

ICS 号
中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CHTS XXXXX-XXXX
代替的团体标准编号

公路工程项目交通评估仿真模拟技 术应用指南

Technical Application Guideline of Traffic Evaluation Simulation for

Highway Engineering Projects

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国公路学会 发布

中国公路学会标准征求意见稿

团体标准

公路工程项目交通评估仿真模拟技术应用指南

Technical Application Guideline of Traffic Evaluation Simulation for
Highway Engineering Projects

T/CHTS XXXXX-20XX

主编单位：深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司

发布单位：中国公路学会

实施日期：××××年××月××日

××××××(出版单位)

中国公路学会标准征求意见稿

前 言

本指南是在总结我国以往公路工程交通量预测的工作经验,以及针对大数据、交通仿真、驾驶模拟实验等新型关键技术的研究与应用的基础上,并结合我国公路工程建设实际交通评估需求调研制定的。

本指南按照《中国公路学会标准编写规则》(T/CHTS 10001)编写,共分为9章,主要内容包括:总则、术语和定义、基本规定、基础数据获取、交通仿真建模、交通仿真场景、基于交通软件的评估分析、基于驾驶模拟器的评估分析、仿真分析报告等。

本指南由深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司提出,受中国公路学会委托,由深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司负责具体解释工作。请有关单位将实施中发现的问题和建议反馈至深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司(地址:广东省深圳市南山区粤海街道深圳湾科技生态园9栋B座10楼,联系电话:86-755-83949389,电子邮箱:tangyi@sutpc.com),供修订时参考。

主编单位: 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司

参编单位: 交通运输部公路科学研究院、深圳高速公路股份有限公司、同济大学

主要起草人: xxx、xxx、xxx

主要审查人: xxx、xxx、xxx

目录

1	总则.....	1
2	术语和定义.....	2
3	基本规定.....	4
3.1	工作目标.....	4
3.2	总体架构.....	4
3.3	工作流程.....	5
4	基础数据获取.....	8
4.1	一般规定.....	8
4.2	交通规划数据.....	8
4.3	交通运行数据.....	9
4.4	交通管控数据.....	12
4.5	工程设计资料.....	13
5	交通仿真建模.....	15
5.1	一般规定.....	15
5.2	交通需求预测建模.....	15
5.3	动态车流仿真建模.....	22
5.4	驾驶模拟仿真建模.....	28
6	交通仿真场景.....	31
6.1	一般规定.....	31
6.2	公路交通量预测及评估场景.....	31
6.3	公路运行状况评估与方案优化场景.....	32
6.4	公路交通安全评估场景.....	33
7	基于交通仿真软件的评估分析.....	35
7.1	一般规定.....	35
7.2	交通需求预测.....	35
7.3	比选方案建模.....	36
7.4	评估指标选取.....	36
7.5	仿真模型运行.....	37
7.6	仿真结果统计与分析.....	38

8 基于驾驶模拟器的评估分析.....	39
8.1 一般规定.....	39
8.2 运行速度分析.....	39
8.3 加速度分析.....	39
8.4 行驶轨迹分析.....	40
8.5 方向盘操作量分析.....	40
8.6 油门/刹车进深分析.....	40
8.7 车道偏移量分析.....	41
9 仿真分析报告.....	42
9.1 仿真评估分析报告.....	42
9.2 仿真建模技术报告.....	42
附录 A.....	43
用词说明.....	48

中国公路学会标准征求意见稿

1 总则

1.0.1 为我国公路工程项目交通仿真评估工作流程提供规范化指南，保证交通仿真评估工作步骤清晰、结果精准，克服主观随意性，有效提高交通仿真技术在公路工程项目中的应用价值，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于新建、改（扩）建公路工程项目的规划、可研、设计、施工等阶段的交通仿真评估工作。

1.0.3 公路工程项目交通仿真评估，除应符合本指南的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业现行有关标准的规定。

中国公路学会标准征求意见稿

2 术语

2.0.1 公路交通需求预测 traffic demand forecast of highway

在公路工程项目中,交通需求预测是利用数学模型来解析现状和未来交通演变的数理规律,通过对公路项目产生影响的范围进行出行建模分析,以获取公路项目相关年限准确的交通需求数据。

2.0.2 公路动态车流仿真 traffic simulation of highway

动态车流仿真是以计算机作为主要工具,利用动态交通系统仿真模型对公路交通系统的运行状态进行高逼真还原模拟,采用数字或图像的方式来描述公路动态交通系统,以便于控制和把握该系统的一门技术。

2.0.3 公路驾驶模拟仿真 driving simulation of highway

驾驶模拟仿真指借助驾驶模拟器搭建真实的公路交通系统三维模型,为驾驶员提供一个高度逼真的虚拟公路驾驶场景,以采集驾驶员在虚拟驾驶过程中的心理、生理指标,及车辆运行指标,分析驾驶员的行为特征,进而评估公路交通运行安全与效率的技术。

2.0.4 交通小区 traffic analysis zone

交通小区是结合交通分析和交通需求预测模型的需要将研究区域划分成的若干地理单元,是分析居民、车辆出行及分布的最小空间单元。

2.0.5 OD 矩阵 origin-destination (OD) matrix

OD 矩阵也称为 OD 表,以所有交通分区按行(起点区)与列(到达区)排序,以任意两分区之间的居民或车辆出行量(OD 量)为元素的矩阵。

2.0.6 研究区域 study area coverage

研究区域指交通仿真模型所包含的区域。研究区域应大于项目要求的范围,这样是为了确保能够真实全面模拟项目的交通特征。

2.0.7 参数标定校核 parameter calibration and validation

通过大量的项目实际分析与总结,对仿真软件中的系统参数进行适当修正,使仿真系统能够尽可能真实还原项目实际交通运行特征。

2.0.8 仿真分析时间 the time of traffic simulation analysis

仿真分析时间指动态车流仿真经过预热后,从开始记录仿真数据到仿真结束的时间。

2.0.9 仿真预热时间 the readiness time of simulation

动态车流仿真开始后,初始的一段时间仿真路网处于不稳定状态,为了让最后数据符合仿真的目的及要求,初始这段时间的数据不在报告中统计及采用,这段时间是仿真预热时间。

2.0.10 服务水平 level of service

服务水平定义为衡量交通流内的运行条件及其为驾驶人和乘客提供服务质量的一种衡量指标,通常与行车速度、行驶时间、驾驶自由度、交通阻塞程度以及舒适和方便程度等因素有关。

中国公路学会标准征求意见稿

3 基本规定

3.1 工作目标

3.1.1 在规划/可行性研究阶段，论证项目建设必要性，开展交通量分析与预测，支持工程技术标准制定及可行性研究报告编制。

3.1.2 在方案的初步设计、施工图设计阶段，通过仿真模拟设计方案的交通运行情况，提出合理可行的建议，支持设计方案与施工方案的选定。

3.1.3 在施工建设阶段，利用交通仿真评估与模拟，从通行效率、行车舒适性与安全等角度，指导公路项目施工组织，选择影响最小的施工方案和施工组织；指导施工交通弹性管控，提升施工期通行效能。

3.2 总体架构

3.2.1 公路工程项目交通仿真评估的总体架构可分为数据调研、模型构建、典型应用。

3.2.2 数据调研包含交通规划数据、交通运行数据、交通管控数据、工程项目数据，通过融合分析为模型构建提供数据基础。

3.2.3 模型构建包含交通需求预测模型构建、动态车流仿真模型构建、驾驶模拟仿真模型构建，其中交通需求预测模型为动态车流仿真模型提供交通需求数据，动态车流仿真模型为驾驶模拟仿真模型提供动态车流轨迹与运行环境数据，驾驶模拟仿真模型为动态车流仿真模型提供驾驶行为参数。

3.2.4 典型应用包括公路交通量预测及评估、公路运行状况评估与方案优化、公路交通安全评估。

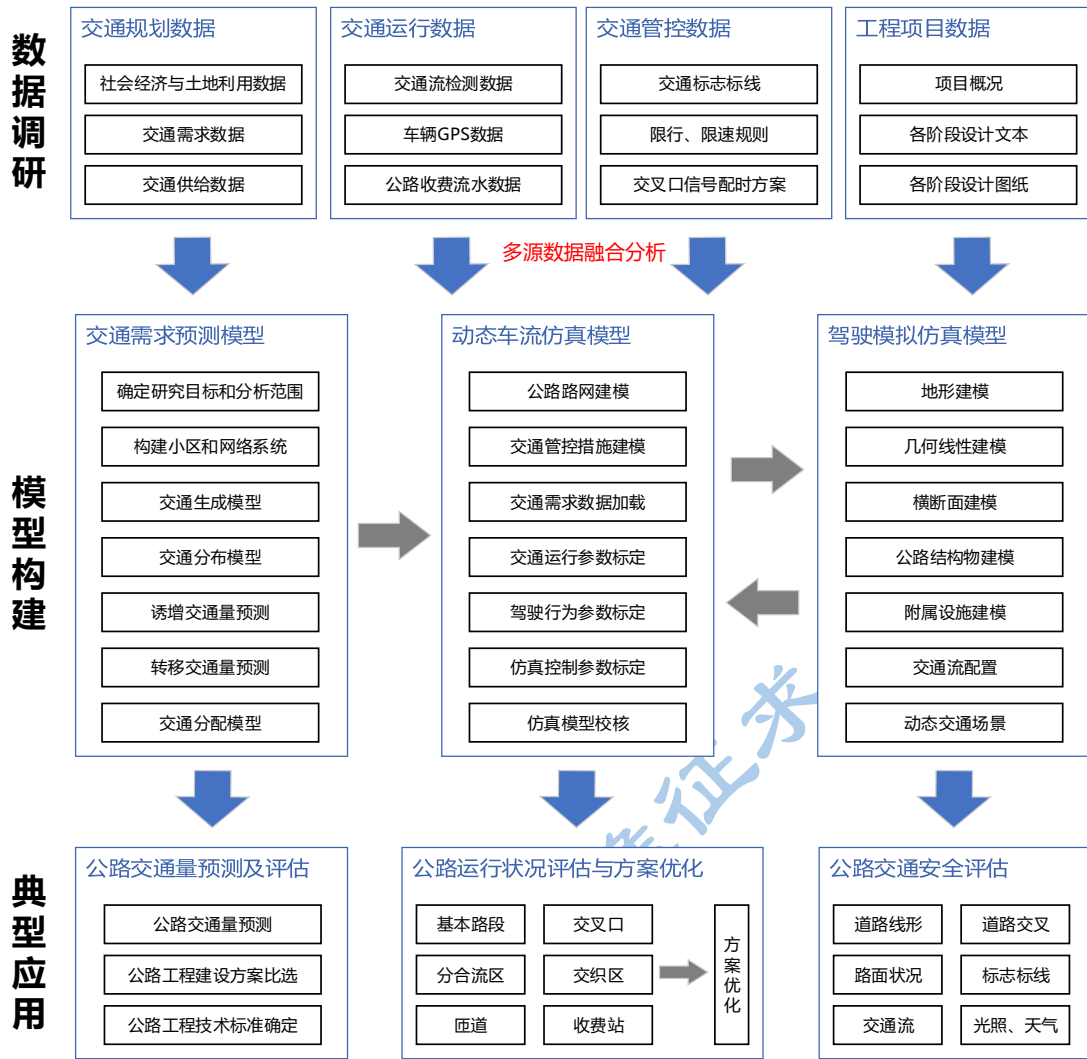


图 3.2.1 公路工程交通仿真评估总体架构

3.3 工作流程

3.3.1 数据资料调研应根据项目实际情况收集基础资料与数据，具体可按照第 4 章建议的基础数据清单进行调研获取。

3.3.2 现状分析需要通过获取现状项目及周边交通运行数据，分析交通流量、车辆运行速度、出行分布等特征，一方面可以帮助研究人员了解项目情况，另一方面为仿真模型参数的本地化标定提供依据。

