

连霍高速郑洛段同向车道分隔带拆除研究与实践

张楠,季翔,马刚

(中交第一公路勘察设计研究院有限公司,陕西 西安 710075)

摘要:为解决高速公路同向车道分隔带拆除封闭后的问题,该文结合连霍高速公路郑(州)洛(阳)段大修项目,系统介绍同向车道分隔带的改造方法。通过规范符合性核查、交通运行状况分析、交通事故特征分析和交通安全设施调研等方式,探究同向车道分隔带存在的主要病害及安全隐患,并在此基础上论证同向车道分隔带拆除的可行性。研究结果表明:根据前期调研和分析论证的结果,分别从车道划分、路拱横坡、路径指引系统完善、车道分隔带路面封闭和桥梁封闭等方面提出相应的处治措施,较好地解决了高速公路同向车道分隔带存在的系列问题。

关键词:高速公路;同向车道分隔带;拆除改造;安全性评价

中图分类号:U491.5

文献标志码:A

Research and Practice on Demolition of Lane Separator in Same Direction along Zhengzhou-Luoyang Section of Lianyungang-Khorgos Expressway

ZHANG Nan, JI Xiang, MA Gang

(CCCC Frist Highway Consultants Co.,Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: In order to solve the problem arising after the demolition and closure of the lane separator in the same direction along the expressway, this paper systematically introduced the reconstruction method of the lane separator in the same direction by studying the overhaul project along Zhengzhou-Luoyang section of Lianyungang-Khorgos Expressway. The paper explored the main diseases and potential safety hazards existing in the lane separator in the same direction by checking the compliance of specifications, analyzing the traffic operation status, exploring the characteristics of traffic accidents, and investigating the traffic safety facilities. On this basis, it demonstrated the feasibility of demolishing the lane separator in the same direction. According to the results of previous investigation, analysis, and demonstration, the corresponding disposal measures were put forward from the aspects of lane division, crown slope, path guidance system improvement, and road closure and bridge closure with lane separators, which solve a series of problems existing in the lane separator in the same direction along the expressway.

Keywords: expressway; lane separator in same direction; demolition and reconstruction; safety evaluation

0 引言

中国早期修建的高速公路多采用双向四车道技术标准,随着经济的快速发展和交通量的不断增长,普遍面临改扩建的需求。部分地区为充分利用旧路资源,最大程度节约占地和降低造价,通常采取单侧加宽的方式,将旧路保留作为半幅使用,将原有对向

中央分隔带改造成同向车道分隔带^[1]。同时,为满足互通区和服务区等路段的车辆转向需求,学者对同向车道分隔带开口长度和交通流组织方式等方面进行了大量研究^[2-4]和仿真试验^[5-6]。从目前的运营效果来看,同向车道分隔带基本能够保证交通流的平稳有序运行和道路使用者的安全驾驶期望。但是,在交通流量较大、交通组成复杂的地区,同向车道分隔带往往

收稿日期:2024-10-27(修改稿)

基金项目:交通运输行业重点科技项目(编号:2018-MS2-042)

作者简介:张楠,男,高级工程师.E-mail:316722339@qq.com

成为交通事故多发易发的主要诱因,给高速公路运营部门和交警部门带来极大的管控压力。因此,拆除同向车道分隔带采用路面封闭的呼声也越来越强烈。

同向车道分隔带拆除封闭后,对提高道路通行能力,改善交通运营状况和行车舒适性,以及降低交通事故率等方面均有利^[7],但如果遇到分离式路基和改造困难的特殊性桥梁等构造物时,同向车道分隔带就不具备封闭条件,这种情况下会导致全线行车连续性差,车辆变换车道频繁。另外,同向车道分隔带拆除后路面宽度随之增加,会引起车道组成划分、路拱横坡处理和标志标线布设等一系列问题^[8]。目前,中国对高速公路同向车道分隔带拆除封闭后应如何改造并无相关规定,类似的项目实践经验亦较少,本文以连霍高速公路郑洛段大修项目为例,系统探究同向车道分隔带的研究分析方法和改造措施。

