

高速公路改扩建施工期交通组织设计规范

Design specification for traffic organization during the construction period of
expressway reconstruction and extension

2024 - 11 - 28 发布

2024 - 12 - 28 实施

目 次

前言 III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则和要求 2

 4.1 基本原则 2

 4.2 基本要求 2

5 交通调查与评价 3

 5.1 通用要求 4

 5.2 交通调查 4

 5.3 交通评价 4

6 交通组织设计..... 4

 6.1 通用要求 4

 6.2 总体设计 4

 6.3 几何线形指标 4

 6.4 半幅封闭半幅单（双）向通车 4

 6.5 局部时段完全封闭式施工 5

 6.6 双幅通车双幅施工 5

 6.7 转序点..... 5

 6.8 应急救援预案 5

7 区域路网分流..... 5

 7.1 通则 5

 7.2 分流位置选择要求 5

 7.3 路网分流路径选择 5

8 临时交通安全设施..... 6

 8.1 通则 6

 8.2 临时交通标志 6

 8.3 临时交通标线 6

 8.4 渠化设施 6

 8.5 管理设施 7

附录 A（资料性） 路网运行状态评价方法..... 8

 A.1 路网运行状态评价指标 8

 A.2 路网运行状态评价方法 10

 A.3 评价流程 11

附录 B（资料性） 改扩建施工区交通组织方案设置..... 13

 B.1 半幅封闭施工路段 13

 B.2 双幅通车双幅施工路段 14

B.3 转序点设置方案 15

附录 C（资料性） 高速公路改扩建路网交通分流方法..... 16

 C.1 路网结构模型..... 16

 C.2 路网运营效益指标..... 16

 C.3 高速公路改扩建路网交通分流模型..... 18

 C.4 交通分流模型求解..... 18

附录 D（资料性） 出口路径诱导标志示意图..... 20

参考文献..... 21

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专利的责任。本

文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

高速公路改扩建施工期交通组织设计规范

1 范围

本文件规定了高速公路改扩建施工期交通组织的设计要求，描述了相应的证实方法。本文件适用于高速公路改扩建施工期改扩建路段及区域路网的交通组织设计。

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。

- GB 5768.3 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线
- GB 5768.4 道路交通标志和标线 第4部分：作业区
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG B05 公路项目安全性评价规范
- JTG D20 公路路线设计规范
- JTG D81 公路交通安全设施设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

改扩建施工期交通组织 traffic organization for reconstruction and extension
高速公路改扩建施工期间，保障改扩建工程施工路段及区域路网有序运行的交通组织。
[来源：JTG/T 3392—2022，2.0.1，有修改]

3.2

区域路网 regional road network
一定区域范围内与改扩建路段相关联的干线公路和交通枢纽组成的交通网络。
[来源：GB/T 28059.1—2011，3.1.1，有修改]

3.3

转序点 transition point
位于高速公路改扩建路段上，通过中央分隔带开口改变车辆通行空间的路段。

3.4

诱导点 induction point
位于改扩建高速公路区域路网内，采取可变信息板与媒体宣发措施诱导车辆的节点。

3.5

分流节点 diversion point
位于改扩建高速公路区域路网内，采用强制引导措施改变部分或全部车辆既定路径的节点。

3.6

管制点 control point

位于改扩建高速公路区域路网内，采用强制性交通管制措施直接改变交通流既定路径的节点。

3.7

临时交通工程设施 temporary traffic engineering devices

为维持高速公路改扩建期间的路网分流、路段通行保障以及正常施工作业临时性设置的交通工程设施的总称。

[来源：JTG/T L80—2014，2.0.1，有修改]

3.8

应急救援预案 emergency response plan

为预防和处置可能发生的事故，最大程度减少事故及其造成损害而预先制定的工作方案。

[来源：GB/T 29639—2020，3.1，有修改]

3.9

专项应急救援预案 specific response plan

用于应对某一类型或某几类类型事件而制定的应急预案。

3.10

现场处置方案 on-site response plan

根据不同事件类型，针对具体的场所、装置或设施所制定的应急处置措施。

3.11

渠化设施 channelizing devices

改扩建施工区用以分隔交通流、标明车辆绕行路线、保护作业现场设施和人员的交通锥、交通桶、交通柱、塑料注水（砂）隔离栏、活动护栏等设施的统称。

[来源：GB 5768.4—2017，3.6，有修改]

4 基本原则和要求

4.1 基本原则

- 4.1.1 遵循科学组织、安全实施、保护环境和减少社会影响的原则，协调好施工与运营的关系。
- 4.1.2 在保证施工及运营安全的前提下，减少对改扩建路段及区域路网通行效率的影响。
- 4.1.3 根据高速公路改扩建工程总体设计，结合施工进度进行动态调整。

4.2 基本要求

4.2.1 服务水平

- 4.2.1.1 高速公路改扩建保通路段服务水平应不低于四级。特殊路段，经专家评审会议论证后服务水平不低于五级。
- 4.2.1.2 改扩建施工期间，区域路网各级受流公路的服务水平不应低于表 1 的规定。承担集散功能的受流一级公路的服务水平可降低一级。

表1 区域路网各级受流公路服务水平

公路技术等级	高速公路	一级公路	二级公路
服务水平	四级	四级	五级

- 4.2.1.3 区域路网各级受流公路服务水平的分级方法应按 JTG B01 的规定执行。

4.2.2 通行能力

4.2.2.1 高速公路保通路段应采用交通仿真的证实方法确定保通路段的通行能力，通行能力交通仿真工作流程按图 1 进行，并应符合下列规定：

- a) 对基本路段、桥梁、互通立交和隧道等路段分别进行实地交通调查；
- b) 使用实地交通调查与分析的结果标定仿真场景的车辆速度参数、车辆加速度参数与车辆驾驶行为参数；
- c) 不同交通组织方案 and 不同路段的通行能力单独进行计算。

