

城市苜蓿叶立交改造分析 ——以长沙罗家嘴立交改造为例

朱善平

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 简述了城市苜蓿叶立交的发展历程,分析了城市苜蓿叶立交存在的主要问题,如立交主线交织严重、左转弯道通行能力不足及辅道服务水平低等,针对性地提出了增设集散车道、改造环形匝道及贯通辅路等改造思路。并以长沙市罗家嘴立交改造为例,结合交通分析及改造思路给出了相应的改造方案。

关键词: 苜蓿叶立交;关键问题分析;罗家嘴立交;立交改造

中图分类号: U412.35+2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)01-0036-04

0 引言

采用立交来解决道路相交路口交通延误问题是交通优化的基本共识。针对不同等级的相交道路,立交型式多种多样。在早期的城市交通发展中,苜蓿叶立交作为全互通立交,只有主线交叉段需要采用桥梁(或涵洞)型式,其他主线段及匝道均可采用路基型式,具有施工简单、工期短、造价低及各转向匝道分工明确等优点,从而大量运用于城郊区域快速路(如城市快速环线)相交转换节点中^[1]。

近年来随着城市的快速发展,城市发展空间进一步外扩,原有城郊区域已经纳入城区发展范围,随着交通量的迅速增长,苜蓿叶立交自身存在的问题逐渐暴露出来。

本文通过分析城市苜蓿叶立交运行中存在的普遍问题,根据存在的问题提出相应改造思路;并以长沙市罗家嘴立交改造为例,结合提出的改造思路,给出相应的改造方案。

1 城市苜蓿叶立交关键问题分析

全互通立交的八条匝道连接主线的八个转向,匝道需要在主线设置进出口,立交主线进出口交织是立交存在的普遍问题,立交主线交织型式及交织量很大程度取决于采用何种立交型式。

按照《美国通行能力手册》(HCM2000)的划分原则,城市快速路苜蓿叶互通立交的分析区域可以划分为分流影响区、基本路段、交织区和合流影响

区,而实际上城市快速路苜蓿叶互通立交的各个组成部分之间距离较近,交织区对上下游的交通流都有可能造成影响^[2]。传统苜蓿叶立交受自身立交型式限制,运行中存在很多问题,现将苜蓿叶立交自身存在问题汇总如下。

1.1 立交主线进出口多

如图1所示,苜蓿叶立交所有匝道均直接与主线相接,立交范围内主线上的每个行车方向上将存在四个进出口,且四个进出口相距很近,连续的进出势必会阻碍交通^[3],加剧立交主线进出交织问题。



图1 全苜蓿叶立交主线进出车辆示意图

1.2 交织距离短

受自身立交型式的影响,苜蓿叶立交主线四个方向均存在匝道“先入后出”的进出口组合,根据城市快速路设计规程^[4]进出口间距可知,满足“先入后出”所需要的交织距离最长。苜蓿叶立交匝道出入交通流之间会在主线产生交织,由于交织长度过短,交织车辆不能快速地完成交织进出主线,会导致主线直行车道交通容量降低,影响主线直行车流,从而降低整个立交的服务水平。

1.3 立交左转匝道通行能力不足

根据城市道路工程设计规范^[5]中道路通行能力

收稿日期: 2020-06-04

作者简介: 朱善平(1988—),男,硕士,工程师,从事道路交通设计工作。

的计算可知,道路的设计通行能力主要由设计速度及车道规模决定,设计速度越小,车道规模越少则道路的设计通行能力越低。

苜蓿叶立交左转匝道为环形匝道,受立交用地限制,左转环形匝道转弯半径较小,一般在 40~60 m,左转匝道半径限制匝道设计速度较低;同时受主线分合流车道平衡控制,左转环形匝道车道规模(分合流处)一般为单车道+紧急停车带。根据前述道路设计通行能力控制因素可知,苜蓿叶立交型式决定立交左转匝道的设计通行能力较低。

在立交建成运行后,随着转向交通量的增加,左转匝道设计通行能力逐渐无法满足转向交通的实际通行需求,左转流量排队外溢至主线,叠加左转匝道与主线交织问题,造成立交整体服务水平急剧降低,节点立交拥堵频发。

1.4 辅道服务水平低

苜蓿叶立交辅道根据立交范围内辅道设置情况大致可以分为两类:

第一类是立交范围内辅道不连续设置。即辅道只在主线标准段连续设置,立交范围内辅道不连续设置或完全不设置,辅道只起到收集周边交通流量然后将交通流汇入主线的作用,周边交通转换需通过立交主线及匝道解决,不承担为主线及匝道转向交通分流的作用。