3.3.3 交通需求预测与分析一般分为以下几个内容：

1 公路交通需求预测与分析是公路工程项目仿真的必要工作流程，可以为项目可行性研究报告的编制提供交通量分析数据，也可以为动态车流仿真模拟评估提供关键的输入参数。

2 公路项目的交通需求预测应包含项目的趋势交通量、诱增交通量和转移交通量。

3 公路项目的交通需求预测的工作步骤详见 5.2 节内容。

3.3.4 车流仿真初步建模完成，标志着项目路网、管控措施、出行需求等必需的数据都编入仿真中，仿真能够以相对合理的规则运行，主要包括以下工作：

1 路网构建：在动态车流仿真中，应构建车道级路网模型，包括公路基本路段、分流合流区、匝道、收费站等设施，真实还原项目实际的路网环境（或设计方案）。

2 交通管控措施建模：在此基础上添加交通管控方面的数据，包括标志标线、车辆限速、车道限行等，从而形成一个比较相对完整的公路交通系统。

3 OD 矩阵加载：输入仿真运行所需的 OD 矩阵，使公路仿真保持一个可运行的状态，出行特征基本符合实际或预测分析结果。

4 车流仿真建模的详细工作流程详见 5.3 节。

3.3.5 驾驶模拟仿真依赖驾驶模拟器开展驾驶模拟实验完成，一方面可以提取不同驾驶人的驾驶行为指标，分析项目的交通运行安全及标志指引设计方案；另一方面可以标定动态车流仿真模型的驾驶行为参数，提高车流仿真评估分析精度。主要包括以下工作：

1 驾驶实验设计：应针对实验目的考虑试验对象特征、试验环境等因素。试验对象的常规特征包括性别、年龄、驾龄等，试验环境可区分昼夜、天气（晴雨雾雪等）等。

2 驾驶场景构建：主要包括地形建模、道路建模、道路设施建模等工作。由于模型要应用到驾驶模拟器引擎中，模拟器引擎的接口对模型的纵向分层结构，横向模块化结构，对象管理，纹理、材质的选择、命名及优化方面有严格的要求。因此在建模工作开始时就要严格设计好模型的层次和模块以及逻辑结构，并在建模过程中不断的测试以检查建模的逻辑。

3 驾驶行为分析：结合驾驶实验中采集的指标，具体分析驾驶员跟车、换道等驾驶行为习惯特征，可输出跟车时距、运行速度、纵向加速度、横向加速度等具体指标，输入动态车流仿真用以标定相应参数。

4 驾驶模拟仿真的详细工作流程详见 5.4 节。

3.3.6 仿真参数标定校核是一个迭代寻优的过程，主要包括以下内容：

1 首先，需对车流仿真模型参数进行初步标定。

2 初步标定后运行仿真，对仿真结果进行校核，判断结果是否满足校核目标。校核目标根据项目实际要求确定，详见本指南 5.3.7。

3 若结果满足要求，仿真参数标定校核完成。

4 若结果不满足要求，则重新检查仿真建模过程工作，建议检查步骤为：交通量检查、路网建模检查、交通参数扰动与校核。

3.3.7 方案分析应遵循“方案-仿真-建议-方案”的闭环反馈过程，主要包括以下内容：

1 对初始方案进行量化评估与分析，并提出相应的评估建议；

2 结合评估建议优化方案，并对优化后的方案进行新一轮的仿真评估与分析，同时提

出评估建议，直至方案满足项目要求。

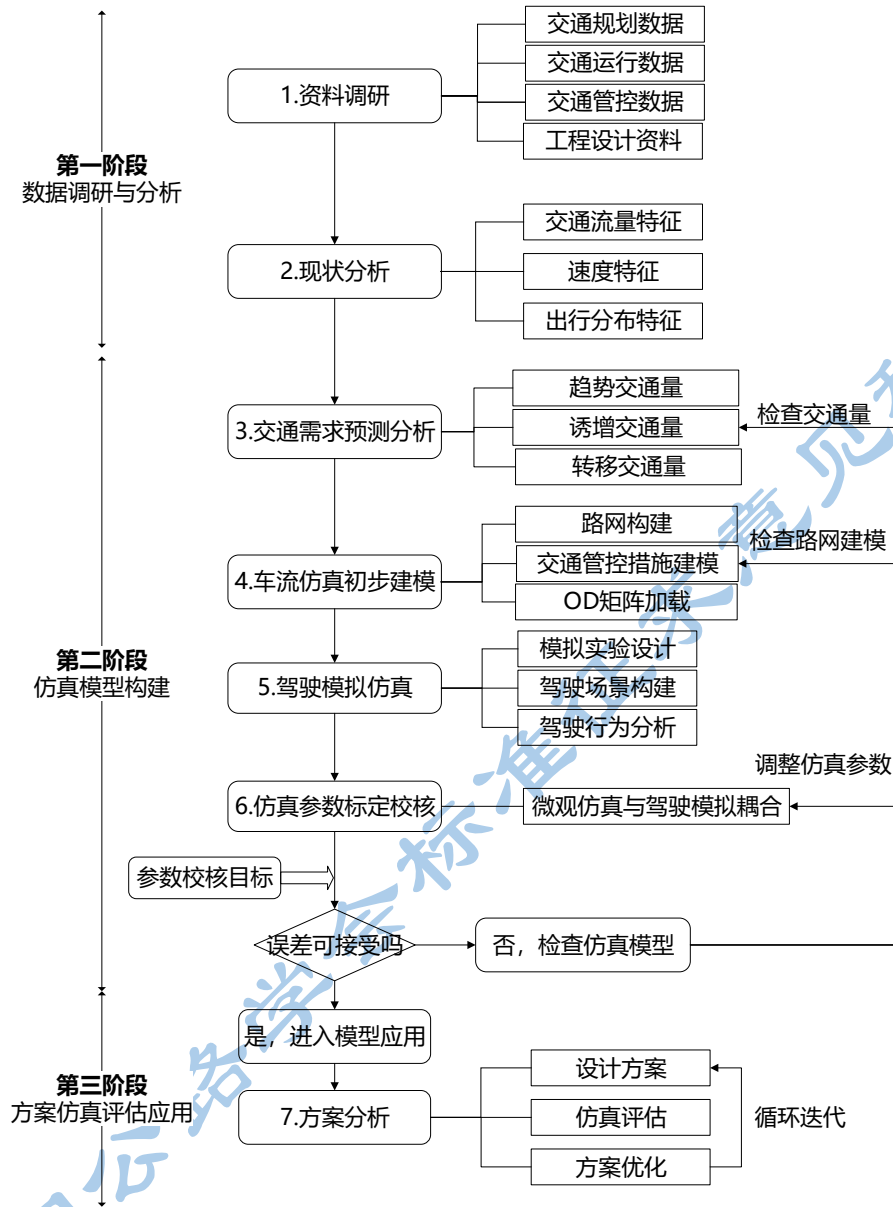


图 3.3.1 公路交通仿真评估工作流程

4 基础数据获取

4.1 一般规定

4.1.1 根据用途将基础数据划分为交通规划数据、交通运行数据、交通管控数据、工程项目数据四大类。

4.1.2 根据公路工程项目需求不同，可结合实际项目条件对收集的数据类别进行取舍。

4.1.3 基础数据获取应注意规避与保护用户隐私信息，应根据数据来源要求对敏感数据进行加密处理。

4.2 交通规划数据

4.2.1 交通规划数据主要用于现状分析、交通需求预测模型构建、参数标定与校核等工作，主要分为社会经济与土地利用数据、交通需求数据、交通供给数据三类。

4.2.2 社会经济与土地利用数据主要来源于统计年鉴、统计公报、经济普查、人口普查、建筑物普查、法定图则等，具体内容如下：

1 社会经济与土地利用数据主要用于构建出行生成模型、分析现状及未来居民出行模式、研究交通量增长趋势等。

2 社会经济与土地利用数据可通过统计网站或规划管理部门获取。

3 社会经济数据应注意追溯近五到十年，包括人口、国民生产总值、产业结构、公铁航客货运输量、机动车保有量等。

4 土地利用数据应注意与预测特征年对应，包括现状及规划用地类型、开发强度、用地面积、建筑面积、容积率等。

4.2.3 交通需求数据主要来源于居民出行调查、车辆 OD 调查、交通大数据等，具体内容如下：

1 交通需求数据主要用于分析居民出行特征、研究出行行为参数、构建并校核交通需求预测模型。

2 交通需求数据可通过人工调查或运行管理部门获取。

3 居民出行调查应包含家庭特征信息、出行者个人特征信息、出行起讫点、出行目的、出行方式、出行时间等。

4 车辆 OD 调查应包含车辆类型、出行起讫点、出行时间、出行目的、货物种类、座（吨）位数、实载率等。

5 交通大数据包括手机信令数据、腾讯位置数据、高速流水数据等，用于分析区域交通整体需求和分布情况。

4.2.4 交通供给数据包括路网数据、节点数据、交通设施数据，来源于现场踏勘、高清航拍、规划文件，具体内容如下：

1 交通供给数据主要作为交通需求预测模型的基础输入。

2 交通供给数据可通过人工调查、测绘部门或规划管理部门获取。

3 路网数据应具体到构成路网的各条路段，字段结构应包含路段编号、路段长度、名称、方向、等级、车道划分、设计速度、通行能力、禁行规则等，规划路网应注意与预测特征年对应。

4 节点数据应包含节点编号、控制方式、转向规则等。

5 交通设施数据包括停车、服务区、收费站，字段结构应包含设施类别、类型、名称、服务能力、经纬度等。

4.3 交通运行数据

4.3.1 需调研获取的交通运行数据应包括但不限于公路断面门架检测数据、车辆 GPS 数据、收费站流水数据（若有）。

4.3.2 断面门架检测数据可通过公路建设或运行管理部门获取，具体内容如下：

1 断面门架检测数据，条件允许应获取明细流水数据，车辆敏感信息（例如车牌号）应做加密处理。

2 断面门架检测数据的字段宜包含记录编号、设备编号、日期、时间、方向、车牌号码、车辆类型、车道编号等。

3 若项目无门架检测数据，可通过人工调查的方式获取替代。

4.3.3 车辆 GPS 数据主要来源于出租车、长途客车、危险品货车等安装了车载 GPS 定位装置的浮动车，以及使用百度导航、高德导航的网约车，具体内容如下：

1 车辆 GPS 数据可通过相关政府管理部门，或互联网导航数据运营公司获取。

2 车辆 GPS 数据的字段结构具有一定类似性，一般包含日期、时间、车辆唯一标识、

所属公司、经纬度、速度等。

3 车辆 GPS 数据需进行地图匹配处理，将车辆 GPS 与公路网（gis 文件）的路段进行关联绑定，方便后续公路运行速度的分析。

4 根据车辆行驶过程中定期记录的车辆位置数据，应用地图匹配、路径推测等相关的计算模型和算法进行处理，使车辆位置数据和公路路网在时间和空间上关联起来，最终得到浮动车所经过路段的车辆行驶速度。

4.3.4 公路收费流水数据公路收费流水数据主要来源于公路收费站的记录，具体内容如下：

1 公路收费流水数据主要用于分析、校核公路路网的交通出行需求矩阵。

2 公路收费流水数据可通过公路建设或运行管理部门获取。

3 公路收费流水数据应注意规避驾驶人隐私信息，字段结构宜包含车辆唯一标识、车辆类型、入口记录时间、入口收费站名称、出口记录时间、出口收费站名称等。

4.3.5 交通运行数据的分析可为仿真参数标定提供本地化数据基础（标定内容可参考 5.3.4），通过流量检测、收费流水、车辆 GPS 等数据的分析，可以获得以下关键结果指标：

1 OD 矩阵。结合公路收费站、沿线被交道路的门架检测数据，可以获取公路路网的分车型 OD 矩阵，进而分析公路路网的出行交通量分布、出行时间分布、出行距离等特征。

2 路段平均运行速度。结合车辆 GPS 数据与公路路网 gis 文件，针对某一个时间间隔，统计指定路段所有通过车辆的行驶距离和，以及指定路段所有通过车辆的行驶时间和，距离和除以时间和即为路段的平均运行速度。时间间隔不宜大于 15min。

3 自由流速度。将 6:00-24:00 按给定时间间隔等分，其间隔长度不超过 15min；计算每一时间间隔平均行程速度的算术平均值，样本天数不宜少于 30 天；将计算出的平均值从大到小排序，取排序结果的前 1/9 进行平均，其结果作为路段自由流速度；4）当计算得到的自由流速度超过公路限速时取限速。

4 流量特征。结合断面门架检测数据，统计并分析分时段、分车型、分车道的流量特征，统计流程如图 4.3.5-1 所示。

1) 数据预处理。原始断面门架检测数据存在识别车辆重复的情况，首先需要对数据进行去重处理，根据设备编号、时间戳、车牌 ID 三个字段，对原始数据进行去重，保留有效数据。

