

山东省地方标准

DB37/T XXXX—XXXX

高速公路网动态路径诱导技术规范

Technical specification for dynamic route guidance of freeway network

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

山东省市场监督管理局 发布

目 次

前 言 .....II

1 范围 .....3

2 规范性引用文件 ..... 3

3 术语和定义 ..... 3

4 基本原则和要求 ..... 错误！未定义书签。

    4.1 基本原则 .....4

    4.2 基本要求 .....4

5 信息采集 ..... 4

    5.1 通用要求 .....4

    5.2 信息采集内容 .....4

    5.3 信息采集设备 .....4

6 预测与决策 ..... 5

    6.1 通用要求 .....5

    6.2 预测 .....5

    6.3 决策 .....6

7 信息发布 ..... 6

    7.1 通用要求 .....6

    7.2 发布内容 .....6

    7.3 可变信息诱导标志 .....7

附 录 A （资料性） 并行道路选取方法 .....10

附 录 B （资料性） 高速公路网交通状态预测和证实方法 ..... 13

参考文献 .....16

# 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》的规则起草。

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。

本文件起草单位：山东高速建设管理集团有限公司、同济大学、山东省交通科学研究院。

本文件主要起草人：吕新建、郭忠印、王海涛、宋灿灿、王冠、马亚、荆迪菲、徐庆超、刘晓东、高华睿、李伟华、付博音、李骏、梁坤、张昱、荆林立、袁英爽、杨学永、陈东升、梁学荣。

# 高速公路网动态路径诱导技术规范

## 1 范围

本文件规定了高速公路网动态路径诱导的信息采集、预测与决策、信息发布的技术要求，描述了相应的证实方法。

本文件适用于高速公路网非交通事件条件下的动态路径诱导，不适用于因交通事故、恶劣天气、道路施工等交通事件导致的异常交通状况。

## 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 5768.2	道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
GB/T 23828	高速公路 LED 可变信息标志
GB/T 22239	信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
JT/T 607	高速公路可变信息标志信息的显示和管理
JTG 2182	公路工程质量检验评定标准第二册 机电工程
JTG D81	公路交通安全设施设计规范
JTG/T 3671	公路交通安全设施施工技术规范

## 3 术语和定义

### 3.1

**动态路径诱导** dynamic route guidance

为在途车辆提供路网的实时交通状态和预计通行时间信息，供其动态选择行驶路径的交通诱导方式。

### 3.2

**期望交通状态** expected traffic state

路段期望达到的理想交通状态，用通行时间、平均速度等指标表征。

### 3.3

**可变信息诱导标志** variable message guidance signs

设在高速公路沿线，以文字、数字、符号、图形等方式发布动态路径诱导信息的，版面内容可变的交通标志。

注：可变信息诱导标志分为部分可变信息诱导标志和全部可变信息诱导标志。

[来源：JT/T 607-2021, 3.1, 有修改]

### 3.4

**路网利用率** road network utilization rate

路网中各路段实际通行交通总量与设计通行能力的比值。

## 4 通则

### 4.1 基本原则

- 4.1.1 遵循提升路网整体通行效率、均衡路网利用率的原则。
- 4.1.2 遵循安全、科学和高效的原则，积极地采用新理论、新方法、新技术和新设备。
- 4.1.3 诱导信息应做到可读、可知、可信、可达、可控。

### 4.2 基本要求

- 4.2.1 高速公路网动态路径诱导技术包括信息采集、预测与决策、信息发布。
- 4.2.2 路径诱导涉及路网应由中心道路、并行道路和连接道路组成，并应符合下列规定：
  - a) 高速公路网构建以可变信息诱导标志的设置位置为基准点，以在途车辆直行时基准点前方 2 个互通立交为高速公路网的中心道路，选取并行道路和连接道路；
  - b) 并行道路的技术等级宜为高速公路、快速路、干线一级公路。并行道路选取的证实方法见附录 A；
  - c) 连接道路为连接高速公路网的中心路段与并行道路成网的道路，以行程时间最短作为选择的原则。
- 4.2.3 应明确高速公路网中各路段的期望交通状态。
- 4.2.4 指示高速公路出入口的路径指引标志设置应符合 GB 5768.2 的规定。