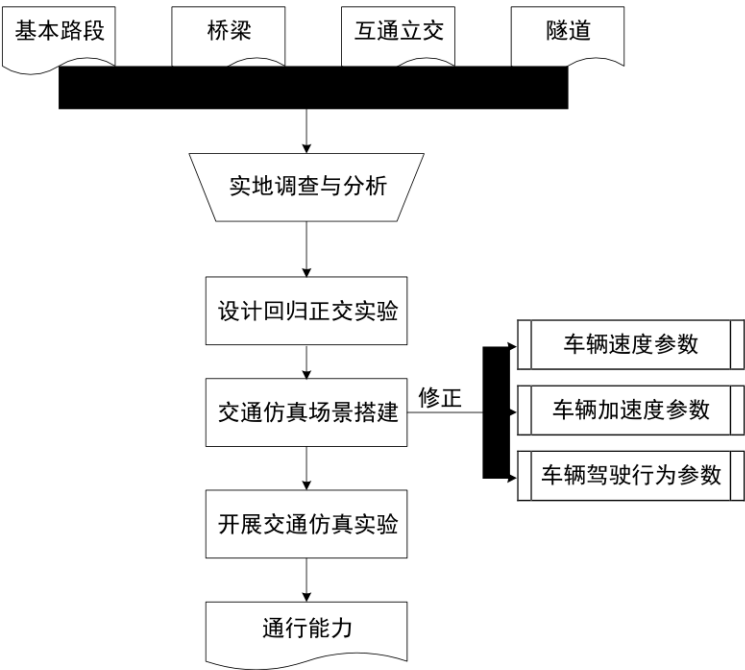


图1 通行能力交通仿真工作流程图

4.2.2.2 区域路网的通行能力计算应按 JTG D20 提供的证实方法确定。

4.2.3 设计速度

4.2.3.1 高速公路改扩建保通路段交通组织设计所依据的设计速度应符合表 2 的规定。

表2 高速公路改扩建保通路段交通组织最小设计速度

单位为千米每小时

改扩建高速公路设计速度	交通组织最小设计速度
120	80
100	60

4.2.3.2 受施工作业面影响无法满足最小设计速度规定的，经专家论证设计速度最多可降低 20 km/h，不应低于 60 km/h。

4.2.3.3 转序点等特殊路段的最小设计速度可较表 2 降低 20 km/h。

4.2.3.4 高速公路改扩建保通路段设计速度选用应按 JTG D20 提供的证实方法确定。

5 交通调查与评价

5.1 通用要求

- 5.1.1 改扩建施工交通组织设计调研的范围应涵盖改扩建项目全部里程与区域路网。
- 5.1.2 交通评价除应符合本章规定外，还应满足 JTG B05 的规定。

5.2 交通调查

- 5.2.1 应收集改扩建高速公路与区域路网的交通运行特征资料，交通量与交通事故资料应为近 3 年的数据。
- 5.2.2 宜调查条件类似的高速公路保通路段的交通组织方案及实施效果情况。
- 5.2.3 宜采用座谈或问卷调查的方式开展，通过编制座谈提纲或调查问卷，邀请驾驶人、沿线居民、交警、公路建设和运营管理部门座谈或填写问卷并对改扩建施工交通组织的意见和建议。

5.3 交通评价

- 5.3.1 应鉴别改扩建高速公路的事故多发路段，事故多发路段的交通评价证实方法应按 JTG B05 的规定执行。
- 5.3.2 宜分方向评价区域路网基本路段、收费站出入口、交叉口的通行能力、服务水平和可承担的分流能力。应做到区域路网连通性、可达性、聚集性、交通流量和交通饱和度的均衡。路网运行状态评价的证实方法见附录 A。
- 5.3.3 宜对沿线交通工程设施的可利用性进行评价。

6 交通组织设计

6.1 通用要求

- 6.1.1 交通组织设计应确定交通组织区段和交通组织时序。
- 6.1.2 交通组织区段应结合施工方案、社会需求、分流节点等综合确定。
- 6.1.3 施工交通组织时序应考虑施工工序、交通量等影响综合确定。

6.2 总体设计

- 6.2.1 应根据改扩建高速公路评价结果确定不同阶段可通行交通量、可通行车型，改扩建高速公路总体设计证实方法应符合 JTG B05 的规定。
- 6.2.2 改扩建实施期间，可采取局部分流、车型分流、时段控流、路段控流等多种综合性措施。
- 6.2.3 交通组织方案可采用半幅封闭半幅单（双）向通车、局部时段完全封闭式施工、双幅通车双幅施工的组织形式。

6.3 几何线形指标

- 6.3.1 高速公路保通路段的横断面设计符合下列规定：
 - a) 同向车道数不宜少于 2 条，局部路段采用单向单车道断面时，应控制长度；
 - b) 车道宽度不应小于 3.5 m。
- 6.3.2 车道宽度和车道数变化处，应设置渐变段进行过渡。
- 6.3.3 几何线形指标设计证实方法应符合 GB 5768.3 的规定。

6.4 半幅封闭半幅单（双）向通车

- 6.4.1 半幅封闭半幅单向通车的交通组织方案见附录 B，并符合下列规定：

- a) 可采用压缩车道宽度、减少车道数及借用硬路肩等方式进行交通组织设计;
 - b) 左侧路缘带的保留宽度不应小于 0.5 m;
 - c) 硬路肩的保留宽度不应小于 0.75 m。
- 6.4.2 半幅封闭半幅双向通车交通组织方案见附录 B, 并应符合下列规定:
- a) 防护等级不低于 A 级的护栏进行分隔;
 - b) 货车比例较大时不采用该种交通组织方案。

6.5 局部时段完全封闭式施工

上跨桥梁拆除等施工过程中需中断双向交通时, 应采用完全封闭式施工交通组织。局部时段完全封闭式施工交通组织见附录B。

6.6 双幅通车双幅施工

双幅通车双幅施工可采用维持原状、占用硬路肩、压缩车道宽度、减少车道数等方式的交通组织方案见附录B。

6.7 转序点

不同交通组织方案转换时应设置转序点, 转序点设置见附录B。转序点的设计符合下列规定:

- a) 转序点应设置于直线或不设超高的平曲线路段, 不设超高的平曲线路段应符合 JTG B01 的规定;
- b) 宜利用中分带开口设置转序点;
- c) 上游转序点和下游转序点的最小长度值应相同。

6.8 应急救援预案

6.8.1 应急救援预案分为专项应急预案和现场处置方案, 包括事故风险分析方法、应急组织机构及职责、处置程序和处置措施等内容。

6.8.2 应制定针对交通事故、灾害性天气、交通拥堵和夜间突发事件等的专项应急救援预案。

6.8.3 应对保通的互通立交、隧道和大型桥梁等重要结构物制定现场处置方案。

7 区域路网分流

7.1 通则

7.1.1 区域路网分流应遵循分层设计和逐层分流的原则。

7.1.2 区域路网分流交通组织不宜长距离绕行。

7.1.3 高速公路改扩建工程保通路段宜限制五轴及以上货车和危化品运输车等通行。

7.2 分流位置选择要求

7.2.1 高速公路改扩建施工应按照诱导点、分流节点和管制点三级交通分流进行控制。

7.2.2 诱导点应设置在省界、相邻高速公路的重点枢纽立交。

7.2.3 分流节点应设置在区域路网的主要平面交叉口和互通立交。

7.2.4 管制点应设置在改扩建高速公路收费站出入口。

7.3 路网分流路径选择

7.3.1 应根据改扩建高速公路的施工交通组织设计, 分阶段确定分流车辆类型。

7.3.2 应按照车辆类型采用分级管控的方式在收费站出入口和交叉口进行分流。

7.3.3 路网分流路径选择的证实方法见附录 C。

8 临时交通安全设施

8.1 通则

8.1.1 临时交通工程设施包括临时交通标志、临时交通标线和渠化设施及管理设施等。

8.1.2 高速公路改扩建工程的交通组织应设置临时交通工程设施。

8.1.3 用于分流的临时交通工程设施应符合相应等级公路的要求；用于保通路段的临时交通工程设施的设计标准应与维持通车路段的标准一致。

8.2 临时交通标志

8.2.1 临时交通标志设计应按照 GB 5768.4 的规定执行。

8.2.2 设置在改扩建高速公路分流区域路网的临时交通标志符合下列规定：

- a) 诱导点临时交通标志应包含改扩建高速公路的公告、施工的时间和建议通行路径等信息；
- b) 分流节点临时交通标志应包含分流车型、绕行路径和施工信息等信息；
- c) 管制点临时交通标志应包含管制车型和施工信息等信息；
- d) 绕行标志采用文字、图案或组合的形式；当采用纯文字的绕行标志时，宜在出口前 2.5 km、1.5 km 处重复设置 2 次；当采用纯图案标志、纯文字与纯图案组合标志时，可设置 1 次。
- e) 出口路径诱导标志示意图见附录 D。

