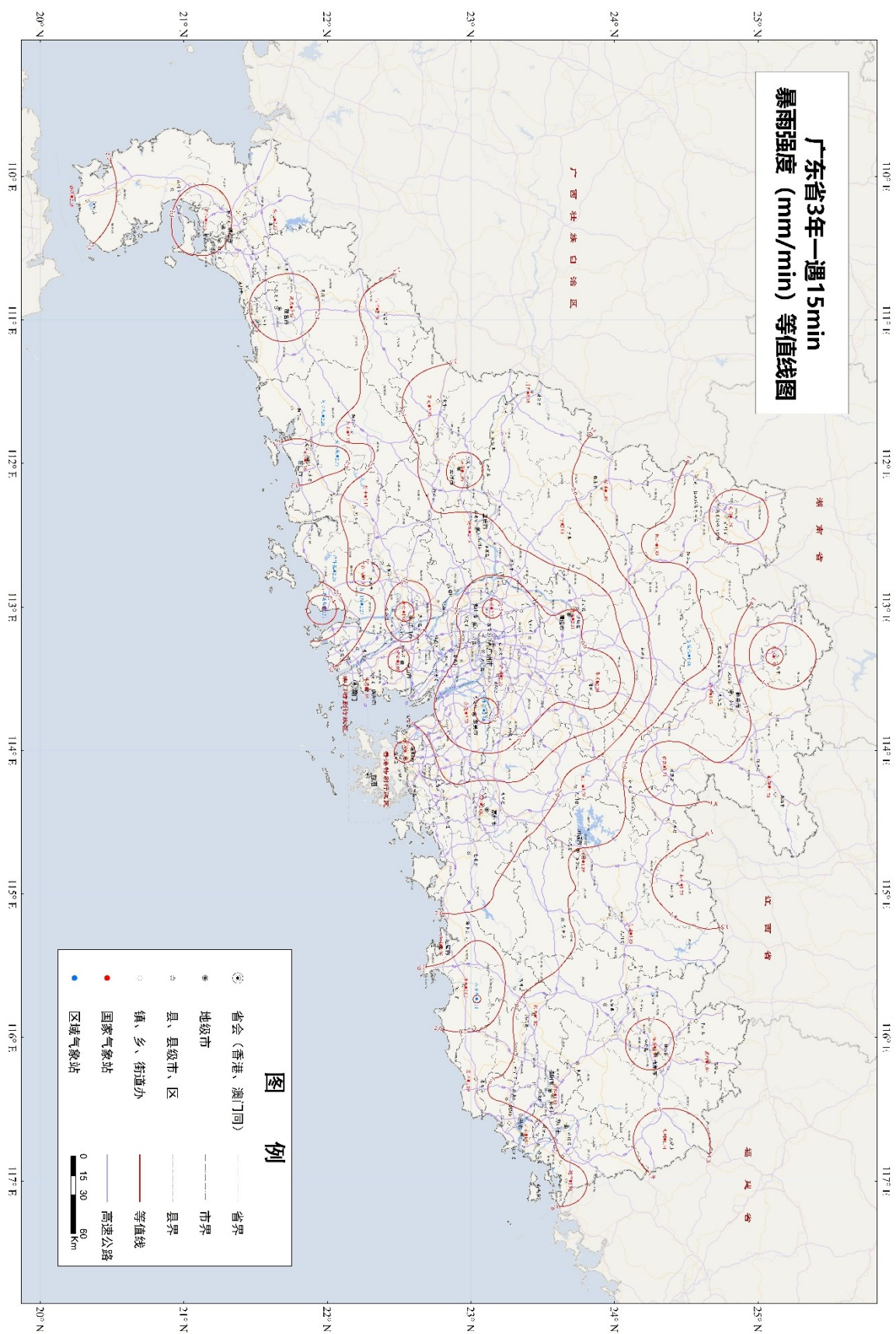
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



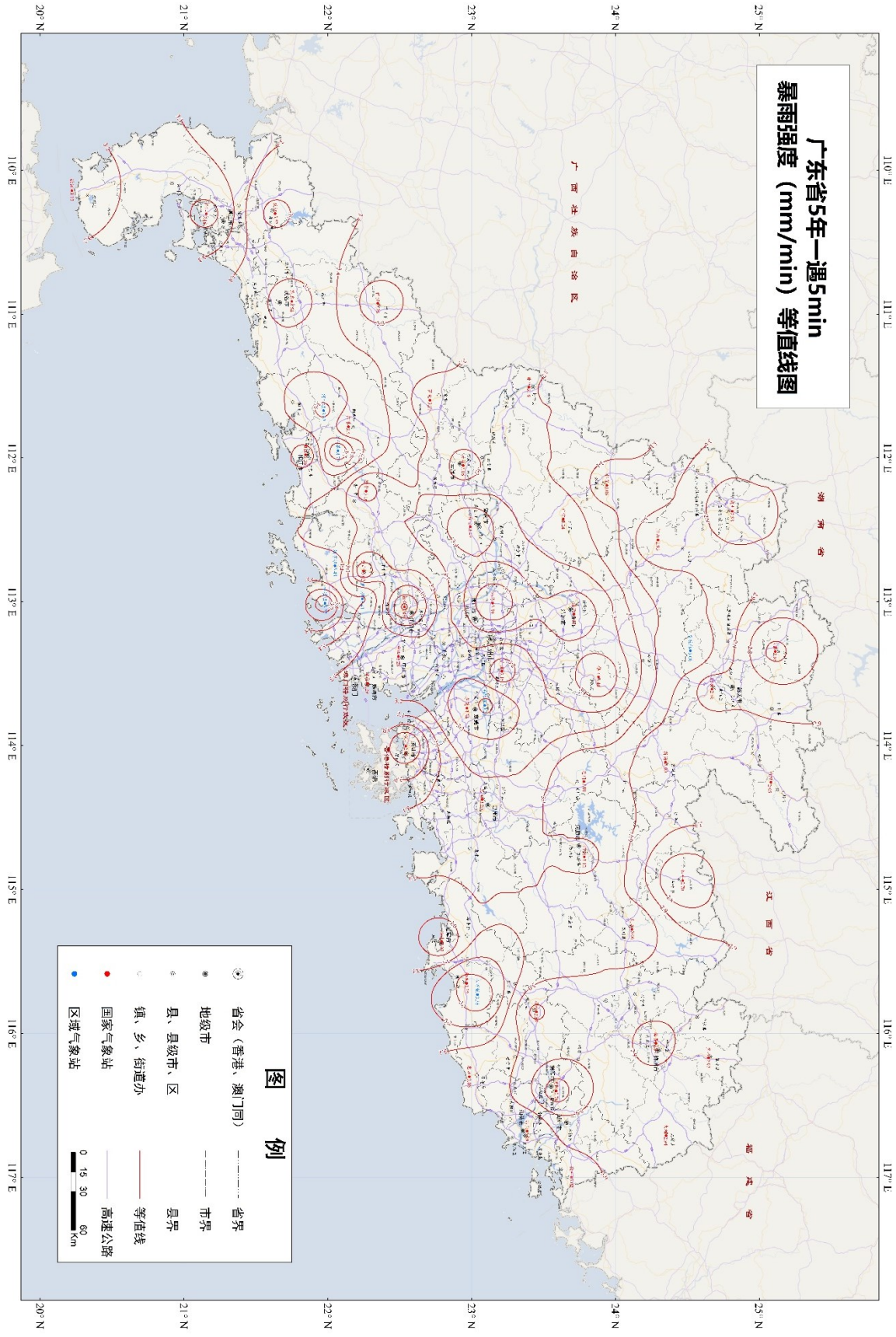
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



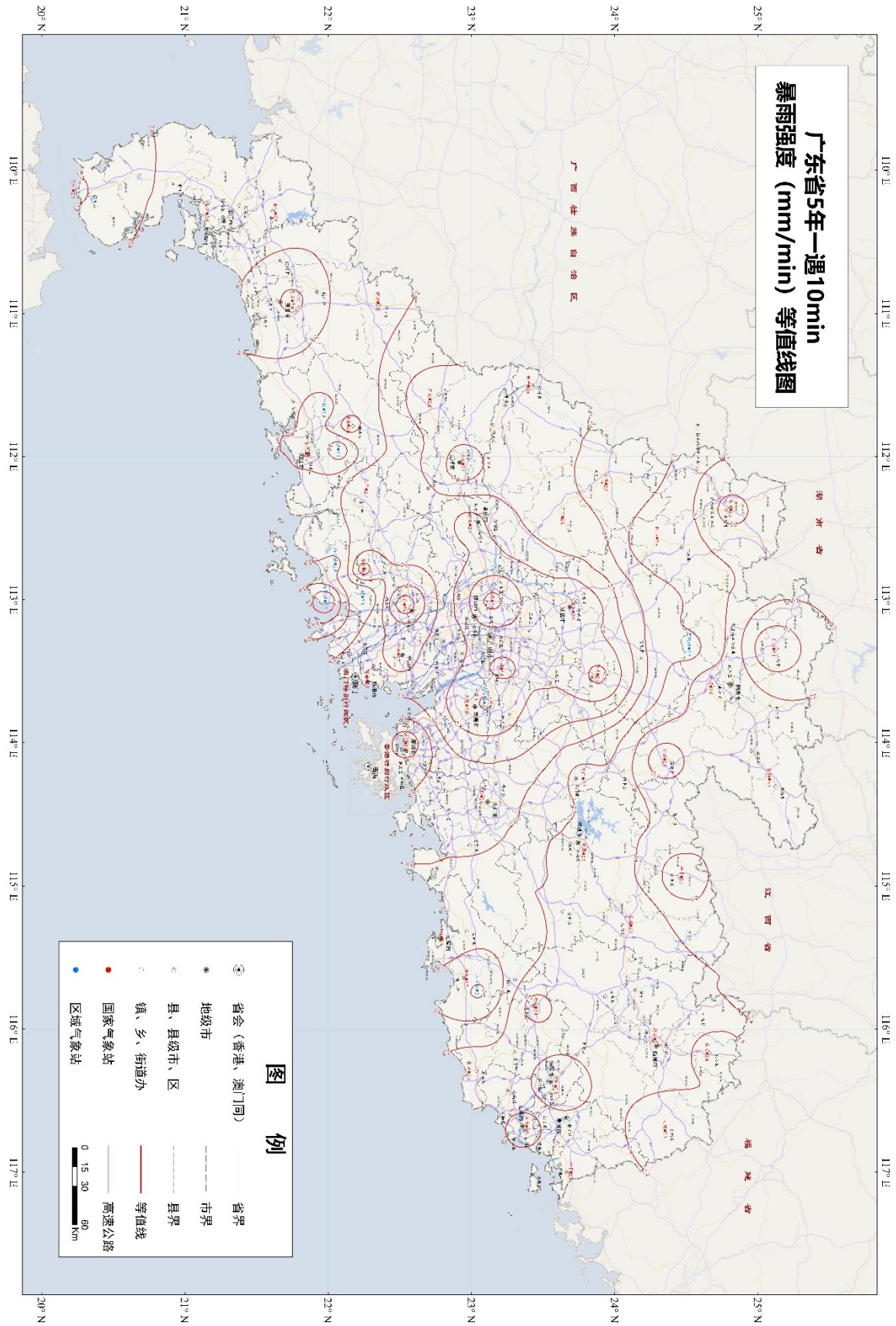
## 附录 B (规范性) 广东省暴雨强度等值线图



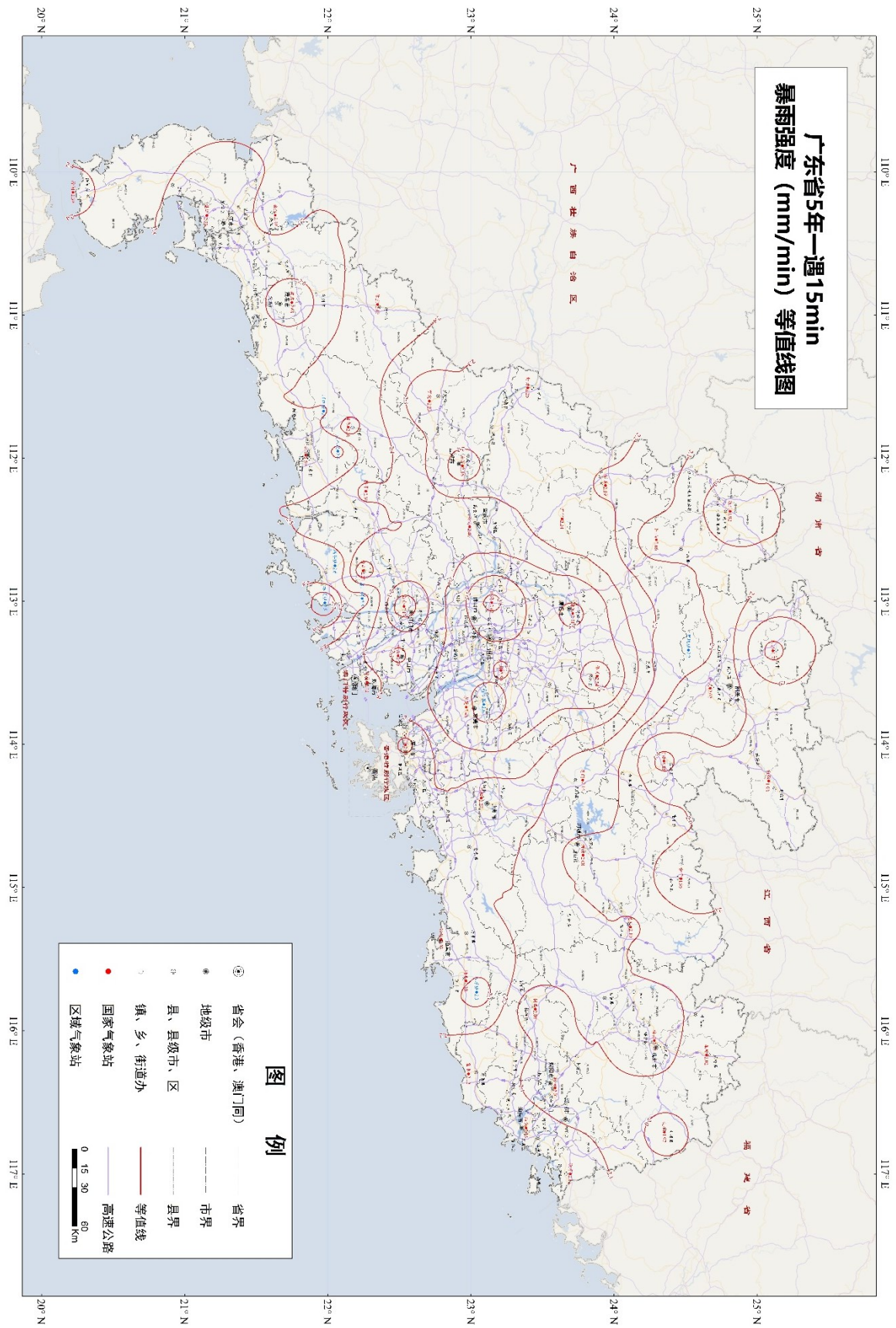
附录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