2) 时间标准化。检测数据的时间信息以时间戳的形式保存，这种数据格式不利于对后

续的数据处理，因此提取时间戳信息中的年、月、日、时、分、秒等信息，分别另存为新的字段，年、月、日组合为日期字段，时、分、秒分别作为新的字段。例如按照 5min 时间粒度，可划分全天为 288 个时间片，相应增加时间片字段。

3) 统计不同时间粒度流量。在时间标准化的基础上，根据日期字段对数据进行分组，并统计每组的数据量，计算一个星期内每天的断面流量变化；根据日期、小时字段对数据进行分组，并统计每组的数据量，计算每天小时的流量变化；根据日期、时间片字段对数据进行分组，并统计每组的数据量，计算每天 5min 粒度的流量变化。

4) 确定分析时段。根据不同的场景，输入不同的分析时段。

5) 统计高峰时段分车型流量。确定分析时段为高峰时段，过滤保留高峰时段对应的车牌识别数据，再根据车辆类型字段对数据进行分组，统计每组的数据量，计算分车型的断面流量。

6) 统计高峰时段分车型、分车道流量。在步骤 5) 的基础上，添加车道字段作为分组条件，即根据车道字段、车辆类型字段对数据进行分组，统计每组的数据量，计算分车型、分车道的断面流量。

7) 统计高峰时段车辆颜色的分布比例。确定分析时段为高峰时段，过滤保留高峰时段对应的车牌识别数据，根据车辆颜色字段对数据进行分组，统计每组的数据量，计算不同颜色车辆的流量。

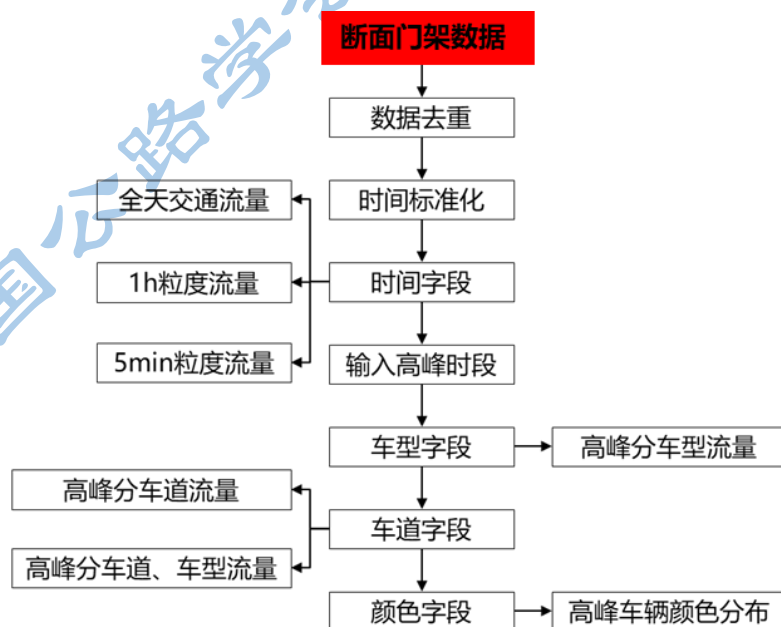


图 4.3.5-1 流量特征统计分析流程

5 跟车时距。结合断面门架检测数据，统计并分析分车型、分车道的跟车时距，统计

流程如图 4.3.5-2 所示。

1) 数据预处理。原始断面门架检测数据存在识别车辆重复的情况，首先需要对数据进行去重处理，根据设备编号、时间戳、车牌 ID 三个字段，对原始数据进行去重，保留有效数据。

2) 时间标准化。车牌识别数据的时间信息以时间戳的形式保存，这种数据格式不利于对后续的数据处理，因此提取时间戳信息中的年、月、日、时、分、秒等信息，分别另存为新的字段，年、月、日组合为日期字段，时、分、秒分别作为新的字段。例如按照 5min 时间粒度，划分全天为 288 个时间片，相应增加时间片字段。

3) 统计单车道车辆序列。在时间标准化的基础上，根据日期字段、车道字段对数据进行分组，基于时间戳字段对每组数据进行排序，统计同一条车道的过车序列数据

4) 计算车头时距。基于时间字段（小时、分、秒）计算同组、前后相邻两个数据的时间差，作为前后两辆车的车头时距。车头时距过大的数据存在丢车的可能较大，属于异常无效数据。因此根据高峰时段的交通流特征，剔除跟车时距大于 15 秒的异常数据。

5) 统计分车型的车头时距。在步骤 3)、4) 的基础上，添加车型字段作为分组条件，即根据车道字段、日期字段、车型字段对数据进行分组，计算每条车道分车型的跟车时距，计算分车型的跟车时距。

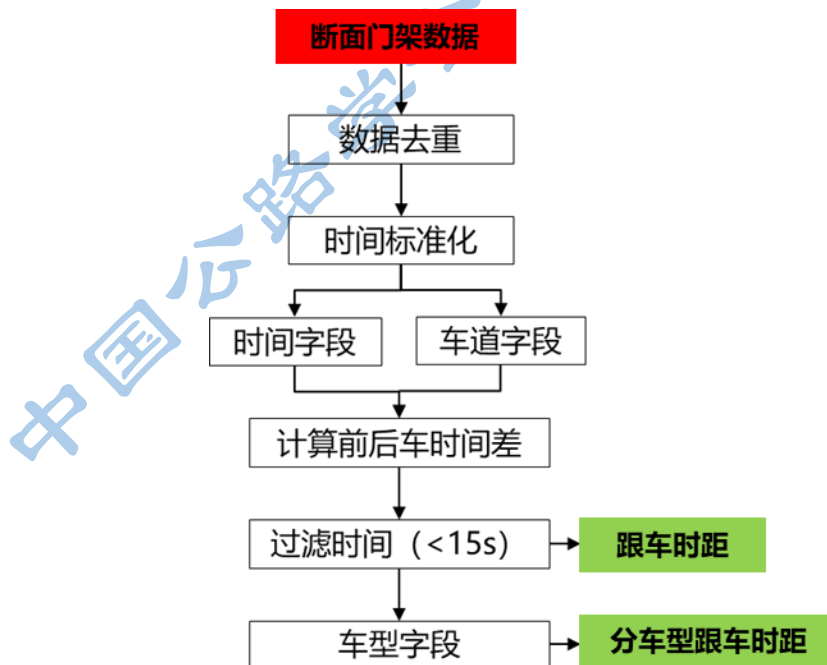


图 4.3.5-2 跟车时距统计分析流程

4.4 交通管控数据

4.4.1 交通管控数据应包含各种交通标志标线的形式及其位置、信息服务标志、禁货车道设置及开闭情况、车道限速、区域限速等其他管控措施。

4.4.2 交通管控数据可优先考虑从仿真范围管辖的交警部门获取，也可通过现场踏勘调查来获取。

4.4.3 信号配时方案包括周期时长、相位、相序、绿间隔时间等，获取交通管理控制数据主要用于在动态车流仿真模型中加载输入现实相应的交通管控方案，保证仿真模型的车流运行规律基本符合实际情况。

4.5 工程设计资料

4.5.1 根据实际公路工程项目实际进程，需调研获取当前阶段的工程设计资料，具体调研资料可参考表 4.5.1。

4.5.2 工程设计资料中，研究报告、项目平面图、纵断面图、横断面图、收费站设计、标志标线设计情况属于必须调研资料，其余可根据项目实际情况作取舍。

表 4.5.1 公路工程项目文本图纸资料清单

分类		资料名称	资料格式
工程各阶段文本		研究报告	.doc 或.pdf 或.ppt
		研究汇报 PPT	
		研究报告专家组意见及批复意见	
		咨询单位审查意见	
工程各阶段 设计图纸	总体设计	总体设计	.dwg 或.pdf
	路线平纵设计	电子版地形图	
		路线平面图	
		路线纵断面图	
		直线曲线及转角表，包括匝道	
		纵坡及竖曲线表，包括匝道	
		逐桩坐标表，包括匝道	
	横断面设计	包含主线（整体式、分离式）、匝道	
		桥梁标准横断面	
	路基路面	路面结构图，敷设方式	
		标准横断面	
		中分带开口位置表	
	桥梁	桥涵一览表	
		桥面泄水孔设计图	
隧道	横断面		
	横通道布置图		

		紧急停车带布置图	
	收费站	收费站平面布置图	
		收费制式与收费方式	
	交通工程	标志标线布置图	
		标志标线布设一览表	
		安全设施布设一览表，包含护栏、轮廓标、防撞墩、防眩板、隔离栅	
		安全设施设计图	
		标志版面设计图	
		标志结构设计图	

中国公路学会标准征求意见稿

5 交通仿真建模

5.1 一般规定

5.1.1 公路交通仿真建模是一个复杂的系统工程，本指南根据仿真分析对象及目标不同将其分为交通需求预测建模、动态车流仿真建模、驾驶模拟仿真建模三个模块。

5.1.2 公路交通仿真建模的前提是基础数据及资料的收集，需与实际工程项目的建设方案与需求相匹配。

5.1.3 公路交通仿真建模必须进行仿真参数标定与校核工作，不可直接采用交通仿真软件默认参数。常见的交通仿真软件见附录 A。

5.2 交通需求预测建模

5.2.1 对于公路工程项目，交通需求预测建模的流程主要包括确定研究目标和分析范围、构建小区和网络系统、交通生成预测、交通分布预测（趋势交通量）、诱增交通量预测、转移交通量预测、交通分配等七个步骤。

5.2.2 交通需求预测分析范围根据公路工程建设项目的影​​响范围确定，一般为包括建设项目在内的相应交通走廊路网覆盖区域。

5.2.3 根据项目影响程度，将整个交通建模区域分为直接影响区和间接影响区。其特点如下：

1 直接影响区指公路工程项目会产生重要影响的区域，间接影响区指公路工程项目影响较小的区域。

2 在直接影响区内，交通小区应尽可能精细，公路网络信息数据也应尽可能详细。

3 在间接影响区内，可用一个简单的大区表示某个方向的出行需求，公路网络建模可只保留简单的骨架网络。

5.2.4 交通生成预测应以经济社会发展趋势为基本依据。交通生成量（交通发生、吸引量）是经济社会发展对交通运输需求的具体反映。常用的预测方法有增长率法、相关分析法、强度指标法、弹性系数法等。具体内容如下：

1 增长率法是通过研究小区人口和其他经济指标增长情况，来确定小区交通出行增长率的预测方法。具体模型如下：

$$T_i = F_i \cdot T_{oi} \quad (5.2.4-1)$$

$$F_i = k \cdot \frac{p_i}{p_{oi}} \cdot \frac{E_i}{E_{oi}} \quad (5.2.4-2)$$

式中：

T_i ——未来预测特征年 i 区交通发生量（吸引量）；

T_{oi} ——基年 i 区交通发生量（吸引量）；

F_i ——基年至该预测特征年交通出行发展倍数；

p_{oi} ——i 区基年人口（岗位）；

p_i ——i 区预测特征年人口（岗位）；

E_{oi} ——i 区基年经济指标

E_i ——i 区预测特征年的经济指标

k ——调整系数

2 相关分析法是对发生、吸引交通量与人口、经济、土地利用指标等进行相关分析，建立发生、吸引交通量模型，预测将来发生、吸引量的一种方法。常用的模型形式如下：

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (5.2.4-3)$$

$$Y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n} \quad (5.2.4-4)$$

式中：

Y ——区域发生（吸引量）；

$x_1 \dots x_n$ ——区域经济社会指标；

$a_0 \dots a_n$ ——回归参数。

3 强度指标法是通过研究单位社会经济指标产生的小区交通出行量，预测将来发生、吸引量的一种方法。常用的强度指标有：

- 1) 人均交通量出行量；
- 2) 单位经济指标（如国民生产总值等）交通出行量；
- 3) 单位运输交通工具交通出行量；
- 4) 各类土地单位面积交通出行量。