8.2.3 临时预告标志的设置符合下列规定：

- a) 服务区和互通立交前宜增设 3 km 临时预告标志；
- b) 出口预告等标志版面内容宜简化，保留出口、重要地点和服务设施等信息。

8.2.4 临时交通标志的设置位置符合下列规定：

- a) 路网分流标志的设置位置应符合相应等级公路的要求；
- b) 当中央分隔带有波形梁护栏时，改扩建施工路段临时交通标志可固定在护栏立柱上，其他情况可设活动式混凝土基础；
- c) 当改扩建施工路段临时交通标志设置在中央分隔带上时，不应侵入建筑界限，标志版面可在满足通行视认性的前提下进行调整。

8.2.5 临时交通标志应易于拆装、挪移和重复使用。

8.3 临时交通标线

8.3.1 应根据改扩建施工交通组织方式及时施划临时交通标线。

8.3.2 临时交通标线的类型、线宽等应符合 GB 5768.3 和 JTG D81 的规定。

8.4 渠化设施

8.4.1 当需借对向车道行驶或需封闭部分车道时，维持通行的车道与施工作业区之间以及对向行车的车道之间，应设置临时渠化设施。

8.4.2 渠化设施本着安全、有效、施工便捷、经济环保和可重复利用的原则选用。

8.4.3 高速公路改扩建保通路段的限制速度为 60 km/h 及以上时，临时渠化设施宜采用连续设置并互锁的混凝土护栏、注水（砂）且连续布设并互锁的水马、活动护栏和波形梁护栏等。

8.4.4 渠化设施应按照 JTG/T L80 提供的方法进行设计。

8.5 管理设施

- 8.5.1 应根据交通组织方案，合理设置收费、监控等管理设施。
- 8.5.2 隧道、特大桥等重点施工路段应配备可变信息板、监控和可变限速标志等设施。
- 8.5.3 管理设施应按照 JTG D81 提供的方法进行设计。

附 录 A
(资料性)
路网运行状态评价方法

A.1 路网运行状态评价指标

A.1.1 高速公路改扩建施工期路网运行状态评价包括路网结构状态评价与路网交通状态评价，如表A.1所示。

表A.1 改扩建路网运行状态评价指标

指标类型	评价指标
改扩建路网结构状态指标	连通性
	可达性
	集聚性
改扩建路网交通状态指标	交通流量
	饱和度

A.1.2 路网结构状态指标包括路网的连通性、可达性和集聚性；路网交通状态指标包括路网交通流量和饱和度。

A.1.3 为保证指标间的统一性，采用各指标的信息熵评价路网运行状态。

A.1.4 路网连通性采用节点 n_i 的度值（与节点 n_i 直接连通的其它节点数目） k_i 表示。按下列步骤计算路网连通性评价指标（信息熵）：

a) 按公式（A.1）确定节点 n_i 的度值 k_i ；

$$k_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (i \neq j) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

x_{ij} ——路网中节点 n_i 和 n_j 间连通性；

节点 n_i 和 n_j 存在路段直接连通时取 $x_{ij}=1$ ；

节点 n_i 和 n_j 不存在路段直接连通取 $x_{ij}=0$ 。

b) 按公式（A.2）确定节点连通性信息熵 H_{k_i} ；

$$H_{k_i} = - \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \log_2 \left(\frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \right) \dots\dots\dots (A.2)$$

c) 按公式（A.3）确定路网总连通性信息熵 H_k 。

$$H_k = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \log_2 \left(\frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \right) \right] \dots\dots\dots (A.3)$$

A.1.5 路网可达性宜采用节点 n_i 的深度值来表示。节点 n_i 的深度值等于节点 n_i 在给定拓扑距离范围（连接两节点的某条路径所包含的路段数量）内所能到达的节点总个数。按以下步骤计算路网可达性评价指标（信息熵）：

a) 按公式 (A.4) 计算节点 n_i 的深度值 ac_i ;

$$ac_i = \sum_{s=1}^3 N_s \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

s ——给定的拓扑距离;

N_s ——当 $s-1 \leq$ 拓扑距离 $\leq s$ 时, 改扩建路网中节点 n_i 所能到达的其他节点数量。

b) 按公式 (A.5) 计算节点可达性信息熵 H_{ac} ;

$$H_{ac_i} = -\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i} \log_2 \left(\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i} \right) \dots\dots\dots (A.5)$$

c) 按公式 (A.6) 计算路网总可达性信息熵 H_{ac} 。

$$H_{ac} = \sum_{i=1}^n \left[-\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i} \log_2 \left(\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i} \right) \right] \dots\dots\dots (A.6)$$

A.1.6 路网集聚性采用节点 n_i 到路网中其它所有节点的最短路径长度的平均值表示。按以下步骤计算路网集聚性评价指标 (信息熵)。

a) 按公式 (A.7) 计算节点 n_i 集聚性 sp_i 。

$$sp_i = \frac{\sum_{j=1}^n \min(l_{ij})}{n-1} \quad (i \neq j) \dots\dots\dots (A.7)$$

b) 按公式 (A.8) 计算节点集聚性信息熵 H_{sp} 。

$$H_{sp_i} = -\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i} \log_2 \left(\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i} \right) \dots\dots\dots (A.8)$$

c) 按公式 (A.9) 计算路网总集聚性信息熵 H_{sp} 。

$$H_{sp} = \sum_{i=1}^n \left[-\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i} \log_2 \left(\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i} \right) \right] \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

$\min(l_{ij})$ ——路网中连接节点 n_i 和 n_j 的最短路径长度, 单位为千米 (km)。

A.1.7 按下列步骤计算交通流量评价指标的信息熵:

a) 按公式 (A.10) 计算路段交通流量信息熵 $H_{q_{ij}}$;

$$H_{q_{ij}} = -\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}} \log_2 \left(\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}} \right) \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

q_{ij} ——路网中节点 n_i 和 n_j 间路段的实际交通流量, 单位为标准小客车每小时 (pcu/h)。

b) 按公式 (A.11) 计算路网总交通流量信息熵 H_q 。

$$H = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [-\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}} \log_2 (\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}})] \quad (i \neq j) \dots\dots\dots (A. 11)$$