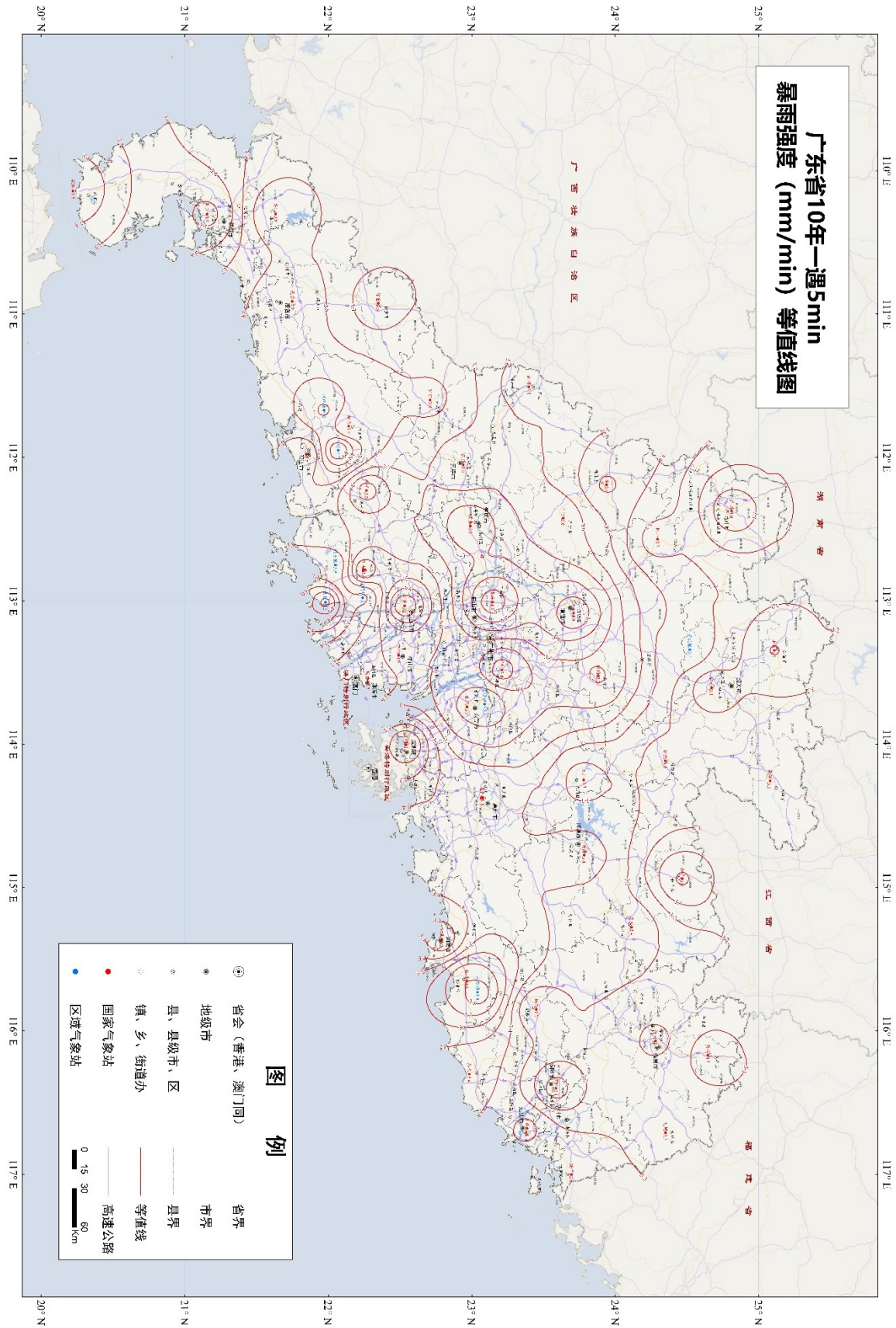
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



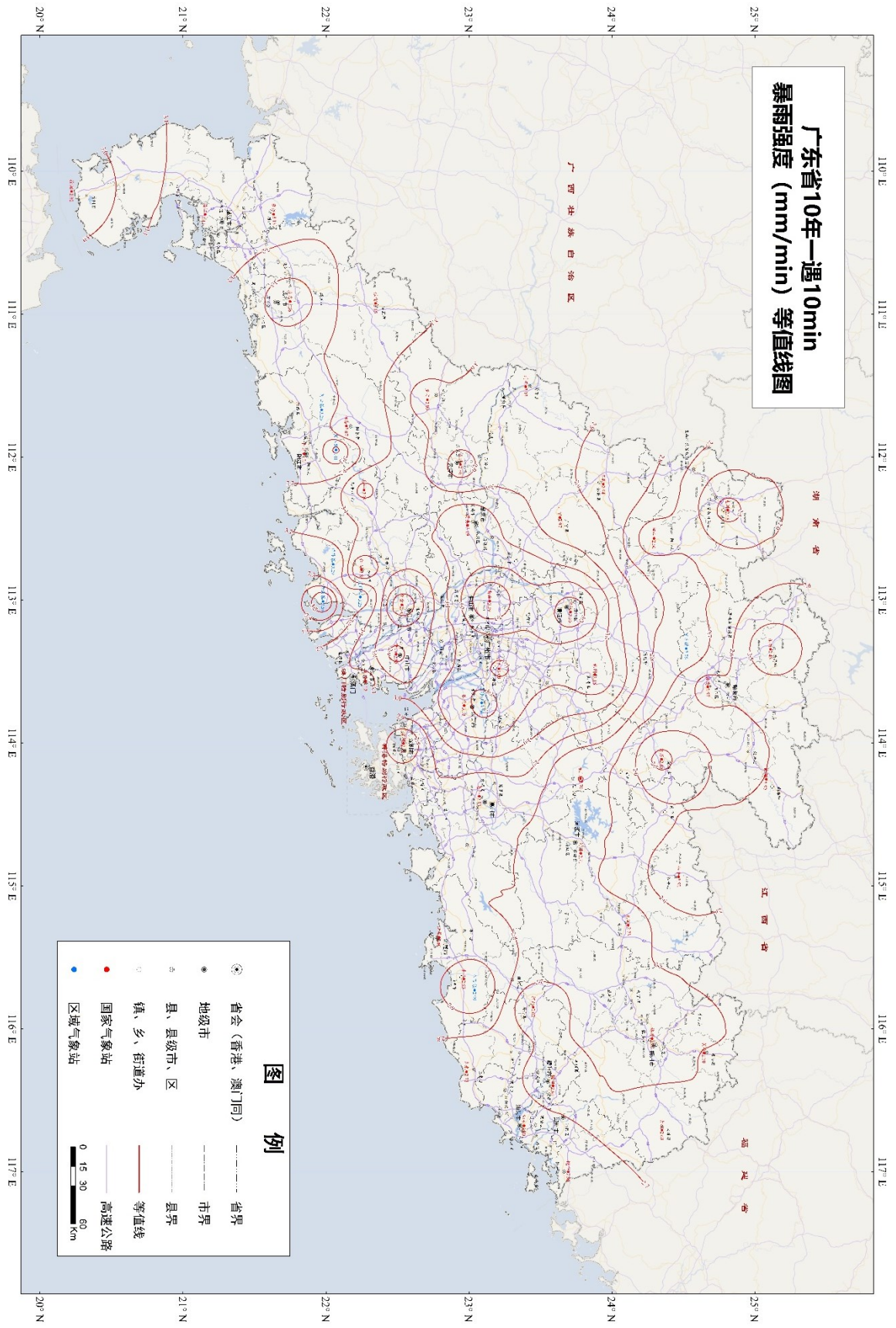
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



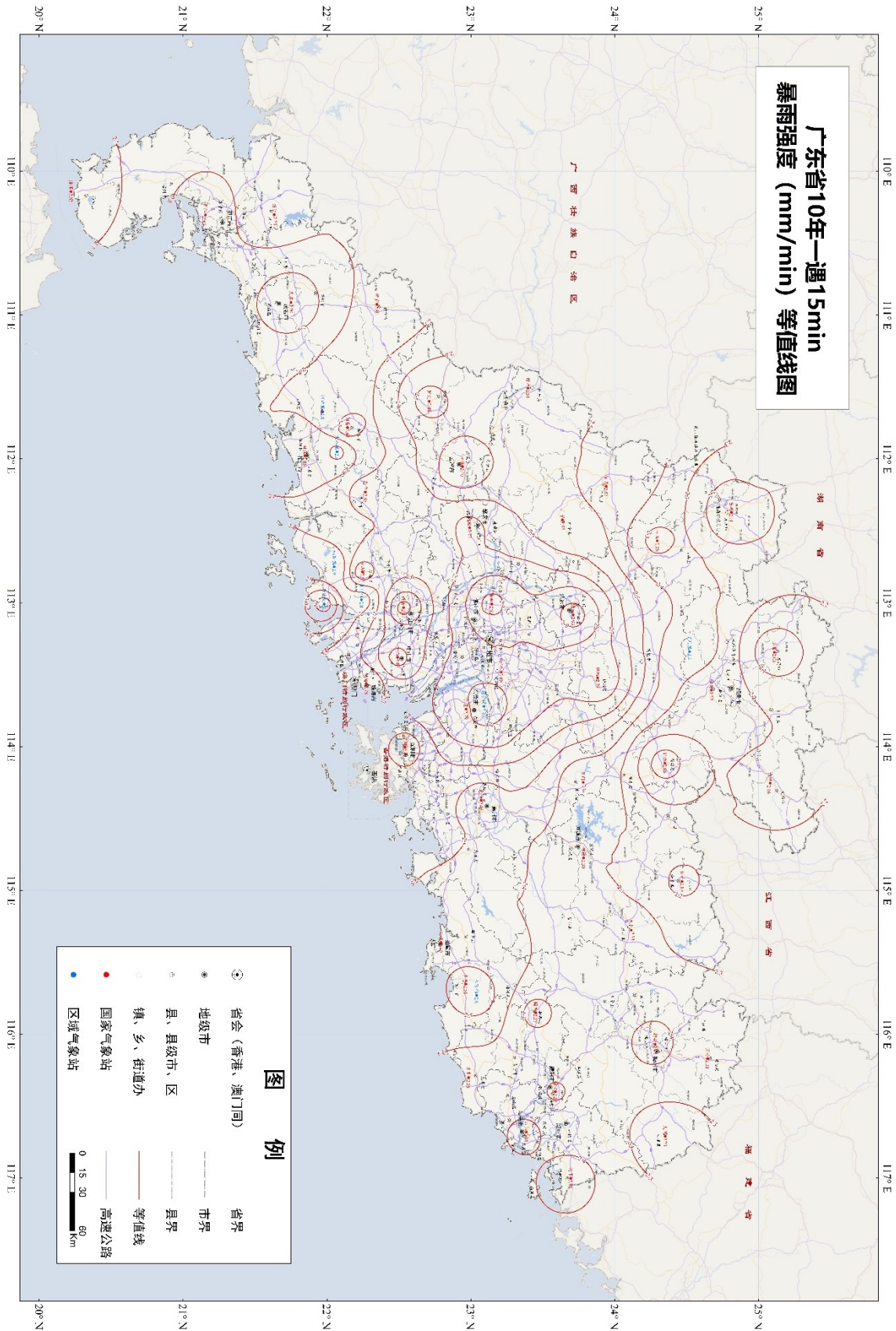
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