## 5 信息采集

### 5.1 通用要求

- 5.1.1 信息采集包括人工数据采集和自动数据采集。
- 5.1.2 应统筹利用现有信息采集设备获取的数据，新增信息采集设备宜选择采集数据合一的设备。

### 5.2 信息采集内容

- 5.2.1 信息采集内容应包括高速公路网拓扑结构信息、设备布设信息、交通流量、断面速度等。
- 5.2.2 路网拓扑结构信息应包含路段位置、长度、车道数、设计速度、技术等级、节点位置、节点类型、构型等。
- 5.2.3 信息采集设备应包含设备名称、类型、信息采集频率、准确率、安装时间、布设位置等。
- 5.2.4 高速公路网拓扑结构信息、设备布设信息通过人工采集数据。
- 5.2.5 交通流量、断面速度主要通过信息采集设备自动获取，并应能够进行人工修正和校正。

### 5.3 信息采集设备

- 5.3.1 信息采集设备包括视频检测器、地磁检测器、压电传感器、雷达检测器、雷视一体机、事件检测器、线圈检测器等。
- 5.3.2 设备采集的数据应同频，并符合下列规定：
  - a) 应具备自动采集功能，准确率应高于 95%，数据采集频率不高于 5 min/次；
  - b) 应具备故障告警功能；

- c) 新增设备应部署于独立专用网络，并应按照 GB/T 22239 的规定采取必要的安全防护措施；
  - d) 应具备校时功能。
- 5.3.3 路网中信息采集设备的布设符合下列规定：
- a) 高速公路主线的信息采集设备应全覆盖，同方向相邻设备间距不宜大于 2 km；
  - b) 其他技术等级道路相邻设备间距不宜大于 5 km；
  - c) 特长隧道和长隧道处应加密布设，间距不应大于 1 km；
  - d) 互通立交的辅助车道（集散车道）、出入口匝道、交织区处应加密布设。
- 5.3.4 信息采集设备应适度超前并考虑后续设备升级需求。
- 5.3.5 信息采集设备宜合杆设置，宜采取灵活的取电方式。
- 5.3.6 信息采集设备可每月一次检查外观和功能，按需开展专项检测。
- 5.3.7 信息采集设备应符合 JTG 2182 的要求。

6 预测与决策

6.1 通用要求

- 6.1.1 预测的参数应包括交通流量、断面速度和行程时间。
- 6.1.2 应根据实时和预测交通状态，结合期望交通状态，动态调整诱导决策。

6.2 预测

- 6.2.1 应根据信息采集设备的布设位置将高速公路网划分为不同的交通状态预测单元，并符合下列规定：
- a) 设于路网内部的信息采集设备，应以信息采集设备为中心，以相邻设备距离的 1/2 划分预测单元；
  - b) 设于路网端部的信息采集设备，以信息采集设备为中心，以相邻设备距离的 1/2 向两端划定预测单元；
  - c) 当预测单元包含行车下游的可变信息诱导标志时，则以该标志的设置位置为预测单元的分界点，如图 1 所示。

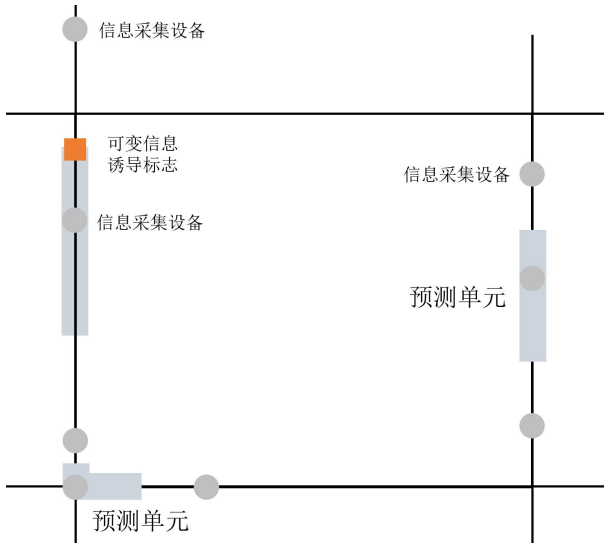


图 1 高速公路网预测单元划分示意图

- 6.2.2 预测符合下列规定：
- a) 预测精度不应低于 95%，预测周期为 5 min；
  - b) 采用深度学习、机器学习等具有自学习功能的算法时，应定期进行历史数据校准与验证；
  - c) 交通状态预测的证实方法可采用附录 B。