A. 1. 8 按下列步骤计算交通饱和度评价指标（信息熵）：

a) 按公式（A. 12）计算路段饱和度信息熵 $H_{c_{ij}}$ ；

$$H_{c_{ij}} = -\frac{q_{ij}/Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (q_{ij}/Q_{ij})} \log_2 [\frac{q_{ij}/Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (q_{ij}/Q_{ij})}] \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中：

Q_{ij} ——路段 e_{ij} 的通行能力，单位为标准小客车每小时（pcu/h）。

b) 按公式（A. 13）计算路网总饱和度信息熵 H_c 。

$$H_c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{ -\frac{q_{ij}/Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (q_{ij}/Q_{ij})} \log_2 [\frac{q_{ij}/Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (q_{ij}/Q_{ij})}] \} \quad (i \neq j) \dots\dots\dots (A. 13)$$

A. 2 路网运行状态评价方法

A. 2. 1 采用雷达图法评价高速公路改扩建路网运行状态。

A. 2. 2 按下列步骤计算雷达图的测度值。

a) 对各评价指标的原始信息熵做标准归一化处理作为雷达图测度值。

b) 按公式（A. 14）计算路网连通性测度值 H_1 。

$$H_1 = H_k / H_{\max} = \sum_{i=1}^n (-\frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \log_2 (\frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i})) / \log_2 n \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中：

n ——路网中节点的数量。

c) 按公式（A. 15）计算可达性信息熵测度值 H_2 。

$$H_2 = H_{ac} / H_{\max} = \sum_{i=1}^n (\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i} \log_2 (\frac{ac_i}{\sum_{i=1}^n ac_i})) / \log_2 n \dots\dots\dots (A. 15)$$

d) 按公式（A. 16）计算集聚性信息熵测度值 H_3 。

$$H_3 = H_{sp} / H_{\max} = \sum_{i=1}^n [-\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i} \log_2 (\frac{sp_i}{\sum_{i=1}^n sp_i})] / \log_2 n \dots\dots\dots (A. 16)$$

e) 按公式（A. 17）计算交通流量信息熵测度值 H_4 。

$$H_4 = H_q / H_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [-\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}} \log_2 (\frac{q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}})] / \log_2 m \dots\dots\dots (A. 17)$$

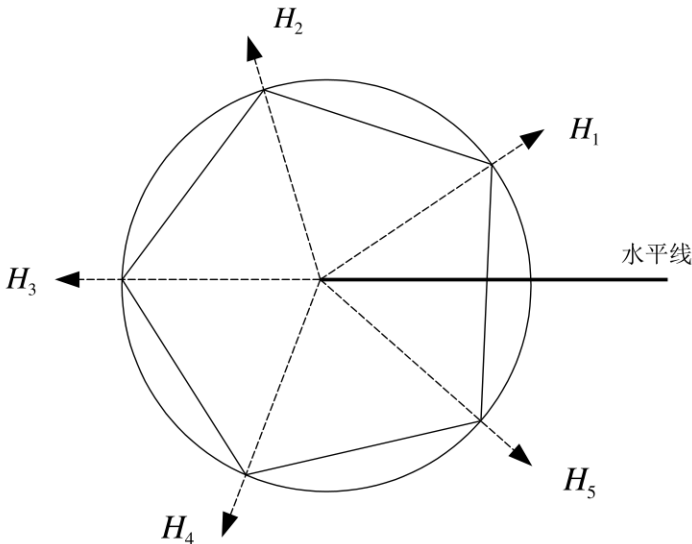
式中：

m ——改扩建路网中路段的数量。

f) 按公式（A. 18）计算饱和度信息熵测度值 H_5 。

$$H_5 = H_c / H_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left\{ - \frac{q_{ij} / Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (q_{ij} / Q_{ij})} \log_2 \left[\frac{q_{ij} / Q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (q_{ij} / Q_{ij})} \right] \right\} / \log_2 m \dots\dots\dots (A. 18)$$

A. 2. 3 绘制如图A. 1所示的高速公路改扩建路网运行状态评价雷达图；图中各指标轴间夹角应为等分关系，各指标轴间夹角为72°，并将测度值在对应的坐标轴上标注。



图A. 1 改扩建路网运营状况评价雷达图

A. 2. 4 综合考虑雷达图的面积与周长，按以下步骤确定高速公路改扩建路网运行状态综合评价指标值：

a) 按公式（A. 19）计算雷达图面积（S）；

$$S = \frac{1}{2} (H_1 H_2 + H_2 H_3 + H_3 H_4 + H_4 H_5 + H_5 H_1) \sin 72^\circ \dots\dots\dots (A. 19)$$

b) 按公式（A. 20）计算雷达图周长（L）；

$$L = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 - 2H_1 H_2 \cos 72^\circ} + \sqrt{H_2^2 + H_3^2 - 2H_2 H_3 \cos 72^\circ} + \sqrt{H_3^2 + H_4^2 - 2H_3 H_4 \cos 72^\circ} + \sqrt{H_4^2 + H_5^2 - 2H_4 H_5 \cos 72^\circ} + \sqrt{H_5^2 + H_1^2 - 2H_5 H_1 \cos 72^\circ} \dots\dots\dots (A. 20)$$

