

团 体 标 准

T/JSCTS XXX—XXXX

大流量高速公路集中养护技术指南

Technical Guidelines for centralized maintenance of high-flow expressway

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利
连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省综合交通运输学会 发布

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 总体要求.....	2
5 调查与评估.....	5
5.1 路网调查.....	5
5.2 道路病害调查.....	5
5.3 施工资源调查.....	5
5.4 实施条件评估.....	6
5.5 施工影响范围评估.....	6
6 养护项目规划.....	6
6.1 规划工作准备.....	6
6.2 规划方案与综合评价.....	7
6.3 规划组织实施与保障措施.....	7
7 交通组织方案编制.....	8
7.1 一般规定.....	8
7.2 交通分析与预测.....	8
7.3 交通组织方案设计.....	9
7.4 分流节点设置要求.....	12
8 施工组织方案编制.....	13
8.1 一般规定.....	13
8.2 施工组织决策.....	13
8.3 施工基础分析.....	14
8.4 施工工序编排.....	15
8.5 组织方案制定.....	17
9 实施与管控.....	17
9.1 一般规定.....	18
9.2 质量实施与管控.....	18
9.3 进度实施与管控.....	19
9.4 安全实施与管控.....	19
10 组织保障.....	20
10.1 前期保障.....	20
10.2 期间保障.....	22
10.3 后期保障.....	22

11 总结与评估.....	22
11.1 交通组织评估.....	22
11.2 施工组织评估.....	22
11.3 安全保障评估.....	23
11.4 综合效益评估.....	23
附录 A （规范性） 通行能力测算.....	25
附录 B （规范性） 拥堵长度测算.....	26
附录 C （规范性） 交通影响评价指标.....	28
附录 D （规范性） 经济效益计算方法.....	30
附录 E （规范性） 高速公路集中养护施工技术策略库.....	33

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。

本文件由江苏高速公路工程养护技术有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：江苏高速公路工程养护技术有限公司、江苏扬子江高速通道管理有限公司、江苏百盛工程咨询有限公司。

本文件主要起草人：赵佳军、吴昊、张文浩、吴尚岗、汪锋、高岩渊、何书轩、虞水、王燕、李强、刘娟、黄若昀。

大流量高速公路集中养护技术指南

1 范围

本文件规定了大流量高速公路集中养护调查与评估、养护项目规划、交通组织方案编制、施工组织方案编制、实施与管控、组织保障、总结与评估等要求。

本文件适用于大流量高速公路多作业面高效优化实施的养护工程，具体包括路面、桥梁、隧道、绿化修复、交安及沿线设施的预防性和修复性养护。

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 H30 公路养护安全作业规程

DB32/T 945 高速公路大中修工程质量检验评定

DB32/T 1363 高速公路养护工程施工安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

集中养护 Centralized maintenance

集中养护是通过科学组织大流量下同一路段内多项目、多工种同步交叉实施以达到“管制时间最短、交通影响最小、养护效率最高、工程质量最优、安全风险最低、社会反响最好”目标的养护实施组织模式，分为路段级集约化养护和路网级集中养护。

3.2

路段级集约化养护 Intensive maintenance at section level

半封闭交通组织模式下，交通影响小、施工相对简单、可错峰施工的集中养护组织模式。

3.3

路网级集中养护 Centralized maintenance of road network

全封闭交通组织模式下，交通影响大、施工技术复杂、施工作业类型众多的集中养护组织模式。

3.4

网级决策 Network level decision

基于路网运行状态下，多养护路段同时实施时的养护优先级管理决策。

3.5

集约矩阵 intensive matrix

对多个养护作业类型进行施工工序和耗时分析归类，使其在同一作业面统筹分配的矩阵化管理方法。

3.6

一路三方 one road three parties

基于高速公路养护需求，形成的以高速公路运营单位、公安部门、交通部门为主的管理体系。

3.7

延误时间损失 Loss of delay time

不同类型通行车辆因养护影响降低行驶速度，较养护实施前在相同影响路段的通行时间增加量，由此造成的时间损失。

3.8

不同车型时间价值基本单位 Basic unit of time value for different vehicle types

不同类型车辆通行时因养护影响而占用正常出行时间，以每分钟发生的机会成本来衡量时间价值。

3.9

行驶经费损失 Loss of operating expenses

不同类型通行车辆因养护影响，较养护实施前在相同路段的行驶经费增加，由此造成的经费损失。

3.10

不同车型行驶经费基本单位 Basic unit of operating expenses for different vehicle types

不同类型车辆因道路条件影响行驶1公里而产生的损耗费用，包括燃料费、轮胎、内胎费、车辆维护费、车辆折旧费等。

4 总体要求

4.1 集中养护应以“保障安全、通行有序、保护环境、减少社会影响”为原则，确保运营、施工协调有序。

4.2 集中养护应根据周边路网通行条件，综合考虑社会效益、经济效益、环境效益，合理规划实施。

4.3 集中养护应制定应急预案，有效预防和控制交通事故或其他突发事件，最大限度降低事故造成的损失或危害。

4.4 集中养护实施前应充分调研项目路段及周围路网资源情况，分析影响域内通行需求，避免施工期间交通管制或交通流的交互影响，主要包括：

- a) 项目路段养护基地、养护工区地理位置及养护资源情况；
- b) 项目部施工能力；
- c) 项目路段及周围路网交通流通行情况；
- d) 周围路网建设工程、养护工程及大型活动实施计划。

4.5 集中养护实施前应“一路三方”等涉路单位建立沟通协调机制，明确各方职责，形成统一认识和执行方略。

4.6 集中养护实施前应充分分析论证交通管制信息，经高速公路运营单位、公安部门、交通部门审批同意后按要求提前发布交通管制信息，以便社会车辆提前规划行程，均衡施工期间路网交通流。

4.7 集中养护实施流程应按以下步骤执行：

- a) 制定顶层规划：高速公路运营单位基于养护路段资源储备、施工能力的调查以及养护路段损坏的基本情况，掌握待养护路段的总体工程量并据此制定总体施工规划；

- b) 开展调查与评估：调查待养护路段、周边高速及普通公路等路网设施状况，确定集中养护施工内容及工程总量，并据此整合项目资源配置；针对交通流量做通行能力和服务水平分析，初步确定养护工程施工影响范围；
- c) 规划养护项目实施：根据养护项目特征判定集中养护实施路段，结合预测施工工期及周边交通环境合理确定实施次序；
- d) 编制交通组织方案：基于前期调研分析，开展交通组织方案总体设计，编制交通组织方案，具体包括集中养护交通组织模式选取、交通分流节点设置等；
- e) 编制施工组织方案：明确集中养护施工组织实施思路，针对养护项目路段展开基础调研，确定集中养护作业面实施部署及作业区布设要求；
- f) 开展方案征求意见和论证：交通组织方案与施工组织方案编制完成后，征求相关单位和部门意见，并组织相关专家进行咨询和论证，据此修改完善；
- g) 实施与管控：相关部门和单位应按照交通与施工组织方案落实工作，保证施工期间质量、进度和安全的实施；
- h) 组织保障：“一路三方”与各方涉路单位配合协作，建立联动机制，维护道路通畅与安全；
- i) 总结与改进：施工结束后，对集中养护实施过程中交通组织与施工组织方案实施效果、安全性及综合效益进行评价，为进一步改进方案及其它项目开展提供支撑。

4.8 集中养护技术实施流程见图 1 所示：

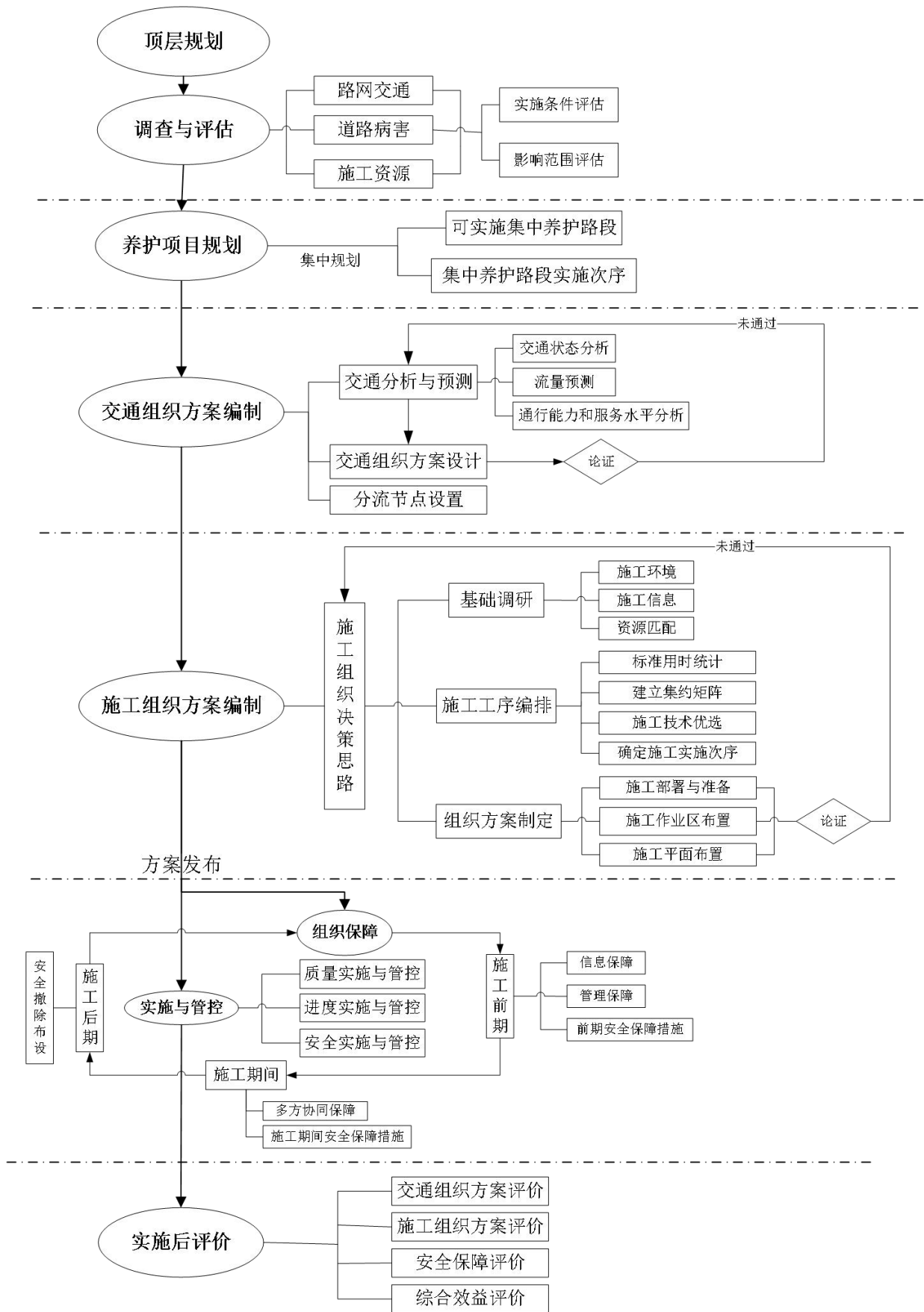


图 1 集中养护实施流程

5 调查与评估

5.1 路网调查

路网调查应符合以下规定：

- a) 应调查养护路段所处高速公路网的地理位置、里程、车道数、沿线基础设施情况（枢纽、互通以及服务区等）、在整个高速公路网中的作用等；
- b) 应调查高速公路养护项目路段以及周边路网的交通流量，主要包括：
 - 1) 高速公路路网整体交通流量，包括日均断面流量及变化趋势；
 - 2) 项目路段所在高速公路总体交通流量水平及变化趋势；
 - 3) 项目路段断面流量；
 - 4) 周边高速公路、普通公路交通流量情况。
- c) 应对高速公路项目路段的交通运行特征进行分析，主要包括：
 - 1) 车型分布：对于项目路段的车型占比情况进行分析，车型主要包括小客、大客、蓝牌货车（小货）、黄牌货车（中货、大货、特大货、集装箱），重点关注路段黄牌货车占比，在项目施工过程中，是否分流黄牌货车成为施工组织方案需重点考虑的内容；
 - 2) 时间分布：分析项目路段断面流量时间变化情况，主要包括月度分布、周分布、昼夜分布、小时分布等；
 - 3) 服务水平：分析项目路段断面流量的拥挤度，包括日均流量拥挤度以及 24 小时拥挤度分布等，进而判断服务水平，参见附录 A、附录 B；
 - 4) 交通组成：调查分析项目路段 OD 流量，主要包括内内出行、内外出行以及过境出行汽车流量和黄牌货车流量的占比情况，项目路段交通构成大致区域划分情况等。