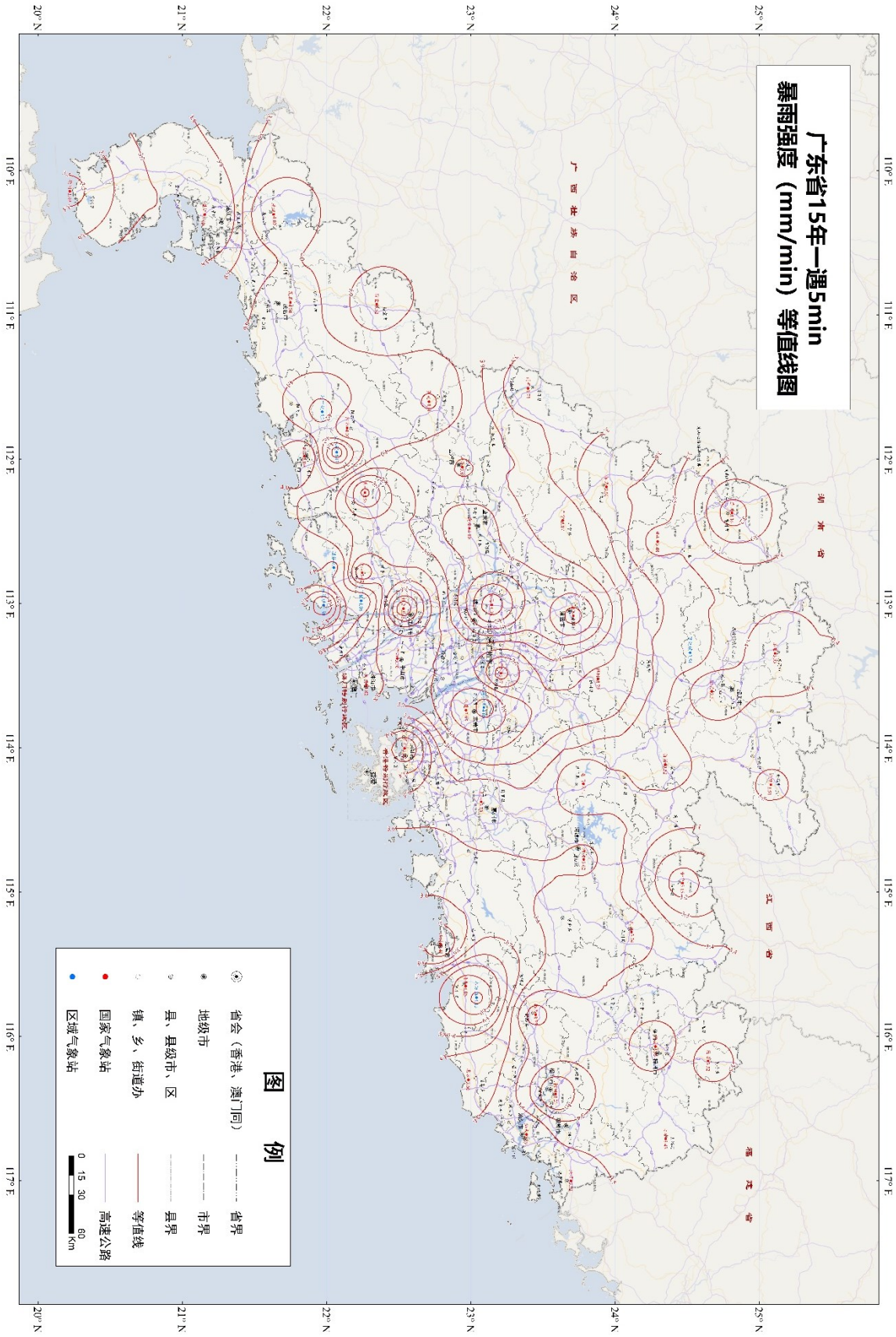
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



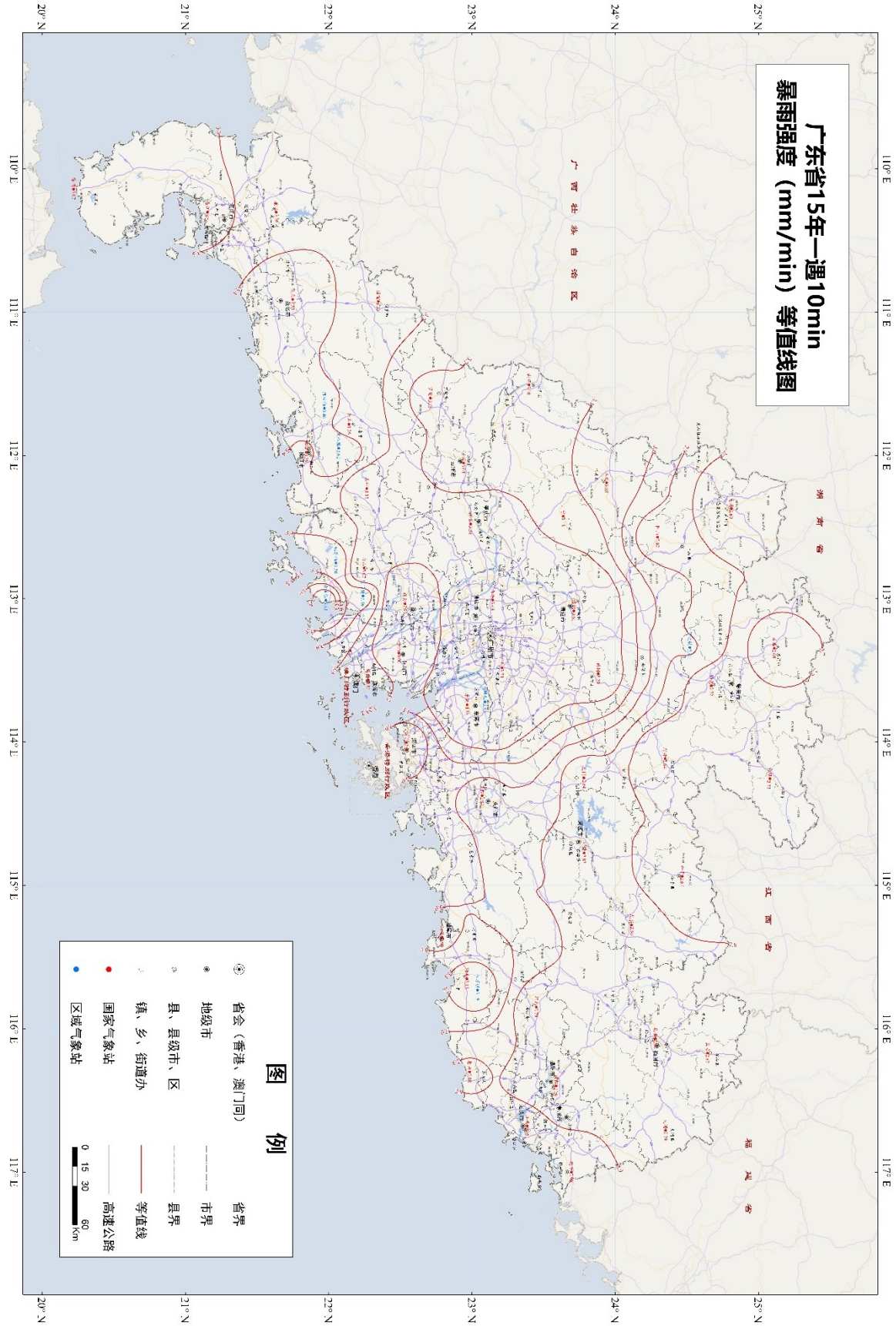
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



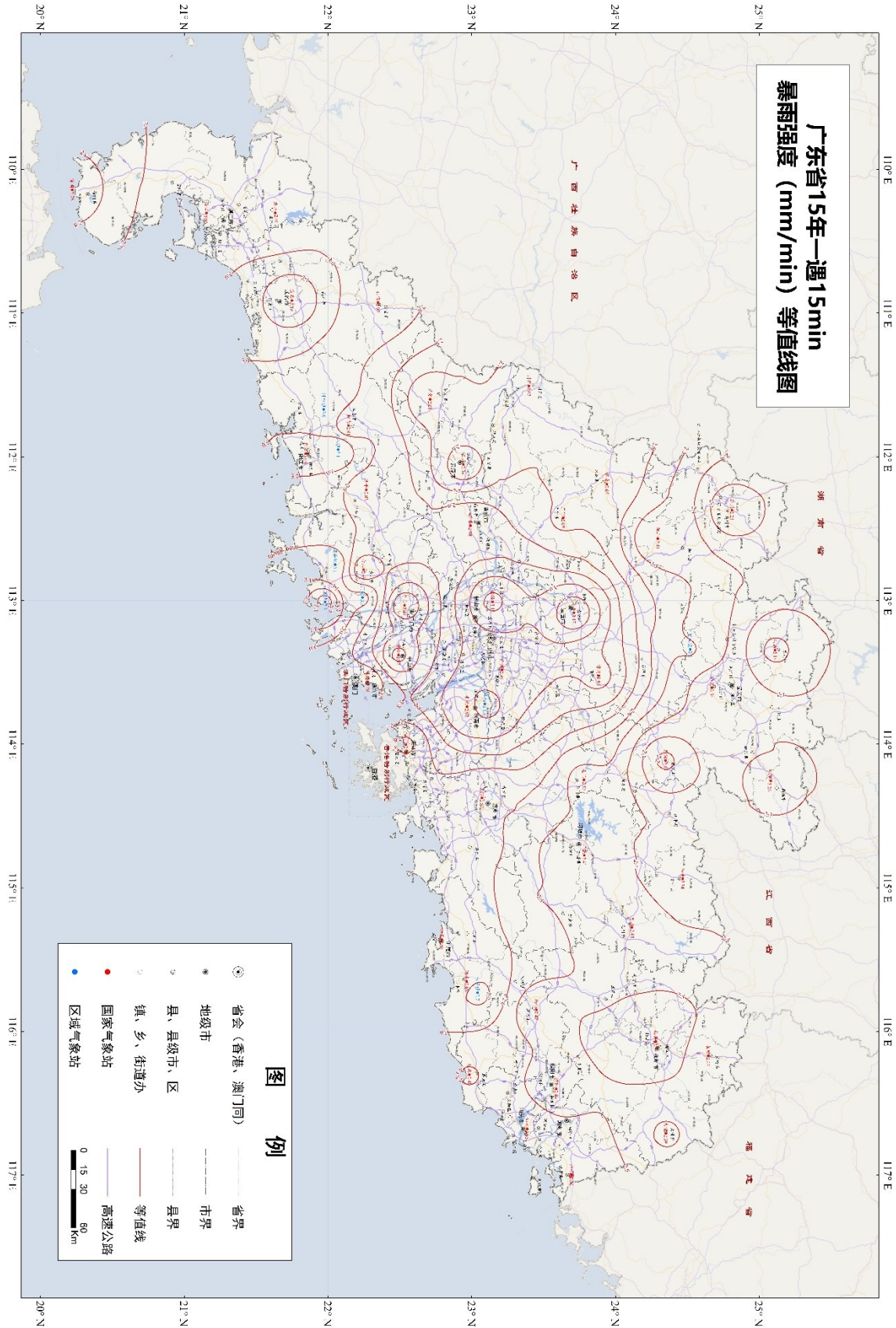
附录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



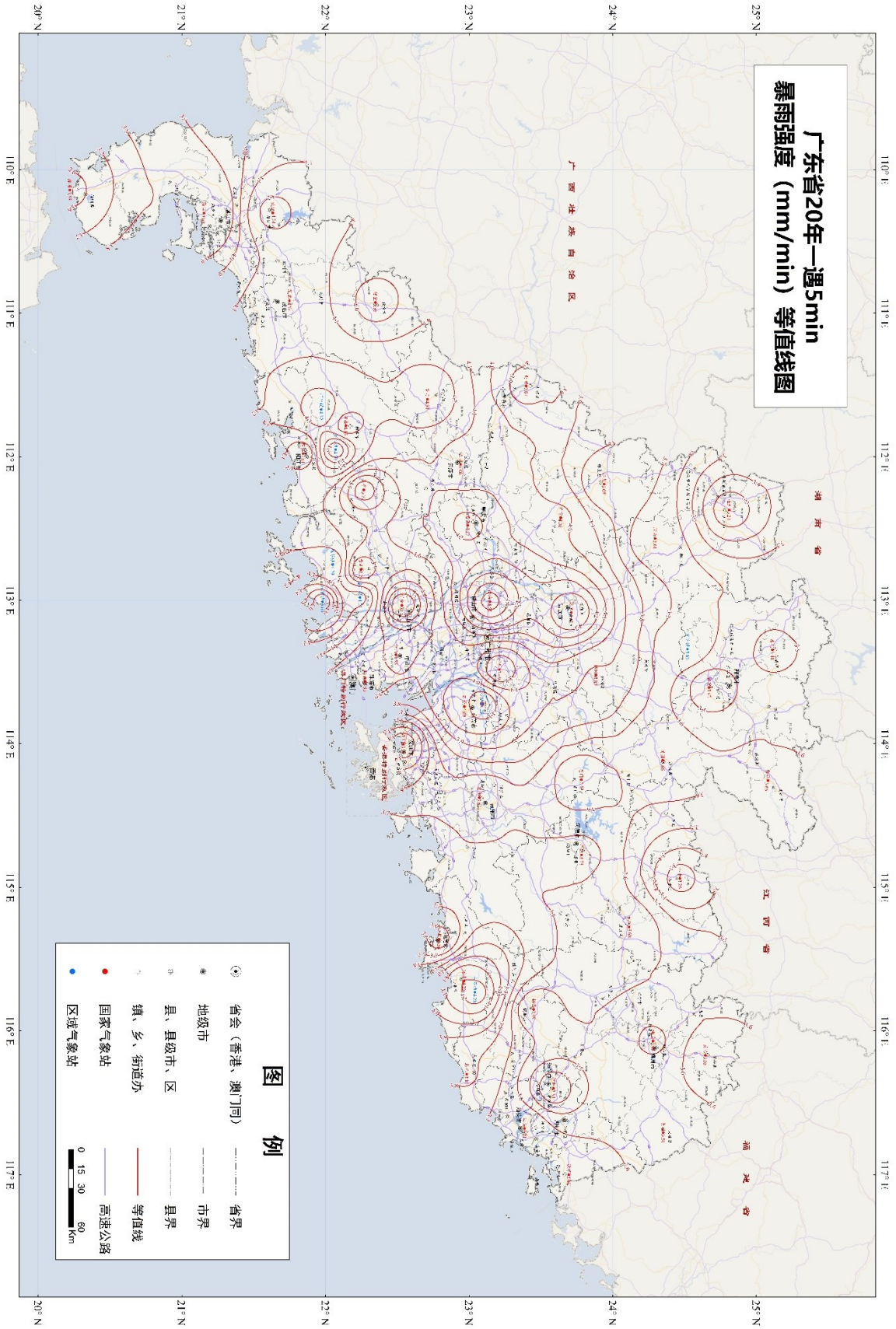
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