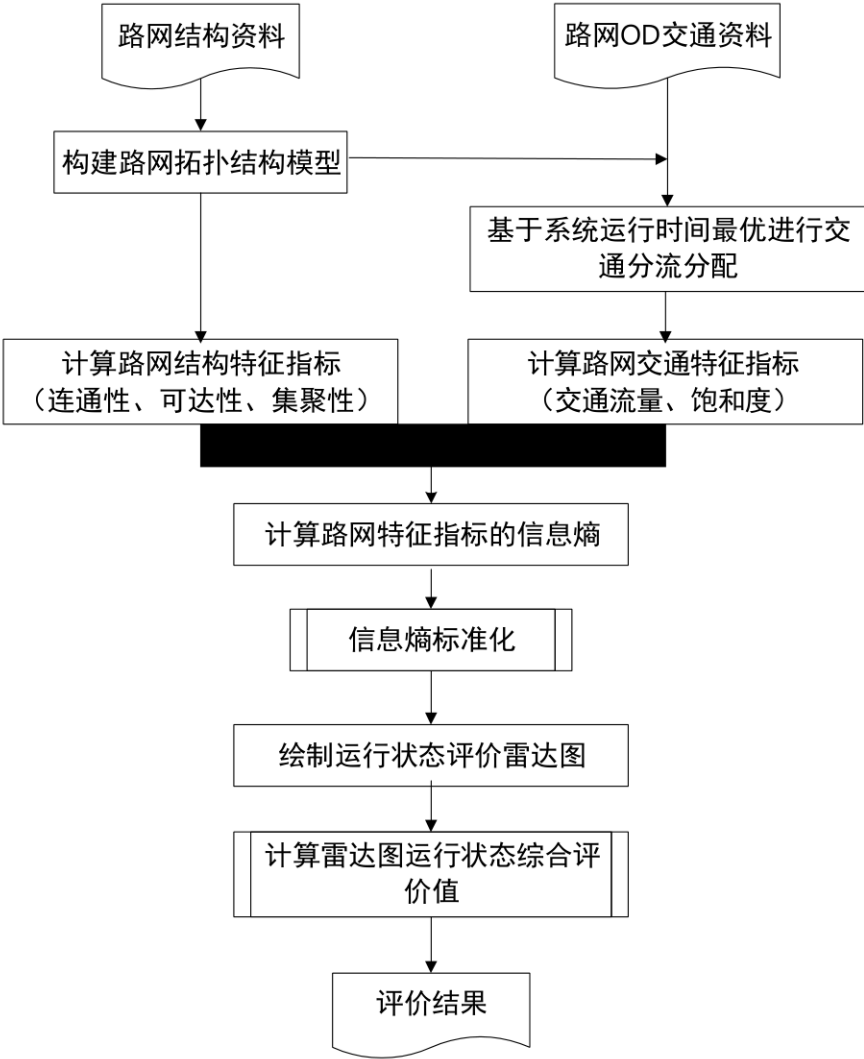
c) 按公式（A. 21）确定高速公路改扩建路网运行状态综合评价指标值 f。

$$f = \frac{S}{S_{\max}} \cdot \frac{L}{L_{\max}} \cdot \frac{SS}{(LL/2\pi)^2} \dots\dots\dots (A. 21)$$

