

# 大连交通大学

# 生产实习报告

报告题目： 基于层次分析法的交叉口评价体系

学生姓名 R 交通 192 季纯逸

所在院系 交通运输工程学院

完成日期          2022 年 10 月 7 日

## 摘要

本次报告为对大连市沙河口区广平街与黄河路交叉口的交通评价，本文选取层次分析法建立评价体系，将交叉口综合评价作为目标层，将交叉口安全性、交叉口通行效率、交叉口环境为准则层，将停车规范、标志标线规范性、冲突点数量、高峰小时交通量、高峰 15min 交通量、交叉口信号配时、道路通行能力、交叉口饱和度、噪声作为方案层。计算出相应权重，结合专家打分法计算出分数。根据实地调查现状评价分析并给出合理的改善措施。

**关键词：**交叉口 层次分析法 专家打分法 信号配时

## 目录

<b>一、研究对象及特性分析.....</b>	<b>1</b>
1.1 信号配时调查.....	2
1.2 流量调查.....	2
1.3 饱和流量调查.....	2
1.4 交叉口高峰小时及高峰 15 分钟交通量计算.....	3
1.5 车道通行能力与交叉口饱和度计算.....	4
<b>二、评价模型.....</b>	<b>4</b>
2.1 评价体系.....	4
2.2 评价指标的选择.....	5
2.3 层次分析法.....	6
2.4 专家打分赋权.....	8
<b>三、现状评价分析.....</b>	<b>9</b>
3.1 交叉口的安全性.....	9
3.2 交叉口的通行效率.....	10
3.3 交叉口的环境.....	10
<b>四、改善方案与措施.....</b>	<b>12</b>
4.1 加强道路管制.....	12
4.2 适当拓宽道路.....	12
4.3 增加停车泊位.....	12
4.4 设置绿波路段.....	12
4.5 噪声的相关处理.....	12
<b>五、总结.....</b>	<b>13</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>13</b>

## 一、研究对象及特性分析

本文将对广平街与黄河路交叉口的进行分析评价并给予改善建议。

该交叉口是较为简单的两相位交叉口，其中黄河路为主干路，东进口为三进口道，均为直行车道，西进口道是四进口道，其中两条为直行车道，一条为直右车道，以及一条公交专用道。广平街为次干路，为单行道（由北向南），北进口为两条车道分别为直右车道与直左车道，受信号灯控制。均无非机动车道。如下图所示

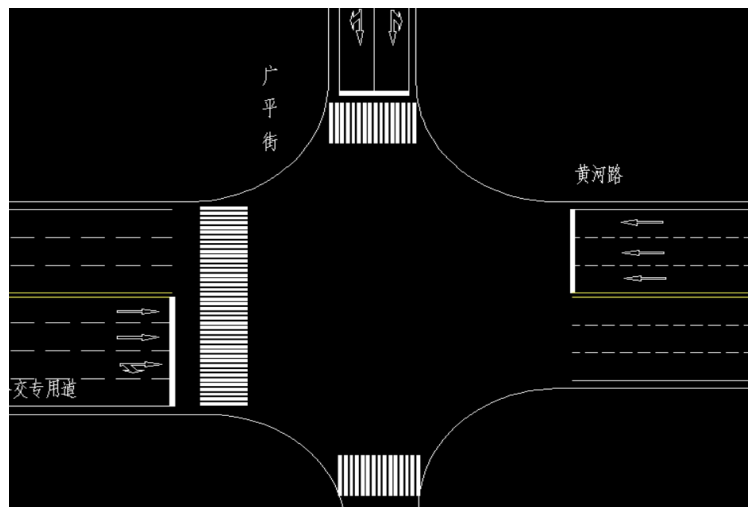


图 1-1 交叉口示意图

### 1.1 信号配时调查

通过实地调查，得到广平街与交叉口信号配时参数，机动车相位与行人相位信号配时相同，总周期为 143s，具体参数如下表

表 1-1 交叉口信号配时参数

机动车相位编号	相位描述	灯色	时间
第一相位 (北直左、直右)		绿灯时长	57s
		黄灯时长	3s
		红灯时长	83s
		绿灯间隔时长	5s
第二相位 (东西直行)		灯色	时间
		绿灯时长	76s
		黄灯时长	3s
		红灯时长	64s
		绿灯间隔时长	5s