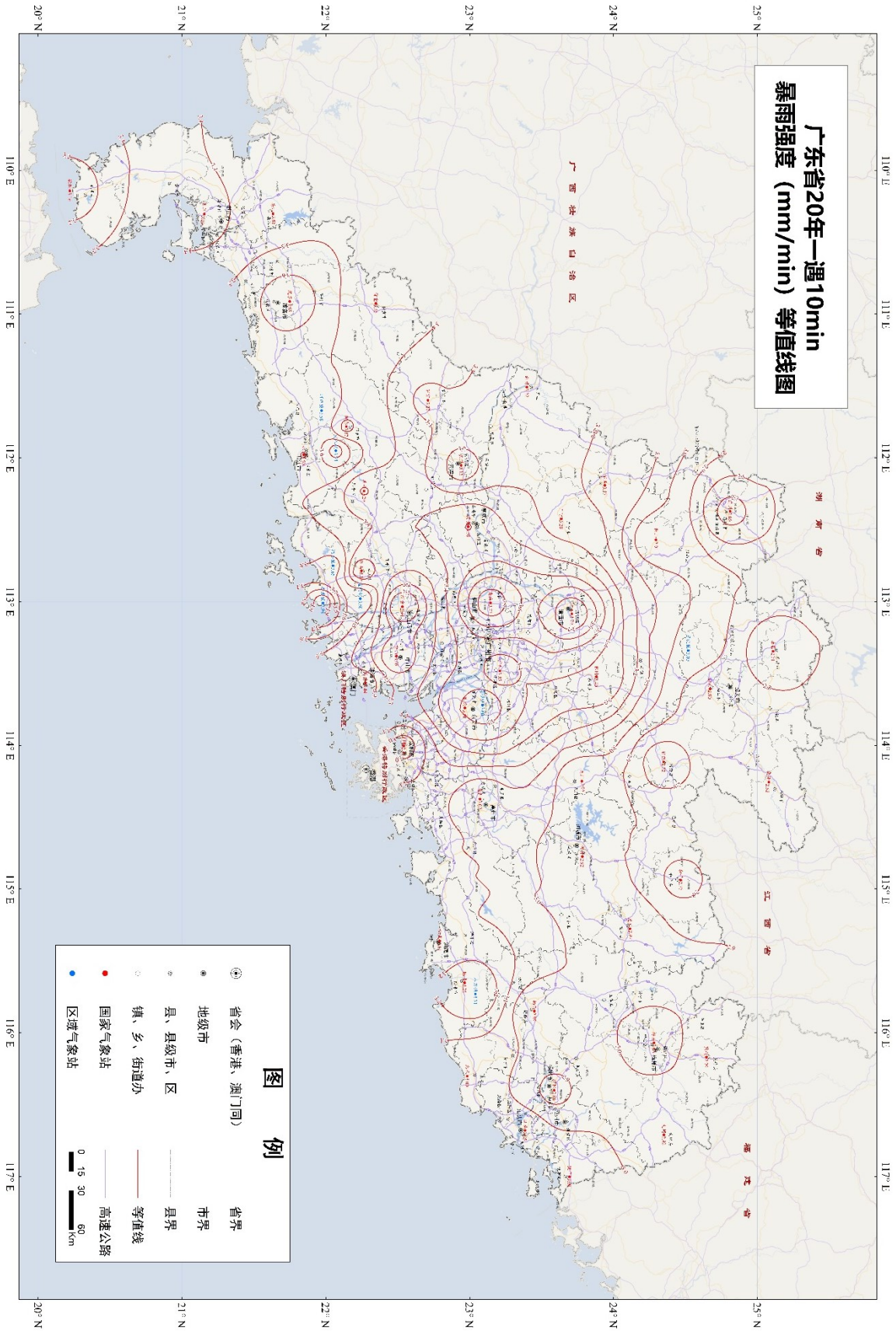
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



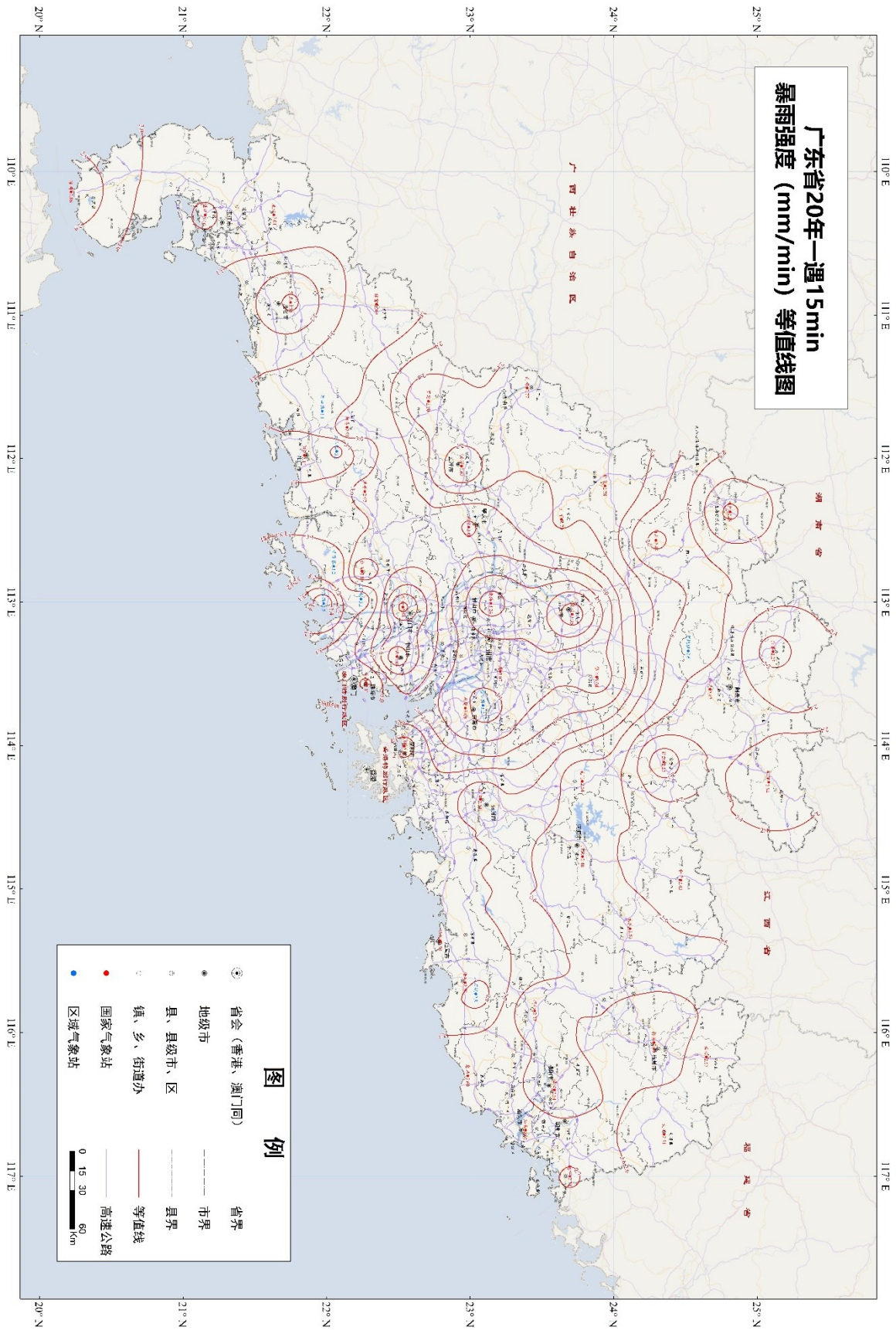
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



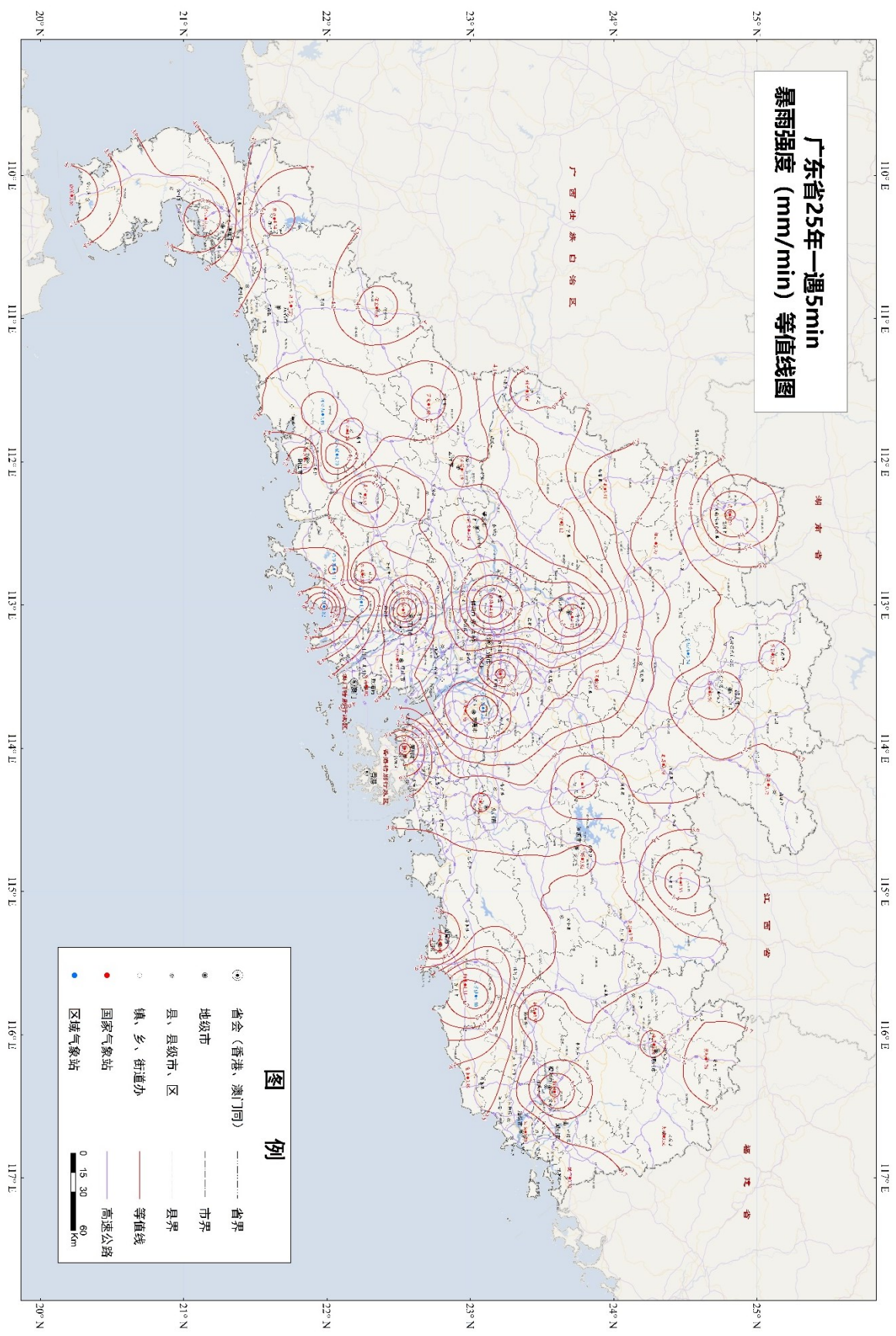
附录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



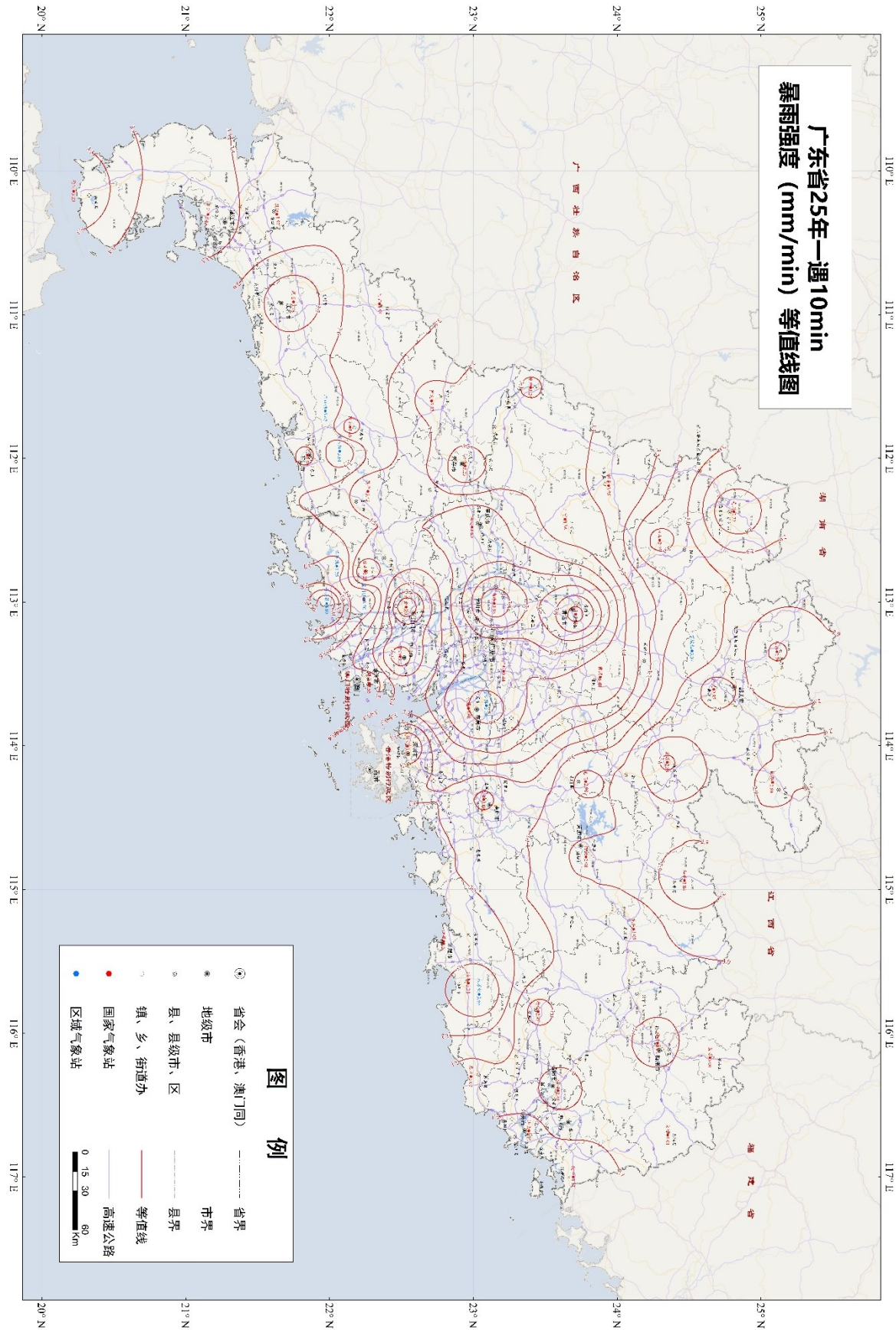
附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