强度指标法具体模型如下：

$$T_i = \frac{T_{oi}}{E_{oi}} \cdot E_i \cdot d \quad (5.2.4-5)$$

式中：

T_i ——未来预测特征年 i 区交通出行量；

T_{oi} ——基年 i 区交通出行量；

E_{oi} ——基年 i 区经济社会指标；

T_i ——特征年 i 区经济社会指标；

d ——交通出行强度指标修正系数。

4 弹性系数法是一种结合定量和定性分析的交通量预测方法，通过确定运输指标变化与经济指标变化之间的比例关系，在总体上把握未来交通运输的发展趋势。弹性系数法具体模型如下：

$$T_i = F_i \cdot T_{oi} \quad (5.2.4-6)$$

$$F_i = E_i \cdot G_i \quad (5.2.4-7)$$

$$E_i = \frac{\text{运输指标变化百分率}}{\text{经济指标变化百分率}} \quad (5.2.4-8)$$

式中：

T_i ——未来预测特征年 i 区交通发生量（吸引量）；

F_i ——至该预测特征年交通发生量（吸引量）增长率；

T_{oi} ——基年 i 区交通发生量（吸引量）。

E_i ——特征年 i 区交通量对经济指标的弹性系数；

G_i ——特征年 i 区经济指标增长速度（%）；

5.2.5 交通分布预测指标结果是公路项目的趋势交通量，即在区域交通需求正常发展条件下预测的项目交通量。交通分布预测的方法如下：

1 交通量分布预测方法根据发生、吸引交通量推算各小区间交通出行分布的过程，可以分为现在状态法和综合模式法两类。

2 现在状态法是由现在 OD 表推算将来交通出行分布的一种方法。现在状态法主要有均衡增长率法、平均增长率法、底特律法（Detroit Method）和弗雷特法（Fratar Method）等

几种模型形式，其中弗雷特法应用较为广泛，具体模型形式如下：

$$Q_{ij} = Q_{oij} \cdot G_j \cdot F_i \cdot \frac{L_i + L_j}{2} \quad (5.2.5-1)$$

$$G_j = \frac{Q_{aj}}{Q_{oaj}} \quad F_i = \frac{Q_{pi}}{Q_{opi}} \quad (5.2.5-2)$$

$$L_i = \frac{Q_{opj}}{\sum_{j=1}^n (Q_{oij} \cdot G_j)} \quad L_j = \frac{Q_{oaj}}{\sum_{i=1}^n (Q_{oij} \cdot F_i)} \quad (5.2.5-3)$$

式中：

Q_{ij} ——未来某预测特征年 i 区到 j 区的交通分布量；

Q_{oij} ——基年 i 区到 j 区的交通分布量；

G_j ——j 区交通吸引量增长倍数；

F_i ——i 区交通发生量增长倍数；

Q_{aj} ——特征年 j 区交通吸引量；

Q_{oaj} ——基年 j 区交通吸引量；

Q_{pi} ——特征年 i 区交通发生量；

Q_{opi} ——基年 i 区交通发生量；

L_i ——i 区对于所有 j 区的位置系数；

L_j ——j 区对于所有 i 区的位置系数。

3 综合模式法是利用区域经济活动质量和交通出行阻抗情况，预测将来交通出行分布的一种方法。综合模式法主要的模型形式是基本重力模型及其变形，重力模型基本形式如下：

$$Q_{ij} = k \cdot \frac{P_i^\alpha \cdot A_j^\beta}{D_{ij}^\gamma} \quad (5.2.5-4)$$

式中：

Q_{ij} ——i 区到 j 区的交通分布量；

P_i ——i 区经济活动质量（一般可以采用经济社会指标，也可以采用 i 区发生交通量）；

A_j ——j 区经济活动质量(一般采用经济社会指标,也可以采用 j 区吸引交通量);

D_{ij} ——i 区到 j 区的出行阻抗(一般以距离、时间或费用来度量);

k, α, β, γ ——回归系数。

5.2.6 诱增交通量是项目建成实施后,诱发区域交通需求增长,由此新产生的项目交通量,诱增交通量预测的方法如下:

1 诱增交通量的预测,要考虑的主要因素是区域间的运行时间,按照“有无对比法”原则,采用重力模型,分为现状区间交通出行量为零和不为零两种情况分别计算。

2 现状区间交通出行量不为零时,诱增交通量的预测采用如下形式:

$$Q'_{ij} = \left[\left(\frac{D_{ij}}{D'_{ij}} \right)^\gamma - 1 \right] \cdot Q_{ij} \quad (5.2.6-1)$$

式中:

Q'_{ij} ——i 区到 j 区的诱增交通量;

D_{ij} ——无此项目时, i 区到 j 区的运行时间;

D'_{ij} ——有此项目时, i 区到 j 区的运行时间;

Q_{ij} ——i 区到 j 区的趋势交通量;

γ ——重力模型参数,根据现状调查的 OD 出行矩阵和时间出行矩阵,通过回归分析标定得到。

3 现状区间交通出行量为零时,诱增交通量的预测采用如下形式:

$$Q'_{ij} = K \cdot P_i^\alpha \cdot A_j^\beta \cdot \left[\left(\frac{1}{D'_{ij}} \right)^\gamma - \left(\frac{1}{D_{ij}} \right)^\gamma \right] \quad (5.2.6-2)$$

式中:

Q'_{ij} ——i 区到 j 区的诱增交通量;

D_{ij} ——无此项目时, i 区到 j 区的运行时间;

D'_{ij} ——有此项目时, i 区到 j 区的运行时间;

P_i ——i 区发生交通量;

A_j ——j 区吸引交通量；

K, α, β, γ ——重力模型参数，根据现状调查的 OD 出行矩阵和时间出行矩阵，通过回归分析标定得到。

5.2.7 转移交通量转移交通量是由于项目的建成，引起区域交通条件的变化，而使其他运输方式与公路工程项目间相互转移的交通量。转移交通量预测的方法如下：

1 其他运输方式转移交通量是通过深入分析各种运输方式现状（包括运输设施、运输能力、运输量等）、未来发展规划（包括新增的运输能力、运输量预测等）、客货流特征（包括旅客运距构成、出行目的、旅途时间、票价、货物运输品种、运距及运费等），根据交通运输产业政策，采用定性定量相结合的方法进行预测。

2 具体货类及区间旅客出行的分流率可按式计算：

$$P_{ijk} = \frac{e^{-M_k}}{\sum_{k=1}^n e^{-M_k}} \quad (5.2.7-1)$$

$$M_k = T_k + C_k \quad (5.2.7-2)$$

式中：

P_{ijk} ——第 k 种运输方式的分流率；

M_k ——第 k 种运输方式的广义费用；

T_k ——第 k 种运输方式的时间代价；

C_k ——第 k 种运输方式的运行费用；

n——区域拥有运输方式类型数。

5.2.8 交通分配是利用建模范围内公路网络上的路段阻抗，把小区间的交通需求矩阵分配到具体路段上的过程。具体内容包括：

1 交通生成和交通分布一般不需要考虑一天 24 小时每个小时的时间选择，但是一天中不同时段出行量、出行分布存在较大差异，公路项目重点关注交通问题突出的运行时段，一般为早高峰、晚高峰时段。因此预测的全天的机动车交通需求矩阵后需要结合交通调查获得的不同时段开始和结束行程的比例转换成高峰时段的交通需求矩阵作为交通分配模型的基础输入。

2 公路网络的路段阻抗一般采用时间距离或广义运行费用等路网参数来度量。

3 在进行交通量分配前应对分配模型进行检验，分配模型的检验包括路网描述参数的

检验和路线阻抗模型的检验。检验时可将基年 OD 出行矩阵分配到基年路网上,比较分配结果和实际调查结果的差距,通过不断修正路网描述参数以及路线阻抗模型使两者基本吻合。

4 常用的交通量分配方法可以分为非均衡法和均衡法两大类,非均衡法有全有全无法、考虑容量限制的最短路径迭代分配法、多路径概率分配法等,均衡法有用户均衡法、随机用户均衡法等。

5 全有全无法是根据路段阻抗,寻求 i 区到 j 区的最短路径,将分布交通量 Q_{ij} ,一次分配到最短路径上的预测方法。全有全无法仅适用于各路线阻抗相差较大或单个路线的情况。

6 考虑容量限制的最短路径迭代分配法的思路是将分布交通量 Q_{ij} 分割成若干份,按照全有全无法进行多次交通量的路线分配,所不同的是每次分配时,要根据上一次的分配结果,结合路段通行能力重新计算路段阻抗,寻求新的最短路径。

7 多路径概率分配法的分配步骤与最短路径迭代分配法完全一样,所不同的是每一次分配时,需要根据路段阻抗,寻求 i 区到 j 区包括最短路径与次短路径在内若干路径,然后按照一定概率把分割后的分布交通量分配在这些路线上。每条路线的分配概率可由下式确定:

$$P_k = \frac{e^{(-\theta t_k)}}{\sum_{i=1}^m e^{(-\theta t_i)}} \quad (5.2.8)$$

式中:

P_k ——第 k 条路径的交通量分配概率;

θ ——分配系数;

t_i ——第 i 条路径的路线阻抗;

t_k ——第 k 条路径的路线阻抗;

m ——可供选择的路线数。

8 用户均衡分配基于 Wardrop 平衡原理,在公路网的利用者都知道网络的状态并试图选择最短路径时,网络会达到这样一种均衡状态,每个 OD 对之间各条被利用的路径具有相等且最短的走行时间,而没有被利用的路径具有相等或更长的走行时间。

9 随机用户均衡分配是在用户均衡分配基础上的改进,出行者很难精确计算出每条路径的阻抗从而做出完全正确的路径选择,而且由于每个出行者的计算能力和水平各异,对同一路段,不同出行者的估计值不会完全相同。随机用户均衡分配中道路使用者的路径选择行为仍遵循 Wardrop 平衡原理,但用户选择的是自己估计的阻抗最小路径,即用户选择 OD 对

间某条路径的可能性就等于其感知该路径阻抗在 OD 对间所有可能路径的感知阻抗中为最小的概率。

10 交通分配程序一般通过成熟的商业软件实现,必要的输入包括交通网络、路段属性、阻抗函数、待分配的 OD 矩阵及分配方法。

5.3 动态车流仿真建模

5.3.1 动态车流仿真建模包含公路仿真路网建模、交通管控措施建模、交通流特征数据建模、仿真运行控制、仿真参数标定校核等五个步骤。

5.3.2 公路仿真路网建模主要包括确定研究区域、背景底图导入、高程信息标注、分设施建模、基本路段建模、交叉口建模、分流区建模、合流区建模、匝道建模、收费站建模等,具体内容如下:

1 确定研究区域

研究区域一般应大于公路工程项目要求的范围,在项目范围基础上一般向外拓展 200m;当条件受限时,研究区域外延路段长度的最小值应符合表 5.3.2-1 的规定。

表 5.3.2-1 研究区域外延路段长度的最小值规定

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
车辆速度 (km/h)	60~120	60~100	40~80	30~60	20~40
路段长度	40~130	40~105	20~70	15~40	15~20

2 背景底图导入。在仿真软件中导入路网底图(设计 CAD 图纸),然后在底图上以“描摹”的形式建立公路仿真路网,以确保在反映路网拓扑结构的同时,能够有效地反映路网的基本集合属性,比如走向、转弯等。

3 高程信息标注。“描摹”路网过程中,除了注意把路网的拓扑形式描绘出来,同时需要注意把路网的高程信息标注上去。有的软件以(X, Y)平面坐标来表示路网/路段/节点的位置,有的是以(X, Y, Z)三维立体坐标来表达,其中 Z 就是该位置的高程信息。

4 分设施建模。公路路网包含基本路段、交叉口、分流区、合流区、交织区、匝道、收费站等设施路段,具体说明见表 5.3.2-2。

表 5.3.2-2 公路路网基础设施分类

基础设施	说明
基本路段	在公路主线或匝道上，车辆运行不受交织、分流或合流影响的路段。
交叉口	两条及两条以上路段的相交处。
分流区	分流区、合流区包含匝道路段和匝道与主线连接处的部分。
合流区	
交织区	行驶方向大致相同却不完全相同的两股或多股车流，沿着一定长度的路段，不借助于交通控制措施，自主进行合流而又实现分流的区域。
匝道	提供车辆驶入或驶离公路主线的短距离连接路段。
收费站	收取车辆通行费而建设的交通设施，通常设置于主线的出口与入口。

5 基本路段建模应真实反映公路基本路段车道数、车道宽度、中间隔离带等要素，真实反映公路横断面的组织形式，并且通过调整设置相关参数可以反映路段线形以及坡度的变化情况。