### 1.2 流量调查

调查时间 16:30-18:30，以 5 分钟作为一个周期，每 5 分钟记录一次经过观测点的车辆数。初始积余车辆数则是以 5 分钟整数倍的时刻，如：17:05、17:10、17:15 等。若对应时刻信号灯显示为绿灯，认为所有车辆都可以通过，初始积余数为 0；若为红灯，认为有车在这里积余，记录该时刻停车线后方排队的车辆数，记入表格中。

### 1.3 饱和和流量调查

利用饱和和车头时距的结果来求饱和和流量。通过实际测量的交叉口饱和和车头时距进行处理分析，舍弃每个样本前 2 至 3 个受绿灯启动损失时间影响车头时距，利用剩下的较为合理的车头时距求平均值，获得每个样本的饱和和车头时距，作为每条车道的饱和和车头时距。

判断是否为有效数据的方法：若交叉口中有意外的干扰使车辆不能以正常的速度行驶，较慢的车速会使得调查数据偏大，也不视为有效数据。应该选取的车头时距约在 1.8s 至 2.3s 内，且其平均数在这范围内不应过大或过小。将调查所得的有效数据填入表格中。

饱和和流量计算公式： $S=3600/h$  (1-1)

式中：S——进口道的饱和和流量，puc/h；

h——饱和和车头时距，s。

根据上式，可求得各个进口道的饱和和流量。而本组北进口车道 13，由于设置了暂停区和待行区，没有足够数量连续均匀的小汽车，没能实地采集道车头时距样本数据，因此采用查阅文献如下方式进行饱和和车头时距的估算。车道饱和和流量仍采用上式。

车头时距 = 驾驶员反应时间 + 刹车距离

刹车距离 = 刹车系数  $\times$  车辆速度<sup>2</sup> / (2  $\times$  刹车加速度)

普通驾驶员正常反应时间在 0.3-1.0s 范围内，取 1.0s；刹车系数在 0.7-0.9 之间，取 0.8；汽车刹车时的加速度在 0.6g 到 0.8g 之间，取 0.7g，g=9.8。

最终得出相应的数据如下表。

表 1-2 饱和和车头时距与饱和和流量表

	东进口道			北进口道		西进口道				南方 向无 进口 道
车道 编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9 公交 专用 道	
饱和 和 车 头 时 距	1.967	1.995	1.858	2.043	2.078	1.993	1.912	1.939	无	
饱和 和 流 率	1888	1805	1937	1762	1732	1806	1883	1857	无	

### 1.4 交叉口高峰小时及高峰 15 分钟交通量计算

所调查的数据包括了 17 个车道，调查时间为 7:00 至 8:30，共一个半小时，每五分钟为一组数据，则能选取 7 组 12 个数据之和作为选取高峰小时车流量的数据基础，其中流量之和为最大的，则为高峰小时车流量。高峰十五分钟车流量则是选取 16 组连

续 3 个数据之和其中最大的。最后，按照当量小汽车折算系数，将中型车、公交车、大型车按以小型车 1.5、2.0、2.0 进行折算，然后再乘以个人系数 1.05，结果取整。

选 7 组 12 个数据之和，其中最大的一个作为高峰小时车流量。选择其中最大值填入表内。数据如下表所示。

表 1-3 各车道高峰小时车流量与高峰 15min 车流量

	车道编号	高峰小时 (17: 10-18: 10)	高峰 15min	高峰 15min 对应时段
东进口道	1	264	62.3	17:35-17:15
	2	264	62.3	17:30-17:45
	3	264	62.3	17:25-17:40
北进口道	4	244.5	61	17:35-17:50
	5	253.5	63.5	17:35-17:50
西进口道	6	272	67	17:50-18:05
	7	272	67	17:55-18:10
	8	272	67	17:50-18:05
	9	220	52	17:35-17:50
南进口道	无	\	\	\