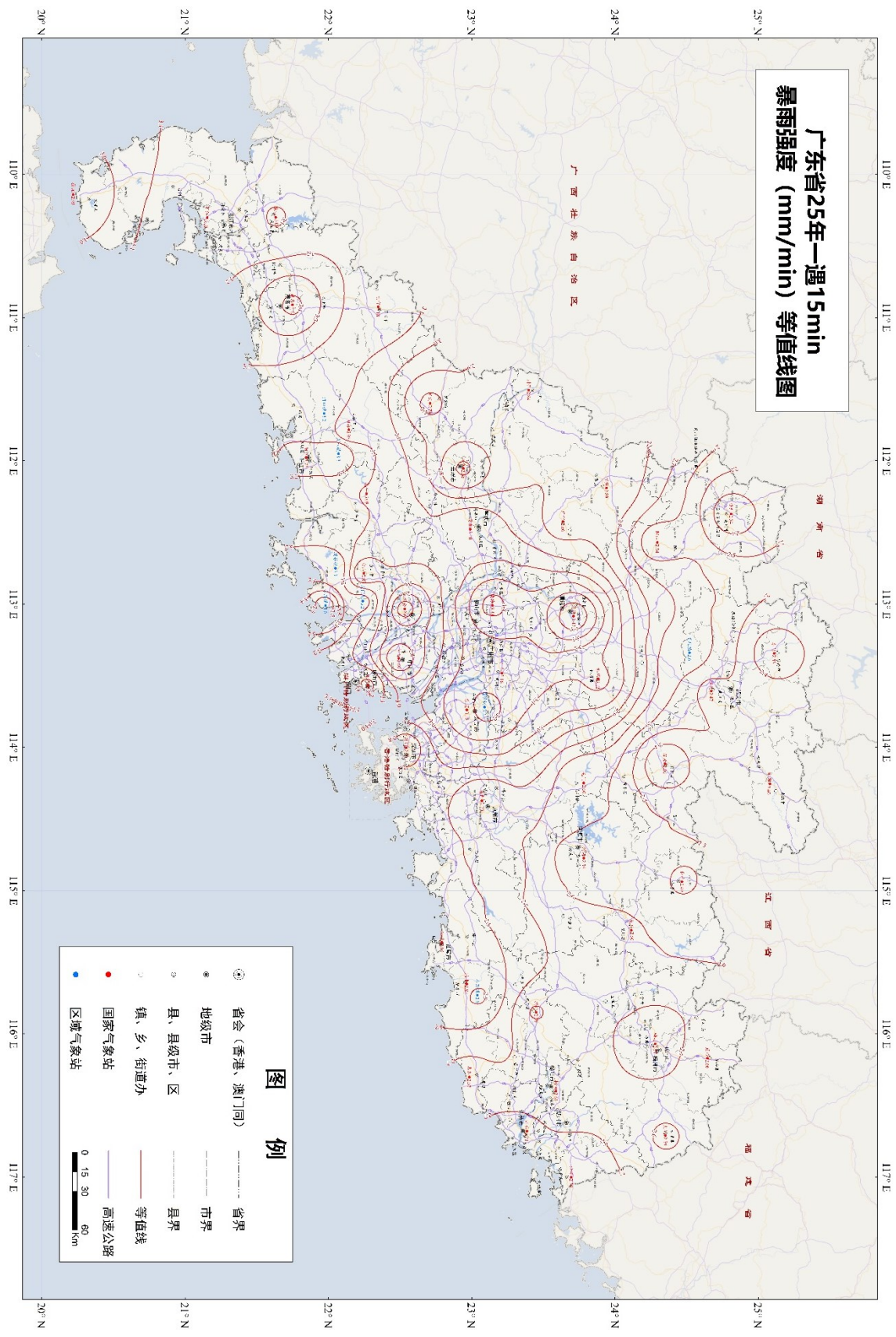
附录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



附 录 B（规范性）广东省暴雨强度等值线图



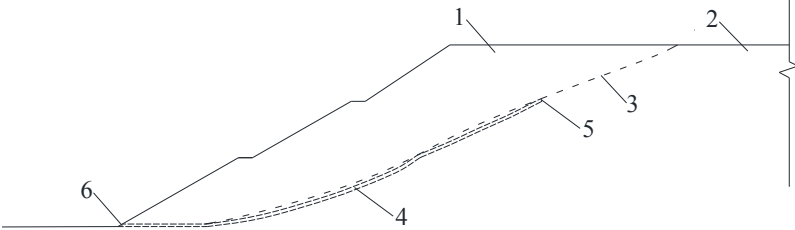
附 录 C （规范性）沟心渗沟、斜向渗沟连通性检测方法

C. 1. 1 应在渗沟封顶前再进行渗沟检验，检测合格后方可继续填土。如渗沟顶部已填土，则应开挖出渗沟顶面，并将渗沟顶面反滤土工布打开。

条文说明：

支挡结构反滤层施工质量控制难度大，检测困难，导致排水效果较差。借鉴铁路系统红线检查做法，随机开挖探槽检查反滤层施工质量，不但可以有效检测反滤层施工质量，而且具有较强的威慑作用。

C. 1. 2 在渗沟上端，5 min~10 min灌注清水体积约 $(0.6\sim1.0)A_sL_s$ ，其中 $A_s$ 、 $L_s$ 分别为渗沟横截面面积、渗沟长度，如图C1所示。灌水量根据渗沟平均纵坡、沟侧地层饱和程度、渗透性等确定，渗沟平均纵坡小、沟侧地层饱和度低、渗透性大时，取大值。



标引序号说明：

1—填方；2—挖方；3—斜坡；4—沟心渗沟；5—灌水处；6—渗沟出口

图 C1 坡面灌水法示意

C. 1. 3 当检测时渗沟出口无流水时，在渗沟出口边沟处采用利用水表、容器等测量出水量。自开始灌水开始，20 min内渗沟出口处流出水超过1000 L时，渗沟连通性合格。

C. 1. 4 当连通性检测前渗沟已有水流出时，检测用水中应掺加示踪剂。示踪剂宜采用NaCl，可采用红色染料、荧光粉等。

C. 1. 5 采用红色染料、荧光粉等时，自开始灌水开始，20 min内渗沟出口处出水量明显增加且能观测到红色流水或荧光粉时，渗沟连通性合格。

C. 1. 6 采用NaCl时，检测盐水的电导率与渗沟出沟流水的电导率比值不应小于1000倍，且不应小于15000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，检测盐水的NaCl掺量宜按式（C1）计算。渗沟出口流水的电导率变化宜采用万能电表或专用电导率仪测试。灌水后每2 min~5 min用测试一次电导率，电导率增大时应加密测试，一直测试到电导率接近灌水前，并绘制时间~电导率曲线。自开始灌水开始，20 min内渗沟出口测试的时间~电导率曲线为单峰形态且电导率峰值与电导率初始值的比值不小5时，渗沟连通性合格。

$$y_{NC}=1.3888x-0.02478xt-6172 \tag{C1}$$

式中：

$y_{NC}$ ——盐度（ $\text{g}/\text{m}^3$ ）；

$x$ ——电导率（ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）；

$t$ ——温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

条文说明：

25 $^{\circ}\text{C}$ 时，工业普通纯水的电导率（1~10） $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，工业高纯水的电导率（0.1~1.0） $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，工业超纯水的电导率（0.055~0.1） $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，饮用纯水的电导率为（1~10） $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，典型的强电解质（如NaCl、KCl）溶液的电导率通常为（0.5~2） $\times 10^6 \mu\text{s}/\text{cm}$ 。

NaCl溶液的饱和掺量为100g水中掺36g水。

常用电导率仪见说明图1。



说明图 1 微电脑电导率仪

C.1.7 渗沟检测合格后，应将渗沟顶面包裹反滤土工布并填土覆盖。

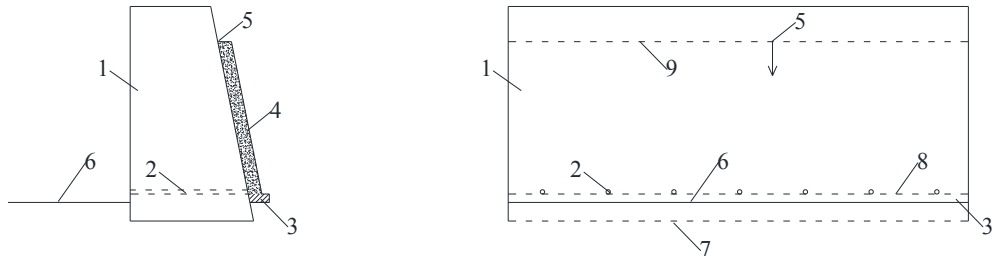
附 录 D（规范性）支挡工程反滤层检测方法

D.1 检测方法选择

- D.1.1 路堤支挡工程的反滤层检测应采用探槽法或灌水检测，灌水检测不合格时可采用探槽法复检。  
D.1.2 路堑支挡工程的反滤层检测应采用灌水检测。

D.2 灌水法

- D.2.1 宜在反滤层施工后检测，对衡重式挡土墙，衡重台以下墙段、衡重台以上墙段应分别检测其反滤层。对已经填土覆盖的挡墙，应开挖并打开反滤层顶面防渗层。  
D.2.2 检测点位置应现场随机确定，宜避开正在流水的泄水孔。  
D.2.3 在墙背最下面一排两个泄水孔中间，紧靠墙背灌注清水（如图D1所示），在5 min~10 min内灌注数量约 $(0.6\sim1.0)t_f h_f d_p$ ，其中 $t_f$ 、 $h_f$ 、 $d_p$ 分别为反滤层厚度、被检测反滤层高度、泄水孔水平间距，灌水量根据墙被类型、墙后填料渗透性等确定，仰斜式墙背、渗透性大时，取大值。自开始灌水起算，15 min内最下面一排两个泄水孔或一个泄水孔有水流出排水层为合格。



标引序号说明：

1—挡土墙；2—最下排泄水孔；3—防渗层；4—反滤层；5—灌水处；6—地面线；7—墙底线；8—防渗层顶面；9—反滤层顶面

图 D1 支挡结构反滤层灌水示意

条文说明：

灌水法不但可以检测反滤层的连通性，而且可以检测反滤层下面的防渗层施工质量、最下排泄水孔与反滤层下面的防渗层顶面的齐平性。

- D.2.4 对正在流水的泄水孔，采用灌水法检测时，检测用水中应掺加示踪剂。自开始灌水开始，5 min内泄水孔出水量明显增加且能检测到示踪剂时，反滤层连通性合格。  
D.2.5 示踪剂宜采用NaCl，可采用红色染料、荧光粉等。  
D.2.6 采用NaCl时，检测盐水的电导率与泄水孔流水的电导率比值不应小于1000倍，且不应小于1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，检测盐水的NaCl掺量宜按式（附录C中C1）计算。渗沟出口流水的电导率变化宜采用万能电表或专用电导率仪测试。灌水后每0.3 min~1 min用测试一次电导率，电导率增大时应加密测试，一直测试到电导率接近灌水前，并绘制时间~电导率曲线。时间~电导率曲线为单峰形态且电导率峰值与电导率初始值的比值不小5时，渗沟连通性合格。

D.3 探槽法

- D.3.1 反滤层每施工4 m~5 m高宜检查1次。  
D.3.2 检测点位置应现场随机确定。  
D.3.3 探槽开挖宽度不宜少于1 m，探槽底面应低于反滤层底面或上次检测面。  
D.3.4 每开挖1 m应检测一次反滤层的结构、材料、厚度，应符合设计要求。  
D.3.5 检测后应按设计恢复反滤层，反滤层后面的探槽应分层回填碎石并夯实。

条文说明：

支挡结构反滤层施工质量控制难度大，检测困难，导致排水效果较差。探槽法是借鉴铁路系统红线检查的做法，随机开挖探槽检查反滤层施工质量，不但可以有效检测反滤层施工质量，而且具有较强的威慑作用。