6 交叉口建模应真实反映交叉口进口道车道数、出口道车道数、进口道各车道转向等要素，建模的几何形式及控制方式应能准确反映交叉口的实际状况。

7 分流区建模。分流前和分流后车道数之间的关系应符合式 5.3.2-1 的规定。

$$N_C = N_F + N_E - 1 \quad (5.3.2-1)$$

式中： N_C ——分流前的主线车道数；

N_F ——分流后的主线车道数；

N_E ——匝道车道数。

8 合流区建模。合流后与合流前车道数之间的关系应符合式 (5.3.2-2) 或式 (5.3.2-3) 的规定。

$$N_C = N_F + N_E - 1 \quad (5.3.2-2)$$

$$N_C = N_F + N_E \quad (5.3.2-3)$$

式中： N_C ——合流后的主线车道数；

N_F ——合流前的主线车道数；

N_E ——匝道车道数。

9 匝道建模。匝道建模应能真实反映匝道影响交通流运行的主要几何参数，包括匝道的转向半径、匝道高程坡度、匝道车道数、匝道汇入角等。

10 收费站建模。收费站建模应真实反映收费站车道数，收费车道和收费岛的几何尺寸、收费站位置、收费模式等特征。常见的收费模式包含 ETC、MTC、ETC 与 MTC 混合收费三种模式，收费模式可通过交通管控措施建模输入。

5.3.3 交通管控措施建模应能如实反映包括但不限于下列交通管控措施：

- 1 标志标线，应能如实反映车道实线、虚实线、标志标牌警示等。
- 2 停车控制，应能如实反映车辆停车的时间、停车线、停车区域等。
- 3 车速控制，应如实反映公路长大纵坡、弯道、隧道等对车辆速度的影响。
- 4 车道行驶车型控制，应如实反映不同车辆类型对车道选择的规则与行为习惯，例如最左侧超车道仅允许行驶小客车，最右侧车道允许客车与货车混行等。
- 5 信号控制，应能如实反映定时控制、感应式控制、自适应式控制所需的设施及相关参数。
- 6 无信号控制，应能如实反映让行区域及让行规则。
- 7 匝道控制，应能如实反映匝道控制相关控制规则与参数。

5.3.4 交通流特征数据是指那些易于通过实际观测或资料分析得到的交通特征，交通流特征数据建模是指将此类交通特征在仿真模型中表现出来，使得仿真模型运行更加贴合实际交通状况。在仿真建模过程中建议考虑如下交通流特征数据：

1 交通量输入。交通量输入应能如实反映公路网交通流量、交通组成、行车路径等数据，交通仿真软件一般以出行 OD 矩阵作为仿真模型的交通量输入。结合基础数据获取及分析情况，分析高峰小时的流量、需求时间分布特征，并进一步按照 5 分钟或 15 分钟颗粒度将高峰小时交通 OD 矩阵细分处理，使仿真路网产生车辆出行的时间分布特征与现实一致。

2 车辆运行期望速度及分布。基于自由流时段车辆运行速度分析得到，一般车辆运行速度分布呈现正态分布特征。

3 公路实际通行能力。与期望运行速度类似，公路的基准通行能力往往与实际通行能力不完全一致，在仿真模型中需根据实际运行数据对公路实际通行能力进行标定。可以通过分析流量与速度曲线函数，分析得到公路实际通行能力。

4 收费站车辆停车时间分布。车辆停车时间分布又可以理解为收费站的服务时间，车辆停车时间分布的标定对于准确模拟收费站的通行效率至关重要。通常情况下车辆在收费站

的停车时间可以根据现场人工调查、收费站视频监控等来源分析获取。若无法获取各类收费站实际观测数据，可参考如下结果。

表 5.3.4-1 人工半自动收费车道服务时间特征参考值

收费制式	小型车		中型车		大型车		特大型车	
	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)
封闭式出口	16.3	7.47	20.0	10.56	26.3	17.36	33.5	25.87
封闭式入口	7.6	0.71	9.7	0.99	14.0	1.87	18.2	3.17
均一制	9.4	2.10	13.9	5.44	19.2	8.08	23.6	11.25

表 5.3.4-2 计重收费车道服务时间特征参考值

一型车		二型车		三型车		四型车		五型车	
E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)	E[T] (s)	D[T] (s)
21.6	11.84	28.9	18.64	35.7	27.32	44.5	31.56	57.3	37.39

表 5.3.4-3 ETC 收费车道服务时间特征参考值

小客车				大客车			
E[T] (s)		D[T] (s)		E[T] (s)		D[T] (s)	
3.64		0.54		6.69		0.61	

5 分车型车辆行驶的车道空间分布。结合断面门架检测数据的分车道、分车型统计结果，可以在仿真中真实标定车道空间分布比例参数。车道空间分布可以从空间上规定约束分车型车辆的行驶偏好，真实反映车道级的运行特征差异，例如大型客车、货车偏向于最外侧车道行驶，超车道则是以小汽车为主。

6 分车型车头时距。结合断面门架检测数据，分析分车型的车头时距，标定仿真中跟车驾驶行为参数。

5.3.5 驾驶行为数据用于描述驾驶员在行驶过程中跟车、换道等行为习惯，往往难以通过实际观测或资料分析得到，而这些数据对公路通行能力影响极大，在实际工程项目中不建议采用仿真软件默认值。通过开展驾驶模拟仿真实验，可以提取较为准确的驾驶员行为特征，标定动态车流仿真模型的相关驾驶行为参数。在仿真建模过程中建议考虑如下驾驶行为数据：

1 平均跟随车头时距。设定高峰时段的驾驶模拟实验场景，提取同一车道车辆与前车的间距，并按照车型对车头时距进行均值统计。车头时距也可以通过断面门架监测数据进行补充验证分析。

2 驾驶员反应时间。结合驾驶员心理生理监测指标，观测驾驶员在加减速、超车等行
为决策的反应时间。

3 车道变换行为及相关参数。结合驾驶模拟仿真实验，记录车辆全程运行轨迹，对主
线换道的行为概率、场景，以及加减速车道换道位置、速度等指标进行提取分析。

4 排队状态下车辆间的最小间隔。设定收费站、拥堵等车辆排队场景，分析上述排队
场景下车辆间的最小间隔，并按照车型进行均值统计

5 交通冲突的可插车间隙。

6 若项目资源条件受限，无法通过开展驾驶模拟仿真实验获取驾驶员的驾驶行为特征，
可借助启发式算法进行驾驶行为参数的标定与校核，详见 5.3.7。

5.3.6 仿真运行控制需要设置仿真控制参数，仿真控制参数用于设定仿真运行输入、运
行、输出等条件，具体如下：

1 仿真分析时间。公路工程项目仿真模拟评估工作通常选取全天交通量达到峰值的一
个小时，即早高峰或晚高峰，作为仿真分析时间。

2 仿真预热时间。仿真预热时间一般与仿真分析时段保持相同时长，可根据实际项目
需要，减少仿真预热时间，但最少不宜低于 15 分钟。

3 输出指标。在仿真软件的输出界面中需要配置输出文件夹存储位置、输出指标、输
出指标统计粒度以及其他相关参数选择。常见的交通仿真软件应包含下列输出指标：

1) 路网仿真指标。包括路网仿真车辆数、平均旅行距离、车辆行驶距离、车辆旅行时
间、平均速度、总延误、平均每辆车延误时间、总停车时间、平均停车时间、总停车次数和
平均停车次数等指标。

2) 路段仿真指标。包括路段交通流量、平均速度、速度标准差、平均密度、车辆数、
总旅行时间、平均旅行时间和旅行时间标准差。

3) 交叉口仿真指标。包括交叉口总延误、车辆平均延误、总停车时间、平均停车时间、
总停车次数、平均停车次数，以及平均排队长度、最长排队长度、平均排队车辆数、最大排
队车辆数。

4) 车辆轨迹。一般应包含车辆编号、仿真时间、车辆位置、车辆运行速度、方向角、
加减速速度、高程等字段信息。

5.3.7 仿真参数标定校核主要包括基本要求、校核目标、默认参数评估、确定待标定参
数、确定标定函数、确定优化函数、模型校核，具体内容如下：

1 仿真参数标定校核应符合下列基本要求:

1) 公路工程项目交通仿真必须进行参数标定校核环节, 以提高仿真模型的可信度。

2) 标定校核的内容主要是针对仿真模型中难以通过直接观测或者观测成本很高的参数, 这些参数的获得需通过标定校核过程。

3) 仿真参数标定校核的流程可以分为确定校核目标、默认参数评估、确定待标定参数集、确定标定函数、确定优化算法、模型校核等步骤。

2 校核目标。选取流量、行程时间、排队长度、车辆速度等运行指标作为校核指标, 校核目标主要考虑以下三种情况: 公路交通仿真路网的规模、公交交通仿真分析的目的、公路交通仿真分析的资源。建议校核目标如表 5.3.7 所示。

表 5.3.7 仿真模型建议校核目标

仿真对象测量标准		OD 矩阵<6×6	OD 矩阵<15×15	OD 矩阵≥15×15
小时流量	(1) 700<VOL≤2700, 误差 15%以内; (2) VOL≤700, 绝对差在 100 以内; (3) VOL>2700, 绝对差在 400 以内。	90%以上路段符合要求	85%以上路段符合要求	80%以上路段符合要求
行程时间	单个路段/路径误差在 15% (或者 1min) 以内	90%以上路段/路径符合此要求	85%以上路段/路径符合此要求	80%以上路段/路径符合此要求
排队长度	单个进口道误差在 15%以内	交叉口全部进口道符合此标准	/	/
车辆速度	单个路段误差在 20%以内	/	85%以上路段符合要求	/

注: 1) 上述校核指标应根据实际项目条件进行选取。2) 行程时间可用于所有标定场合, 排队长度宜用于收费站、交叉口等场景, 车辆速度建议用于长距离的公路基本路段。

3 默认参数评估。采用默认参数运行仿真, 若仿真结果和观测结果之间具有很高的拟合度, 满足校核目标, 则默认参数不需要调整。否则, 需要进行默认参数调整。

4 确定待标定参数。在公路工程项目中, 需针对仿真模型的驾驶行为参数 (含跟驰、换道、信号控制等行为模型参数) 进行敏感性分析, 确定待标定参数, 待标定参数不宜少于 5 项。

5 确定标定函数。以仿真模型运行指标与实测指标间的差异作为目标函数，而仿真模型参数作为目标函数的自变量，仿真模型为非线性函数，标定函数的数学表达如下：

$$\begin{cases} F(\vec{X}) = \min_{\vec{X}} \{f(I_{\text{实测}} - I_{\text{仿真}})\} \\ \text{s.t. } x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}, 1 \leq i \leq n \end{cases} \quad (5.3.7)$$

式中， \vec{X} ——若干参数所组成的向量；

$I_{\text{实测}}$ ——实测的运行指标；

$I_{\text{仿真}}$ ——仿真得到的运行指标；

x_i —— \vec{X} 的第*i*个维度（即第*i*个标定参数）；

n —— \vec{X} 的维度。

6 确定优化函数。采用启发式算法对其进行优化，从而得到满足要求的参数值。

7 模型校核。在完成参数标定之后，应进行仿真模型校核工作，应用一组新的输入数据来校核经标定后的仿真模型是否能反映公路项目的真实运行情况。仿真模型验证应分为动画校核和统计校核两个步骤进行。

1) 动画校核是观察并对比仿真运行效果与实际交通运行效果，应重点关注瓶颈点的位置和数量、拥堵点的排队和消散情况、冲突区域和严重程度以及分合流区域车辆换道等交通现象。

2) 统计校核是结合校核目标进行量化的指标统计与对比。

5.4 驾驶模拟仿真建模

5.4.1 结合收集的设计资料、基于三维道路建模软件搭建静态公路三维仿真模型，根据试验设计方案配置发生于静态仿真公路上的动态交通事件，完成驾驶模拟仿真环境搭建。仿真环境搭建应包括地形建模、几何线形建模、横断面建模、公路结构物建模、附属设施建模、交通流配置、动态交通场景等。