6.3 决策

6.3.1 应根据交通状态制定诱导决策，交通状态判别方法宜参照表1。

表 1 交通状态等级划分表

单位为千米每小时

交通状态	设计速度		
	80	100	120
畅通	$\geq 60$	$\geq 70$	$\geq 80$
缓行	$[20, 60)$	$[30, 70)$	$[40, 80)$
拥堵	$[0, 20)$	$[0, 30)$	$[0, 40)$

6.3.2 驾驶员当前所处的预测单元应展示实时交通状态，其余预测单元应展示驾驶员行驶至该单元时的预测交通状态，即  $x_{\sum_{i=1}^i t_i, i}$ 。

其中：

$t_i$ ——第  $i$  个预测单元的预测行程时间， $t_i = \frac{s_i}{v_i}$ ；

$s_i$ ——第  $i$  个预测单元的长度；

$v_i$ ——第  $i$  个预测单元的预测速度；

$\sum_{i=1}^i t_i$ ——由当前所在预测单元行驶至第  $i$  个预测单元的累计预测行程时间。

7 信息发布

7.1 通用要求

- 7.1.1 信息发布设施的布设应覆盖路网内关键节点和重点路段，关键节点包含互通立交、隧道、特大桥等，重点路段包含拥堵频发路段、事故多发路段、特殊天气影响路段。
- 7.1.2 诱导信息应通过可变信息诱导标志、终端等多种渠道共同发布。
- 7.1.3 信息发布设施应具备断网续传与自动恢复功能，在通信恢复后应能够自动更新并发布最新信息。
- 7.1.4 应优先利用既有设施发布诱导信息。

7.2 发布内容

- 7.2.1 可变信息诱导标志诱导信息由局域路网结构信息、交通状态信息、诱导文字信息组成。
- 7.2.2 路网结构信息应采用路网拓扑结构表示。
- 7.2.3 交通状态信息应用颜色区分道路交通状态，宜参照表2执行。

表 2 交通状态颜色代码表

交通状态	示意颜色	RGB颜色编码
畅通	绿色	(0, 128, 0)
缓行	黄色	(255, 165, 0)
拥堵	红色	(255, 0, 0)

- 7.2.4 诱导文字信息应由路段及路况构成，示例如下：
  - a) 济南至青岛畅通；
  - b) 满庄至宁阳缓行2 km；
  - c) 前方2 km拥堵，预计通行时间15 分。

7.3 可变信息诱导标志

7.3.1 版面

- 7.3.1.1 部分可变信息诱导标志版面设计符合下列规定：
  - a) 版面参照图 2，展示路网各道路交通状态；







图 2 部分可变信息诱导标志版面设计示例

- b) 路网结构和底部文字区域应为可变部分，路网结构区域通过不同颜色展示交通状态，底部文字区域展示诱导文字信息；其余为不可变部分；
- c) 可变部分可采用高亮度发光二极管（LED）等器件或材料，应符合 GB/T 23828 的要求；不可变部分应采用逆反射材料，并应符合 GB 5768.2 的要求；
- d) 新建可变信息诱导标志宜选用部分可变信息诱导标志。

7.3.1.2 全部可变信息诱导标志版面设计符合下列规定：

- a) 版面参照图 3，展示当前中心道路交通状态；



图 3 全部可变信息诱导标志版面设计示例

- b) 版面均为可变部分，通过改变颜色和文字共同发布诱导信息；
  - c) 版面可采用高亮度发光二极管（LED）等器件或材料，应符合 GB/T 23828 的要求。
- 7.3.1.3 信息更新频率宜为5~10 min。

7.3.2 布设

- 7.3.2.1 枢纽互通立交、一般互通立交前宜设置可变信息诱导标志。
- 7.3.2.2 在具备交通运行方向转换条件的路段起点前可加密设置可变信息诱导标志：
  - a) 特大桥梁、长隧道、特长隧道和隧道群；
  - b) 交通事故多发路段；
  - c) 雨雾雪多发、小半径圆曲线、视距受限不良等安全隐患路段；
  - d) 地质灾害多发路段；

- e) 改扩建、长期涉路施工路段;
  - f) 经论证需要诱导的其他位置, 如服务区、停车区等。
- 7.3.2.3 不应与监控和其他标志等设备、设施相互遮挡, 并符合JTG D81规定。
- 7.3.2.4 底缘距路面净空高度应不小于5.5 m。