### 1.5 车道通行能力与交叉口饱和度计算

计算之前求各个进口道的通行能力 CAP 和饱和度  $x$ ，其中  $S_i$  为车道  $i$  的饱和流量， $\lambda_i$  为  $i$  车道对应信号相位的绿信比。交叉口饱和度为所有车道饱和度的最大值。

其中车道通行能力 CAP 为： $CAP = S_d \times \lambda$  (1-2)

饱和度  $x$  为： $x = Q_{dmn} / CAP$  (1-3)

表 1-4 各进口道绿信比，通行能力与饱和度

车道	$\lambda$	通行能力 CAP	饱和度 $x$
1	0.531	1003.413	0.248
2	0.531	959.301	0.260
3	0.531	1029.455	0.242
4	0.399	702.336	0.347
5	0.399	690.378	0.368
6	0.531	959.832	0.279
7	0.531	1000.755	0.268
8	0.531	986.937	0.272
9 (公交专用)	0.531	\	\

## 二、评价模型

### 2.1 评价体系

交叉口的评价体系复杂多样，由各种指标决定。在调查的过程中根据实地情况，结合查阅的相关文献进行评价模型的建立和评价指标的选择。最终确定我的评价体系为三大类，分别是交叉口的安全性，交叉口通行效率，以及交叉口环境。其中，交叉口安全性包括三个指标，分别是停车规范、标志标线规范性，为定性评价指标，其中的交叉口冲突点为定量评价指标。交叉口通行效率包括 5 个评价指标，分别是高峰小时交通量，高峰 15min 交通量，交叉口信号配时，道路通行能力，交叉口饱和度，均为定量指标。交叉口环境由噪声，这一定性指标决定。然后对评价指标进行专家群组层次分析法得到评价体系向量，结合专家打分得到最后的总得分，并以此评价交叉口系统的合理性并提出改善的意见。评价流程图如下所示