5.4.2 地形建模包括配置环境、地形加载、配置街区图等，具体内容如下：

1 虚拟公路环境建模的首要工作是配置与真实公路环境相匹配的地形环境，以精确生成公路填挖方、桥梁、隧道。

2 地形加载完成后，应结合地面高程设置不同的地形显示材质，以实现对不同海拔地貌特征和植被分布的精确模拟。

3 地形配置成功后可在虚拟地形环境上配置街区图。

5.4.3 几何线形建模包括平面曲线建模与竖曲线建模，具体内容如下：

1 平面曲线应包括缓和曲线、圆曲线等主要曲线参数。

2 竖曲线应包括曲线长度、曲线半径、纵坡等主要参数。

5.4.4 横断面建模需要结合设计要求配置在虚拟公路路段的相应位置，具体内容如下：

1 公路横断面应由行车道、路肩、中央分隔带、路缘带、公路边坡等部分组成。

2 应根据实际情况设置桥梁和隧道，包括横断面、长度等。

3 公路边坡应包括边坡坡度、高度、台阶宽度等。

5.4.5 公路结构物建模包括桥梁建模与隧道建模，具体内容如下：

1 桥梁建模应按照桥梁横断面制作、位置、长度等。

2 隧道建模应按照隧道横断面制作、位置、长度等。

5.4.6 公路附属设施建模用于在公路环境生成后添加公路周边的附属物，包括 3D 模型建模、交通标志建模、交通标线建模、护栏建模和路侧植物建模四种。

5.4.7 交通流配置应包括车辆模型建模、车辆分布设置，主要内容如下：

1 应根据公路交通组成情况建立车辆模型，包括主要性能参数、车体尺寸、车辆座舱模型、车辆照明设置。

2 车辆分布设置应包括不同车型之间的比例、交通量，应与收集的流量预测结果完全对应。

5.4.8 天气环境配置用于实现夜间、恶劣气象等特殊仿真环境效果，可通过设置整体场景的天气环境来实现，包括天空效果渲染、气象效果配置、时间和照明设置。主要内容如下：

1 天空效果应包括材质、颜色/夜晚颜色、显示星星/数量等。

2 气象效果应包括颜色、类型、位置等。

3 风效果应包括风速、风向声音等。

4 降雪/降雨效果应包括材质、颗粒大小、颗粒密度等。

5 时间和照明效果配置应根据日期和时间设置太阳、月亮的位置，同时可调节太阳月亮的光照强度，满足不同时区和时段的光线环境仿真需求。

5.4.9 动态交通场景生成用于在静态公路三维仿真模型搭建完成后，根据试验设计方案设置驾驶模拟仿真进行时发生的交通事件，如设置环境车辆/车流变化，插入声音、文字和图像等。

中国公路学会标准征求意见稿

6 交通仿真场景

6.1 一般规定

6.1.1 通过设计不同的交通评估仿真场景，辅助管理部门、规划设计单位、公路工程建设单位做出正确的工作决策。

6.1.2 交通评估仿真场景可覆盖公路工程项目可行性研究、方案设计、施工建设等各个阶段。

6.1.3 结合仿真模型层次和公路工程项目不同阶段的评估需求，设计交通仿真典型应用场景包括公路交通量预测及评估、公路运行状况评估与方案优化、公路交通安全评估。

6.1.4 公路交通量预测及评估、公路运行状况评估与方案优化场景是基于交通仿真软件的评估分析应用，具体见本指南第7章内容；公路交通安全评估场景是基于驾驶模拟器的评估分析，具体见本指南第8章内容。

6.2 公路交通量预测及评估场景

6.2.1 公路交通量预测及评估场景一般在工程可行性研究阶段，主要依靠交通需求预测模型。

6.2.2 具体应用包括公路交通量预测、公路工程建设方案比选、公路工程技术标准确定。

6.2.3 公路交通量预测及评估场景设计逻辑图如下，包括确定目标、功能和定位，收集、分析数据，建立交通需求预测模型，输入备选方案进行交通量预测，进行断面交通量及服务水平分析、交通影响评价、经济效益评估，确定推荐方案和技术标准。

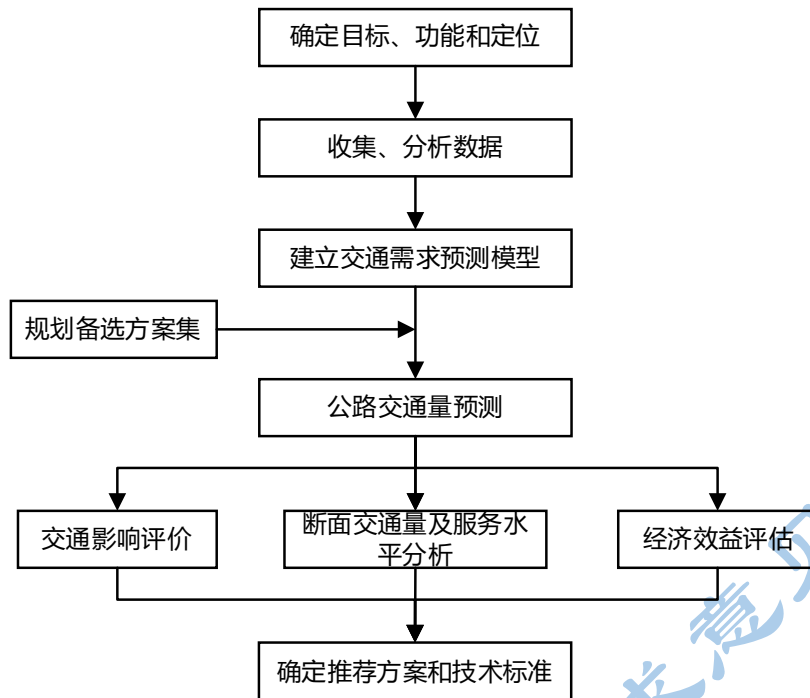


图 6.2.1 公路交通量预测及评估场景设计逻辑图

6.3 公路运行状况评估与方案优化场景

6.3.1 公路运行状况评估与方案优化场景一般在初步设计和施工图设计阶段，主要依靠动态车流仿真模型。

6.3.2 具体应用包括基本路段、交叉口、分合流区、交织区、匝道、收费站等运行状况评估和设计方案优化。

6.3.3 公路运行状况评估与方案优化场景设计逻辑图如下，包括确定目的、目标和标准，收集、分析数据，输入初始设计方案，建立动态车流仿真模型，进行公路运行状况评估，根据评估结果进行方案优化（增减车道数、改变出入口位置、调整交叉口控制方式等），重新评估直至输出满足目标和标准的设计方案。

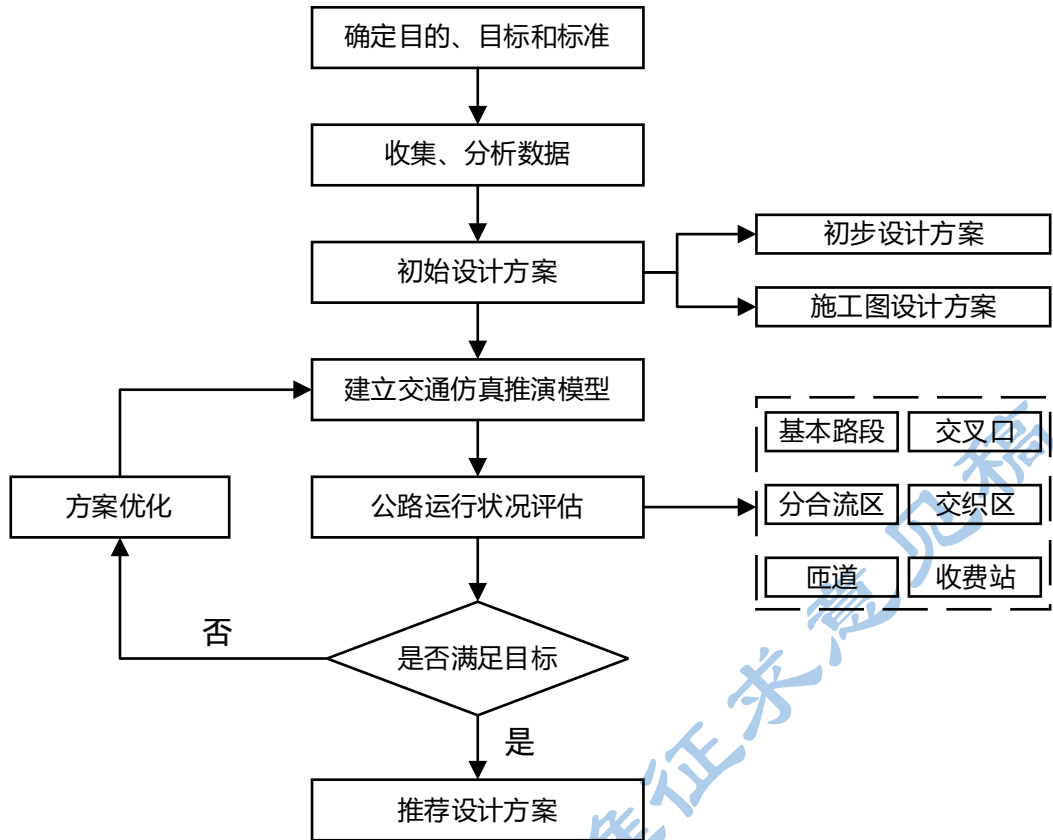


图 6.3.1 公路运行状况评估与方案优化场景设计逻辑图

6.4 公路交通安全评估场景

6.4.1 公路交通安全评估场景一般在设计和运营管理阶段，主要依靠驾驶模拟仿真模型。

6.4.2 具体应用包括对公路线形、公路交叉口、路面状况、标志标线、交通流、光照、天气等的安全评估。

6.4.3 公路交通安全评估场景设计逻辑图如下，包括确定目的、目标和标准，收集、分析数据，驾驶模拟场景建模，驾驶模拟实验，进行公路交通安全评估，输出评估报告。

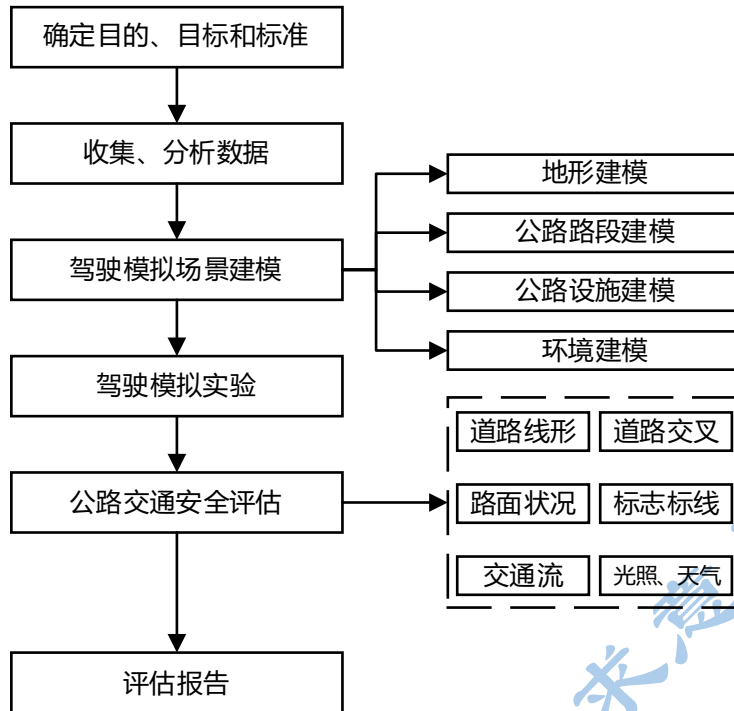


图 6.4.1 公路交通安全评估场景设计逻辑图

中国公路学会标准征求意见稿

7 基于交通仿真软件的评估分析

7.1 一般规定

7.1.1 基于交通仿真软件的评估分析主要是针对公路工程方案的评估分析，包含公路项目的交通需求及交通运行状况等方面。

7.1.2 基于交通仿真软件的评估分析一般由交通需求预测、多方案建模、选择评估指标、仿真模型运行、仿真结果统计与分析等步骤。

7.2 交通需求预测

7.2.1 交通需求预测是动态车流仿真的一项重要基础工作。通过交通需求预测可以得到公路项目的 OD 矩阵，而 OD 矩阵是动态车流仿真的输入数据。

7.2.2 交通需求预测结果同样是公路工程可行性研究必不可少的工作环节，是确定公路项目的技术等级、工程设施规模的基础。

7.2.3 公路工程项目的趋势交通量、诱增交通量和转移交通量宜分别预测。

7.2.4 为支撑精细化动态车流仿真建模，公路工程项目交通需求预测宜进行分车型的交通需求预测。

7.2.5 公路工程项目交通需求预测年限一般为项目建成投入运营后第 20 年。经营性收费公路，可视实际情况延长交通需求预测年限。

7.2.6 交通需求预测在预可行性研究和工程可行性研究阶段的工作深度要求有所不同，主要包括以下内容：

1 预可阶段不要求进行车速、出行目的、货类、交通事故等专项调查工作；工可阶段则宜进行。

2 预可阶段可利用项目所在地区和（或）邻近地区已有的 OD 调查数据，结合相关公路路段交通量等因素，推算拟建项目 OD 表。工可阶段一般要求进行 OD 调查。

3 预可阶段可以采用车型构成比例预测分车型交通量，不要求预测互通立交转向交通量；工可阶段应进行分车型交通量预测，同时应进行互通立交转向交通量预测。

4 预可阶段的诱增交通量、转移交通量和收费对交通量的影响，可根据其他类似项目情况，结合专家经验确定；工可阶段应按照 5.2 节内容要求的方法预测诱增交通量、转移交通量和收费对交通量的影响。