## 附录 E（资料性）水文水力计算示例

## E.1 泄水口间距计算示例

【示例 1】广东某地区修建高速公路，选用沥青混凝土路面，单侧路面和路肩横向排水的宽度为 12m，坡度为 2%。路线纵向坡度为 1%。拟在路肩外边缘设置拦水带，请确定拦水带开口式泄水口的布置间距。计算示意如图 1 所示。

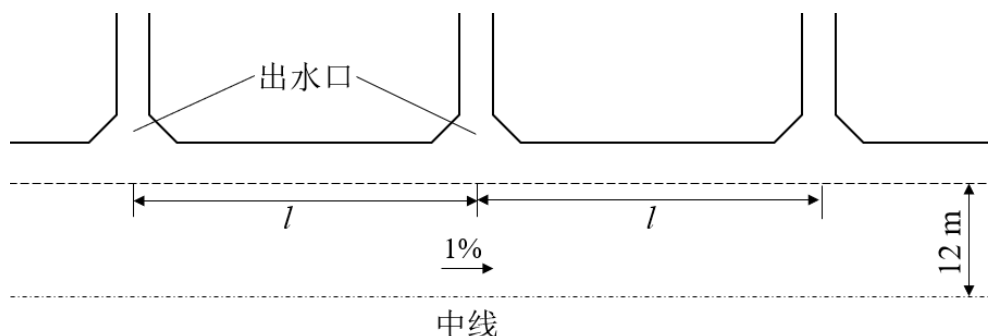


图1 示例1计算示意图

## (1) 汇水面积和径流系数

设出水口间距为  $l$ ，两个出水口之间的汇水面积为：

$$F = l \times 12 \times 10^{-6} \text{ km}^2$$

由《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》表（9.1.8），查得径流系数  $\psi = 0.95$ 。

## (2) 汇流计算

设降雨历时为 5min。根据表 4-1，取降雨重现期为 5 年一遇。查附录 B，得项目地点降雨强度为 3.15mm/min。

## (3) 设计径流量计算

根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.1.1），设计径流量  $Q$  为：

$$Q = 16.67 \times 0.95 \times 3.15 \times 1.11 \times l \times 12 \times 10^{-6} = 0.0006645l \text{ m}^3/\text{s}$$

## (4) 泄水口间距计算

拦水带内侧过水断面的水面宽度不得超过路肩宽，即  $B < 3\text{m}$ 。设  $B = 3\text{m}$ ，拦水带内缘处的水深为  $h = B i_h = 3 \times 0.02 = 0.06\text{m}$ 。

由《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.2.4-1）可计算拦水带过水断面的泄水量：

$$Q_c = 0.377 \times \frac{1}{0.02 \times 0.013} \times 0.06^{\frac{8}{3}} \times 0.01^{0.5} = 0.08 \text{ m}^3/\text{s}$$

查表 13-1，可得纵坡 1% 时截流率为 86.78%。根据公式（13-1），稳定流量  $Q_a$  为：

$$Q_a = 0.0006645l / 0.8678 = 0.0007657l$$

令  $Q_c = Q_a$ ，间距  $l$  为  $0.08 / 0.0007657 = 104.5\text{m}$ 。取整数为 104m。

## (5) 检验汇流历时假设

查《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》表（9.1.4）得粗糙系数  $s = 0.013$ ，路面横坡  $i_h = 0.02$ ，坡面流长度为 12m，根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.1.4），可计算得坡面汇流历时：

$$t_1 = 1.445 \times \left( \frac{0.013 \times 12}{\sqrt{0.02}} \right)^{0.467} = 1.51 \text{ min}$$

由沟底纵坡  $i = 0.01$ ，根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.1.5-2）可计算得到平均流速：

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

根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.1.5-1）沟管汇流历时为：

$$t_2 = \frac{104}{60 \times 1.26} = 1.38 \text{ min}$$

可得坡面汇流历时为：

$$t = t_1 + t_2 = 1.51 + 1.38 = 2.89 \text{ min} < 5 \text{ min}$$

汇流历时符合假设。

E.2 凹曲线底部泄水口间距计算示例

【示例 2】广东某地区修建高速公路，选用沥青混凝土路面，单侧路面和路肩横向排水的宽度为 12m，坡度为 2%。路线纵向坡度为 1%。凹曲线底部泄水口加密形式如图 2 所示，请确定凹曲线底部开口式泄水口布置间距  $s$ 。计算示意如图 2 所示。

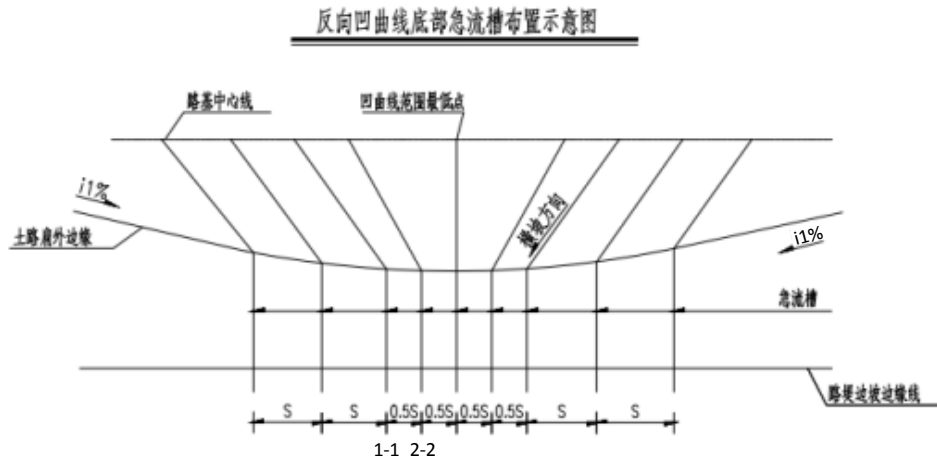


图2 示例2计算示意图

如图所示，未加密间距为 $S$ ，根据式（13-1），开始加密的第一个泄水口1前的来流量为：

$$Q_1=qS/C$$

经过泄水口1，到达前泄水口2之前的径流量，为本段产生径流量与未截流量之和：

$$Q_2=Q_1(1-C)+0.5qS=qS(1/C+0.5)$$

经过泄水口2，到达前泄水口3之前的径流量，为本段产生径流量与未截流量之和：

$$Q_3=Q_2(1-C)+0.5qS=qS(1/C+C/2+1)$$

凹曲线底部承接来自两侧的水量，为使过水断面的水面宽度不超出硬路肩范围，需令 $2\times Q_3=Q_c$ 。根据算例1计算结果， $q=0.0006645S$ ， $Q_c=0.08$ ， $C=86.78\%$ 即：

$$0.08=2\times 0.0006645S(1/C+C/2+1)$$

算得 $S=102m$ ，即加密间距 $0.5S=51m$ 。

E.3 超高路段集水井横向管间距计算示例

【示例 3】广东某地区修建高速公路超高路段，选用沥青混凝土路面，单侧路面和路肩横向排水的宽度为 12m，坡度为 2%。路线纵向坡度为 1%。请确定集水井横向管间距。

（1）汇水面积和径流系数

设集水井横向管间距为 $l$ ，两个出水口之间的汇水面积为：

$$F=l\times 12\times 10^{-6}km^2$$

由《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》表（9.1.8），查得径流系数 $\psi=0.95$ 。

（2）汇流计算

设降雨历时为5min。根据表4-1，取降雨重现期为5年一遇。查附录B，得项目地点降雨强度为3.15mm/min。

（3）设计径流量计算

根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.1.1），设计径流量 $Q$ 为：

$$Q=16.67\times 0.95\times 3.15\times 1.11\times l\times 12\times 10^{-6}=0.0006645l\text{ m}^3/s$$

（4）集水井横向管间距计算

根据条文13.1.3，采用DN500圆形排水管时，其设计充满度不宜超过70%。根据《公路排水设计规范（JTG/T D33-2012）》式（9.2.2）与式（9.2.3），横向管泄水能力 $Q_c$ 为：

$$Q_c=\frac{1}{0.013}\times 0.1468\times 0.1481^{2/3}\times 0.005^{1/2}=0.22m^3/s$$

令 $Q_e=Q$ ，间距 $l$ 为 $0.22/0.0006645=331.1\text{m}$ 。取整数为 $331\text{m}$ 。

根据示例1计算结果，为保证过水断面水面宽度不超过硬路肩的泄水口间距为 $104\text{m}$ 。二者取小值，间距为 $104\text{m}$ 。

#### (5) 检验汇流历时假设

查《公路排水设计规范 (JTG/T D33-2012)》表 (9.1.4) 得粗糙系数 $s=0.013$ ，路面横坡 $i_h=0.02$ ，坡面流长度为 $12\text{m}$ ，根据《公路排水设计规范 (JTG/T D33-2012)》式 (9.1.4)，可计算得坡面汇流历时：

$$t_1 = 1.445 \times \left( \frac{0.013 \times 12}{\sqrt{0.02}} \right)^{0.467} = 1.51 \text{min}$$