5.2 道路病害调查

道路调查应包括路基、路面、桥梁、隧道、交安和绿化几个方面，具体调查类别见表1所示，通过调查病害规模、病害程度和分布区间，便于后期评估其集约化实施条件。

表 1 高速公路主要病害调查

类别	路面	桥梁	路基	隧道	交安	绿化
病害	裂缝	伸缩缝	路肩	渗漏水	新设	病虫害
	坑槽	支座	边坡	涂装	改造	形状（修正）
	车辙	涂装	挡土墙	衬砌	-	洁净性
	表面功能（抗滑、溅水、噪声等）	体外索	排水设施	排水设施	-	-
注：具体养护调查内容还应根据道路实际情况以及养护需要进行相应补充。						

5.3 施工资源调查

5.3.1 养护基地

调查养护项目路段周边养护基地拌合楼的辐射范围，若养护路段不具备临近养护基地，应尽量选择距项目路段较近、且满足养护需要的社会性拌合楼，并调查养护设备配套情况是否满足施工要求。

5.3.2 施工材料供应情况

调研临近养护基地施工材料储备情况及运输供料能力，若养护单位购买社会拌合楼生产的沥青混合料，应核算拌合楼到施工现场的运距、运输路线的通畅性及拌合楼的连续供料能力，以满足施工现场材料质量性能要求。

5.3.3 养护人员力量

调研养护单位施工项目组情况，包括项目组养护可投入的管理人员、技术人员、施工人员数量，并评估作业人员是否具备相应工程实施所需的能力。

5.4 实施条件评估

集中养护实施可行性应按以下三个方面进行综合评估：

- a) 养护项目要求。根据养护工程计划，高速公路同一路段有多个单项养护工程项目（含路面养护工程），各单项养护工程占道施工作业周期较长时，原则上应实施集中养护施工，开展相关交通组织工作；
- a) 路网设施要求。在高速公路大流量路段实施集中养护，该路段应具备可供车辆分流的平行高速公路或普通公路，且高速公路项目路段周边枢纽节点转换能力充分，高速公路互通匝道与普通公路衔接较好，分流道路桥梁设施完好；
- b) 资源配置要求。评估待养护路段地区养护资源是否充足、养护基地工区是否支持以及项目部是否具有施工能力，三者均为保障集中养护工程顺利实施的必要支撑。

5.5 施工影响范围评估

集中养护应遵循以下方式确定施工影响域：

- a) 预测项目路段分流交通总量；
- b) 预测分流路段分流期间的交通量；
- c) 对比分析分流路段施工前与施工期间服务水平变化情况，若导致路网服务水平变化，即为施工影响域，若仅引起流量增加但未造成服务水平变化，即受轻度影响，可不予考虑。

6 养护项目规划

6.1 规划工作准备

6.1.1 规划基础

养护决策规划的基础应从以下几方面明确：

- a) 规划制定应以年度为单元，并明确本年度高速公路养护的工作计划；
- b) 规划制定前应明确高速公路集中养护工程实施的项目清单；
- c) 根据路网条件和养护工程实施条件确定养护规划的类型。

6.1.2 规划目标

从路网的整体运营考虑，以养护实施影响范围内路网流畅通行和营运安全为目标，应先进行养护网级决策，之后再行进行养护路段的规划，并通过合理的交通组织优化，为养护施工提供最大限度的作业环境保障。

6.1.3 指导原则

6.1.3.1 全面性

集中养护项目规划应综合考虑高速公路经营管理单位养护需求、全省路网交通运行情况、养护施工资源能力等内容，按照高速公路养护管理总体要求，系统规划年度集中养护施工项目。

6.1.3.2 科学性

集中养护项目规划应从全省路网出发，综合各养护路段现状运行情况、周边道路节点的承载能力以及车辆限行政策等影响因素，通过路网服务水平、项目路段服务水平、周边路段节点服务水平等指标科学合理制定年度集中养护施工项目清单。

6.1.3.3 可行性

广泛征求高速公路经营管理、行业专家和相关部门的意见并充分采纳、认真研究论证，保证制定的规划方案具有可操作性。

6.1.4 规划流程

规划流程应包括集中养护需求调查、路网交通情况调查、路网通行能力分析（见5.1）、养护资源能力分析（见5.3）、规划项目方案研究、规划实施保障研究、规划论证与报批、规划实施和评价八个环节。

6.2 规划方案与综合评价

6.2.1 规划方案

6.2.1.1 总体思路

根据养护项目路段实际需求，综合各评价因素，明确进行集中养护施工的项目路段，在满足施工需求和原则的基础上，尽量缩短施工工期，合理安排项目实施时序。

6.2.1.2 项目清单

通过对集中养护项目的需求调查，综合路网交通情况、路段通行能力、周边路网通行状况、养护资源配置条件等因素，初步明确高速公路集中养护项目计划。

6.2.1.3 实施时序

利用交通仿真软件对需求项目进行交通仿真，根据不同集中养护项目组合的仿真结果，在不违反基本原则的基础上，综合考虑项目路段流量月度变化、路段路况水平、节假日影响、天气温度、需求项目具体位置等影响因素，尽量避开节假日，尽量错开减小影响，得到推荐实施时序。

6.2.2 综合评价

集中养护项目规划从以下三方面进行综合评价：

- a) 路网运行影响：以路网相关路段通行能力、路网服务水平、道路技术状况为指标评估规划实施对路网的影响；
- b) 收费经营影响：以通行费收入、经营管理成本等分析规划实施对高速公路经营管理单位的影响；
- c) 经济社会影响：以车辆通行时间、运输成本、燃油消耗和交通事故等方面评估规划实施中对车辆出行的影响。

6.3 规划组织实施与保障措施

6.3.1 组织协调保障

在前期规划研究阶段加强与高速公路执法、公安等部门的沟通协调，科学、合理制定相关规划方案。在养护施工期间，由上级交管部门牵头，由高速公路经营管理单位协调当地交管部门进行分流工作分工。

6.3.2 前期工作保障

施工前期,提前与省级层面的高速公路管理部门和地方交管部门进行沟通协调,取得相关许可审批,为后续施工做好时间预留。

6.3.3 资源投入保障

科学、高效的资源保障应在全面总结以往高速公路集中养护施工经验基础上,进一步加强资源整合,优化实施组织方式,提升集中养护施工能力,保障各集中养护项目路段在实施过程中能够安全平稳、保质保量的完成集中养护施工任务。

7 交通组织方案编制

7.1 一般规定

7.1.1 编制交通组织方案时,除应采取交通组织各项措施外,还应采取有效的工程措施,满足或提高项目路段的通行能力和通行安全。

7.1.2 集中养护交通组织设计应根据项目阶段特点,收集项目影响区重要企事业单位、交警、路政、沿线政府部门、建设及施工单位等道路使用者及管理部门对交通组织设计的需求。

7.1.3 应在现状调查分析和交通量预测的基础上,综合考虑道路施工者、运营管理者、建设单位的需求等因素,确定交通组织方案。

7.1.4 应在保障养护路段及周边道路交通运行流畅前提下合理压缩施工工期。

7.1.5 项目实施时宜根据实际情况进行动态调整,完善交通组织方案。

7.1.6 交通组织总体方案编制应包含但不限于交通分析与预测、交通组织方案设计、交通组织方案执行与管制三项内容。

7.1.7 交通组织封闭方案编制完成时应根据方案规定绘制现场交通管制图。

7.2 交通分析与预测

7.2.1 交通分析

交通分析按以下三步展开:

- a) 明确项目路段及关联区域交通出行起讫点和交通组成,包括内内出行、内外出行以及过境出行汽车流量和黄牌货车流量占比情况;
- b) 统计分析项目路段及关联区域交通流量时间分布特征及相应车辆出行构成;
- c) 判定车辆出行方向及主要分流路段。

7.2.2 流量预测

根据项目路段及主要分流路段的交通组成及交通流量数据,按增长率法进行预测:

- a) 将项目路段及各分流路段不同车型的交通流量数据按时间顺序排列起来,构成一个时间序列;
- b) 统计并分析该时间序列的动态变化率,确定各路段各车型交通流同比变化因子;
- c) 根据上一年各路段交通流数据,结合变化因子,预测施工期间各路段自然状态下交通流量。

7.2.3 通行能力和服务水平分析

7.2.3.1 大流量判定

当项目路段日服务水平达到三级时即可认定为达到“大流量”或者当项目路段高峰小时流量达到表2所示时即可认定为“大流量”。

表2 高速公路路段服务水平分级

车道数（单侧）	高峰小时交通量（pcu/h）		
	设计速度 120km/h	设计速度 100km/h	设计速度 80km/h
4 车道	5133	4848	4562
3 车道	3850	3635	3422
2 车道	2566	2424	2281

7.2.3.2 交通状态分析

分析分流路段分流期间运营状态，以此衡量分流路段是否具备分流能力，具体通过服务水平、拥堵长度的计算来评判，各因素影响下高速公路集中养护工程作业区道路通行能力计算方法参见附录A、附录B。

7.3 交通组织方案设计

7.3.1 设计要求

7.3.1.1 适应性

交通组织方案设计的适应性应遵循以下规定：

- 应保证区域路网交通流稳定通畅，维持必要的道路通行能力和服务水平；
- 应保证施工组织有效运行和施工进度的合理推进，减少对区域路网内正常交通的影响。

7.3.1.2 整体性

应从路网全局角度出发，将项目路段局部道路通行能力不足的问题，扩大到区域路网实施交通分流来解决，保证交通流量有组织、均衡化分流疏散，避免交通流量过度集中导致拥堵。

7.3.1.3 多级分流

多级分流按以下三个层次执行：

- 强制分流与诱导分流相结合。当分流时需兼顾到可操作性与周边道路的承受能力时，应采用强制分流与诱导分流相结合的管制方式，通过区域路网的枢纽立交与互通进行诱导分流，同时在部分路段实施强制分流。
- 出口分流与入口管控相结合。高速公路路段集中养护期间，根据入口分流和出口分流的利弊，采用出口分流和入口分流相结合的方法，对于项目路段周边互通，通过互通出口与互通入口诱导分流车辆。
- 高速公路与普通公路相结合。采用高速公路分流和地方道路分流相结合的方式，有效降低平行高速和地方道路的通行压力。

7.3.2 路段级交通组织设计要求

路段级交通组织设计应包含并符合以下规定：

- 应结合施工标段、行政区划、养护作业分布、施工方案确定区段划分；
- 应在保证施工安全和工期的前提下，做好施工标段间、区段间的交通协调；
- 应对工程实施期间施工与运营车道的相关干扰度进行分析，并提出有效解决方案。

7.3.3 路网级交通组织设计要求

路网级交通组织设计应包含并符合以下规定：

- 应对施工期既有公路及周边路网各自的通行能力、服务水平及可具备的分流能力进行分析；

- b) 路网级交通组织设计应包括分流路径、分流车型、分流交通量、诱导点、分流点、管制点设置等内容。

7.3.4 典型交通组织模式

7.3.4.1 单向部分封闭，分流特定车辆

单向部分封闭，施工侧路面行车道根据施工侧车道数而定，对向车道数不变，主要适用于对施工周期要求不高、白天高峰时段交通压力相对较小的路段。

7.3.4.2 单向全幅封闭，借道通行，双向分流特定车辆

双向分流特定车辆，将高速公路单方向所有车道实施施工封闭，并借用对向车道通行，具体借用车道数需根据对向车道的总车道数而定，主要适用于对施工周期要求较高，且分流特定车辆后交通压力不大的路段。

7.3.4.3 单向中断交通，单向分流全部车辆

将高速公路施工侧路段完全中断，将原施工侧交通全部分流到其他道路；单向施工完成后，开放该方向车道后转换封闭方向，实施另一侧封闭，中断另一方向交通，将通行车辆分流至其他道路，主要适用于对施工周期要求较高、周边路网分流条件较好的路段。