5 一般情况下预可阶段只要求做推荐建设方案的交通需求预测；工可阶段应分别对推荐建设方案和其他可能出现的比选方案进行交通需求预测。

7.2.7 交通需求预测具有不确定性,应根据项目实际特点合理确定多个假定情景的方案,并进行多方案预测。确定预测方案时,可综合考虑以下因素:

- 1 经济社会及交通需求的预测方案。
- 2 公路网规划中的不确定因素。
- 3 公路收费。
- 4 具体建设方案。

7.3 比选方案建模

7.3.1 在实际工程项目中,项目建设及管理团队可以根据仿真评价的目的,对想实施的措施或它们的组合进行条件设定,提出不同的方案,通常称为比选方案。通过对多个比选方案的建模与评估,寻找最优方案。

7.3.2 比选方案一般包含交通流组织策略方案、公路设施改善方案等,在仿真建模中会对交通需求、交通供给、驾驶员的驾驶行为产生改变影响,具体影响如下:

1 交通需求:通过提高公路项目通行能力、改变项目周边用地性质等,均对项目的交通需求会产生影响。交通需求变化可通过修正模型的交通需求输入或 OD 矩阵等相关参数来实现。

2 交通供给:通过改善公路基础设施、交通管控措施方案等工程或管理手段,可以提高公路工程项目的服务能力和服务水平。交通供给可以通过调整模型的路网结构来实现。

3 驾驶行为:上述交通需求、交通供给的变化,均有可能对驾驶员的驾驶行为产生影响,比如驾驶员的驾驶习惯是偏保守还是偏冒险,换道频率,习惯跟车距离等。驾驶行为变化可通过修正模型的相关参数来实现,具体可按照 5.3 节内容。

7.4 评估指标选取

7.4.1 公路网整体运行评估指标。针对公路工程项目仿真范围路网的整体运行状况进行评估,可直接或间接通过以下基本指标来计算分析:

- 1 车辆总出行距离 (Vehicle KiloMeters Traveled, VMT)

VMT 表示公路仿真系统总的出行需求,包括出行次数和出行距离两个方面。VMT 的计算方法是,先将经过某个路段的车辆数与该路段的长度相乘,再对所有路段的乘积求和。若公路发生堵塞拥堵情况,一般会导致仿真中走全程的车辆数变少,从而导致 VMT 值降低。

2 车辆总行驶时间 (Vehicle Hour Traveled, VHT)

VHT 表示公路仿真系统所有车辆总行程时间的估计。VHT 的计算方法是，先将各个路段上的流量和路段上的行程时间相乘，再对所有路段的乘积求和。出行需求、出行拥堵情况（出行时间）都将影响 VHT。

3 系统平均车辆运行速度 (System Mean Speed, SMS)

SMS 表示公路仿真系统所有车辆的平均运行速度，是系统总体性能的指标，可以由 VMT 和 VHT 两个指标计算得到，如下公式：

$$SMS = \frac{VMT}{VHT} \quad (7.4.1)$$

4 其他指标

根据公路项目仿真分析目标，除了上述 3 个指标之外，还可以补充其他仿真模型输出结果。例如公路系统总延误可以用来比较不同比选方案缓解拥堵的效果，停车次数可以用来比较不同方案信号控制的效果。

7.4.2 公路网局部（拥堵瓶颈）运行评估指标。应针对公路局部（交叉节点或路段）进行评估，无论是局部顺畅路段还是拥堵瓶颈点，均需表示交通量和拥堵状况的两类指标。具体建议的评估指标如下：

1 局部路段的交通量是必须包含的指标，但不能作为唯一评估指标，必须与其他描述交通运行状况的指标相配合。

2 用于描述公路基本路段、分流合流区运行状况的指标是交通密度、行程时间、车辆平均运行速度等。

3 用于描述交叉口、收费站运行状况的指标是车辆平均延误、排队长度、停车次数等。

4 除了上述常规评估指标，若实际项目需要挖掘拥堵瓶颈点处的交通流运行特征，可以增加评估瓶颈点位置、瓶颈点处的排队长度、车辆延误消散时间、出行瓶颈的原因等。

5 速度/密度关系图及车辆时空图也是一种较好的评估手段，可以帮助快速找到瓶颈出现的位置及演化情况。

7.5 仿真模型运行

7.5.1 仿真模型运行将应用校正后的仿真模型，来仿真得出每个比选方案的评估指标。

7.5.2 每一个比选方案在模型运行阶段，均需考虑仿真预热时间，预热时间与比选方案的仿真分析时间保持一致即可。

7.5.3 若实际项目无法获取信号配时、匝道控制等管控方案，建议针对不同比选方案的上述管控方案进行最优化处理，然后再运行仿真模型。

7.6 仿真结果统计与分析

7.6.1 仿真结果一般包含两种类型：仿真动画分析和量化的评估指标输出文件。仿真动画展示整个仿真期内各个车辆通过路网的轨迹，评估指标输出文件是项目仿真运行指标的统计数据。

7.6.2 仿真动画分析虽是定性分析，但是必不可少的一个环节。主要目的有两个：

1 检查仿真模型运行是否合理，是否有与现实世界车辆运行规则相违背的地方，例如车辆在实线换道、大货车在超车道长时间行驶等不合理现象。

2 二是可通过调节仿真时间来观察路网拥堵瓶颈形成的原因机理，分析拥堵发生的时间、车辆来源等。

7.6.3 交通仿真软件通常支持对仿真结果进行统计并输出本地的功能，按照项目实际需要，可以按照时间和空间来统计汇总流量、速度、密度、延误、排队长度、停车次数等丰富的仿真评估指标。同时，仿真车辆运行轨迹也可以作为输出文件，用于某种车辆类型或特定车辆的个体分析。

8 基于驾驶模拟器的评估分析

8.1 一般规定

8.1.1 驾驶模拟试验可以得到的数据包括全部车辆运行数据、公路道路数据、驾驶人操作数据，

8.1.2 基于驾驶模拟器的评估分析应从运行速度分析、加速度分析、行驶轨迹分析、方向盘操作分析、油门/刹车进深分析、车道偏移分析等角度进行分析。

8.2 运行速度分析

8.2.1 运行速度分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“行驶速度”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析运行速度变化、运行速度分布、速度梯度变化。

8.2.2 运行速度变化分析是以行驶桩号（行驶距离）为横坐标、运行速度为纵坐标，将各驾驶人的运行速度随行驶距离的变化情况绘制为曲线图。针对行驶速度变化幅度较大的路段，结合几何设计和交通工程等设计要素进行重点分析，通常用于评价路线行驶速度一致性。

8.2.3 运行速度分布分析是以行驶桩号为横坐标、运行速度为纵坐标，速度分布离散性较大的区域表示驾驶人对此路段的线形理解性不佳，应进行重点分析。

8.2.4 速度梯度变化是以运行速度为初始指标，进而计算各驾驶人的百米速度差，绘制速度梯度变化图。

8.3 加速度分析

8.3.1 加速度分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“纵向加速度”、“行驶速度”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析加速度变化、最大减加速度位置分布和加减速异常行为分布。

8.3.2 加速度变化是以行驶桩号（行驶距离）为横坐标、加速度为纵坐标进行分析，针对加速度突变较大的路段，结合几何设计和交通工程等设计要素进行重点分析。

8.3.3 最大加减速位置分布是选定的路段区间内出现最大加减速时模拟车所在桩号位置，可用于分析评价互通出口分流区内的驾驶人速度变化的稳定性。

8.3.4 加减速异常行为分布是包括加速异常、减速异常驾驶行为分析。将纵向加速度值筛选为加速度、减速度两类，分别设置加、减速度的异常行为阈值，提取每个驾驶人加、减

速度偏离其阈值时所在的桩号位置，然后在空间纬度上绘制驾驶人发生异常加、减速行为的概率密度图；选取异常行为发生概率较高的路段进行进一步分析。

8.4 行驶轨迹分析

8.4.1 行驶轨迹分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“距道路左侧/右侧边缘距离”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析行驶轨迹变化、行驶轨迹分布和换道位置分布。

8.4.2 行驶轨迹变化是以车道边缘线为基准线，计算车辆位置距车道边缘线的距离，即为驾驶人在车道内的行驶轨迹；用于分析驾驶人的换道时机，可用于评估互通出口路段驾驶人对交通标志信息的响应程度。

8.4.3 换道位置分布是换道位置即模拟车跨越车道分界线时所在桩号位置，将模拟车行驶轨迹与车道分界线重合时的位置。

8.4.4 轨迹分布是行驶轨迹分布图以行驶桩号为横坐标、以车辆位置距车道边缘线的距离为纵坐标，通过行驶轨迹分布图能够直观地发现驾驶人轨迹分布离散性较大的区域，并进行针对性分析。

8.5 方向盘操作量分析

8.5.1 方向盘操作分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“方向盘转角”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析方向盘转角变化和转向异常分布。

8.5.2 方向盘转角变化：将各驾驶人在研究路段内的方向盘操作量绘图，针对方向盘转角相对变化幅度较大的路段进行针对性分析。

8.5.3 转向异常分布：通过设置方向盘操作量的异常行为阈值，提取每个驾驶人方向盘转角值偏离其阈值时所在的桩号位置，选取异常行为发生概率较高的路段进行进一步分析。

8.6 油门/刹车进深分析

8.6.1 油门或刹车操作分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“油门踏板进深”、“刹车踏板进深”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析油门或刹车进深变化和制动异常分布。

8.6.2 油门或刹车进深变化：将各驾驶人在研究路段内的油门、刹车踏板进深值绘制为折线图，用于分析驾驶人的加、减速时机以及评估驾驶人的操作稳定性。

8.6.3 制动异常分布：通过设置刹车踏板操作量的异常行为阈值，提取每个驾驶人刹车踏板进深值偏离其阈值时所在的桩号位置，选取异常行为发生概率较高的路段进行进一步分析。

8.7 车道偏移量分析

8.7.1 车道偏移分析所需数据项应至少包括“距道路起点距离”或“行驶距离”、“车道偏移量”、“道路名称”和“驾驶人编号”，可分析车道偏移量变化和车道保持异常分布。

8.7.2 车道偏移量变化：将各驾驶人在研究路段内的车道偏移值绘制为曲线图，针对车道偏移幅度明显增加的路段进行重点分析。

8.7.3 通过设置车道偏移量的异常行为阈值，提取每个驾驶人车道偏移值偏离其阈值时所在的桩号位置，选取异常行为发生概率较高的路段进行进一步分析。

中国公路学会标准征求意见稿

9 仿真分析报告

9.1 仿真评估分析报告

9.1.1 仿真评估分析报告主要是面向公路工程项目建设方及相关决策者，报告的章节应包括但不限于项目概况、基础数据、项目方案解读、仿真建模、方案评估分析、比选方案设计、比选结果分析与结论建议等内容。