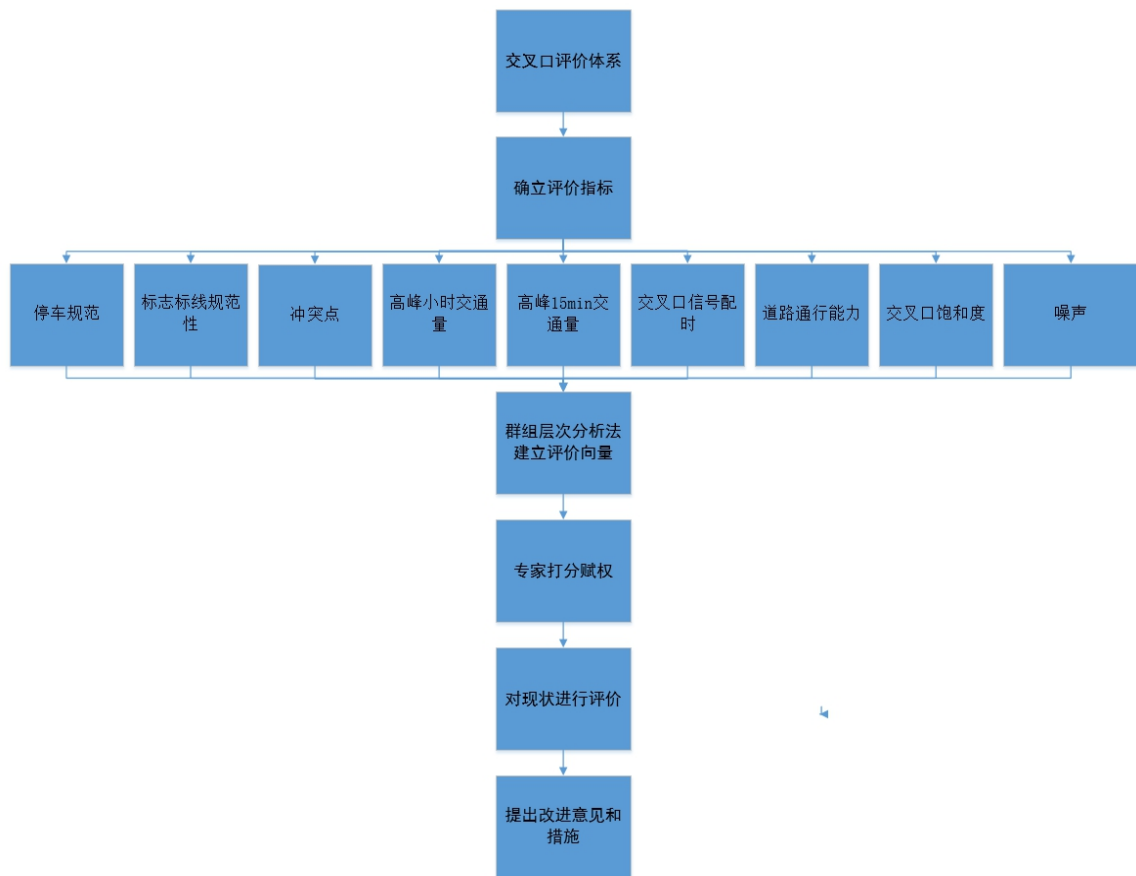


图 2-1 评价流程图

### 2.2 评价指标的选择

将对广平街路段的分析划分为五个要素，评价指标分为定性与定量两种。分别是交叉口的安全性，交叉口通行效率，以及交叉口环境。其中，交叉口安全性包括三个指标，分别是停车规范、标志标线规范性，交叉口冲突点。交叉口通行效率包括 5 个评价指标，

分别是高峰小时交通量，高峰 15min 交通量，交叉口信号配时，道路通行能力，交叉口饱和度，交叉口环境由噪声指标决定，其具体细化出来的表格如下。

表 2-1 评价指标及其性质

评价因素	评价指标	评价指标性质
安全性	停车规范	定性
	标志标线规范性	定性
	冲突点数量	定量
通行效率	高峰小时交通量	定量
	高峰 15min 交通量	定量
	交叉口信号配时	定量
	道路通行能力	定量
	交叉口饱和度	定量
环境	噪声	定性

## 2.3 层次分析法

层次分析法是指将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统，将目标分解为多个目标或准则，进而分解为多指标的若干层次，通过定性指标模糊量化方法算出层次单排序和总排序，以作为目标、多方案优化决策的系统方法。

层次分析法是将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则直至具体的备投方案的顺序分解为不同的层次结构，然后用求解判断矩阵特征向量的办法，求得每一层次的各元素对上一层次某元素的优先权重，最后再加权和方法递阶归并各备择方案对总目标的最终权重，此最终权重最大者即为最优方案。

根据实际交叉口调查情况，使用层次分析法将评价体系分为目标层，准则层，方案层。此评价体系的目标层为交叉口综合评价。其准则层为安全性、通行效率、环境。其方案层为停车规范、标志标线规范性、冲突点数量、高峰小时交通量、高峰 15min 交通量、交叉口信号配时、道路通行能力、交叉口饱和度、噪声。

表 2-2 判断矩阵标度定义

标度	含义
1	两个要素相比，具有同样重要性
3	两个要素相比，前者比后者稍微重要
5	两个要素相比，前者比后者明显重要
7	两个要素相比，前者比后者强烈重要
9	两个要素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值



依据上述表格准则，依次建立指标判断矩阵，如以下表

表 2-3 准则层判断矩阵

	安全性	通行效率	环境
安全性		3	3
通行效率			2
环境			

经计算， $CR=0.0<0.1$ ， $\lambda_{\max}=3$ ， $CI=0$ ， $RI=0.52$ ，通过一致性检验。

表 2-4 安全性判断矩阵

	停车规范	标志标线规范性	冲突点数量
停车规范		2	1/3
标志标线规范性			1/2
冲突点数量			

经计算， $CR=0.0<0.1$ ， $\lambda_{\max}=3$ ， $CI=0$ ， $RI=0.52$ ，通过一致性检验。

表 2-5 通行效率判断矩阵

	高峰小时交通量	高峰 15min 交通量	交叉口信号配时	道路通行能力	交叉口饱和度
高峰小时交通量		1	2	1/3	1/2
高峰 15min 交通量			2	1/3	1/2
交叉口信号配时				1/4	1/3
道路通行能力					2
交叉口饱和度					