7.3.4.4 双向中断交通，分流全部车辆

将高速公路养护项目路段两个方向完全中断，将原有交通全部分流到其他道路之后，组织实施养护施工工程，主要适用于对施工周期要求较高、周边路网分流条件很好的路段。

7.3.5 交通组织模式选取

7.3.5.1 基本流程

交通组织方案设计流程按交通组织需求分析、多方案比选和方案决策三个步骤开展，流程见图2。

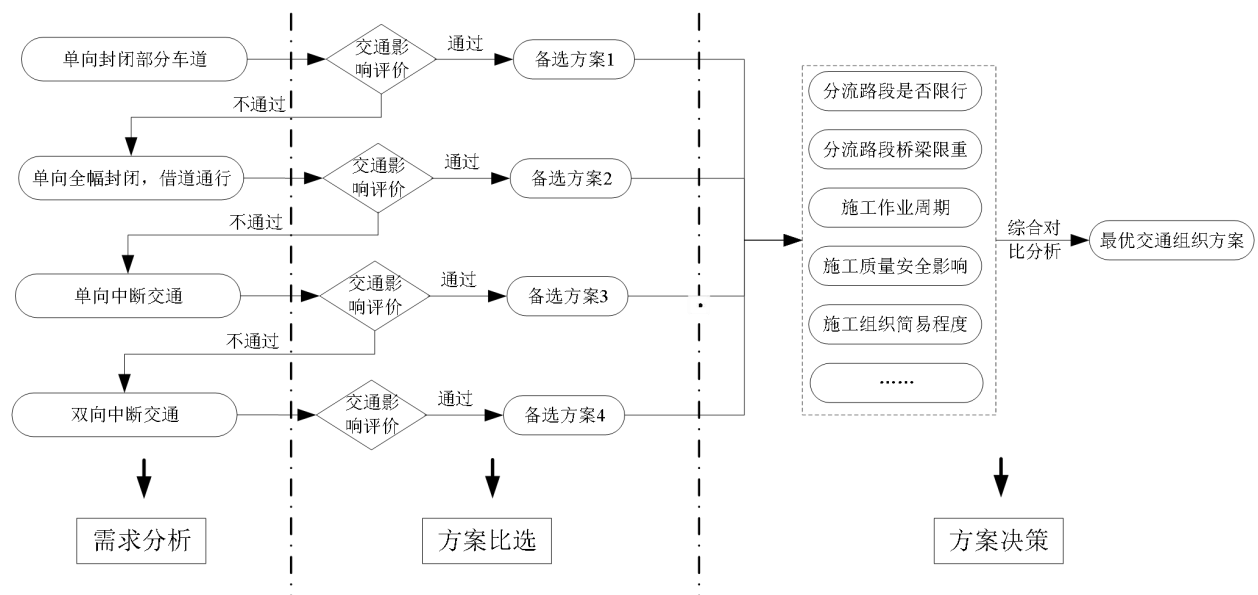


图2 交通组织方案设计流程图

7.3.5.2 具体实施步骤

具体实施应按以下步骤执行：

- a) 交通组织需求分析。根据施工作业路段的客观情况进行交通组织形式分析，明确交通组织方案设计基本要素，应从养护路段周边影响、施工基本情况及保障体系等方面综合评价，初步选择符合要求的交通组织方式，见表 3 所示。

表 3 四种典型交通组织方式综合评价

评价体系	单向封闭部分车道	单向全幅封闭 借道通行	单向中断交通	双向全封闭
交通养护路段影响	▲	△	△	○
对分流路段影响	△	△	▲	×
施工期	▲	△	△	○
安全性	×	△	○	○
经济性	△	○	○	○
社会性	▲	△	△	○
质量保证	×	○	○	△
施工体系	○	△	△	▲
交通管理者指导	×	▲	△	○

注：“×”表示影响很大，“▲”表示影响较大，“△”表示影响较小，“○”表示基本无影响。

- b) 多方案比选。根据初判交通组织方式，从养护路段交通流量、车道数、通行能力等方面，结合养护地区高速路网交通运行状态，进行封闭车道数由少到多、交通管制措施由弱至强的设计方案比选。交通影响评价通过道路饱和度及拥挤程度来综合评定，以“组织通畅”为原则筛选形成备选方案。具体计算方法参见附录 A、附录 B。

- 1) 单向封闭部分车道交通组织模式，流程见图 3 所示：

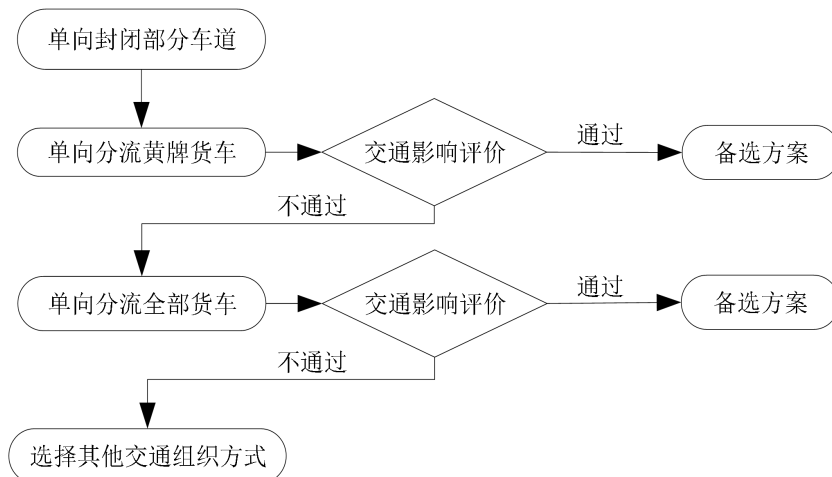


图 3 单向部分封闭组织流程图

- 2) 单向全幅封闭，借道通行交通组织模式，流程见图 4 所示：

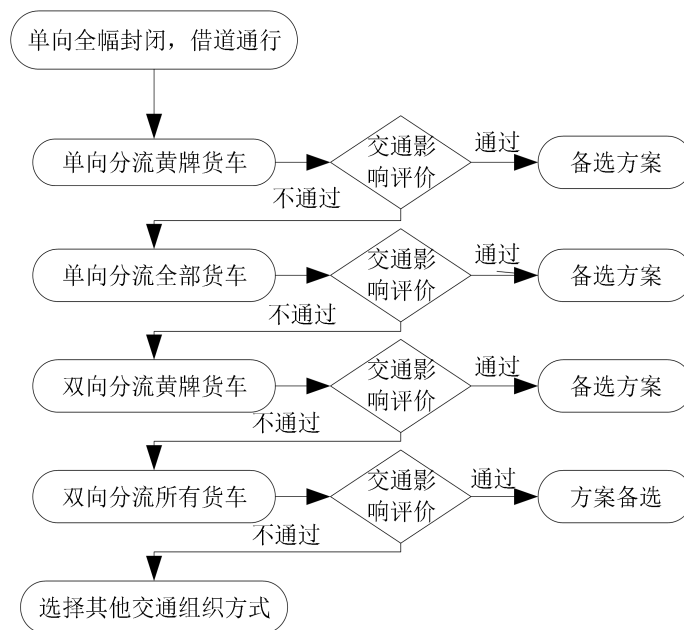


图4 单向全幅封闭，借道通行组织流程图

- 3) 单向中断交通组织模式，遵循交通影响评价判定是否满足备选方案条件；
 - 4) 双向中断交通组织模式，遵循交通影响评价判定是否满足备选方案条件。
- c) 方案决策。根据项目路段实施需求，以分流路段是否限行、分流路段桥梁限重、施工作业周期、施工质量安全影响、施工组织简易程度为评定指标，选定最优交通组织方案。在最优交通组织模式决策过程中还应按以下要求对方案进行适时调整：
- 1) 项目路段交通影响：预测项目路段交通流量，对比分析道路施工前与施工期间的通行能力，着重关注以下指标：
 - ① 服务水平：施工期间，若项目路段服务水平达五级或六级（ $V/C > 0.9$ ）时，发生拥堵，应调整交通组织方案或采取相关交通管制措施，参见附录 A；
 - ② 车速：施工期间，项目路段车速至少应保持 20km/h，如低于 20km/h，应调整相应交通组织方案或采取相关交通管制措施，参见附录 B；
 - ③ 排队长度和时间：施工期间，排队长度应小于 5km，若高峰小时排队大于 5km 且持续时间超过 120min，应调整交通组织方案或采取相关交通管制措施，参见附录 B。
 - 2) 关联区域交通影响主要从以下两方面执行：
 - ① 服务水平：施工期间，若分流路段服务水平达五级或六级（ $V/C > 0.9$ ）时，发生拥堵，应调整交通组织方案或采取相关交通管制措施，参见附录 A；
 - ② 调查分流路段是否有限货规定或有危桥存在，有则不具备分流条件，应考虑调整相应交通组织方案。

7.4 分流节点设置要求

7.4.1 交通诱导点

交通诱导点按以下几方面设置：

- a) 分流对象：一般针对省际层面远程过境交通，区域路网各主要高速公路交通；
- b) 分流点设置：设置在项目影响区外围路网的重要节点处；
- c) 分流措施：主动诱导交通，尽量分流过境交通，不要求交通管理人员值勤。

7.4.2 交通分流点

交通分流点按以下几方面设置：

- a) 分流对象：一般针对中途过境交通，与区域干线路网有关的交通；
- b) 分流点设置：布设在沿养护项目路段和影响区内路网的主要枢纽互通或交叉口；
- c) 分流措施：以渠化和被动疏导交通为主，提示过往车辆择路绕行，并考虑设置必要交通工程设施。

7.4.3 交通管制点

交通管制点按以下几方面设置：

- a) 分流对象：主要针对日常选择养护施工段为必要途径的短途交通；
- b) 分流点设置：设置在施工段沿线分流区域内所有互通入口，包括与地方相连的互通入口以及特殊的项目路段及施工点；
- c) 分流措施：强制交通管制为主，强制疏导主线与关键相交路段各方向车辆，需配置相关标志标线和交通救援设施设备用于管理交通。

8 施工组织方案编制

8.1 一般规定

- 8.1.1 应保证施工前期部署与准备精细且全面。
- 8.1.2 应保证安全工作贯穿施工管理、组织设计和技术工作全过程。
- 8.1.3 施工期间，应合理调度工种、工序、资源材料，保障施工现场协调畅通，精确划分施工进度计划，提升施工效率，严格控制工期。
- 8.1.4 施工组织方案应具体到路面铺设摊铺顺序、碾压方式及施工采用的新技术、新材料的控制方法。
- 8.1.5 同类型与不同类型养护作业宜遵循相同实施过程。
- 8.1.6 施工组织方案编制应包含但不限于施工部署与准备、施工方案决策和施工组织方案三项内容。

8.2 施工组织决策

施工前应全面分析养护工程的项目基础需求与实施条件，依据施工决策流程指导施工组织方案的编制，集中养护施工组织决策流程按以下步骤执行，见图5所示，决策框架见表4所示：

- a) 一级决策：根据交通组织方案确定合理施工组织封闭方式；
- b) 二级决策：分析养护工作量分布与单项养护作业标准用时，确定施工工期；
- c) 三级决策：建立养护作业类型与养护技术匹配关系，优化养护作业面集约组合并确定其施工工序；
- d) 四级决策：保证施工组织适时动态调整，保障施工资源合理配置。

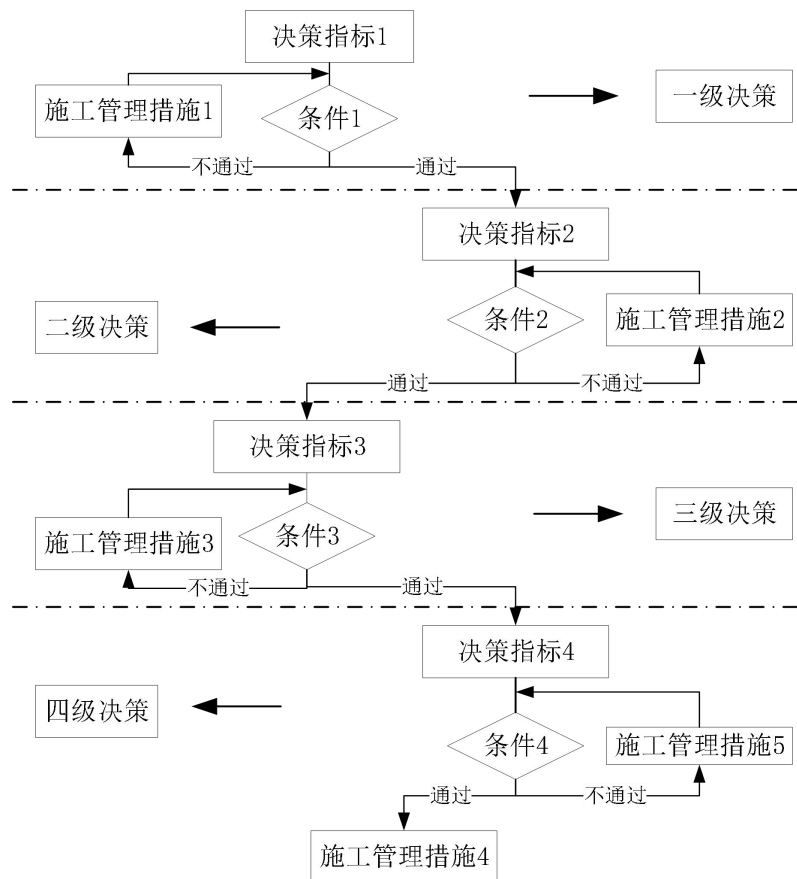


图5 施工决策流程图

表4 高速公路集中养护施工组织决策树分级框架

指标等级	相应指标	决策标准	不满足标准
一级决策	封闭方式	进入二级决策	针对性处理
二级决策	工程量分布及养护作业标准用时	进入三级决策	针对性处理
三级决策	集中养护技术与作业面要求	进入四级决策	针对性处理
四级决策	人、机、材资源调配	/	施工组织调整，以不影响施工质量和既定工期为优先级