S——雷达图面积，单位为平方米（m²）；
L——雷达图周长，单位为米（m）。

A. 3 评价流程

按图A. 2的流程评价高速公路改扩建路网运行状态。



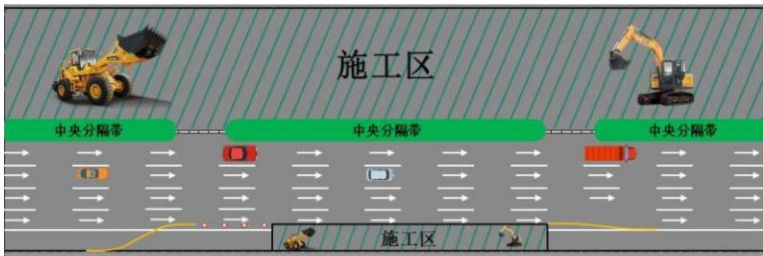
图A. 2 改扩建路网运行状态评价流程

附 录 B
(资料性)
改扩建施工区交通组织方案设置

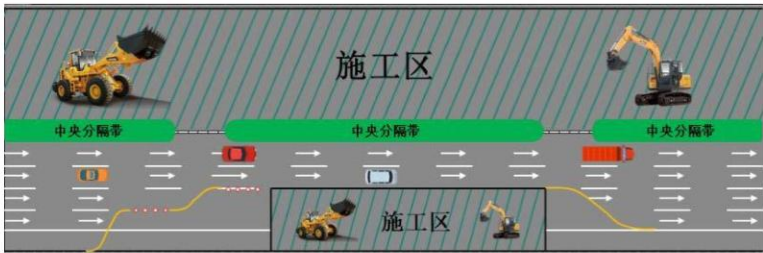
B. 1 半幅封闭施工路段

B. 1. 1 半幅封闭半幅单向通车路段

对于半幅封闭半幅单向通车的路段，压缩车道宽度、减少车道数、借用中间带、借用硬路肩的交通组织方式按图B. 1～图B. 4设计。



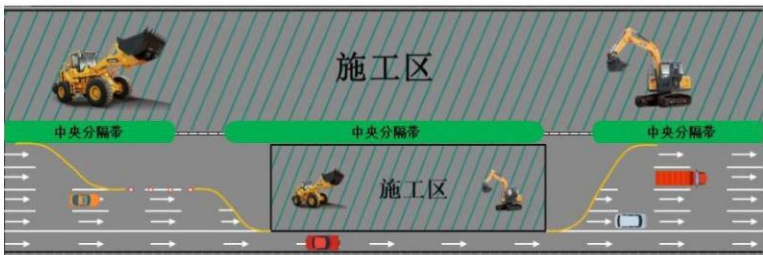
图B. 1 半幅封闭半幅单向通车的压缩车道宽度的交通组织方案



图B. 2 半幅封闭半幅单向通车的减少车道数的交通组织方案



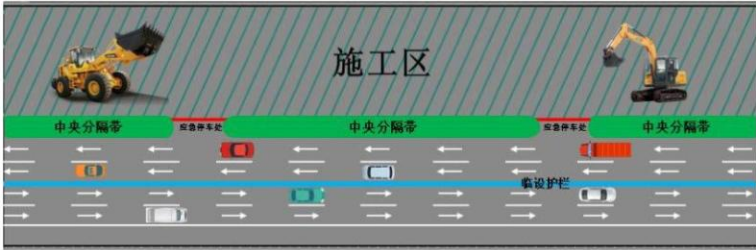
图B. 3 半幅封闭半幅单向通车的借用中间带的交通组织方案



图B. 4 半幅封闭半幅单向通车的借用硬路肩的交通组织方案

B. 1. 2 半幅封闭半幅双向通车路段

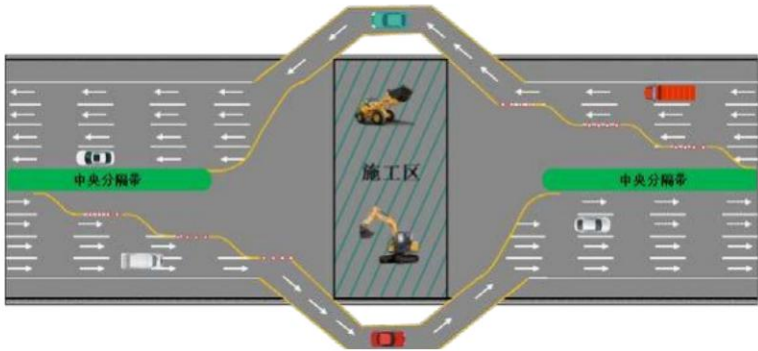
对于半幅封闭半幅双向通车的路段，交通组织方式按图B.5设计。



图B.5 半幅封闭半幅双向通车的交通组织方案

B.1.3 完全封闭施工路段

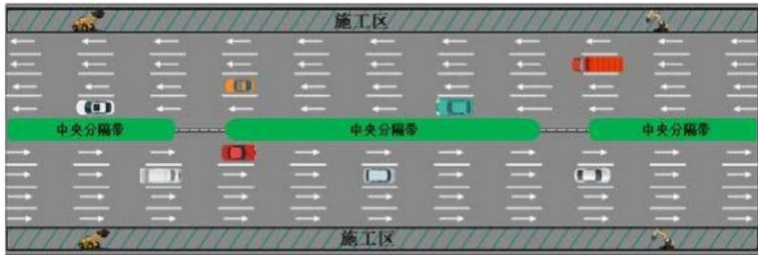
对于完全封闭式施工的路段，交通组织方式按图B.6设计。



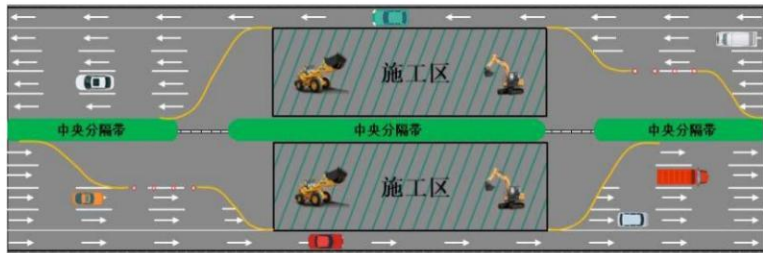
图B.6 完全封闭式施工的交通组织方案

B.2 双幅通车双幅施工路段

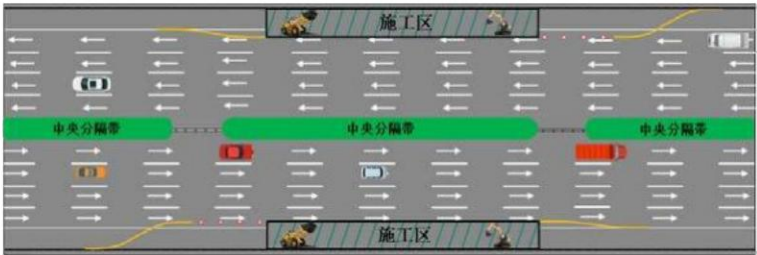
对于双幅通车双幅施工的路段，维持原状、占用硬路肩、压缩车道宽度、减少车道数的交通组织方式按图B.7～图B.10设计。



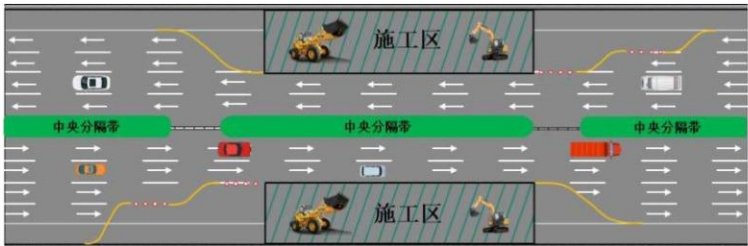
图B.7 双幅通车双幅施工路段维持原状的交通组织方案



图B.8 双幅通车双幅施工路段占用硬路肩的交通组织方案



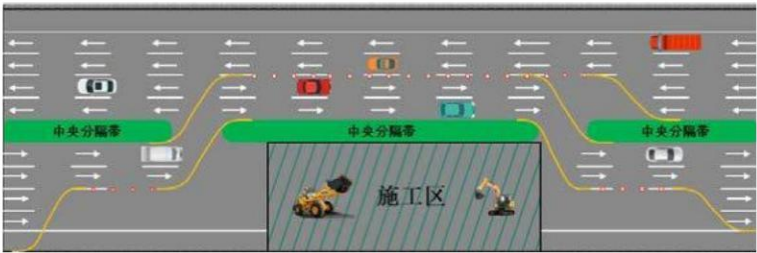
图B. 9 双幅通车双幅施工路段压缩车道宽度的交通组织方案



图B. 10 双幅通车双幅施工路段减少车道数的交通组织方案

B. 3 转序点设置方案

交通组织方案间转换时转序点的设置按图B. 11设计。



图B. 11 转序点设置

附录 C

(资料性)

高速公路改扩建路网交通分流方法

C.1 路网结构模型

C.1.1 高速公路改扩建路网包括改扩建施工路段、受改扩建施工影响而需要交通管控的路段和用于交通分流的路段等。

C.1.2 高速公路改扩建路网结构模型按公式 (C.1) 确定。

$$H = \{NN, EE, LL, QQ, YY\} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

N ——改扩建路网 H 的 n 个节点的集合；

n_i 、 n_j ——分别表示路网中第 i 、 j 个节点 ($1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$, $i \neq j$)；

E ——改扩建路网的路段集合；

e_{ij} ——节点 n_i 、 n_j ($i \neq j$) 间的路段，若 n_i 、 n_j 间无路段或路段无法通行，则 e_{ij} 不存在；

L ——路段长度集合；

l_{ij} ——路段 e_{ij} 的长度，单位为千米 (km)；

Q ——路段通行能力集合；

Q_{ij} ——路段 e_{ij} 的通行能力，单位为标准小客车每小时 (pcu/h)；

Y ——不同车型通行情况的集合， $Y = \{(y_{ij}^a, y_{ij}^d) | e_{ij} \in E, i \neq j\}$ ，取值如下：

$y_{ij}^a = 0$ ($y_{ij}^d = 0$) 表示路段 e_{ij} 允许客(货)车通行；

$y_{ij}^a = 1$ ($y_{ij}^d = 1$) 表示路段 e_{ij} 不允许客(货)车通行。

C.2 路网运营效益指标

C.2.1 高速公路改扩建路网交通分流可不考虑高速公路线形技术指标、结构物、突发事件和特殊天气等影响。

C.2.2 改扩建路网中路段 e 的交通流自然车辆数 q_{ij}^v 和交通流标准小客车当量数 q_{ij}^p 按公式 (C.2) 换算。

$$q_{ij}^{vp} = q_{ij}^{qv} \cdot \eta_{ij}^{aa} + 2.5 \cdot q_{ij}^{qv} \cdot \eta_{ij}^{dd} = 2.5 \cdot q_{ij}^{qv} - 1.5 \cdot q_{ij}^{qv} \cdot \eta_{ij}^{aa} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

q_{ij}^v ——交通流自然车辆数，单位为辆每小时 (veh/h)；

q_{ij}^p ——交通流标准小客车当量数，单位为标准小客车每小时 (pcu/h)；

η_{ij}^a 、 η_{ij}^d ——分别为路段 e_{ij} 交通流自然量的客、货车比例。

C.2.3 综合考虑高速公路改扩建路网交通分流过程中的时间效益、经济效益和安全效益，以三者的综合运营效益最优作为改扩建路网交通分流模型目标函数。

C.2.4 按下列步骤确定运营效益：

a) 按公式 (C.3) 计算路网时间效益指标 T ；

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^a) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^a \cdot t_{ij}^a + x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^d) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^d \cdot t_{ij}^d] \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

x_{ij} ——车辆是否行驶经过路段 e_{ij} ，建议取值：0 表示不通过；1 表示通过；

t_{ij}^a 、 t_{ij}^d ——分别表示客车、货车在路段 e 上平均行驶时间,单位为小时(h), $t_{ij}^a(t_{ij}^d) = l_{ij} / v_{ij}^a(v_{ij}^d)$;
 v_{ij}^a 、 v_{ij}^d ——分别表示路段 e 上客、货车的平均行驶速度,单位为千米每小时(km/h)。

b) 按公式(C.4)计算路网经济效益指标 C ;

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [x_{ij} \cdot l_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^a) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^a \cdot c_{ij}^a + x_{ij} \cdot l_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^d) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^d \cdot c_{ij}^d] \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

c_{ij}^a 、 c_{ij}^d ——分别表示客、货车在路段 e 上平均行驶成本,单位为元每公里(元/km);经济效益应考虑高速公路平均收费和车辆平均燃油费两部分。

c) 按公式(C.5)计算路网安全效益指标 R ;