1 项目概况

连霍高速公路郑州至洛阳段郑州境,东起荥阳市广武互通立交,西至巩义市和洛阳市偃师区交界,全长 49.76 km。平原微丘区设计速度 120 km/h,路

基宽度 26 m;山岭重丘区设计速度 100 km/h,路基宽度 24.5 m。沿线设互通立交 5 处、服务区 1 处、隧道 4 座,桥梁 26 座。

2008 年 11 月改扩建时,为充分利用旧路资源,采用在旧路南侧单侧拼宽的扩建方式,扩建后的旧路由双向四车道改为单向四车道,内侧两车道(旧路南半幅)为轻型车辆行驶车道,外侧两车道(旧路北半幅)为重型车辆行驶车道(图 1)。旧路中央分隔带采用局部开口改造技术^[9],互通立交和服务区前后一定范围内,为确保内侧车道车辆安全驶离高速,将旧路中央分隔带拆除改造为路面,旧路除互通立交和服务区外的其他路段均保留原同向车道分隔带,实现客货分流^[10-11]。

2012 年 12 月改扩建通车后,交通流量不断增长,道路病害逐渐加剧,车辆在同向车道分隔带前后频繁的分合流行为,增加了行驶安全风险,加之出口指引系统不够完善,配套管控未及时跟进,导致交通事故率不断升高,道路服务质量和水平逐年下降。为改善区域交通环境,提高道路运营品质,需要对旧路同向车道分隔带拆除的可行性展开分析。

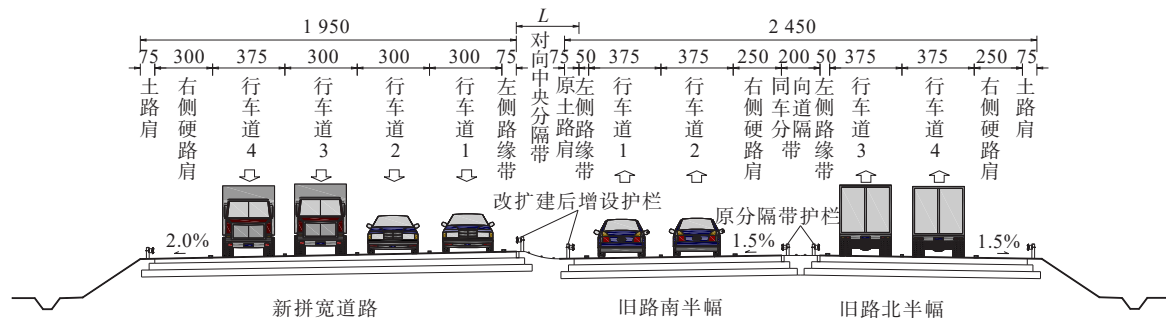


图 1 连霍高速郑洛段改扩建后路基断面组成(单位:cm)

Figure 1 Subgrade segments of Zhengzhou-Luoyang section of Lianyungang-Khorgos Expressway after reconstruction (unit:cm)

2 交通运行状况分析

2.1 交通组成和通行能力

连霍高速郑洛段断面交通量调查结果如表 1 所示。由表 1 可知:通行车辆以中小客车为主,占通行车辆自然数的 70.14%,其次为特大货车,占比 11.65%。中大型车辆(中型货车、大型货车、特大货车、集装箱车和大客车)占通行车辆自然数的 24.94%。根据《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)折合标准汽车,其值占通行车辆当量数的 48.82%。

经饱和度计算,本路段为三级服务水平^[12],交通流处于稳定流状态。设计速度 100 km/h 的路段,单向 2+2 条车道(通行能力 3 980 veh/h)比单向 4 条车道(不计转换车道,通行能力 4 188 veh/h)在实际条件下的设计通行能力降低约 5%,说明同向车道分隔带的存在对通行能力有一定影响,拆除同向分隔带可提高路段的服务水平,对交通安全和行车舒适性更为有利。