8.3 施工基础分析

8.3.1 施工环境

施工环境分析包括：

- 调研养护项目所在地区季节温度、降雨等恶劣天气与施工日期的关系，宜选取降雨量、降雪量温度等恶劣天气相对较少的时期进行养护施工；
- 调研养护项目区域内的道路条件、施工运输路线等基础设施配套情况，使之与施工作业相匹配。

8.3.2 施工信息

8.3.2.1 资料收集

根据施工进度计划，应从以下几方面整理养护项目信息：

- 养护内容及对应工作量；

- b) 养护作业时效性、规律性；
- c) 养护作业长度、面积；
- d) 养护作业连续性。

8.3.2.2 判定集中养护类型

综合分析养护信息，判断项目路段关联区域的交通封闭条件，结合养护作业的规模、技术复杂程度及施工作业连续性，确定属于路段级集约养护或路网级集中养护，见图6所示。

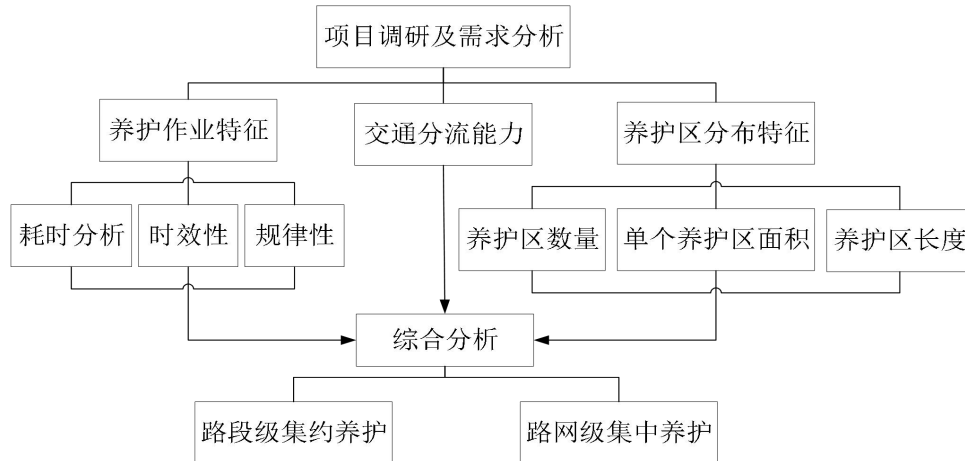


图6 集中养护分类分析

8.3.3 施工资源匹配

施工组织方案应对周边资源要素进行确认，以保证满足集中养护施工的实施条件。

8.4 施工工序编排

8.4.1 标准用时统计

建立养护作业标准用时按以下步骤执行，养护作业标准用时统计见表5所示：

- a) 分解养护项目对应的养护作业类型；
- b) 对各养护作业类型用时标准进行统计和管理。

表5 养护作业标准用时统计

类型	养护项目	工效	说明：
裂缝处理	铣刨	10分钟/处（每小时6处）	/
	处理	30分钟/处（每小时2处）	1. 待一个裂缝铣刨结束，立即组织人员进行后续清理，贴布，混合料的回填 2. 多车道全幅裂缝按1, 2车道及3车道分割，分2次施工
车道维修	铣刨	7米/分钟（420米/小时）	铣刨一段落后开始紧跟清扫
	清理	5米/分（300米/小时）	/
	洒油	10米/分（600米/小时）	清扫干净后，开始粘层油的洒布
	摊铺	3米/分（180米/小时）	粘层油养生完成后，黏贴自粘式聚酯玻纤布并摊铺
	碾压	8×10^{-4} 米/分（0.048米/小时）	分为初压、复压和终压三个阶段
薄层罩面	铣刨	7米/分（420米/小时）	2台铣刨机梯队作业，以300米为一段
			流水铣刨，具备条件后即刻进行清扫

类型	养护项目	工效	说明:
	清理	5米/分(300米/小时)	铣刨一段落后2台清扫车紧跟清扫
	应力吸收层	36m ² /分(2160m ² /小时)	300米段面清扫干净后,用2台同步封层车进行应力吸收层施工
	摊铺	3米/分(180米/小时)	应力吸收层养生完成后,开始摊铺
	碾压	8*10 ⁻⁴ 米/分(0.048米/小时)	分为初压、复压和终压三个阶段
标线施工	水线	3小时/公里	罩面一个段面,养生一段时间后,开始划水线
	划线	70m ² /小时	2台划线机,待罩面养生具备条件后,开始标线的施工
交安设施更换	打桩	每个班组4分/根(15根/小时)	/
	安装	每个班组3分/板(20块/小时)	/
	拆除	每个班组3分/板(20块/小时)	/
路肩硬化	切边	每个班组60m/小时	/
	立模	每个班组60m/小时	/
	浇注	每个班组60m/小时	/
绿化带整形	修剪	5米/分(300米/小时)	/
附属设施更换	指示牌	在路面作业等主要工程的间隙中穿插施工	/
	照明灯柱		/
	构件		/

8.4.2 建立集约矩阵

建立集约化养护矩阵按以下步骤执行,样表见表6所示,案例参见附录E:

- 基于养护施工特点,对养护作业类型进行施工顺序的关联和分类管理;
- 以施工作业是否可同时进行为准则,初步匹配建立施工作业面;
- 统计同一作业面内养护类型的分布区域及耗时标准,以本作业面内养护类型的最大标准耗时作为单项养护作业实施的标准用时。

表6 集约化匹配

养护工作内容	B									
	裂缝处理	车道维修	薄层罩面	标线施工	护栏施工	路肩硬化	交安设施更换	绿化修剪	附属设施更换	...
A	裂缝处理	/								
	车道维修		/							
	薄层罩面			/						
	标线施工				/					
	护栏施工					/				
	路肩硬化						/			
	交安设施更换							/		
	绿化修剪								/	
	附属设施更换									/
	...									

注:以“好、中、差”三种程度来评价不同类养护工作之间的集约适宜性,其中,“好”代表在A工作基础上,非

常适宜加入B工作；“中”是指在A工作基础上，可以加入B工作，但效果不是很好；“差”是指在A工作基础上，无法加入B工作。

8.4.3 施工技术优选

以“快速”、“适用”、“耐久”、“可控”为评判维度，从路面养护、桥梁养护、隧道养护、绿化、交安设施养护以及沿线设施六个方面优选集中养护施工技术，参见附录E。

8.4.4 确定施工实施次序

8.4.4.1 以养护工程的进度与质量保证为目标，对各单项作业面内涉及的集中养护技术进行优化选择，建立养护作业类型和技术组合的匹配关系，并优化调整各单项作业面的施工标准用时。

8.4.4.2 根据施工现场条件，选取各单项作业面内养护类型最先开展的项目作为本作业面实施的最早开始时间，并对各作业面的最早开始时间进行先后排序，以养护施工可行性、质量可控性、成本合理性及总施工工期耗时最小为原则综合确定各作业面的实施次序。

8.5 组织方案制定

8.5.1 施工规划

8.5.1.1 施工部署

施工前期部署遵循以下要求：

- a) 明确组织机构构成、落实项目管理层、各部门职责划分；
- b) 制定集中养护总体进度计划，绘制施工进度计划图、施工总计划图、总横道图、每日施工段落图、每日施工横道图等；
- c) 制定资源配置计划，包括人员配置计划、机械设备配置计划、材料配置计划三项内容。

8.5.1.2 施工准备

从组织管理、现场安排、技术层面落实施工前期准备工作：

- a) 组织上配备业务能力强、经验丰富的管理、技术人员及专职安全管理人员，保证团队技术水平；
- b) 根据施工进度计划，切实安排好现场材料、设备的堆放点设置，保证应用期间便捷充足；
- c) 编制详尽交通疏导方案并保证于施工前审查通过；
- d) 技术层面保证制定的方案及工序、设计的图纸经专业技术人员审查并做好技术交底工作；
- e) 配备的相关规范性文件齐全有效。

8.5.2 施工作业区划分

施工作业控制区布置应当考虑作业的内容与要求、时间和周期、交通量、施工质量等因素，按照警告、上游过渡、缓冲、工作、下游过渡和终止六个区布置，具体布置要求参见JTG H30，交通标志的设置应当合理、前后协调，起到渠化和引导车流平稳过渡的作用。

8.5.3 施工平面布置

集中养护施工平面布置包括：

- a) 根据各作业面的实施次序，确定施工阶段，划分施工区域和场地；
- b) 结合养护技术与作业面的高效匹配，合理配备施工资源，动态调整施工现场布置，基于此绘制施工车辆进出图、施工区域内夜间施工机械车辆停靠图、材料堆放图等。

9 实施与管控

9.1 一般规定

- 9.1.1 集中养护工程应按施工组织方案合理实施，以工序质量保证项目质量，确保工程质量满足合同、技术规范等要求。
- 9.1.2 集中养护实施过程中应科学梳理工程关键风险点与影响工期的关键因素，采取合理的调整措施，保证工程顺利实施。
- 9.1.3 集中养护实施前应编制质量、进度、安全管控的计划，并在实施过程中形成管控要求。
- 9.1.4 集中养护实施与管控包括质量实施与管控、进度实施与管控、安全实施与管控三项内容。

9.2 质量实施与管控

9.2.1 一般规定

- 9.2.1.1 开展工序自检，及时申请中间检验，检验合格后，方可进行下道施工工序，对不合格工序和各类质量问题进行及时整改。
- 9.2.1.2 如实做好施工有关的原始记录、试验检测结果记录、数据计算、汇总等。

9.2.2 人员管控

人员管控遵循以下步骤执行：

- a) 根据养护作业要求，工程实施前应设立质量管理小组，明确项目经理、总工、管理人员、技术人员和作业人员的岗位职责；
- b) 根据施工计划与周期，编制各项施工作业流程图及相关作业指导书，指导施工人员施工行为；
- c) 技术人员、管理人员及作业人员应参加技术交底，熟悉施工组织设计、进度计划及相关施工方案的技术要求，项目部可适时开展相关技术、教育培训与考核；
- d) 项目管理人员和作业人员名单报监理组及路桥单位审核，关键岗位及特种作业人员须持证上岗，且人证应相符；
- e) 施工期间应定期召开施工例会。

9.2.3 机械设备管控

机械设备管控遵循以下步骤执行：

- a) 根据养护工程特点配置足够数量的机械设备，其数量、功能、性能应满足工程需求，且需经验收合格后方可进场作业；
- b) 施工机械和车辆均应张贴或佩挂识别标牌，摊铺机、压路机等机械还应附操作说明和注意事项，使用期间指定专人负责维修、保养；
- c) 运输车辆与摊铺碾压机械应纳入信息化管理系统，对其运行轨迹、速度、温度等参数进行实时监控；
- d) 施工机械进场应根据施工组织方案合理安排，按施工工序依次进场作业，施工完毕应存放在指定位置。

9.2.4 材料管控

材料管控遵循以下步骤执行：

- a) 根据养护作业工程数量与规模制定原材料需求计划和供应计划，选择社会信誉好、质量可靠、货源稳定的供应商；
- b) 原材料进场前应安排施工方、监理及第三方检测单位按批次进行检测，对沥青等重要原材料应安排多方驻场检测，检测合格后方可进场使用，原材料检测不合格严禁进场使用；

- c) 材料进场后应分类储存、界限分明、标识清楚、符合相应材料的存放要求，易燃易爆等特殊材料要单独存放，按规定保管；
- d) 原材料使用过程中应建立巡查与抽检制度，按材料质量要求加强检测频率，并建立原材料检测及使用档案。

9.3 进度实施与管控

9.3.1 施工前期进度管控

施工前期进度管控应遵循以下规定：

- a) 施工进度计划应根据养护作业数量、养护技术难度、施工资源调配能力及影响工期的关键因素等综合制定，并提出主要人员、机械及材料的进度安排和供应要求；
- b) 施工进度计划应绘制工程总体计划图、工程总体横道图、日施工段落图、日施工横道图等，明确工程进度计划的目标；
- c) 施工进度计划应包含施工计划与管理计划，施工计划应明确养护工程的关键工序、作业衔接流程及控制措施，管理计划应明确管理的重点环节及必要的保障措施。