第二类是立交范围内辅道连续设置。由于传统苜蓿叶立交主线及匝道大多为路基型式,造成立交范围内辅路只能在右转匝道外围设置,通过主线下设置涵洞形成地面畸形平交路口完成辅路交通转换。该种辅路设置型式相当于在立交外侧形成一个逆时针畸形环岛交叉口,能够为立交主线及匝道转向交通进行部分分流。

通过分析可知,第一类辅路设置型式不利于转向交通通过辅路分流,在有条件的情况下,立交范围类辅路应采用第二类辅路连续设置型式。辅路连续设置可对立交转向交通进行部分分流,减少立交主线及匝道的交通压力,同时通过完善相关指示标志,缓解转向交通相互干扰严重、绕行较大、方向识别性较差等问题。

通过对苜蓿叶立交自身存在问题的分析研究,提出以下解决思路:

- (1)减少立交主线的进出口数量。
- (2)增设集散车道或改造环形匝道来解决匝道出入口间距短的问题。
- (3)采用定向匝道提高左转匝道的交通通行能力。

(4)尽量采用辅路连续设置方式提高辅路服务水平。

2 罗家嘴立交改造分析

2.1 现状分析

罗家嘴立交原名环线罗家嘴立交桥,位于长沙市南二环与西二环交汇处,于 2006 年建成。该立交北接岳麓区望城坡,向东连接猴子石大桥。目前长沙城区仅有二环线为城市快速路,所以区域大量交通均利用西二环、南二环通行,造成罗家嘴立交交通量集中,高峰小时流量超过 10 000 pcu。

罗家嘴立交为苜蓿叶式立交,立交东西向直行、东北向转向均流量较大,是立交主要流向。其中东西向交通为对外高速公路的衔接交通,东北向交通为城市快速环向交通。该两类交通叠加于罗家嘴立交上,造成立交现状交通压力大。同时罗家嘴立交为苜蓿叶型,直行交通、转向交通存在明显交织段。随着直行、转向交通量的逐年增长,交织段拥堵现象日趋明显。

2.1.1 立交主线现状问题分析

根据罗家嘴立交的改造前交通量及立交服务水平的调查分析,结果如图 2 所示,见表 1。

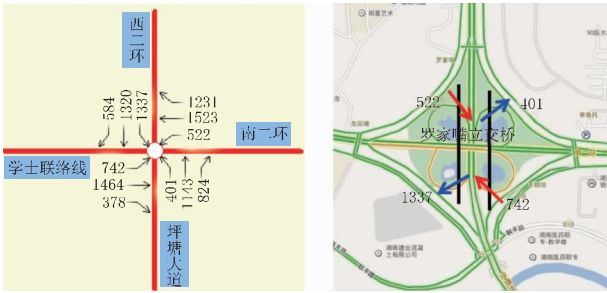


图 2 罗家嘴立交现状早高峰运行状况

表 1 罗家嘴立交现状交织段服务水平

交织段位置	交织段长度/m	交织流量/(pcu·h ⁻¹)	路段通行能力/(pcu·h ⁻¹)	路段流量/(pcu·h ⁻¹)	饱和度
东向西	160	923	5 100	2 446	0.48 (B 级)
西向东	155	2 079	4 200	3 543	0.85 (D 级)
南向北	165	1 143	4 950	2 286	0.46 (B 级)
北向南	160	1 859	4 450	3 179	0.72 (C 级)

注:路段通行能力与交织段长度成正比,与交织流量成反比。

通过图 2 及表 1 的分析可知:

- (1)现状主要交通流向是北—东转向、东—西直行、南—北直行,次主交通流向是北—西转向。
- (2)从立交服务水平来看,立交整体运转正常。仅西向东交织段交织流量最大。
- (3)西向东交织段长度最短为 155 m,饱和度

0.85,属于D级,其他路段饱和度均在C级以上。

2.1.2 立交辅道系统现状问题分析

罗家嘴地面辅道系统不完善,西二环—潭州大道南北向辅道不连续,南北向通道间距过疏,导致主辅交通进一步叠加,主辅部分降低立交运行效率(见图3)。



图3 罗家嘴立交现状辅道情况

因此现状罗家嘴立交的主要交通问题集中体现在两个方面:

(1)路网系统问题:地面辅道系统不完善,导致主辅交通进一步叠加。

(2)节点交织问题:罗家嘴立交是区域仅有的快速路转换节点,直行、转向交通叠加,主线车道交织明显。

2.2 未来交通发展趋势分析

根据湖南省湘江新区交通年报数据(见表2),分析未来罗家嘴立交的交通发展趋势:

表2 罗家嘴立交周边道路历年交通流量
(数据来源于年报) 单位:pcu/h

周边道路	2011年	2012年	2013年	2015年	年均增长率/%
西二环	6 504	7 264	8 396		13.6
学士联络线		3 879	3 545		-8.6
坪塘大道		2 301	4 903		113.1
越江交通					
猴子石大桥	8 740	8 613	9 792		6.1
湘府路大桥			4 653	6 215	16.5

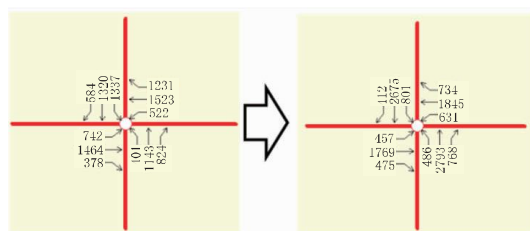
注:2016年后罗家嘴立交进入改造阶段。

(1)罗家嘴立交的流量增长侧重于南、北、东三个方向。

(2)猴子石大桥已趋于饱和,未来东段交通量增长较为有限。

(3)越江交通将更多利用湘府路大桥,随着湘府路快速化改造,未来北—东的联系增长在该节点将更多转化为南北直行增长,而北—东向交通将呈下降趋势,而这更有利于改善立交区的西向东交织段服务水平。

根据上述罗家嘴立交的交通发展趋势,若规划路网完善后,罗家嘴立交不进行任何交通改善措施,立交流量变化如图4所示,见表3。



现状流量 11 454 pcu/h

2030年 13 832 pcu/h

图4 罗家嘴立交流量变化情况

表3 未来罗家嘴立交服务水平(不做交通改善)

交织段位置	交织段长度/m	交织流量/(pcu·h ⁻¹)	路段通行能力/(pcu·h ⁻¹)	2030年评估		现状评估
				路段流量/(pcu·h ⁻¹)	交织段饱和度	
东向西	160	1 117	4 950	2 962	0.60 (B级)	0.48 (B级)
西向东	155	1 258	4 900	3 027	0.62 (C级)	0.85 (D级)
南向北	165	943	5 100	3 736	0.73 (C级)	0.46 (B级)
北向南	160	1 432	4 800	4 107	0.86 (D级)	0.72 (C级)

根据上述流量分析可知:

(1)未来罗家嘴立交交织流量比现状降低20%。其中含浦大道—学士联络线节点分流了45%的北—西转向交通,湘府路立交分流了40%的北—东转向交通。

(2)由于交织流量减少,交织段通行能力提升,现状西向东瓶颈显著改善。

(3)但南北向直行流量大幅增长,北向南饱和度高,成为新的拥堵段。

2.3 罗家嘴立交交通改造方案

通过对现状立交及远期发展趋势分析,为了避免未来罗家嘴立交产生新的交通瓶颈提升立交节点服务水平,需要对罗家嘴立交进行交通优化。

经分析,罗家嘴立交主要存在两个问题:

(1)路网系统问题,辅道不连续和节点交织问题。

(2)主辅系统相对独立。

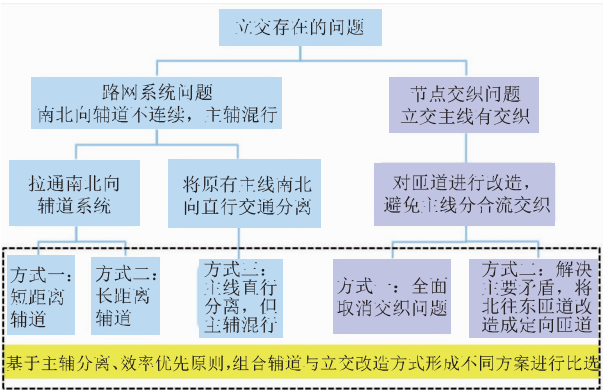
结合前文提出的立交改造思路,罗家嘴改造方案如图5所示。

2.3.1 改造方案说明

通过对辅道及交织距离组合分析,提出三种解决方案,分别表述如下:

(1)方案一:增设南北两根短辅道+改双匝道。

该方案在西二环主线两侧设置独立的单向两车道辅道,连接西二环与潭州大道辅道系统。将北往东和南往西苜蓿叶匝道改造成半定向匝道,消除立交范围内的交织。该方案需要增加两根辅道匝道,调整四根匝道,立交层次为四层。



(2)方案二:增设南北两根长辅道 + 改单匝道。

两根长匝道拉通西二环辅道和潭州大道辅道，跨过南二环，辅道设计标准较高，可分担部分南北向主线交通。改造立交北往东匝道，解决立交内主要交织问题。

(3)方案三:增设南北两根短辅道 + 改单匝道。

结合方案一与方案二，新增辅道在南二环南侧落地，并改造北往东匝道。造价相对较低，对现状交通影响相对较小。

三个改造方案平面布置如图 6 所示。

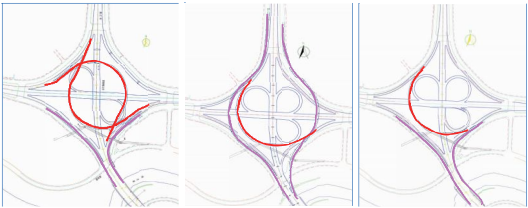


图 6 三个改造方案平面布置图

2.3.2 关于改善方案的评估

- (1)从交通流量上看，三个方案均剥离了现状立交的南北辅道流量，三个方案立交总交通量相同。
- (2)三个方案均能满足未来交通运行要求，其中方案一立交没有交织，立交服务水平最高。
- (3)但方案一、方案三的南北向辅道功能较弱，未来地面交通服务水平比方案二略低。

2.3.3 方案比选

方案比选结果见表 4。

综合交通功能分析、对现状交通的影响、造价等多面比较，推荐采用方案一（见图 7）。

3 结 语

本文通过对苜蓿叶立交型式及运行情况存在的问题进行归纳分析，并针对以上问题提出解决思路，

表 4 方案比选结果

比选内容	方案一	方案二	方案三
交通功能	1.满足远期 2030 年交通需求 2.消除主线交织，运行效果最好 3.立交区地面辅道交通标准略低，但新增辅道转向功能较全	1.满足远期 2030 年交通需求 2.解决主要交织，运行效果较好 3.辅道转向功能不全	1.满足远期 2030 年交通需求 2.解决主要交织，运行效果较好 3.立交区地面辅道交通标准略低，但新增辅道转向功能较全
实施难度	难度相对较高，改建立交匝道较多	难度相对较高，改建立交匝道较多	难度相对较高，改建立交匝道较多
对现状交通的影响	对现状影响较大，需要改建 2 根匝道，并调整其他 4 条相关匝道	对现状影响相对较小，需要改建 1 根匝道，并调整其他 3 条相关匝道	对现状影响相对较小，需要改建 1 根匝道，并调整其他 3 条相关匝道
工程造价	约 2.6 亿元（含靳江河桥拼宽）	约 2.4 亿元（含靳江河桥拼宽）	约 2.0 亿元（含靳江河桥拼宽）
推荐方案	推荐	—	—

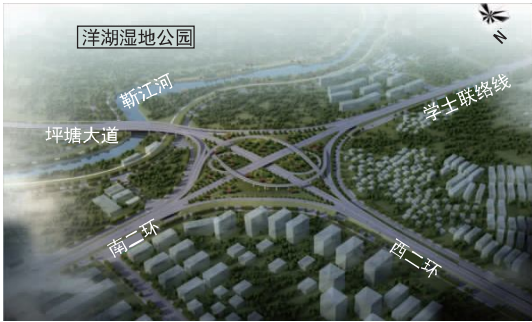


图 7 改造后效果图

减少立交主线的进出口数量、增设集散车道或改造环形匝道、采用定向匝道、采用连续设置辅路措施来提高苜蓿叶立交的整体交通服务水平。以长沙罗家嘴立交改造为例，具体分析以上解决思路的实际应用，以期为新建及类似立交改造工程提供借鉴。

参考文献：

[1] 朱兆芳.城市互通立交设计技术发展回眸与创新[J].城市道桥与防洪,2008(6):1-14.

[2] 臧晓冬.城市快速路苜蓿叶互通立交交织区影响范围研究[J].交通运输系统工程与信息,2011,11(1):173-178.

[3] 宁跃云,崔东霞.城市互通式立交集散车道的设计与应用[J].现代交通技术,2014,11(3):62-64.

[4] CJJ 129—2009,城市快速路设计规程[S].

[5] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016 年版)[S].