由沟底纵坡 $i=0.01$ ，根据《公路排水设计规范 (JTG/T D33-2012)》式 (9.1.5-2)，可计算得到平均流速：

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

根据《公路排水设计规范 (JTG/T D33-2012)》式 (9.1.5-1)，沟管汇流历时为：

$$t_2 = \frac{104}{60 \times 1.26} = 1.38 \text{min}$$

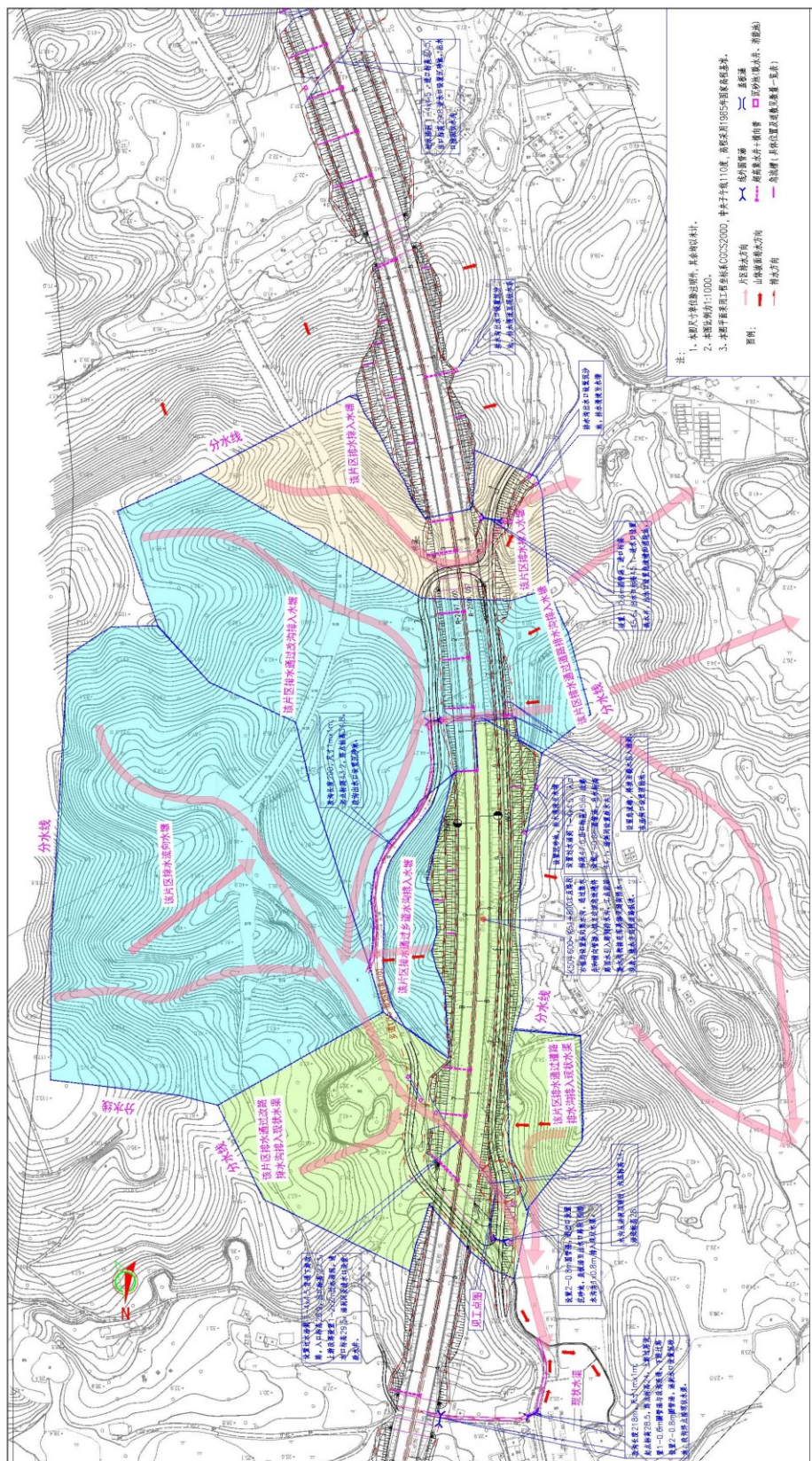
可得坡面汇流历时为：

$$t = t_1 + t_2 = 1.51 + 1.39 = 2.89 \text{min} < 5 \text{min}$$

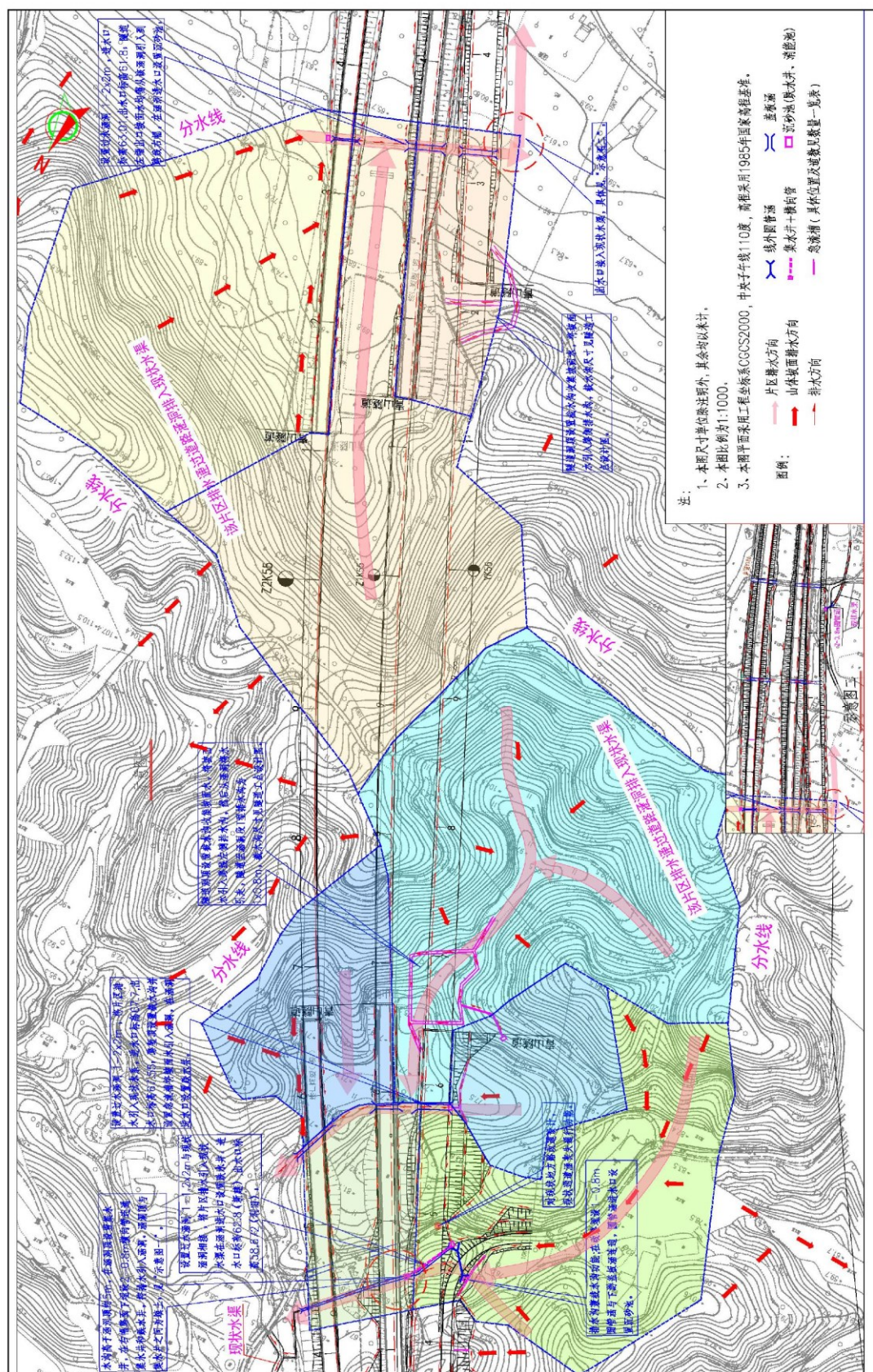
汇流历时符合假设。

## 附录 F (资料性) 综合排水设计示例图

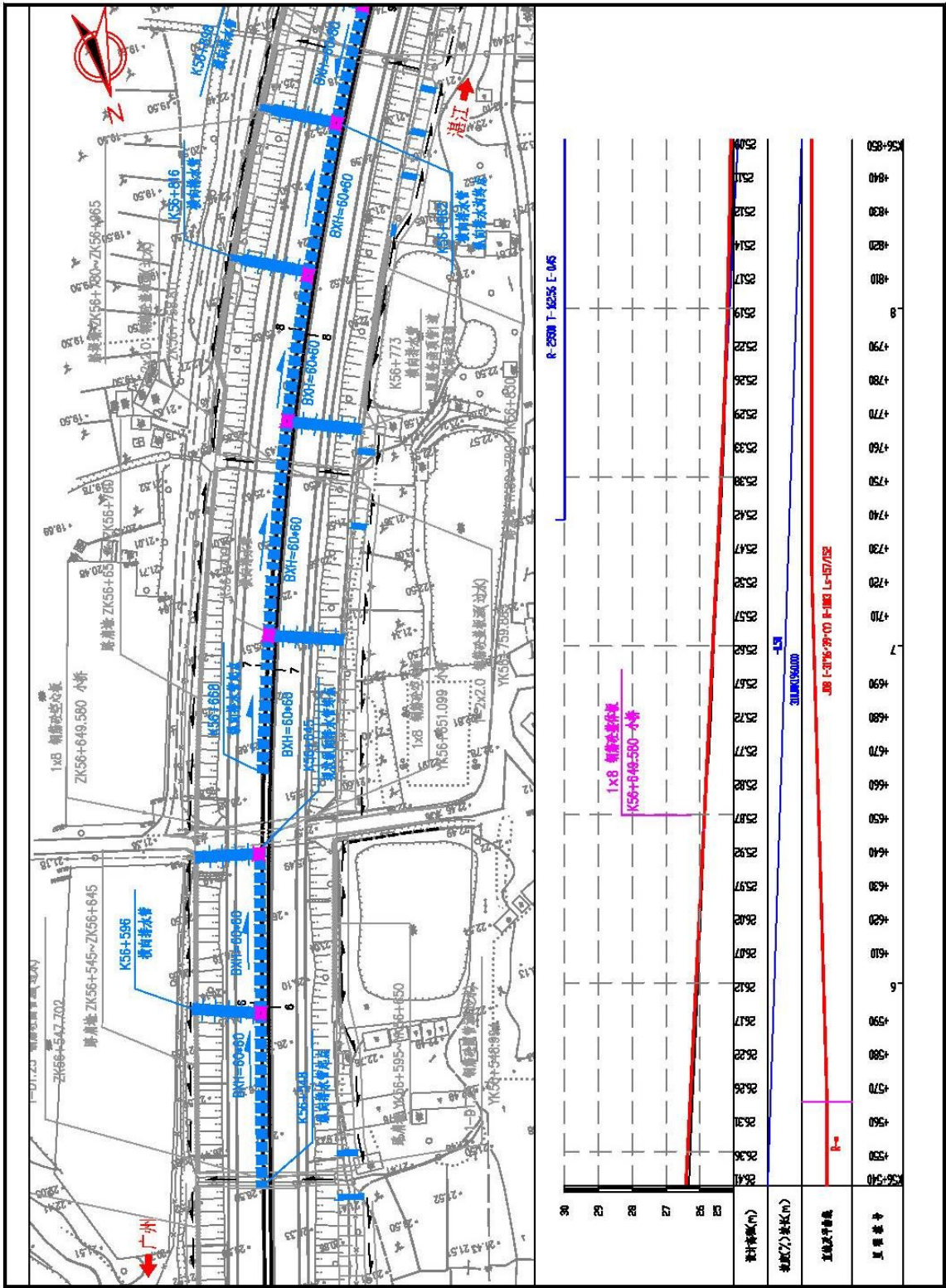
路域外综合排水图 1



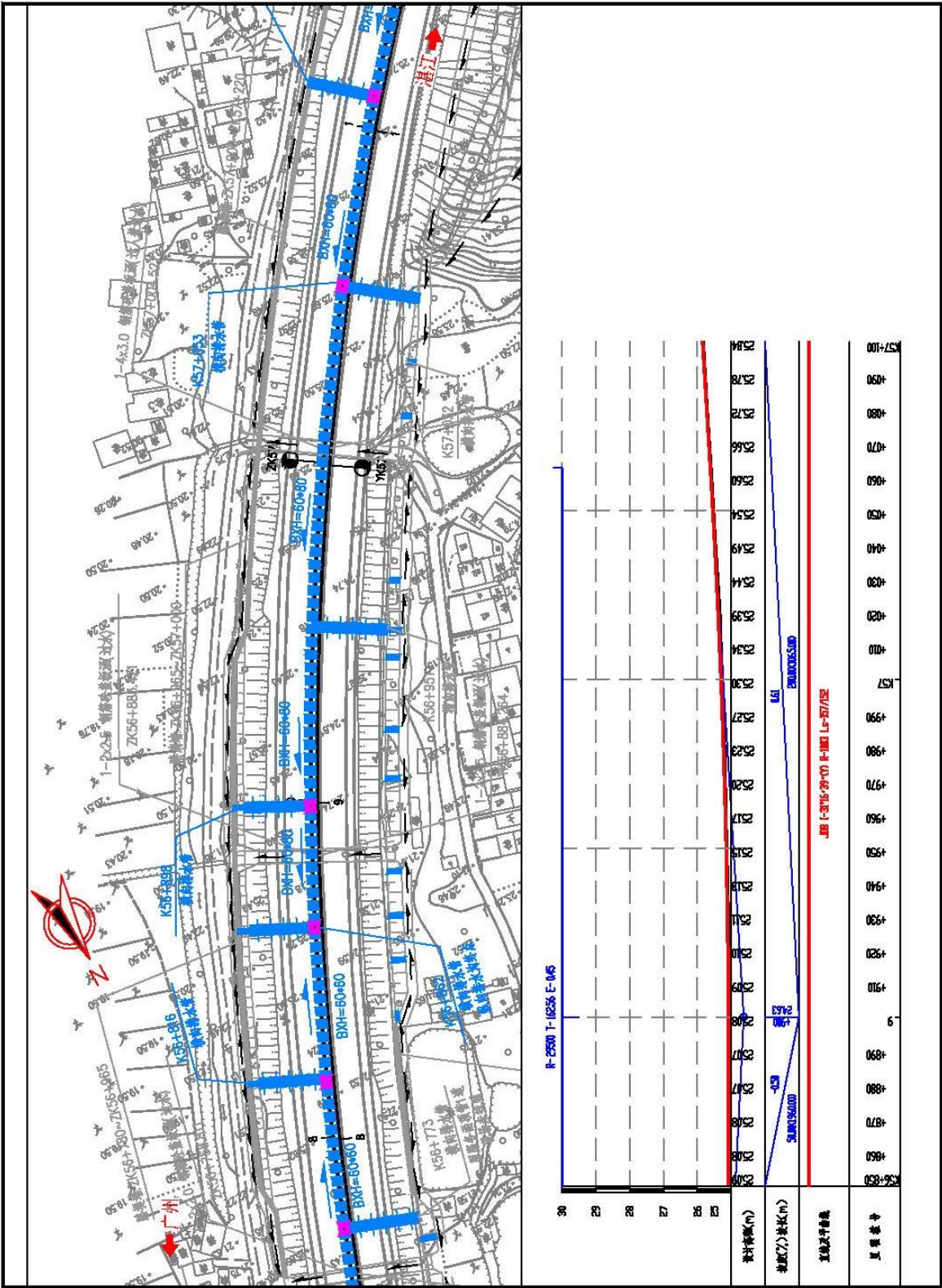
路域外综合排水图 2



路面排水图 1

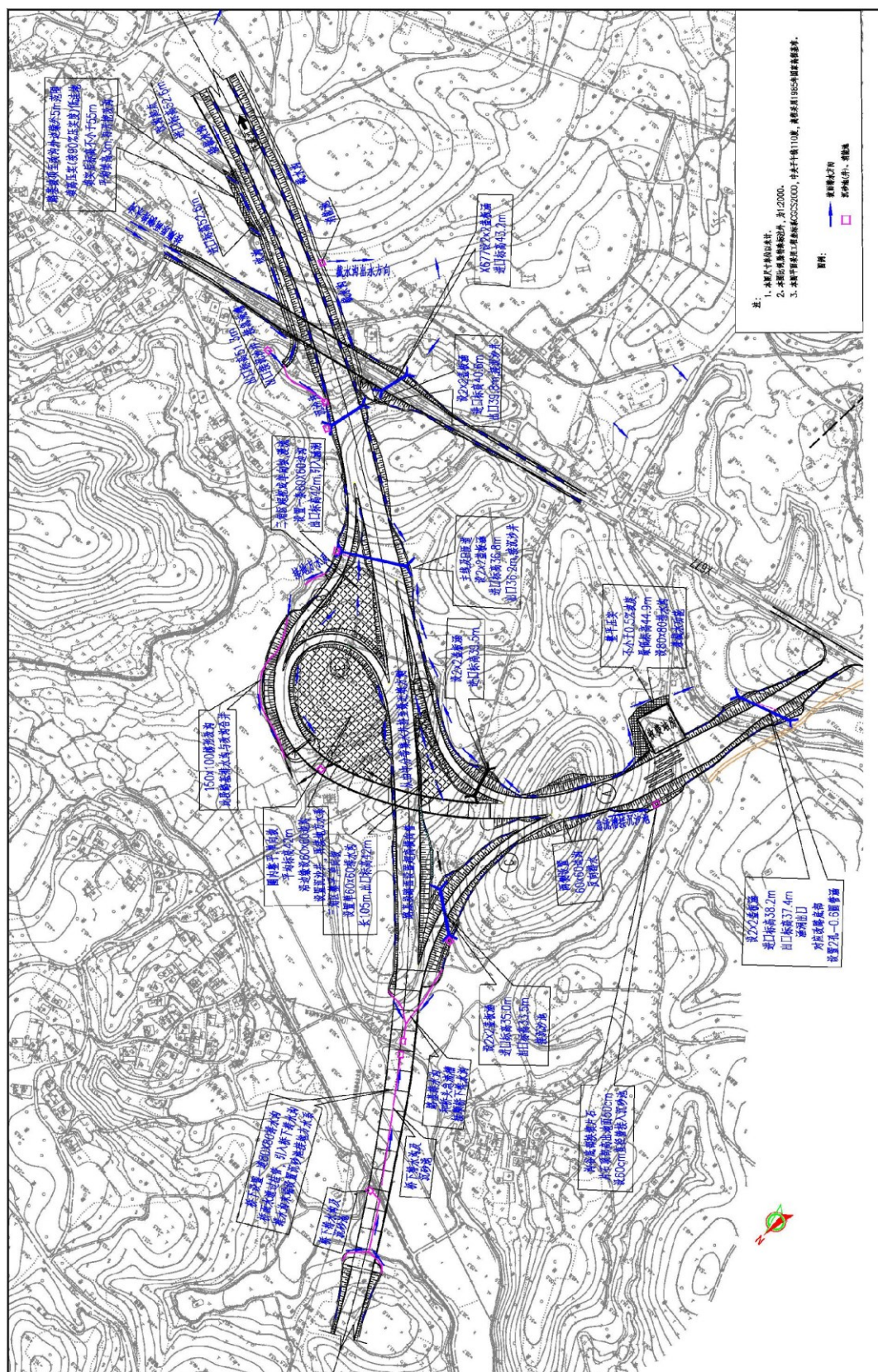


路面排水图 2

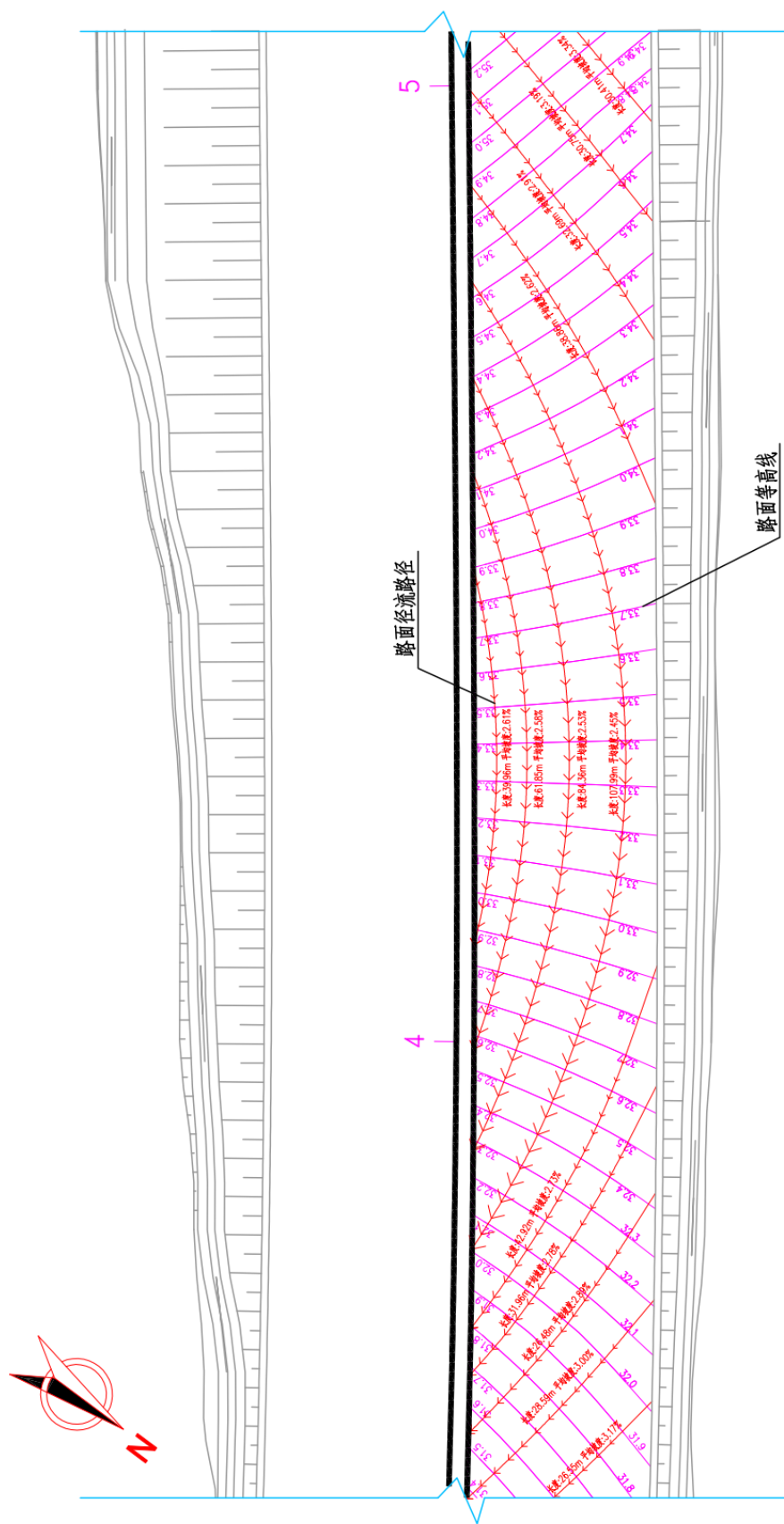




### 排水设施布设与衔接图



排水路径示意图



## 附 录 G（规范性）水膜厚度分析

## G.1 水膜厚度计算

国内外暂未有统一的水膜计算公式，但均认为水膜厚度与降雨强度、路面径流长度、合成坡度、路面构造深度相关。本指南推荐（式 G1）作为水膜厚度计算公式，同时给出了其他水膜厚度计算公式（式 G2）和（式 G3）。

（1）广东省交通集团科技项目“广东省高速公路宽幅路面排水设计关键技术研究”通过室内外模拟降雨试验，确定预测模型关键参数，回归拟合提出的路面水膜厚度计算公式：

$$d = 0.39 \cdot I^{0.515} \cdot L_i^{0.36} \cdot S_i^{-0.276} \cdot T^{0.445} \quad (G1)$$

式中： $d$ ——路面水膜厚度（mm）（含构造深度）；

$L_i$ ——水流路径线上第  $i$  个点位的排水路径长度（m）；

$S_i$ ——水流路径线上第  $i$  个点位的合成坡度（%）；

$I$ ——降雨强度（mm/min）；

$T$ ——路面构造深度（mm）。

（2）美国各州公路与运输工作者协会（AASHTO）《公路排水设计指南》（2007 年第四版）中推荐的 Gallaway 路表水膜厚度计算公式：

$$WFT = \frac{0.00338 \cdot MTD^{0.11} \cdot L^{0.43} \cdot I^{0.59}}{S^{0.42}} - MTD \quad (G2)$$

式中： $WFT$ ——路表水膜厚度（in）（不含构造深度）；

$L$ ——水流路径长度（ft）；

$S$ ——水流路径合成坡度（%）；

$I$ ——降雨强度（in/hr）；

$MTD$ ——路面构造深度（in）。

（3）海南省交通科技项目“海南省暴雨气象条件下公路交通安全防治技术研究”通过室内大型降雨模拟试验标定的路面水膜厚度计算公式：

$$W_D = 0.068 \times \frac{L^{0.32} \cdot I^{0.41} \cdot T^{1.17}}{S^{0.31}} \quad (G3)$$

式中： $W_D$ ——路面水膜厚度（mm）（含构造深度）；

$L$ ——水流路径长度（m）；

$S$ ——水流路径合成坡度（%）；

$I$ ——降雨强度（mm/h）；

$T$ ——路面构造深度（mm）。

## G.2 临界水膜厚度

路面水膜厚度较大，导致轮胎与路面之间摩擦力减小或丧失的现象称为水滑或水滑现象（Hydroplaning），此时运行速度称为临界水滑速度，对应的水膜厚度为临界水膜厚度。

影响水滑现象产生的因素众多：①行驶速度：水滑现象产生和行驶速度密切相关，行驶速度越高，可能产生水滑现象的水膜厚度越小；②路面状况与几何线形：构造深度、车辙、沉陷、平整度、材料渗透性等路面状况、纵坡与横坡坡度、路面宽度或者排水路径长度等几何线形，直接决定地表水的形成、流动与排散效率；③环境因素：降雨强度、历时、风速及温度，动态影响水膜的厚度分布与存续时间；④车辆参数：轮胎花纹深度与类型、轴重、胎压，决定了轮胎与路面间水力学作用的特性；⑤驾驶行为：紧急制动、急转向等操作会改变轮胎滑移状态，可能诱发或加剧水滑现象。

在行驶速度较高（>72km/h 或 45 mph）的情况下，即使很薄的水膜厚度也可能产生水滑现象。由于水滑现象的产生和行驶速度高度相关，国外通常采用临界水滑速度进行验算。常用的验算模型包括 1979 年联邦公路局 FHWA 研究项目提出的 Gallaway 模型、1998 年国家合作公路研究计划 NCHRP 提出的 Anderson PAVDRN 模型、2012 年佛罗里达州交通厅研究项目提出的 USF 模型（根据式 G2 计算），其临界水滑速度计算公式分别如下：