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^a) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^a \cdot (\lg r_{ij}^a) + x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^d) \cdot q_{ij}^v \cdot \eta_{ij}^d \cdot (\lg r_{ij}^d)] \dots\dots\dots (C.5)$$

$$r_{ij}^a = \begin{cases} q_{ij}^p / Q_{ij} & q_{ij}^p / Q_{ij} < 0.4 \\ q_{ij}^p \left[\frac{(v_{ij,85}^a)^2 / v_{ij,15}^a - v_{ij,15}^a}{70.56(\mu \pm i)} + \frac{v_{ij,85}^a (\tau + \tau_1)}{v_{ij,15}^a} + \frac{3.6L}{v_{ij,15}^a} + \frac{7.2R_1}{v_{ij,85}^a} \arccos \left(\frac{R - 0.75B}{R_1} \right) \right] / 3600 & 0.4 \leq q_{ij}^p / Q_{ij} \leq 0.6 \\ q_{ij}^p \left[\frac{(v_{ij,85}^a)^2 / v_{ij,15}^a - v_{ij,15}^a}{70.56(\mu \pm i)} + \frac{v_{ij,85}^a (\tau + \tau_1)}{v_{ij,15}^a} + \frac{3.6L}{v_{ij,15}^a} \right] / 3600 & q_{ij}^p / Q_{ij} > 0.6 \end{cases}$$

式中:

$v_{ij,85}^a$ 、 $v_{ij,85}^d$ ——路段 e_{ij} 的客、货车85%车速,单位为千米每小时(km/h);

$v_{ij,15}^a$ 、 $v_{ij,15}^d$ ——分别为路段 e_{ij} 的客、货车15%车速,单位为千米每小时(km/h);

τ_1 ——正常驾驶反应时间,单位为秒(s);

τ_2 ——反应延迟时间,单位为秒(s);

L ——安全停车距离,单位为米(m);

μ ——路面纵向附着系数;

i ——道路纵坡;

R_1 ——不产生横向滑移的最小圆曲线半径, $R_1 = (v_{ij,85}^a)^2 / 127(\mu_s + i_h)$, 单位为米(m);

μ_s ——路面的横向附着系数;

i_h ——路面超高;

B ——车道宽度,单位为米(m)。

d) 按公式(C.6)计算无量纲化处理后的时间效益指标 $g(T)$ 、经济效益指标 $g(C)$ 和安全效益指标 $g(R)$ 。

$$g(T) = \frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_{\min}}, g(C) = \frac{C_{\max} - C}{C_{\max} - C_{\min}}, g(R) = \frac{R_{\max} - R}{R_{\max} - R_{\min}} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

$T_{\max}$ ——高速公路改扩建路网最大时间效益;

$C_{\max}$ ——高速公路改扩建路网最大经济效益;

$R_{\max}$ ——高速公路改扩建路网最大安全效益;

$T_{\min}$ ——高速公路改扩建路网最小时间效益;

$C_{\min}$ ——高速公路改扩建路网最小经济效益;

$R_{\min}$ ——高速公路改扩建路网最小安全效益。

C.3 高速公路改扩建路网交通分流模型

C.3.1 高速公路改扩建路网交通分流以改扩建路网的综合运营效益最优为目标。高速公路改扩建路网交通分流模型目标函数按公式 (C.7) 计算。

$$\text{MaxG} = w_{TT}gg(TT) + w_{CC}gg(CC) + w_{RR}gg(RR) \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

w_T ——时间效益在路网综合效益中所占的权重系数, $0 \leq w_T \leq 1$;

w_C ——经济效益在路网综合效益中所占的权重系数, $0 \leq w_C \leq 1$;

w_R ——安全效益在路网综合效益中所占的权重系数, $0 \leq w_R \leq 1$; $w_T + w_C + w_R = 1$, 宜采用现场问卷调查或者专家打分确定权重系数。

C.3.2 高速公路改扩建路网满足路径连通性、交通量及通行能力约束条件, 约束条件按下列步骤确定:

a) 采用路网节点划分路网交通 OD 小区, 根据路网节点集合确定路网 OD 集合, 按公式 (C.8) 计算;

$$W = \{s_i, s_j\}, s_i, s_j \in NN, s_i \in NN, s_j \in NN, s_i \neq s_j, 1 \leq s_i \leq N, 1 \leq s_j \leq N \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

N ——高速公路改扩建路网 H 的 n 个节点的集合。

b) 路网中所有客、货车分流路径均保持连通性, 按公式 (C.9) 和公式 (C.10) 确定路径连通性约束条件;

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_{ij}^a = 0 \quad e_{ij} \in s^k(i, j), (k=1, \dots, K) \dots\dots\dots (C.9)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_{ij}^d = 0 \quad e_{ij} \in \lambda^m(i, j), (m=1, \dots, M) \dots\dots\dots (C.10)$$

式中:

$s^k(i, j)$ ——OD (n_i, n_j) 间第 k 条客车分流路径;

$\lambda^m(i, j)$ ——OD (n_i, n_j) 间第 m 条货车分流路径。

c) 路网中路段 e_{ij} 上的交通量小于路段通行能力, 按公式 (C.11)、公式 (C.12) 和公式 (C.13) 确定交通量与通行能力约束条件。

$$0 < q_{ij}^p \leq Q_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, n \quad i \neq j) \dots\dots\dots (C.11)$$

$$f(i, j) = \sum_{k=1}^K f_k^a(i, j) + \sum_{m=1}^M f_m^d(i, j) \dots\dots\dots (C.12)$$

$$q_{ij}^v = \sum_{k=1}^K x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^a) \cdot f_k^a(i, j) + \sum_{m=1}^M x_{ij} \cdot (1 - y_{ij}^d) \cdot f_m^d(i, j) \dots\dots\dots (C.13)$$

式中:

K ——OD (n_i, n_j) 间客车分流路径总数;

M ——OD (n_i, n_j) 间货车分流路径总数;