附录 A  
(资料性)  
并行道路选取方法

A.1 并行道路评价指标

- A.1.1 高速公路网由中心道路、并行道路以及连接道路组成。
- A.1.2 并行道路评价指标包括可知性、连通性、可控性、可替代性、均衡性，如表A.1所示。

表 A.1 并行道路评价指标体系

评价指标	评价内容	评价指标释义
可知性	交通信息获取能力	若能获取交通信息，赋值为 1； 否则，赋值为0。
连通性	与中心道路互通性	用中心道路起终点范围内互通立交的连接道路数量评判。
可控性	交通流控制能力	若能采取诱导性控措施，赋值为 1； 否则，赋值为0。
可替代性	与中心道路的接近程度	并行道路通过连接道路到达中心道路的距离。
均衡性	道路等级	若为高速公路，赋值为 1； 否则，赋值为0。

A.2 并行道路评价方法

- A.2.1 按下列步骤计算道路与目标高速公路关联度。
- a) 对各评价指标的原始值做趋势一致化、无量纲化处理，按公式（A.1）计算。

$$\alpha_{it}' = \frac{1}{\alpha_{it}}$$
$$\beta_{it} = \frac{\alpha_{it}'}{\sqrt{\sum_{t=1}^5 \alpha_{it}'^2}} \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

$\alpha_{it}$  ——第*i*条路的第*t*个评价指标的原始值；

$\alpha_{it}'$  ——趋势一致化后的第*i*条路的第*t*个评价指标值；

$\beta_{it}$  ——无量纲化后的第*i*条路的第*t*个评价指标值。

b) 构造判断矩阵  $A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix}$ ,  $a_{mn}$  为指标  $x_m$  与  $x_n$  的重要性标度值, 按表 A. 2 选取。

表 A. 2 重要性标度值表

指标 $x_m$ 与 $x_n$ 相较	标度值
$x_m$ 与 $x_n$ 同等重要	1
$x_m$ 比 $x_n$ 稍微重要一些	3
$x_m$ 比 $x_n$ 重要一些	5
$x_m$ 比 $x_n$ 重要得多	7
$x_m$ 比 $x_n$ 极端重要	9
$x_m$ 比 $x_n$ 处于以上相邻判断区间内	2, 4, 6, 8

- c) 求解判断矩阵  $A$  的最大特征根  $\lambda_{\max}$  及对应的特征向量  $W$ , 进行一致性检验。
- d) 检验通过后, 特征向量  $W$  各元素即为各指标权重值  $w_i$ , 加权后的指标数值按公式 (A. 2) 计算。

$$\gamma_{it} = \beta_{it} \bullet w_t \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中:

$\gamma_{it}$  ——加权后的第  $i$  条路的第  $t$  个评价指标值。

- e) 计算每条道路的关联度, 按公式 (A. 3) 计算。

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中:

$C_i$  ——第  $i$  条路的关联度;

$S_i^+$  ——第  $i$  条路与最优道路样本的欧氏距离,  $S_i^+ = \sqrt{\sum_{t=1}^5 (\gamma_{it} - \gamma_t^+)^2}$ ;

$S_i^-$  ——第  $i$  条路与最差道路样本的欧氏距离,  $S_i^- = \sqrt{\sum_{t=1}^5 (\gamma_{it} - \gamma_t^-)^2}$ ;

$\gamma_t^+$  ——最优道路样本,  $\gamma_t^+ = (\max \gamma_{i1}, \max \gamma_{i2}, \max \gamma_{i3}, \max \gamma_{i4}, \max \gamma_{i5})$ ;

$\gamma_t^-$  ——最差道路样本,  $\gamma_t^- = (\min \gamma_{i1}, \min \gamma_{i2}, \min \gamma_{i3}, \min \gamma_{i4}, \min \gamma_{i5})$ 。

A. 2. 2 根据关联度  $C_i$  对所有候选道路进行降序排列，将大于期望关联度的候选道路作为并行道路纳入路网。

## 附录 B

(资料性)

## 高速公路网交通状态预测和证实方法

## B.1 交通网络模型

B.1.1 交通网络结构模型  $G$  按公式 (B.1) 确定。

$$G = \{V, E, W\} \quad \text{..... (B.1)}$$

式中:

 $V$  ——交通网络  $G$  的  $n$  个节点的集合; $E$  ——交通网络  $G$  的边集合; $W$  ——交通网络  $G$  的权重集合。B.1.2 交通网络交通状态  $X$  按公式 (B.2) 确定。

$$X = \{X_1, \dots, X_T\} \quad \text{..... (B.2)}$$

式中:

 $X$  ——交通网络  $G$  的  $n$  个节点在时段  $1 \sim T$  的交通状态; $X_t$  ——交通网络  $G$  的  $n$  个节点在时步  $t$  的交通状态,  $X_t = \{x_{t,1}, \dots, x_{t,n}\}$ ; $x_{t,i}$  ——节点  $v_i$  在时步  $t$  的交通状态。

## B.2 路网交通状态预测模型

B.2.1 路网交通状态预测模型包括空间依赖建模、时间依赖建模、全连接层。

B.2.2 采用图卷积神经网络 (GCN, Graph Convolutional Networks) 进行交通网络空间依赖建模, 在每个时步  $t$ , 每层 GCN 的计算公式按公式 (B.3) 确定。

$$H_t^{(l+1)} = \sigma \left( D^{-1/2} A D^{-1/2} H_t^{(l)} W^{(l)} \right) \quad \text{..... (B.3)}$$

式中:

 $H_t^{(l)}$ 、 $H_t^{(l+1)}$  ——时步  $t$  的第  $l$ 、 $l+1$  层 GCN 的交通状态矩阵,  $H_t^{(0)} = X_t$ ; $A$  ——交通网络邻接矩阵,  $A_{ij} = \begin{cases} w_{ij}, & e_{ij} \in E \\ 0, & e_{ij} \notin E \end{cases}$ ; $D$  ——交通网络度矩阵,  $D_{ii} = \sum_j A_{ij}$ ; $W^{(l)}$  ——第  $l$  层 GCN 的权重矩阵;

$\sigma$  ——激活函数，如 ReLU。

B.2.3 采用长短时记忆网络（LSTM, Long Short Term Memory）进行交通网络时间依赖建模，LSTM的计算公式按公式（B.4）确定。

$$\begin{aligned} f_t &= \sigma(W_f[h_{t-1}, H_t] + b_f) \\ i_t &= \sigma(W_i[h_{t-1}, H_t] + b_i) \\ o_t &= \sigma(W_o[h_{t-1}, H_t] + b_o) \dots\dots\dots (B.4) \\ c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tanh(W_c[h_{t-1}, H_t] + b_c) \\ h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) \end{aligned}$$

式中：

$H_t$  ——通过  $L$  层 GCN 提取的时步  $t$  的交通状态， $H_t = H_t^{(L)}$ ；

$h_{t-1}$ 、 $h_t$  ——前一时刻、当前时刻的隐藏状态；

$c_{t-1}$ 、 $c_t$  ——前一时刻、当前时刻的细胞状态；

$W_f$ 、 $W_i$ 、 $W_o$ 、 $W_c$  ——遗忘门、输入门、输出门、细胞状态的权重矩阵；

$b_f$ 、 $b_i$ 、 $b_o$ 、 $b_c$  ——遗忘门、输入门、输出门、细胞状态的偏置向量；

$f_t$ 、 $i_t$ 、 $o_t$  ——遗忘门、输入门和输出门的激活值，取值范围为  $[0, 1]$ ；

$\sigma$  ——激活函数，如 ReLU。

B.2.4 采用全连接层映射，时步  $t+1$  的预测交通状态按公式（B.5）计算。

$$\hat{X}_{t+1} = W_{\text{out}} h_t + b_{\text{out}} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$\hat{X}_{t+1}$  ——时步  $t+1$  的预测交通状态；

$W_{\text{out}}$ 、 $b_{\text{out}}$  ——全连接层的权重矩阵和偏置向量。

B.2.4 高速公路网交通状态预测以预测交通状态和真实交通状态误差最小为目标。模型目标函数按公式（B.6）计算。

$$\min L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{t+1,i} - \hat{x}_{t+1,i})^2 \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

$L$  ——预测交通状态和真实交通状态误差；

$x_{t+1,i}$ ——节点  $v_i$  在时步  $t+1$  的真实交通状态；

$\hat{x}_{t+1,i}$ ——节点  $v_i$  在时步  $t+1$  的预测交通状态。



### 参考文献

- [1] JT/T 607-2021 高速公路可变信息标志信息的显示和管理
  - [2] GA/T 1049.6-2013 公安交通集成指挥平台通信协议 第6部分 交通信息发布系统
  - [3] GA/T 994-2017 道路交通信息发布规范
  - [4] JT/T 431-2000 公路LED可变信息标志技术条件
-