9.3.2 施工期间进度管控

施工期间进度管控应遵循以下规定：

- a) 施工进度计划调整应按照“计划、实施、检查、比较分析、方案调整、再计划”的流程进行动态纠偏；
- b) 施工进度控制应建立自检互检制度和每日例会制度，即时分析、研究施工偏差情况，及时更新管理措施和资源保障计划；
- c) 施工进度控制应加强信息化管理手段的应用，即时监控施工实际进度信息并进行弹性管理，保证进度控制信息及时反馈。

9.4 安全实施与管控

9.4.1 施工前期安全管控

施工前期安全管控应遵循以下规定：

- a) 建立集中养护工程项目的施工安全管理保障体系，成立安全管理小组，编制施工安全管理制度，落实安全生产责任制；
- b) 按照 JTG H30、DB32/T 1363 等规定进行养护施工作业控制区的安防设施布置，切实做好施工现场的交通组织和管理工作；
- c) 施工前进行班组安全培训教育，提高作业人员的安全防范意识和能力；
- d) 编制安全风险源识别清单，对重大危险源制定应急预案，并开展必要的应急预案演练。

9.4.2 施工期间安全管控

施工期间安全管控应遵循以下规定：

- a) 施工时加强安全管理，配置必要的安全防护用品，保障施工人员作业现场安全，施工机械停放时应在指定位置进行警示围挡；
- b) 施工时安全员应对施工作业控制区、强制分流点或诱导分流点等关键位置的标志标牌指引及施工作业人员行为进行安全检查，及时消除安全隐患；
- c) 夜间施工时应加强照明设施及工作区作业内外车辆的安全引导管控，严禁疲劳作业；
- d) 发生安全事故时应按既定应急预案实施，并按有关安全事故的报告程序执行，协助做好事故处理工作。

10 组织保障

10.1 前期保障

10.1.1 信息保障

高速公路集中养护作业的信息发布方式包括但不限于：

- a) 线上线下相结合：线上可利用可变信息标志、交通广播、网络媒体、临时性交通标志等沿线设施、信息服务平台，及时发布前方公路或区域路网内的养护作业信息，线下安排专职人员在分流点引导疏通；
- b) 与高德或其他地图实时对接，根据交通流量数据作即时分析，为道路使用者推荐合理绕行路线，均衡路网压力。

10.1.2 管理保障

规范“一路三方”施工前期的协调沟通的主要内容，协商合理的配合机制，形成统一的认识和执行预防方略，主要遵循以下步骤执行，流程见图7所示：

- a) 高速公路经营管理公司根据道路状况向高速公路经营管理公司上级主管单位申请养护项目；
- b) 高速公路经营管理公司上级主管单位批准养护项目申请；
- c) 高速公路经营管理公司委托养护公司作为施工方进行施工图与施工组织方案设计，委托咨询单位做交通组织方案设计；
- d) 咨询单位针对养护路段实地调研，搜集养护路段相关情况；
- e) 组织召开交通组织方案讨论会并形成统一意见；
- f) 根据与会意见修改、完善交通组织方案后进行申报；
- g) 根据审核意见，由省交通运输厅审批处参与，组织召开审查会，确定交通组织方案终稿；
- h) 申报后经审批合格后，由省交通运输厅执法局出具“准予交通行政许可决定书”；
- i) 携“准予交通行政许可决定书”至省交通运输厅审批处与公安厅分别盖章；
- j) 组织召开“一路三方”工作布置会。

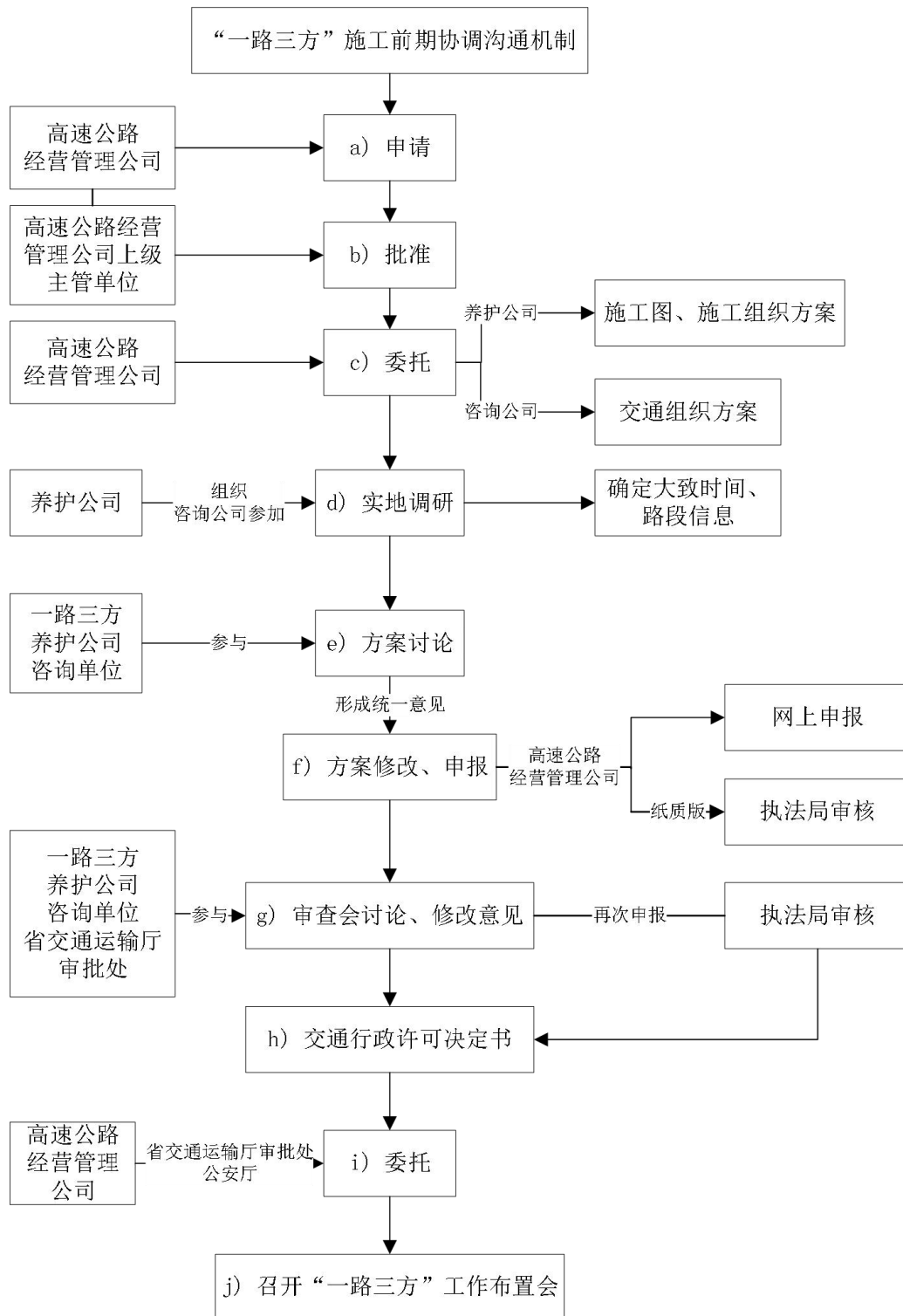


图7 协作流程图

10.1.3 安全保障措施

施工前期安全保障措施主要包括：

- a) 规范设置标志标线，参见《江苏省公路项目路段管理办法》；
- b) 根据项目路段实际境况，编制应急预案；
- c) 制定施工建筑材料堆放位置、机械设备停放场地及施工作业车辆出入线路等方案；

- d) 制定项目路段防灰尘、防污染、降噪音以及运输建筑材料车辆防抛洒、防超限措施。

10.2 期间保障

10.2.1 多方协同保障

“一路三方”施工期间的联动协作应遵循以下规定：

- a) 定期召开各方碰头会议，整合“一路三方”各部门人、车、路的管理职责与执法手段；
- b) 分析联勤联动工作中存在的问题，寻求有效解决途径，按照职责分工及时处置；
- c) “一路三方”各部门应及时上报近期工作开展情况，如需要相关部门配合提前发函，接函部门应积极配合发函部门工作，完善协作机制。

10.2.2 安全保障措施

施工期间的安全保障措施主要包括：

- a) 作业区内施工期间的安全保障措施：
 - 1) 专业施工车辆及机械应安装警示灯，喷涂明显标志图案，施工作业时，应开启警示灯和危险报警闪光灯，夜间停放应有照明设施和反光警示标志；
 - 2) 注重现场作业区的标识与保护，施工单位在作业区放置标识牌和锥形桶，防止现场车辆错误驶入作业区，影响工程进度和质量；
 - 3) 项目路段标志、标线、安全防护、环境保护设施的设置应当规范合理，施工未完成之前，不得撤除或者改变安全设施的位置、扩大或者缩小施工作业控制区范围。
- b) 作业区外施工期间的安全保障措施：
 - 1) 交警、路政联合在封闭项目路段前方进行警示疏导，避免引发交通事故；
 - 2) 指挥中心全程关注各强制与诱导分流点附近道路通行状况，发现异常及时指挥调度；
 - 3) 各地方养护部门在控制分流点附近优化养护施工安排，减少叠加施工对道路保畅的影响，全力配合和保障集中养护作业的顺利开展。

10.3 后期保障

组织人员，撤除施工机械用具及临时防护设施，恢复路面交通。

11 总结与评估

11.1 交通组织评估

调查实施交通组织方案的道路实施前、实施后交通运行状态，并进行评估验证，对比评价交通组织方案实施效果，评价内容包括：

- a) 路段饱和度：实际交通流量与饱和流量之比；
- b) 平均行程时间：车辆通过某一特定长度路段所耗费时间的平均值（包括信号控制和交通拥堵造成的延误）；
- c) 平均行程速度：行驶某一特定长度路段内全部车辆的车速平均值；
- d) 停车次数：车辆通过某一特定长度路段停车次数的平均值；
- e) 拥堵长度：因交通流量在某一路段集中而导致拥堵的覆盖长度；
- f) 交通拥堵率：在特定时间段内关联区域路网处于拥堵状态道路里程之和与所有道路里程之和的比值。

11.2 施工组织评估

11.2.1 施工组织合理性评估

评估内容包括：

- a) 施工组织形式：根据项目路段养护作业区分布特征（零散、密集）、养护技术实施需求等综合评估；
- b) 施工工期：根据各个养护作业修复耗时综合评估；
- c) 工序衔接：通过对集约化作业面之间是否存在交互影响进行评估。

11.2.2 施工进度评估

根据施工工程量进行评价，对每日施工计划工作量与实际工作量进行对比分析评估施工进度。

11.2.3 施工质量评估

高速公路集中养护质量检验与评定参见DB32 T945。

11.3 安全保障评估

评估内容包括：

- a) 对养护工程交通、施工组织实施过程中的风险源进行识别与分析；
- b) 对养护工程中的主要危险单元选用合适的分析、评估方法进行分析评估；
- c) 对养护工程施工期间安全防控设施的规范性进行评估；
- d) 对养护工程交通、施工组织实施是否满足安全生产要求做出结论；
- e) 对养护工程安全效益进行测算评估。

11.4 综合效益评估

11.4.1 经济效益

11.4.1.1 施工企业损益计算

集中养护施工成本损益计算包括工程施工中的人工费、材料费、机械费及施工周转效益，鉴于材料投入是定量的，成本损益主要进行人工费、机械费及施工周转效益的叠加比较：

- a) 人工费损益计算。根据集中养护模式与传统养护模式下日均人员分配和工程耗时，结合工程建设标准定额中人工台班费综合计算（与实际项目有出入，则以实际项目人工费为准）；
- b) 机械费损益计算。根据集中养护模式与传统养护模式下施工机械使用需求量，结合工程建设标准定额中机械台班费综合计算；
- c) 施工周转效益计算。根据单位工程集中养护与传统养护施工周期进行年度产值的计算，按周转率提升产值的增长额核算施工企业的综合效益。

11.4.1.2 运营企业损益计算

集中养护模式通过合理优化交通组织，有效分配既有交通流量，压缩了施工工期，以传统养护状态下道路使用者在施工期间交通行驶费用为基准，测算集中养护施工期间道路使用者交通行驶费用，差值即损益。

11.4.1.3 价值损益计算

从延误时间损失和行驶经费损失两方面展开，具体计算方法参见附录D。

11.4.2 社会效益

从环境、资源、社会影响等因素综合评价集中养护社会效益，具体考虑如下：

- a) 对环境的绿化保护作用和对资源节约、节能高效的促进作用；
- b) 对施工期间道路使用者的影响，主要体现于容忍度和对养护工程的接纳度，宜通过问卷调查、舆情收集、座谈问询等方式从以下几个角度进行分析：
 - 1) 对居民生活的影响；
 - 2) 对施工周围居民出行需求的影响；
 - 3) 对正常驾驶人员出行感受影响；
 - 4) 对周围环境影响；
 - 5) 对基础设施提升的影响；
 - 6) 居民对绕行费用的接纳度；
 - 7) 施工期间被投诉频次。