经计算， $CR=0.0<0.1$ ， $\lambda_{\max}=5$ ， $CI=0$ ， $RI=1.12$ ，通过一致性检验。

环境这一准则层的方案数量仅为 1，因此其方案层占比准则层的概率即为 1。

利用以上所得数据，使用算数平均法进行权重计算，得出以下权重表

表 2-6 准则层权重表

安全性	通行效率	环境
0.59	0.25	0.16

表 2-7 安全性权重表

停车规范	标志标线规范性	冲突点数量
0.27	0.19	0.54

表 2-8 通行效率权重表

高峰小时交通量	高峰 15min 交通量	交叉口信号配时	道路通行能力	交叉口饱和度
0.14	0.14	0.08	0.40	0.24

表 2-9 总权重表

方案	权重
停车规范	0.16
标志标线规范性	0.11
冲突点数量	0.32
高峰小时交通量	0.04
高峰 15min 交通量	0.04
交叉口信号配时	0.02
道路通行能力	0.10
交叉口饱和度	0.06
环境	0.16

最终的权重为（停车规范，标志标线规范性，冲突点数量，高峰小时交通量，高峰 15min 交通量，交叉口信号配时，道路通行能力，交叉口饱和度，环境）=（0.16，0.11，0.32，0.04，0.04，0.02，0.10，0.06，0.16）

## 2.4 专家打分赋权

专家评分法是综合多人意见，从主观角度出发人为定义权重。比如当前需要对运营的几个关键指标进行权重化。每位专家手中有 100 分，专家根据自己的理解对这 7 项指标分别打分，然后根据平均得分算出每一项的权重值。这里的专家不一定是真正意义的专家，只要有打分资格的都可以，所以实用性比较广。

表 2-10 专家打分数值

	吕浩睿	季纯逸	贡嘉林	吕儒林	华梁羽	王浩宇	平均分
停车规范	50	55	60	40	50	60	52.50
标志标	60	70	80	85	70	65	71.67

线规范性							
冲突点数量	100	100	100	100	100	100	100.00
高峰小时交通量	70	75	70	80	70	80	74.17
高峰15min交通量	70	75	70	80	70	90	75.83
交叉口信号配时	75	80	85	80	75	85	80.00
道路通行能力	75	55	60	60	55	75	63.33
交叉口饱和度	70	75	75	70	65	70	70.83
噪声	50	40	60	40	50	60	50.00

结合权重，可得出总得分，总得分如下

表 2-11 总得分

停车规范	标志标线规范	冲突点数量	高峰小时交通量	高峰15min交通量	交叉口信号配时	道路通行能力	交叉口饱和度	噪声	总分
8.40	7.88	32.00	2.97	3.03	1.60	6.33	4.25	8.00	74.47

表 2-12.评分标准

优秀	良好	中等	较差	极差
(85,100)	(75,85)	(60,75)	(40,60)	(0,40)

广平街与黄河路交叉口综合评价的总得分为 74.47，处于中等的等级。该交叉口评级一般，结合实地调查可以发现其有较好的信号配时，且通行能力良好，但存在着一些明显的问题，结合现状分析，将对其提出具体的改进措施。