9.1.2 项目概述主要阐述公路项目背景及必要性、项目目标、研究范围、工作内容和技术路线。

9.1.3 基础数据主要阐述数据的来源、处理数据所用的方法和数据分析结果。

9.1.4 项目方案解读要求对公路项目的设计方案有一个整体的准确把握，便于后续开展仿真模型构建和评估工作。

9.1.5 仿真建模主要概述交通需求预测建模、动态车流仿真建模、驾驶模拟仿真建模的工作过程。

9.1.6 方案评估分析要求结合实际项目的仿真建模情况，对项目的交通量、交通运行状况、交通安全进行评估分析。

9.1.7 比选方案设计要根据方案评估分析结果，提出相应的比选方案。

9.1.8 结果分析要求对不同方案进行比选分析得到比选结果。

9.1.9 在报告的最后需结合仿真分析结果凝练结论并提出相应建议。

9.2 仿真建模技术报告

9.2.1 仿真建模技术报告主要是面向相关技术人员，便于其从技术报告中了解模型建立的详细流程及可能存在的问题等。

9.2.2 技术报告应与分析报告相关联，重点详细阐述建模分析过程中所应用的方法、建模的过程工作以及得到的数据结果。

9.2.3 技术报告可以独立成册，也可以在分析报告的末尾以附录的形式出现，具体章节内容可以根据项目实际情况以及仿真模型的类别拟定。

9.2.4 技术报告中应对仿真模型的建立和应用时所涉及的相关数据和资料进行整理，并用表格或文本的形式表现出来，以便日后检索查阅。

附录 A 交通仿真软件及应用场景介绍

A. 1 VISSIM

VISSIM 是一个微观的、基于行为的多用途交通仿真软件，用于分析和优化交通流。它提供了广泛的城市和公路应用，整合了公共和私人交通。复杂的交通状况在逼真的交通模型支持下，以高水平的细节被可视化。典型的应用场景包括但不限于：

A. 1. 1 对使用率高的高速公路进行走廊研究，以确定系统性能、瓶颈和改进的潜力；

A. 1. 2 精细的高速公路研究，包括控制问题，如逆流系统；可变限速、坡道计量和路线引导等控制问题；

A. 1. 3 开发和分析高速公路的管理策略，包括主线运营和施工阶段的运营影响；

A. 1. 4 在多式联运研究中的公共交通信号优先方案。交通循环、公共交通运营、行人过街通道和自行车设施都是根据不同的街道网络布局和不同的车辆检测方案来模拟的；

A. 1. 5 分析子区域网络中的替代执行和自适应信号控制策略。适合交通控制优化的工具，如 Linsig、P2、Synchro 或 Transyt 优化固定时间控制的周期时间和绿化分隔，而许多国家的信号控制器是以交通响应模式运行的。微观模拟被广泛用于控制逻辑的详细测试和性能分析。

A. 2 AVENUE:

AVENUE 是一种混合型交通模拟，即流量模型是基于流体动力学的，但显示的车辆图像是离散的，以方便理解。AVENUE 通常适用于中小规模的网络。典型的应用场景包括但不限于：信号控制的影响评估、环境影响研究、公交运营、路边停车管理、道路定价方案、探测车辆分析等方面。

A. 3 S-Paramics:

Paramics 被广泛用于各种交通模型项目。有单个路口的改进评估和小规模的交通影响分析，也有更大规模的模型包括广泛的城市或区域模型，用于评估主要计划的影响，或作为一个持续可用的规划工具，研究一个地区的若干道路交通计划的影响。在英国 S-Paramics 与城市交通控制系统的接口是可用的，这使得模拟模型可以用来开发事故和事件管理的 ITS 控制策略，以及研究城市控制系统和高速公路控制系统的优化方案。S-Paramics 的优势在于其将微观模拟应用于大面积模型的能力。微观模拟中的“微”反映了车辆之间相互作用的水平，而不是对模型中地理区域大小的限制。大型模型可能覆盖几十平方公里的区域和几百公里的道路网络。

A. 4 Aimsun:

Aimsun 交通模型软件最初是加泰罗尼亚大学 (UPC) 长期研究计划的重点, 现在已经进入第六个主要商业版本。该软件已经超越了最初 AIMSUN 的缩写 "城市和非城市网络的高级交互式微观模拟器"。Aimsun 是一个集成了三种交通模型的模拟包: 静态交通分配工具; 中观模拟器; 以及微观模拟器。Aimsun 的主要应用领域是离线交通工程和最近的在线 (实时) 交通管理决策支持。在这两种情况下, 使用 Aimsun 或 Aimsun Live 的目的是为中短期规划和运营问题提供解决方案。

A. 5 MITSIMLab:

MITSIMLab (微观交通模拟实验室) 是一个微观交通模拟模型, 可以评估替代性交通管理系统设计、旅客信息系统、公共交通运营和各种 ITS 战略在运营层面的影响, 并协助其进行后续改进。MITSIMLab 可以评估先进的交通管理系统 (ATMS) 和路线引导系统等系统。MITSIMLab 的核心由出行和驾驶行为模型组成。出行行为模型反映了驾驶员在出行前和出行中的路线选择。驾驶行为模型处理战术和操作性驾驶决策, 主要是加速和变道。MITSIMLab 中捕捉这些选择的模型是概率性的, 基于随机效用最大化的理论。

MITSIMLab 支持以下场景:

A. 5.1 彻底表述交通系统中所有相关的互动, 包括车辆、交通控制设备、算法和交通管理中心的其他元素 (如监控系统)

A. 5.2 评估算法的技术方面, 接口和通信渠道的性能和影响, 对错误的敏感性, 稳健性, 以及从故障中恢复的能力。

A. 6 SUMO:

"城市交通模拟", 简称 "SUMO", 是一个开源的、高度可移植的、微观的道路交通模拟包, 旨在处理大型道路网络。SUMO 的设计工作始于 2000 年, 第一次实施是在 2001 年开始的。一开始, SUMO 是由科隆应用信息学中心 (ZAIK) 和德国航空航天中心 (DLR) 的交通系统研究所 (ITS) 合作开发的。自 2004 年以来, SUMO 的工作只在德国航空航天中心继续进行, 但也有外部组织或个人的贡献。SUMO 是以 "开源" 形式提供, 既可以是源代码, 也可以是编译后的可执行形式, 适用于多种 Windows 和 Linux 平台。

由于 SUMO 不是一个成熟的软件套件, 使用的网络和需求通常是以其他模拟软件包使用的格式给出的。因此, 在 SUMO 的开发过程中, 很多工作都花在了实现导入路网和需求数据的方法上。随着时间的推移, 最初的需求变成了一种理念: 在为模拟准备路网或需求时, 主要的想法是让它们从数字描述中生成, 并对它们进行丰富或处理, 以作为模拟的输入数据。

A.7 DRACULA:

DRACULA 交通微观模拟模型是作为一种工具来研究道路网络中需求和供给之间的互动关系。因此，重点是对个人出行者的决策、旅行经验和学习进行综合的微观模拟。这是通过一个微观的动态交通分配模型来体现的，该模型基于对个人的日常路线和出发时间选择的明确建模，以及他们过去的经验和对网络的了解如何影响他们未来的选择。此外，还有一个基于跟车和变道规则的详细的日内交通微观模拟。

动态网络微观模拟框架 DRACULA (结合用户学习和微观模拟的动态路线分配) 自 1993 年以来一直在利兹大学开发。它采用了一种独特的方法来模拟道路交通网络，重点是对个人出行者的选择和个人车辆的移动进行“微观模拟”。

A.8 Dynameq:

Dynameq 是“动态平衡”的意思，是一个基于模拟的动态交通分配 (DTA) 模型。该计算模型由两个主要部分组成：一个交通流模拟模型和一个路由模型。这两个模块涉及司机行为的不同方面。路由模型模仿司机如何通过网络选择他们的路线，以达到他们所期望的目的。交通流模拟涉及驾驶过程的所有其他方面：由于交通信号灯、标志和与其他车辆的互动而决定加速和减速，以及选择车道和执行变道机动的过程。与所有交通分配问题的均衡方法一样，解决方案是一种迭代方法，重复模拟和路由计算多次，直到收敛到一个满意的解决方案。这个过程类似于现实世界中司机重复相同行程的学习过程，如上午或下午的通勤，在一系列的日子里。

A.9 DynaMIT:

DynaMIT (用于管理出行者信息的动态网络分配) 是一个基于模拟的动态交通分配 (DTA) 模型系统，用于估计和预测交通状况。它的开发是由美国交通部联邦公路管理局资助的，用于高级旅行者信息系统 (ATIS) 的交通信息生成。然而，向出行者提供当前 (即时) 信息可能会恶化网络性能，因为它将拥堵从一个地方转移到另一个地方，特别是当 ATIS 的市场渗透率很高时。DynaMIT 提供预测性信息，与司机在网络中所经历的情况一致。

DynaMIT 包括详细的旅行需求和行为模型、网络支持以及它们之间复杂的相互作用。该系统被设计成与监控系统实时对接，估计当前的网络状况，并对未来状况进行短期预测。这些预测支持 ATIS 的运行，帮助司机做出明智的路线和出发时间的选择，并为交通管理中心提供应急响应和交通管理等功能。

A.10 METANET:

METANET 是一个基于纯宏观建模方法的高速公路网络模拟程序。这导致了相对较低的计算量，它与模拟网络中的负载 (车辆数量) 无关，也允许对模型进行实时使用。实时使用

该模型。整个建模方法允许模拟各种交通状况（自由、密集和拥挤）和具有规定特征（位置、强度和持续时间）的容量减少事件（事故）。

METANET 可以应用于现有的或假设的、具有任意拓扑结构和几何特征的多起点、多目的地、多路线的高速公路网络，包括分岔口、交叉口、上匝道和下匝道。通过使用一个特殊的建模选项（存储和转发链接），METANET 还提供了以简化方式考虑非高速公路链接的可能性。METANET 的一个扩展是 METACOR（Elloumi 等，1994；Diakaki 和 Papageorgiou，1996），这是一个用于城市走廊的宏观建模工具，它提供了解决信号控制的城市道路网络的可能性，它基于一个现实的宏观建模方法。

A. 11 OSCADY Pro:

OSCADY PRO 是一个路口优化工具，可用于评估方案的性能。它有能力通过向建模者提供不同的潜在配置来优化路口的替代信号序列。OSCADY PRO 需要输入所有的路口信息，这增加了粗略检查路口设计所需的时间。然而，它可以将任何设计结果导出为与其他 TRL 产品（如 TRANSYT）兼容的格式，以便在连接的交通控制网络中使用。

A. 12 PICADY:

PICADY 可以用来预测非信号灯隔离路口的潜在排队长度和车辆延误的性能。该软件结合了 TRL 的研究，以囊括路口设计对司机行为的影响和具有特定几何特征的优先交叉口的可见度。它还能够模拟优先交叉口引道上的斑马线。

A. 13 ARCADY:

ARCADY 是一个公认的工具，用于评估无信号灯的环岛。它是英国普遍使用的产品，可以对大多数类型的环岛进行建模，预测事故率、性能和交通延误。与 ARCADY 一样，它也能对环岛通道上的斑马线进行建模。

A. 14 TRANSYT:

由 TRL 制作的 TRANSYT 被广泛用于英国的信号灯网络建模。它能够为网络内的代表性交通状况开发出最佳的固定信号设置。这些设置的开发需要收集和分析每个建模时期的平均交通数据，并将其放入一个抽象的链接和节点网络中。TRANSYT 的优化是通过迭代的“爬坡”算法进行的，该算法试图找到最佳的信号设置，以最大限度地减少网络中的停车和延迟。TRANSYT 可用于优化各种网络，从无信号的交叉口到有信号的环形交叉口。TRANSYT 还可与微观模拟模型结合使用，例如，已经开发了一个连接产品，与 VISSIM 进行通信。

A. 15 LinSig:

由 JCT 咨询公司制作的 LinSig，可以对几个路口的网络以及单个路口进行建模和优化。

它被设计为对小型路口组进行详细建模，而不是对大型网络进行建模，尽管最新版本支持多个控制器。它在方法上与 TRANSYT 相似，但将网络表示为一系列几何上连在一起的车道，而不是抽象的链接。最近的版本引入了网络建模工具，如基于延迟的交通分配和基于熵的行程矩阵估计，为信号优化器提供交通数据。

LinSig 可用于详细的交叉口设计，评估方案建议和创建骨架模型，以检查交叉口控制器规格。它将交通和控制器模型结合起来，复制用于控制交通信号的微处理器技术，使建模者有能力最大限度地提高路口设计的效率。LinSig 将优化信号时间并提供路口性能的估计。

中国公路学会标准征求意见稿

用词说明

1 本标准（规范/规程/指南……）执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合《×××××》（×××）的有关规定”。

2) 当引用标准中的其他规定时，应表述为“应符合本标准（规范/规程/指南……）第×章的有关规定”、“应符合本标准（规范/规程/指南……）第×.×节的有关规定”、“应按本标准（规范/规程/指南……）第×.×.×条的有关规定执行。”

中国公路学会标准征求意见稿