附 录 A
(规范性)
通行能力测算

A.1 通行能力

依据《公路工程技术标准》(JTG B01-2014)、《公路路线设计规范》(JTG D20-2017)和《交通工程手册》中有关规定,同时收集其他类似道路相同组织形式下的通行能力实测数据作为参考,通行能力可按下式计算:

$$C_{\text{实}} = C_{\text{基}} \times N \times f_w \times f_{hv} \times f_p \quad (\text{A-1})$$

式中: $C_{\text{实}}$ —单向实际通行能力, veh/h;

$C_{\text{基}}$ —单条车道基本通行能力, pcu/h。根据我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2014),基本通行能力取五级服务水平条件下对应的最大小时交通量,速度不同,取值不同,设计速度为 120km/h,取 2200pcu/ln/h;设计速度为 100km/h,取 2100pcu/ln/h;设计速度为 80km/h,取 2000pcu/ln/h;施工期间取 1800pcu/ln/h;

N —高速公路上单向车道数;

f_w —行车道宽度和侧向净空影响的修正系数,施工期间取 0.94;

f_p —驾驶员总体特征影响的修正系数,施工区间取 0.95;

f_{hv} —交通流中大型车辆对通行能力的修正系数。该系数可按下式计算:

$$f_{hv} = 1 / [1 + \sum P_i * (E_i - 1)] \quad (\text{A-2})$$

P_i —车型 i 的交通量占总交通量的百分比;

E_i —车型 i 的车型折算系数。

附 录 B
(规范性)
拥堵长度测算

B.1 拥堵长度

本次研究中高速公路拥堵长度模型借鉴日本阪神高速拥堵长度计算方法，如下式所示：

$$l = 4.7 \times (100 - T) + 12 \times T \quad (\text{B-1})$$

$$s = l + \frac{v}{3.6} r + \frac{0.00394v^2}{f} \quad (\text{B-2})$$

$$L = \frac{\Delta q}{(1000/s_1) - (1000/s_2)} \times t \quad (\text{B-3})$$

式中： l —为平均车辆长度（小型车 4.7m；大型车 12.0m）；

T —大型车混入率；

S —平均车头间隔，m；

R —驾驶反应时间，取 1s；

f —纵滑摩擦系数，取值见表 B.1 所示；

L —预测拥堵距离，km；

S_1 —拥堵时平均车头间隔，m；

S_2 —非拥堵时平均车头间隔，m；

Δq —超过容量的台数；

t —为单位时间，一般为 1 小时。

结合国内标准及有关学者对制动距离、反应时间等方面的研究成果对拥堵长度进行修正。在车辆制动距离方面，王伟等认为制动距离主要与车速、道路纵坡以及附着系数有关；在反应时间方面，潘宇凡、贾建林等人通过实验得出驾驶员在正常行驶中反应时间在 0.8~1.9s 左右；吴斌基于自然驾驶数据研究得出在紧急情况下反应时间在 0.4~1.2s 左右，结合以上学者研究成果修正后计算方法如下，纵滑摩擦系数 f 取值见表 B.1：

$$L = \frac{(Q_{\text{预}} - C_{\text{实}} \times t)}{(1000/S_1) - (1000/S_2)} \quad (\text{B-4})$$

$$S_1 = l + \frac{v_1}{3.6} r_1 + \frac{0.00394v_1^2}{(f \pm \phi)} \quad (\text{B-5})$$

$$S_2 = l' + \frac{v_2}{3.6} r_2 + \frac{0.00394 v_2^2}{(f \pm \varphi)} \quad (\text{B-6})$$

式中： L —预测拥堵距离， km；

$Q_{\text{预}}$ —项目路段某小时预测流量， pcu/h；

$C_{\text{实}}$ —单向实际通行能力， pcu/h；

T —单位时间， 一般为 1 小时；

l' —标准车车辆长度， 参照《公路工程技术标准》(JTG B01-2014) 选取 6m；

v_1 —拥堵时平均车速， km/h；

v_2 —非拥堵时平均车速， km/h；

r_1 —拥堵时驾驶员反应时间， 0.5~1s；

r_2 —非拥堵时驾驶员反应时间， 0.8s~1.4s；

f —纵滑摩擦系数， 取值见表 B.1 所示；

φ —道路纵坡度 (%), 上坡为正， 下坡为负。

表 B.1 纵滑摩擦系数 f 取值表

速度	f
90km/h 以上	0.25
80 km/h	0.31
70 km/h	0.30
60 km/h	0.33
50 km/h	0.35
40 km/h	0.35
35 km/h	0.40
30 km/h	0.45
20 km/h	0.45
10 km/h	-0.45

附录 C
(规范性)
交通影响评价指标

C.1 交通影响评价指标

基于《公路工程技术标准》(JTG B01-2014)中有关规定,认为当项目路段及分流路段的日流量服务水平达到五级或六级时($V/C > 0.9$),项目路段处于拥挤状态,则需调整相应组织方案或采取相应交通管制措施,下面结合不同的交通组织方案介绍V/C计算方式。

C.1.1 单向部分封闭,单向分流特定车辆

该施工组织方案对于交通的影响应该满足式C-1要求:

$$\begin{cases} x_{\text{施}} = \frac{Q - Q_0}{C_{\text{单实}} \times (N - N_1) + C_{\text{应}}} \\ x_{\text{分}} = \frac{Q_{\text{原}} + Q_{\text{分}}}{C_{\text{实}}} \\ 0.55 \leq x_{\text{施}} \leq 0.9 \\ x_{\text{分}} \leq 0.9 \end{cases} \quad (\text{C-1})$$

式中: $x_{\text{施}}$ —施工道路的V/C;

$x_{\text{分}}$ —分流道路的V/C;

Q —施工道路预计交通量, pcu/d;

Q_0 —交通组织方案单侧预计分流的车辆, pcu/d。若不分流则为0;

$Q_{\text{原}}$ —可分流路段原交通量, pcu/d;

$Q_{\text{分}}$ —可分流道路预计分流交通量, pcu/d;

$C_{\text{实}}$ —可分流道路单向实际通行能力, pcu/d;

$C_{\text{单实}}$ —可分流道路单向单车道实际通行能力, pcu/d;

$C_{\text{应}}$ —应急车道基本通行能力, pcu/d, 如交通组织路径若不包含应急车道则取0;

N —高速公路上单向车道数;

N_1 —单侧施工封闭的车道数。

C.1.2 单向全幅封闭,借道通行,双向分流特定车辆

该施工组织方案对于交通的影响应该满C-2要求：

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{\text{施}} = \frac{Q - Q_0}{C_{\text{单实}} \times (N - N_1) + C_{\text{应}}} \\ x_{\text{对}} = \frac{Q_{\text{对}} - Q_0}{C_{\text{单实}} \times (N - N_2) + C_{\text{应}}} \\ x_{\text{分}} = \frac{Q_{\text{原}} + Q_{\text{分}}}{C_{\text{实}}} \\ 0.55 \leq x_{\text{施}} \leq 0.9 \\ x_{\text{对}} \leq 0.9 \\ x_{\text{分}} \leq 0.9 \end{array} \right. \quad (\text{C-2})$$

式中： $x_{\text{对}}$ —施工期借道路段的 V/C；

$Q_{\text{对}}$ —施工期借道路段的预计车辆，pcu/d；

N_2 —借道通行车道数。

C.1.3 单/双向全封闭，分流全部车辆

若实施全封闭施工组织方案，应考虑施工道路周围是否有可替代道路提供分流路径以及周围路网的承载能力，施工道路影响范围内的路网在分流后的V/C满足式C-3，则认为该路段是具备交通分流条件的。

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{\text{分}} = \frac{Q_{\text{原}} + Q_{\text{分}}}{C_{\text{实}}} \\ x_{\text{分}} \leq 0.9 \end{array} \right. \quad (\text{C-3})$$

附录 D (规范性) 经济效益计算方法

D.1 评估理念

以正常行驶下的状态为基准，计算两种养护模式下的效益差值，即作为经济效益影响值。

D.2 评估程序

通过测算“延误时间损失”、“行驶经费损失”，计算两种养护模式下的效益差值，计算参数参考日本《成本效益分析手册》（日本国土交通省2018年2月）进行修正，具体测算流程见图D.1。

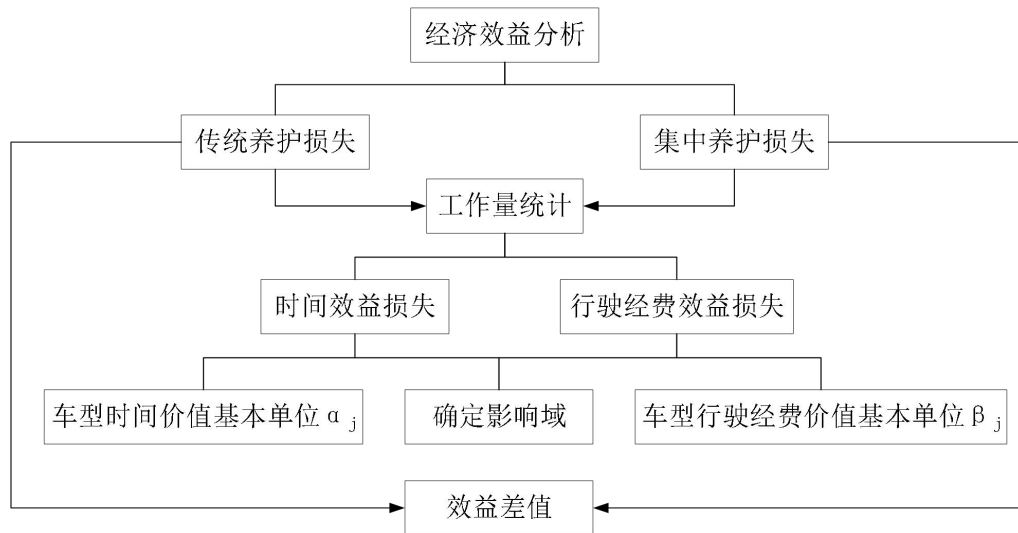


图 D.1 经济效益测算流程

D.3 参数取值

参考日本效益算法，从国民经济、高速公路通行里程、人口和车辆保有量等方面综合分析，建立等效条件下的地域经济影响因子与单位车辆下人与高速公路里程的关系因子，据此形成校正系数，根据国内高速公路针对不同车型收费标准，依次进行时间价值基本单位、行驶经费基本单位参数计算，对国内车型划分见表D.1，测算出江苏省高速公路各车型时间价值基本单位（ α_j ）（人民币/元）见表D.2、江苏省高速公路各车型的行驶经费基本单元（ β_j ）（人民币/元）见表D.3。

表 D.1 国内车型对应分类

类型	收费配额
轿车	客 1、客 2
巴士	客 3、客 4

小型货物	货 1、货 2
普通货物	货 3、货 4、货 5

表 D.2 江苏省高速公路各车型时间价值基本单位 (α_j) (人民币/元)

	时间价值基本单位 (日元/分钟·台)	校正系数	人民币汇率转换	时间价值基本单位 (元/分钟·台)
轿车	40.10	0.903	0.06397	2.32
巴士	374.27	0.903	0.06397	21.62
小型货物	47.91	0.903	0.06397	2.77
普通货物	64.18	0.903	0.06397	3.71

表 D.3 江苏省高速公路各车型的行驶经费基本单元 (β_j) (人民币/元)

时速 (km/h)	小汽车	巴士	小型货车	普通货车
30	0.73	3.06	1.02	1.98
35	0.71	2.99	0.99	1.88
40	0.69	2.94	0.98	1.80
45	0.68	2.89	0.97	1.73
50	0.67	2.87	0.96	1.68
55	0.67	2.85	0.95	1.64
60	0.67	2.84	0.95	1.62
65	0.67	2.84	0.96	1.62
70	0.67	2.86	0.96	1.64
75	0.68	2.88	0.97	1.67
80	0.69	2.91	0.99	1.73
85	0.71	2.96	1.01	1.80
90	0.73	3.02	1.03	1.89