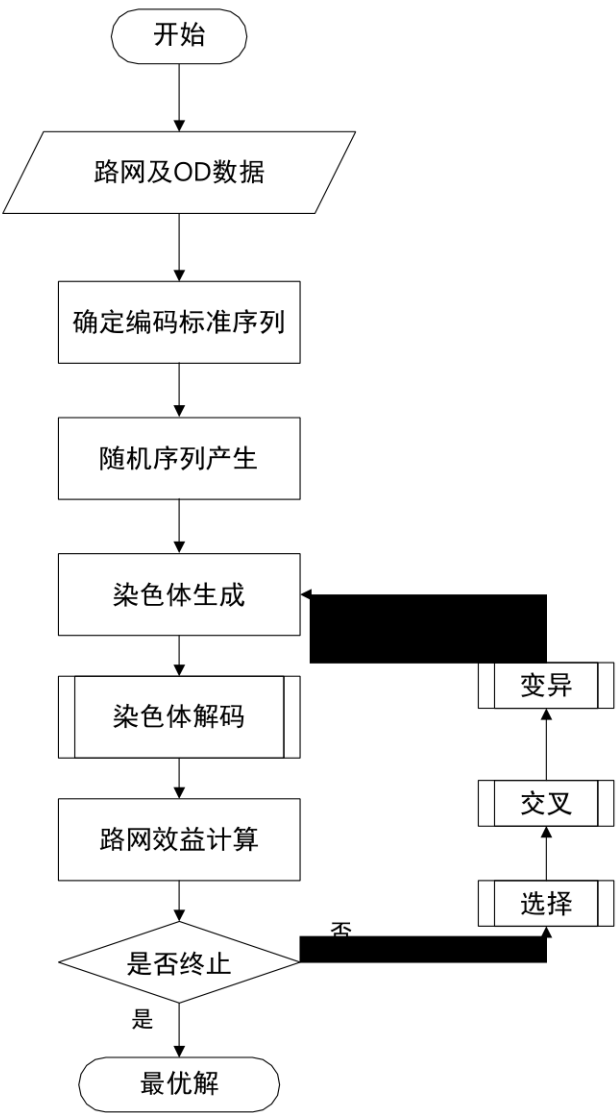
$f_k^a(i, j)$ ——分流路径 $s^k(i, j)$ 的交通量, 单位为辆每小时 (veh/h);

$f_m^d(i, j)$ ——分流路径 $\lambda^m(i, j)$ 的交通量, 单位为辆每小时 (veh/h);

$f(i, j)$ ——OD 点对 (n_i, n_j) 间的交通量, 单位为辆每小时 (veh/h)。

C.4 交通分流模型求解

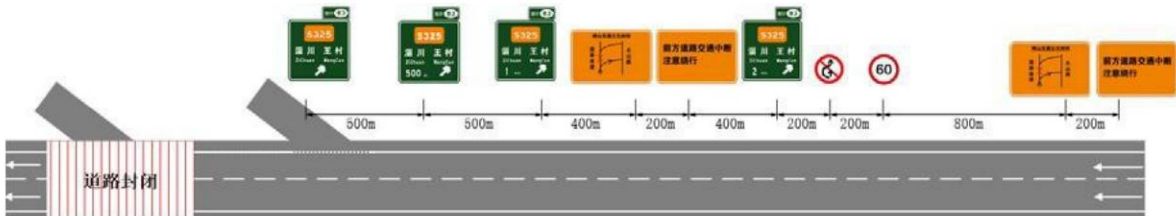
- C.4.1 采用遗传算法对高速公路改扩建路网交通分流模型进行求解。求解过程满足以下假设：
- a) 高速公路改扩建路网是一个独立封闭系统，外界环境的变化对路网内部的状态改变不会产生大的影响；
 - b) 高速公路改扩建路网任意两个 OD 节点间交通量是完全可确定的，其值在交通分流过程中不会因其他因素而改变；
 - c) 车辆行驶遵守交通法规。
- C.4.2 采用OD对序号生成染色体。
- C.4.3 选择单点交叉算子和基本点位变异算子进行交叉和变异。
- C.4.4 以高速公路改扩建路网交通分流模型目标函数值为适应度，每次遗传过程中将个体中目标函数值最大的个体遗传给下一代，当模型目标函数值达到最大，终止运算。求解过程如图C.1所示。



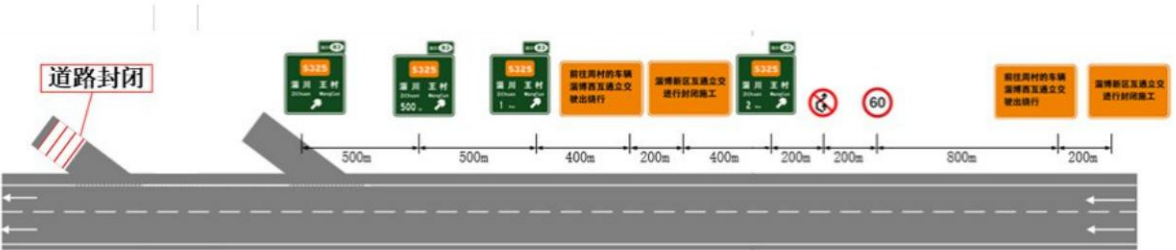
图C.1 交通分流模型求解过程

附 录 D
(资料性)
出口路径诱导标志示意图

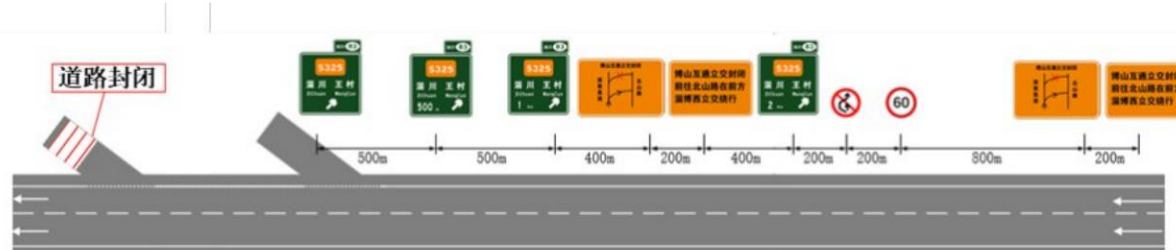
图D. 1~图D. 4给出了出口不同封闭条件下路径诱导标志的布设示意图，可按出口封闭形式的不同按对应的设计图示进行设计。



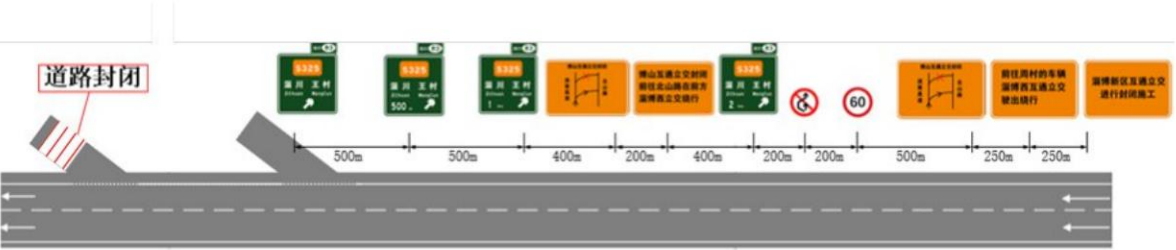
图D. 1 单幅封闭交通组织方案下出口路径诱导标志布设示意图



图D. 2 出口封闭情况下出口路径诱导标志布设示意图（一）



图D. 3 出口封闭情况下出口路径诱导标志布设示意图（二）



图D. 4 出口封闭情况下出口路径诱导标志布设示意图（三）

参 考 文 献

- [1] GB/T 28059.1—2011 公路网图像信息管理系统平台互联技术规范 第1部分：总则[2]
GB/T 29639—2020 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
[3] JTG/T 3392—2022 高速公路改扩建交通组织设计规范
[4] JTG/T L80—2014 高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则
-