### 三、现状评价分析

#### 3.1 交叉口的安全性

根据实地调查,该交叉口为简单的两项位交叉口,东西方向进口道禁止左转,而南北方向为单行道,故整个交叉口没有冲突点,因车流冲突所导致的在交叉口中间发生交通事故的概率很小,故打分均为 100。该交叉口的标志标线设施齐全,但部分存在磨损,同时北进口道空间较小,道路较窄,该处标志标线较为密集,较不美观,在打分时有所折扣。需要关注的是,该交叉口附近区域停车泊位的设置很少,且管理十分不严格,北进口两旁道路存在十分严重的乱停车现象,且人行道十分狭窄,加之电动车摩托车乱停乱放,行人想要通行只能走入车道,存在十分严重的安全隐患。

#### 3.2 交叉口的通行效率

交叉口的通行效率多由延误进行判断,但理论计算与实际调查存在一定的外部因素影响,其中理论的延误的计算公式为  $d=d_1+d_2+d_3$

其中:  $d$  为各车道每辆车平均信控延误,  $d_1$  为均匀延误,即车辆均匀到达所产生的延误,  $d_2$  为随机附加延误,即车辆随机到达并引起超饱和周期所产生的附延误;  $d_3$  初始排队附加延误,即在延误分析期初停有上一时段留下积余车辆的初始排队使后续车辆经受的附加延误

$$d_1 \text{ 的计算公式为: } d_1 = d_s \cdot t_u / T + f_a d_u \cdot (T - t_u) / T \quad (3-1)$$

式中,  $d_s$  为饱和延误,计算公式为:  $d_s = 0.5C(1-\lambda)$ ,  $d_u$  为不饱和延误,公式为  $d_u = 0.5C(1-\lambda)^2 / (1-\min(1, x)\lambda)$ ,  $t_u$  为在  $T$  中积余车辆的持续时间  $h$ 。  $t_u = \min[T, Q_b / CAP \cdot (1-\min(1, x))]$

式中:  $Q_b$  为分析棋初始积余车辆,  $f_a$  为绿灯期车流到达率校正系数,  $f_a = (1-P) / (1-\lambda)$ 。

$$\text{对于 } d_2, \text{ 公式为 } d_2 = 900T[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + 8ex} / (CAP \cdot T)] \quad (3-2)$$

式中:  $C$  为周期时长,  $\lambda$  为对应车道绿信比,  $x$  为对应车道饱和度,  $CAP$  为对应车道通行能力,  $T$  为分析时段的持续时长,取 0.25。  $e$  为单个交叉口信号控制类型校正系数,定时信号取  $e=0.5$ 。

$$d_3 \text{ 的公式为: 若 } t_u = T, \text{ 则为 } 3600Q_b / CAP - 1800T[1 - \min(1, x)]; \quad (3-3)$$

$$\text{若 } t_u < T, \text{ 则为 } 1800Q_b t_u / T \cdot CAP \quad (3-4)$$

根据调查所得数据进行理论计算,该交叉口各车道的通行能力较高,且饱和度较低。晚高峰时段车辆数激增,由高峰小时车流量以及高峰 15min 车流量可得知该交叉口该时段车流量很大,而较为合理的信号配时使得每个相位绿信比较高,使得理论计算饱和度较低,但由表中数据也可看出北进口的两条车道饱和度较其他车道高,最终计算所得处的延误为 37,评价为 C 级。

该交叉口通行效率所受诸多外部因素影响主要有以下几点,以北进口道为例,狭窄

的车道被乱停的机动车进一步压缩空间，同时受停车影响行人被迫走入车道，都使两车道不能正常通行。使得通行能力远不及计算所得的理论值，且车头时距更长，降低了饱和和流率，增加了交叉口的延误。同时各个车道每个周期的积余车辆也较多，导致交叉口延误进一步提高。就交通工程中的 5E 之一——工程，其目的是为交通提供安全、便捷、舒适的条件。但该交叉口明显没有达到安全、便捷、舒适的标准，由此可见该交叉口的北进口道交通管制亟待提高。

### 3.3 交叉口的环境

环境也是交通工程 5E 之中的重要一环，就交叉口中通行的车辆而言，所通行的公共汽车大部分均为电动公共汽车，符合保持可持续发展的环境趋势，同时交叉口范围内地面干净整洁，均有环卫工人进行打扫。但在该交叉口实际测量得到的噪声很大，甚至达到 70dB，其原因很大一部分是北进口车辆因堵塞或提醒走入车道的行人而鸣笛。附近多为商铺，其噪声一定程度上会影响人们的正常活动，暂时还不完全满足绿色发展的理念。