注1：人民币日元汇率转化系数为0.06397；
注2：设定时速的基本单位是通过直线补全进行设定；
注3：对于超过90km/h的时速，采用90km/h的数值。

D.4 评估计算

以正常行驶下的状态为基准，计算两种养护模式下的效益差值，具体阐述如下：

a) 延误时间损失。

$$BT_1 = BTO - BTW_1, \quad (D-1)$$

$$BT_2 = BTO - BTW_2, \quad (D-2)$$

总行驶时间效益：

$$BT_i = \sum_j \sum_i (Q_{ijl} \times T_{ijl} \times \alpha_j)$$

式中：

BT —延误时间损失（元/年）；

BT_i —“进行养护管理施工” i 情况时的总行驶时间成本（元/年）；

Q_{ijl} —“进行养护管理施工” i 情况时的分流路段中车型 j 的交通量；

T_{ijl} —“进行养护管理施工” i 情况时的分流路段中车型 j 的行驶时间（分）；

α_j —车型 j 小时价值原基本单位（元/分钟每台）；

i —“进行养护管理施工”情况时 W （ W_1 禁行施工、 W_2 限行施工）、平时的情况0；

j —车型；

l —分流路段。

其中 BTO 即正常行驶状态下道路的交通状况； BT 的确定，首先应根据施工期间流量的实时观测，得出封闭养护施工期间，受到影响的路段，即实测分流路径，确定施工影响范围，将实测各路径交通运营情况以及测算的参数值分别带入公式D-3计算。

b) 行驶经费损失。

$$BR_1 = BRO - BRW_1, \quad (D-4)$$

$$BR_2 = BRO - BRW_2, \quad (D-5)$$

总行驶经费效益：

$$BR_i = \sum_j \sum_l (Q_{ijl} \times L_l \times \beta_j) \quad (D-6)$$

式中：

BR —行驶经费的损失（元/年）；

BR_i —“进行养护管理施工” i 情况时的总行驶经费（元/年）；

L_l —路段的延长（km）；

β_j —车型 j 的行驶经费基本单位（元/台·公里）；

其他字母与延误时间损失中字母同意；

β_j 取值参见表D.3，带入公式（D-6）累计加即可得出行驶经费损失。

附录 E

(规范性)

高速公路集中养护施工技术策略库

E.1 路面养护

E.1.1 局部维修技术

基本用于小修保养，以江苏省为例，根据江苏省高速公路沥青路面破损状况调查，高速公路小修保养病害维修策略分为裂缝类、坑槽类病害处治策略，基于集中养护核心理念展开分析。

a) 裂缝类，修复技术推荐见表 E.1。

表 E.1 裂缝类修复技术推荐

养护段	病害程度		技术	填缝/ 直接灌缝	养护剂 灌缝	开槽灌缝	贴缝	开槽灌缝+ 贴缝	钻孔压力 注浆
高速公路	横/ 纵向 裂缝 宽度	1~5mm (轻)		△	★	×	×	×	×
		5~19mm (中)		×	×	★	★	★	×
		19~25mm (重)		×	×	★	△	★	×
		>25mm (严重)		×	×	×	×	×	★
	块裂			×	×	★	×	△	×
	龟裂	轻		★	×	△	△	△	×
		重		×	×	★	×	★	×
	材料推荐			裂缝宽度较大 (一般>19mm) 选用密封胶， 较小裂缝选用聚合物改性沥青 (常用的是 SBS 改性沥青)					
注1: 推荐使用变频螺旋式高压热喷机+增强纤维布实施贴缝技术;									
注2: ★-推荐, △-可选, ×-不推荐。									

b) 坑槽类。修复技术推荐见表 E.2。

表 E.2 坑槽修复技术推荐

养护段	技术	适用条件	填料式坑槽修补技术	挖补式槽修补技术	热烘式槽修补技术	喷射式槽修补技术
高速公路	临时应急		★	×	×	★
	表层坑槽/面接缝		×	×	★	△
	恶劣气候		△	×	△	★
	高效快速		×	△	×	★
材料推荐		环氧树脂改性沥青				
技术推荐		若自动坑槽修补车, 优先考虑喷射式坑槽修补技术; 如不具备, 则推荐采用挖补式坑槽或热烘式修复技术。				
注1: 桥梁裂缝分类及修复技术等同高速公路;						
注2: ★-推荐, △-可选, ×-不推荐。						

E.1.2 预防性养护

常用的预防性养护技术有封层、现场热再生技术、铣刨重铺、加铺罩面，下面分别展开对比说明。

a) 封层。预防性养护技术推荐见表 E.3。

表 E.3 路面封层预防性养护技术推荐

类别 适用条件		预防性养护措施			
		含砂雾层	微表处	复合封层 (碎石封层或纤维封层+微表处)	
路况 指数	PCI	≥90		≥85	≥80
	RQI	≥90		≥85	≥80
	RDI	≥90		/	≥80
	SRI	≥75		/	/
集中 养护 性能 对比	快速	单层	双层	快速	较快
		3~6h	4~8h		
	适用性	原结构稳定的前提下出现早起松散、微裂缝等		原结构稳定的前提下出现较轻车辙、修补、渗水等	原结构稳定的前提下，出现渗水、车辙、坑槽、龟裂等
	可控性	温度≥10 °C且保证干燥等条件下，三种封层均具有可控性，程度相同			
	耐久性	1~3年		2~3年	3~4年
	经济效益	含砂雾层<微表处<复合封层（均不高）			
优点	1. 提高防水抗渗性能、耐磨性 2. 环保、安全 3. 具有降噪性能		1. 封水抗滑性能良好 2. 填补轻微车辙有良好效果	1. 提高封水性、抗滑性 2. 修复车辙、可局部多次摊铺 3. 可治愈深达10cm以上的车辙和沉陷病害	
缺点	降低抗滑性能		1. 对平整度无明显效果 2. 噪声大 3. 易脱皮	1. 工艺复杂，难以控制 2. 靠自然行车碾压，存在安全风险	
推荐	△		△	★	
	1. 根据路况指数判断路面状况，在三种预防措施均适用的条件下，推荐选择复合封层； 2. 在仅含砂雾封层与微表处满足条件时，推荐微表处处理。				
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。					

b) 就地热再生。适合于沥青路面面层连续修复的一种经济的现代沥青路面维修技术，可快速修复裂缝、路网龟裂、网裂、车辙、拥包等多种病害，适用于沥青路面层大规模快速维修。

c) 直接加铺罩面（≤4cm）、铣刨重铺。粘层材料推荐见表 E.4。

表 E.4 粘层材料推荐

材料 性能	SBS 改性乳化沥青	橡胶沥青	不粘轮乳化沥青	水环氧改性沥青 青粘结材料	热沥青
快速	较快速	快速	快速	快速	一般
适用	适用	适用	适用	适用于桥梁	适用性一般

可控性	一般	一般	高	高	差
耐久性	较长久	长久	长久	长久	一般
成本	低	高	稍高	高	低
强度	强	较强	强	强	强
其他	1. 污染小 2. 施工简单便捷 3. 对温度较为敏感	1. 稳定性好 2. 施工简单便捷	1. 稳定性好 2. 抗车轮粘附效果好 3. 减少路面二次病害,降低后期维修养护成本	1. 随用随配 2. 冷施工 3. 施工难度大	1. 粘度大 2. 粘轮严重
推荐	△	△	★	/	×
注: ★-推荐, △-可选, ×-不推荐。					

E.1.3 修复性养护

若沥青路面层整体发生较大面积损坏,则需要根据路面结构强度状况、主要病害类型与数量、严重程度、产生原因等因素,确定采取直接加铺补强或铣刨重铺补强措施进行修复。

路面结构粘层位于路面结构层间,主要依靠层间粘结力抵抗水平剪应力,可以用作粘层油的材料有很多,基于集中养护下的层间材料的选择见表 E.4。按现行《公路沥青路面设计规范》(JTG D50)的有关规定,沥青路面修复性养护加铺罩面与铣刨重铺一般选用常规罩面,参见表 E.5。

表 E.5 罩面材料推荐

适用条件		类别	罩面			
			超薄罩面（用于预防性养护）	薄层罩面（用于预防性养护）	一般罩面	
路况指数	PCI		≥85	≥80	≥80	
	RQI		≥85	≥80	≥80	
	RDI		≥80	≥75	/	
材料性能			SMA	CPA	AC	OGFC（用于排水路面）
集中养护针对性能对比	快速	均较为快速，相差不大				
	适用性	很好	较好	一般	较好	
	可控性	好	较好	差	好	
	耐久性	长	长	较长	较长	
	成本	稍高	低	低	高	
	优点	1. 密实性好，密水性好 2. 具有高温稳定性 3. 低温抗裂性 4. 具有降噪效果	1. 密实性好 2. 具有防水性 3. 具有降噪效果	1. 密实性好、防水性好 2. 工艺简单成熟 3. 设备要求低 4. 具有降噪效果	1. 粘结性强 2. 封水性好、排水性好 3. 抗滑性能好 4. 具有降噪效果	
缺点	1. 高质量材料 2. 施工控制严格	粘聚力较低	易车辙，抗滑能力低	1. 原料加工难 2. 抗剪差，养护难		
推荐			★	△	×	△
		根据路况指数判断路面状况，均满足的条件下，推荐超薄罩面—SMA				
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。						

E.2 桥梁养护

桥梁养护是为保持桥涵及其附属物的正常使用而进行的经常性保养及维修作业；预防和修复桥涵的灾害性损坏及为提高桥涵使用质量和服务水平而进行的改造。

E.2.1 预防性养护

桥梁的预防性养护工程主要包含桥梁结构物的集中防护处治，如防腐、防侵蚀处理；桥梁伸缩缝、支座、护栏等构件的集中维护或更换；桥梁局部构件的病害修复，如墩台（基础）的维修、桥面铺装的修复、锥坡翼墙的维修等。其中支座的更换、粘贴钢板、体外索这些养护内容，实施过程必须要求在桥梁封闭交通下进行，针对集中养护工程，不再具有特殊性，不再赘述。

桥梁护栏的更换可与相同管制下的其他养护作业集中实施；桥面的铺装修复与路面几乎相同，其他的桥面养护技术参考前文路面养护技术的推荐；桥面局部构建的病害修复，例如裂缝、坑槽，参见前文路面局部病害基于集中养护“四维度”需求下的优选。下面从桥梁伸缩缝、涂装两方面基于集中养护“快速”、“适用性”、“耐久性”的要求展开对比分析。

a) 伸缩缝

由于伸缩缝装置本身为预制件，故在公路桥梁伸缩缝更换过程中，耗时较长的主要环节为预留槽口的施工以及伸缩缝混凝土的浇筑和养护，尤其是混凝土浇筑和养护在整个更换过程中占用时间最长。因此为节省公路桥梁伸缩缝更换时间，需要解决原破坏或失效的伸缩缝快速拆除及预留槽口施工问题。现有高速公路伸缩缝更换和预留槽口施工方法主要分为人工法和机械法，具体分析见表 E.6。

此外，快速修补材料的性能也是影响伸缩缝快速更换的关键因素，快速修补材料大致可分为两大类型：①热补材料，其材质是沥青混合料；②冷补材料，主要由无机胶质和有机材料构成，具体分析见表 E.6，根据表所示，液压劈裂机拆除法施工效率高，震动和声响较小，不会产生飞石，可以控制破裂方向，设备体积小、重量轻，操作简单，价格适中。相比较其他方法，更符合大流量施工的特点，推荐采用其作为桥梁伸缩缝更换技术。

根据表 E.7 所示，无机胶凝材料（如硅酸盐水泥、硫铝酸水泥等）施工简单方便，早期强度高，凝固速度较快，相比较其他材料，更符合大流量施工的特点，推荐采用其作为桥伸缩缝修补材料。

表 E.6 伸缩缝更换方式推荐

技术性能	人工法	机械锯切 拆除法	高压水射流切割 拆除法	液压劈裂机 拆除法	大静态破碎剂 拆除法
施工效率	×	△	★	★	×
经济性	★	★	×	★	★
安全性	×	△	★	★	★
环保性	×	△	★	★	★
工艺复杂性	△	★	×	△	×
推荐	液压劈裂机拆除法				
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。					

表 E.7 伸缩缝快速修补材料推荐

性能 \ 材料	改性沥青混合料	无机胶凝材料	有机冷补料
成型时间	1~2 小时	1~5 天	4~12 小时
耐久性	△	△	×
经济性	×	★	×
稳定性	×	△	△
环保性	△	△	×
可控性	△	★	△
工艺复杂性	×	★	△
推荐	无机胶凝材料		
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。			

b) 涂装

桥梁长期处于各种各样的自然环境中，结构的耐久性正是由于这其中的恶劣环境的腐蚀而慢慢的降低的。桥梁用的涂膜密封防水材料也要具备比较高的性能才能满足其老化缓慢，抗腐蚀能力强，保护基体耐久性的要求。一般而言，用于桥梁表面涂装的防水材料应具有耐候性、耐高低温性能、附着力强、具有抗 CO₂ 性能、耐碱性、柔软和延伸性以及水汽渗透、耐水和不透水性能等。下面分混凝土桥梁和钢结构桥梁分别对比说明，见表 E. 8、E. 9。