（1）Gallaway 模型

$$v = S_D^{0.04} \cdot p_t^{0.3} \cdot (T_D + 1)^{0.06} \cdot A \quad (G4)$$

式中： $v$ ——临界水滑速度（mph）；

$S_D$ ——速度下降的百分比（根据车辆分别在湿滑和干燥路面上的转速计算）（%）；

$P_t$ ——轮胎胎压（psi）；

$T_D$ ——轮胎花纹深度（in/32）；

$$A = \text{Max} \left( \frac{10.409}{WFT^{0.06}} + 3.507, \left[ \frac{28.952}{WFT^{0.06}} - 7.817 \right] \cdot MTD^{0.14} \right)$$

$WFT$ ——路表水膜厚度（in）；

$MTD$ ——路面构造深度（in）。

## (2) Anderson PAVDRN 模型

$$v = \begin{cases} 26.04 \cdot WFT^{-0.259}, & WFT < 2.4\text{mm} \\ 3.09 \cdot A, & WFT \geq 2.4\text{mm} \end{cases} \quad (G5)$$

式中： $v$ ——临界水滑速度（mph）；

$WFT$ ——路表水膜厚度（in）；

$A$ ——取值与式 G4 一致。

## (3) USF 模型

$$v = WL^{0.2} \cdot p_t^{0.5} \cdot \left( \frac{0.82}{WFT^{0.06}} + 0.49 \right) \quad (G6)$$

式中： $v$ ——临界水滑速度（km/h）；

$WL$ ——车轮荷载（N）；

$P_t$ ——轮胎胎压（kPa）；

$WFT$ ——路表水膜厚度（mm）。

国内通常采用水膜厚度验算的方法，目前国内外对不同速度下的临界水膜厚度尚不统一。美国各州公路与运输工作者协会（AASHTO）《公路排水设计指南》（2007 年第四版）中指出相对认可产生水滑现象的路表水膜厚度大致在 1.5mm-5mm 之间，然而由于缺乏基于证据的分析支持，该值仍有争议。同时在宽幅道路尤其是在暴雨条件下，在考虑其他几何线形设计要求时，在实际中不超过上述较薄的路表水膜厚度值是非常困难的。

国外研究中通常采用不含路面构造深度的路表水膜厚度，考虑到路表构造深度内也有积水，也会影响路表排水和水滑现象的产生，国内罗京等认为应采用包含构造深度的路面水膜厚度，其在“海南省暴雨气象条件下公路交通安全防治技术研究”课题中提出对四车道以上高速公路采用 3.2mm 和 4mm 作为一般值和极限值（根据式 G3 计算），对于路面水膜厚度大于 4mm 极限值路段，需改善设计。广东省交通集团科技项目“广东省高速公路宽幅路面排水设计关键技术研究”尝试依据广东省内 28 处滑水现场事故等数据分析提出了 120km/h 速度下临界路面水膜厚度（根据式 G1 计算）建议值为 5mm。当路面水膜厚度大于 5mm 时，意味着有较高的水滑事故风险，应引起特别关注并及时采取相应改善措施，本指南部分几何设计指标要求主要依据该值推算。

总体而言，由于水滑现象产生的影响因素众多，目前国内外对不同速度下的临界水膜厚度或者不同水膜厚度下的临界水滑速度并无统一的标准且相差较大，后续仍需结合未来更多的工程实践、事故调查和深入研究，进一步科学合理的确定。

美国各州公路与运输工作者协会排水手册（AASHTO Drainage Manual 2014）中也指出，“水滑现象影响因素较多，设计人员不能对所有影响水滑的因素进行控制”，“速度似乎是水滑现象发生的重要因素。因此，驾驶员有责任在潮湿条件下谨慎驾驶。”由于行车速度高更易产生水滑现象导致事故，而驾驶速度主要为驾驶人员责任，在雨天应加强驾驶员安全驾驶宣传，雨天降速行驶、增强责任和风险意识。

因此，设计人员应注意到水膜验算属于风险识别工具而非唯一判定指标，旨在提供更加安全的道路设施，缓解改善而非完全消除水滑现象，可在实际应用中选用水膜厚度计算公式及其相应临界水膜厚度或临界水滑速度进行验算，并结合现场事故统计、病害调查及工程实施可行性进行综合决策，采取合理可行的缓解改善措施。在工程应用时，建议遵循以下原则：

(1) 特殊路段强化：对于长大纵坡、局部加宽段、超高过渡段等特殊路段，以及暴雨多发、易形成径流汇集的不利区段，可采用更为严格的控制标准，并辅以局部强化排水措施。

（2）系统安全评价：在进行道路安全评价时，应结合具体路段的路面状况、几何线形、环境特征、交通构成及驾驶行为进行综合分析。必要时，开展专门的水膜厚度监测与水滑风险评估，进行必要的标识警示。

（3）主动排水理念：在道路设计与养护中，采用高排水性能的路面材料与结构形式，提升路面自身排散雨水的能力，从而主动、有效地控制水膜厚度，从根本上降低水滑风险。