## 四、改善方案与措施

### 4.1 加强道路管制

针对北进口道严重的安全隐患，较高的饱和度以及较低的通行效率，提出针对性的改进措施——加强道路管制。

首先需要加强停车管理，在北进口道设置禁止停车标志，禁止随意停车，同时增设摄像头，并在晚高峰时段派出相关人员进行巡逻检查，彻底杜绝该进口道的乱停车问题。同时，修缮两侧人行道，责令附近占用人行道商铺限时整改，给予行人足够的通行空间，避免行人通行时占用车道，影响出行。

### 4.2 适当拓宽道路

因东西方向车流禁止左转，南北向为单行道，且地段较小，设置渠化岛已无必要。这样一来仅针对人行道的修缮还暂且不够，同时需要拓宽车道，减缓车辆堵塞。将原本的直左、直右双车道拓宽为左转，直行左转，右转三车道，增加其实际通行能力。同时进一步避免需要右转车辆受信号灯控制，虽然增加了不同相位时其与东向车流的交汇，但在调查中右转车辆数量不多，不会过于影响东进口道车流正常通过交叉口，进而减少交叉口的延误。

### 4.3 增加停车泊位

该道路出现乱停车现象主要原因是停车需求较高，在附近区域如其交叉口西侧 150m 渝利火锅旁增设地面停车场，缓解停车压力，南出口方向的道路两侧位置较宽，也可增加停车泊位，同时考虑西安路方向增设地下停车场，不仅缓解停车压力，还能增加居民出行选择，实现“P+M”的有机换乘，增加乘客的公共交通出行意愿。

### 4.4 设置绿波路段

经过调查可以发现，晚高峰时段广平街与黄河路交叉口东西相位信号支持一波较大车流完全通行，后续一波车流不能完全通行。可以考虑其交叉口前的黄河路与升平街交叉口，黄河路与盖州街交叉口调整信号相位，结合黄河路 60km/h 的限速，设定好各交叉口的周期时长与绿信比，设置滤波路段减少交叉口的延误。

### 4.5 噪声的相关处理

其一是从源头上控制噪声排放，提高机动车、噪声限值标准，禁止生产、进口或者销售不符合噪声限值的产品，加强对交通工具的检测和监管，及时淘汰高噪声的老旧车辆，鼓励使用低噪声、清洁能源的交通工具。其二则是在从传播途径上降低噪声传播，优化交通信号配时，使交通流顺畅通过交叉口，减少车辆的加速、减速、停车和起步等动作，降低刹车时轮胎与地面摩擦产生的噪声；在交叉口周围设置隔音屏障、绿化带等隔音措施，吸收和反射部分噪声，减少对周围环境的影响。

## 五、总结

本次报告为对大连市沙河口区广平街与黄河路交叉口的交通评价,本文选取层次分析法建立评价体系,结合专家打分法计算出分数。之后进行了现状分析,提出了其中的问题,并提出了五个改善方案与措施,分别是加强道路管制,适当拓宽道路,增加停车泊位,设置绿波路段,以及对噪声防治措施。切实提出了具体的可行方案。

## 参考文献

- [1] 王树声. 基于专家打分法和 GIS 相结合的城市灾害综合风险评价——以南方某县城为例[C]//中国城市规划学会. 城乡治理与规划改革——2014 中国城市规划年会论文集(01 城市安全与防灾规划). 中国建筑工业出版社, 2014: 226-235.
- [2] 李应南, 陈向科. 基于层次分析法和专家打分法的交叉口交通安全评价研究[J]. 中华民居(下旬刊), 2014(05): 245-248.
- [3] 张杰华. 基于路段车速与信号配时组合优化的绿波协调控制方法研究[D]. 华南理工大学, 2021. DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2021.003370.