表 E. 8 混凝土桥梁涂装材料技术比较

性能 \ 类别		涂装材料			
		硅橡胶乳液	聚脲弹性体	氟碳树脂涂料（JHRF 氟碳漆）	
集中养护针对性 性能对比	快速	干燥时间较长	快速（<8h）	一般（<24h）	
	适用性	耐化学腐蚀	均较好，无较大差异		
		耐老化性	均较为优异		
		温度敏感性	硅橡胶乳液 > 氟碳树脂涂料 > 聚脲弹性体		
		强度	均达到标准，性能优异		
	可控性	硅橡胶乳液 < 氟碳树脂涂料 < 聚脲弹性体			
	耐久性	硅橡胶乳液 < 氟碳树脂涂料（JHRF 氟碳漆） < 聚脲弹性体			
	成本	合理			
	其他	黏度较低	/	施工简单，涂后对环境要求较高	
推荐	×	★	△		
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。					

表 E. 9 钢结构桥梁涂装材料技术比较

性能 \ 类别		涂装材料				
		富锌漆涂层体系			电弧喷锌体系	
		水基无机富锌漆	溶剂基无机富锌漆	环氧富锌漆	电弧喷锌	
集中养护针对性 性能对比	快速	快速	快速	快速	较快	
	适用性	防腐性	环氧富锌漆 ≈ 溶剂基无机富锌漆 < 水基无机富锌漆 < 电弧喷锌			
		附着力	溶剂基无机富锌漆 ≈ 水基无机富锌漆 < 环氧富锌漆 < 电弧喷锌			
		强度	均达到标准，性能优异			
	可控性	水基无机富锌漆 < 溶剂基无机富锌漆 < 环氧富锌漆 < 电弧喷锌				
耐久性	水基无机富锌漆 < 溶剂基无机富锌漆 < 环氧富锌漆 < 电弧喷锌					

	成本	环氧富锌漆≈溶剂基无机富锌漆<水基无机富锌漆<电弧喷锌		
	其他	黏度较低	/	施工简单,涂后对环境要求较高
	推荐	×	△	△ ★
注:★-推荐,△-可选,×-不推荐。				

E.2.2 修复性养护

桥梁修复性养护即桥梁的维修加固或重建,其中涉及到桥面严重破损影响到桥梁整体结构,参考路面修复性养护方法,采用直接加铺补强或者铣刨重铺,受承载力限制,桥梁的铺装过程中更加精细化,受承载力限制,不能随便加铺,一般铣刨多少加铺多少,性能对比分析参见路面修复性养护罩面材料部分。桥梁的加固方式有多种,具体对比说明见表 E.10。

在桥梁维修与加固过程中须考虑的因素和涉及到的问题很多,常考虑的主要因素有:桥梁结构型式;桥位地形、水文、自然状况;桥梁现状分析研究结论;施工技术水平;能否封闭交通;预期加固效果;资金投入量等。基于集中养护的特性下施工技术比较分析推荐结构性修复采用碳纤维加固法与粘贴钢板加固法;在桥面铺装层严重破坏时采用非结构性加固,目前,伸缩缝的更新改造在桥梁维修中使用较成功的有以下几种类型:①“三防”型伸缩缝在大型桥梁上的应用情况良好;②仿毛肋伸缩缝在大、中型桥梁的使用效果明显;③TST、FU 系列桥梁无缝伸缩缝在中、小型桥梁上也得到广泛使用。

针对不能中断交通又无法架设便桥的高桥台病害,推荐采用 U 型高桥台加固,其中针对地基承载力不足,施工处理不到位造成桥台前墙下沉情况推荐采用锚杆配合钢筋混凝土抱箍法,采取台腔与桥台基础持力层进行压浆固化,再打入锚杆与槽钢抱箍,最后在 U 形桥台前墙和两侧墙外加套 25cm 的钢筋混凝土,新旧墙体采用锚杆连接形成整体。

针对桥墩发生结构性损伤,承载力不足情况,一般使用抬桩有效加固方法或者钢筋混凝土套箍。

表 E.10 桥梁结构性加固方式

加固方式 性能		结构性加固					非结构性加固	U型高桥台加固	桥墩加固
		体外预应力加固法	粘贴钢板加固法	碳纤维加固法	增大截面与配筋加固法	改变结构受力体系加固法			
集中养护 针对性 性能对比	快速	较快	快速	快速	一般	较快	较快	快速	快速
	适用性	较好	好	好	好	一般	严重破损桥面铺装层	不能中断交通且无法架设便桥的高桥台病害修复	桥墩发生结构性损伤,承载力不足
	可控性	强	较强	强	弱	强	较强	较强	强
	耐久性	一般	长久	一般	一般	长久	长久	长久	长久
	优点	1. 大幅度提高结构承载力 2. 减小交通影响	1. 施工简单 2. 技术可靠 3. 短期效果好 4. 工艺成熟	1. 强度高 2. 耐腐蚀 3. 施工简便	费用不高	1. 提高结构承载力 2. 增大结构刚度 3. 减小挠度	1. 抗裂能力强 2. 抗冲击耐磨性好 3. 提高梁受力性能	/	/
	缺点	1. 有防腐问题 2. 增加养护费用	/	1. 脆性低 2. 耐火性不好	1. 施工难度大 2. 施工质量难以控制	1. 增加改造费用 2. 加固效果较低	/	/	/
推荐	△	★	★	△	×	★	★	★	

注: ★-推荐, △-可选, ×-不推荐。

E.3 隧道养护

E.3.1 预防性养护

隧道面层养护主要是裂缝坑槽，参见前文路面局部病害基于集中养护要求养下推荐的实施技术；隧道的水害主要指隧道的渗漏水问题，衬砌养护针对由于衬砌背面有空闲或厚度不足造成的问题，下面就渗漏水 and 衬砌养护进行分析说明。

- a) 渗漏水。对隧道渗漏水的治理是结构渗漏的一种补救措施本。只有选择优质合适的防水材料，设计合理简便的治理技术，并严把施工质量，才能标本兼治，彻底止漏，下面进行具体对比分析，见表 E.11 所示，综合比较，契合集中养护“四维度”的核心要求，对隧道渗漏水问题推荐采用排水止水的处治方法。

表 E.11 隧道渗漏水技术推荐

技术		衬砌背后注浆	喷射混凝土	排水止水	围岩压浆
针对集中 养护性能 对比	快速	较快	快速	快速	一般
	适用性	一般	较好	好	一般
	可控性	较强	较强	强	一般
	耐久性	较长	长	长	较长
推荐		△	△	★	△

注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。

- b) 衬砌修复。隧道衬砌修复技术对比见表 E.12，综合比选，隧道衬砌修复推荐选用衬砌背后注浆、套拱或直接更换衬砌的方法进行修复。

表 E.12 隧道衬砌修复技术推荐

技术		衬砌背后注浆	施作钢带	锚杆加固	套拱	灌浆锚固	更换衬砌
针对集中 养护性能 对比	快速	快速	较快	一般	快速	一般	快速
	适用性	好	较好	较好	好	一般	好
	可控性	较强	较强	较强	强	强	强
	耐久性	长	一般	较长	长	较长	长
推荐		★	△	△	★	×	★

注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。

E.3.2 修复性养护

隧道的修复性养护主要是隧道的维修加固，指在隧道二次衬砌出现裂缝或是隧道变形开裂，隧道软弱岩层，涌水段等进行加固措施；其中衬砌出现裂缝等表面层的病害参见路面养护中裂缝等基于集中养护“四维度”需求下的推荐技术与材料；隧道的涌水段加固常采用外贴防水板、表面涂刷和衬后注浆三种方式。下面作对比说明，见表 E.13。

表 E.13 隧道水害（水量大，面状）加固措施

技术		外贴防水板	表面涂刷	衬后注浆
针对集中养 护性能对比	快速	快速	较快	一般
	适用性	好	一般	较好
	可控性	强	一般	较强

技术	外贴防水板	表面涂刷	衬后注浆
耐久性	长	一般	较长
推荐	★	△	△
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。			

E.4 交安设施

交安设施的养护也是集中养护中不可忽视的一项，主要包含交通标志的更换、标线施工以及护栏的更换、隔离栅更换、声屏障和龙门架新增等；鉴于交安设施并未占用道路车辆的运行空间，其养护具有时效性，可采取与相同交通管制下的其他养护工程集中实施，保证安全的同时完成交安设施的检修工作，现今，交安更换的流程和方式基本大同小异，标线补设方法也较为单一，现就其更换以及布设的材料基于集中养护的“高效”特性分别展开对比分析说明。

E.4.1 交通标志更换

集中养护中，交通标志养护施工包括表面清洗、更换等。交通标志的材料决定了养护的内容、频次、施工难易度，材料选择是交通标志更换的重点，应从使用寿命、视觉效果、使用和维修成本、加工难易度等方面考虑，见表 E.14。根据表所示，铝合金标牌视觉表现好，易加工，生产成本低，使用寿命较长，二次加工空间较大，配合反光膜，在夜间或光线不足的情况下，可以有效地增强人的识别能力，看清目标，引起警觉。并且相比较其他材料，更符合大流量集中养护施工的特点，推荐采用其作为交通标志的更换材料。

表 E.14 交通标志材料对比

性能 \ 材料	铝合金标牌	不锈钢标牌	亚克力标牌	夜光材料标牌	LED 标牌
快速	★	△	△	×	△
适用	★	★	△	△	△
可控	★	×	△	×	△
耐久性	△	★	△	△	△
经济性	★	×	×	×	×
耐磨性	△	△	★	★	△
易加工	★	★	△	△	△
视觉表现	★	★	★	△	★
推荐	铝合金标牌				
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。					

E.4.2 标线施工

道路交通标线受日晒雨淋，风雪冰冻，外界物件的冲击产生磨耗，因此，交通标线的养护施工应对施划材料进行对比，见表 E.15，根据表所示，热熔型标线干燥快，抗滑耐磨损，使用寿命较长，反光持续性好，交通影响低。相比较其他材料，更符合大流量集中养护施工的特点，推荐采用其作为标线施划的材料。

表 E.15 标线材料对比

性能 \ 材料	常温型	加热型	热熔型	水溶性
快速/干燥时间(min)	5~20	3~15	3~5	15~25
适用	△	△	★	×
可控	△	△	★	×
耐久性	4~8个月	8~15个月	10~20个月	12~24个月
经济性	△	×	★	★
耐磨性	×	△	★	★
防滑性	×	△	★	★
附着力	★	△	△	★
夜视效果	△	★	★	★
妨碍交通的程度	×	△	★	×
环保性	×	×	△	★
推荐	热熔型标线			
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。				

E.4.3 护栏更换

大流量集中养护中一般对高速公路护栏进行清洁、修复和更换。护栏按的不同可以分为柔性（缆索护栏）、半刚性（波形护栏）和刚性（水泥混凝土护栏）三种，见表 E.16，根据表所示，波形梁式护栏诱导能力强，有良好的抗撞性能和吸收能量的作用，成本合适，稳定耐磨损，更换简单，相比较其他材料，更符合大流量集中养护施工的特点，推荐采用其作为护栏更换的材料。

表 E.16 护栏材料对比

性能 \ 形式	波形护栏	缆索护栏	水泥混凝土护栏
快速	★	△	△
适用	★	△	△
可控	★	△	△
耐久性	△	△	★
经济性	△	★	★
耐腐蚀性	△	△	★
诱导能力	★	×	△
缓冲能力	★	△	×
视觉舒适度	★	△	×
推荐	波形护栏		
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。			

E.5 绿化修复

绿化的养护内容主要包含对道路中央隔离带、路肩外出的绿化树木浇水、排水、除草、中耕、施肥、修剪整形、病虫害防治、防风防寒、栽植乔木和灌木、铺植草坪地被、绿地保洁等，现在主要采用的有人工和机械两种修复方式，可与相同交通管制条件下的其他养护工作集中实施，具体依据实践工程性质而定，下面就人工与机械两种实施方式基于集中养护性质展开对比，见表 E.17。

表 E. 17 绿化修复措施

性能	人工	机械
快速	慢	较快
适用性	用于范围较小，角落地方	用于大范围普遍性修复
可控性	弱	强
耐久性	相差不大	
安全	易受伤	较安全
推荐	△	★
注：★-推荐，△-可选，×-不推荐。		

E. 6 沿线设施

高速公路桥梁隧道沿线设施主要是收费站与服务区，其维修一定程度上具有自主选择时期的特点，类似于绿化、部分交安设施维修，可采取与相同交通管制下的其他养护工程集中实施，具体依据实际情况而定。