2.2 路段运行速度

现场对分隔带保留段和分隔带拆除段等点位进

行车速数据采集^[13],采集顺序按行车方向从左至右分别为:车道1+车道2+车道转换带+车道3+车道4,经整理得到观测点分车型的最高速度、最低速度、平均速度、断面速度以及大小型车速差。

表1 连霍高速郑洛段断面交通量调查结果

Table 1 Traffic flow survey of segments of Zhengzhou-Luoyang section of Lianyungang-Khorgos expressway

车辆类型	分车型交通量/ (辆·d ⁻¹)	占通行车辆自然数 比例/%
小型货车	1 852	4.92
中型货车	2 082	5.53
大型货车	1 793	4.77
特大货车	4 382	11.65
集装箱车	387	1.03
中小客车	26 394	70.14
大客车	739	1.96
总计	自然数 当量数	37 629 56 929

2.2.1 分隔带保留路段运行车速

分隔带保留段车速统计结果见表2。

表2 分隔带保留段车速统计

Table 2 Vehicle speed statistics at segment with kept lane separator

位置	车型	车速/(km·h ⁻¹)				车速差
		V _{max}	V _{min}	V _{平均}	V ₈₅	
车道1	小型车	121	99	106	112	无大车
	大型车					
车道2	小型车	117	83	103	109	无大车
	大型车					
车道3	小型车	94	74	81	85	4
	大型车	89	72	76	81	
车道4	小型车	65	87	78	83	3
	大型车	64	87	76	80	

由表2可知:分隔带保留段客货车分流行驶,内侧两车道专供小型车行驶,车速较快,运行速度110 km/h左右,观测期间未见大型车驶入。外侧两车道客货车混行,运行速度均保持在限速值90 km/h以内,大小型车速差<20 km/h,运行速度协调性较好^[14]。

2.2.2 分隔带拆除路段运行车速

分隔带拆除段车速统计结果如表3所示。

分隔带拆除段位于互通之间的分合流区,内侧两车道专供小型车行驶,车速较快,运行速度110

km/h左右,观测期间未见大型车驶入。车道转换带供客车变换车道使用,偶尔见大型车超车时驶入,大小型车速差>20 km/h,运行速度协调性不良。外侧车道3客货车混行,大小型车速差>20 km/h,运行速度协调性不良。外侧车道4主要供大型车行驶,观测期间未见小型车驶入,运行速度均保持在限速值90 km/h以内。

表3 分隔带拆除段车速统计

Table 3 Vehicle speed statistics at segment with lane separator demolished

位置	车型	车速/(km·h ⁻¹)				车速差
		V _{max}	V _{min}	V _{平均}	V ₈₅	
车道1	小型车	116	96	103	108	无大车
	大型车					
车道2	小型车	115	92	103	107	无大车
	大型车					
车道转换带	小型车	102	82	90	95	27
	大型车	70	60	65	68	
车道3	小型车	114	85	101	107	22
	大型车	90	74	81	85	
车道4	小型车					无小车
	大型车	83	63	78	83	

2.3 交通运行特征

(1) 受分隔带开口和隧道段分离式路基影响,车辆在短距离范围内需频繁变换车道(合流—分流—合流—分流)^[15]才能驶出高速,行车连续性差(图2)。

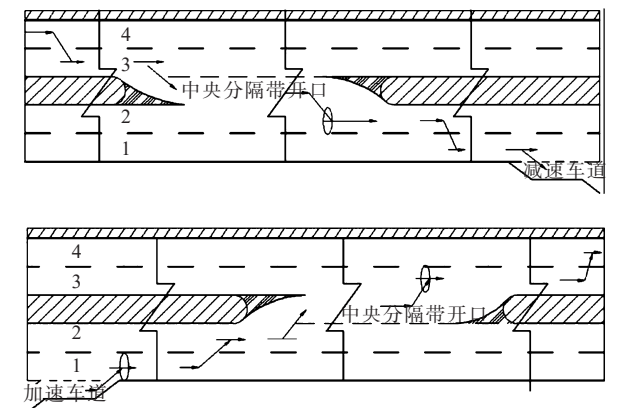


图2 互通和服务区出入口交织区行驶轨迹

Figure 2 Traffic trajectories of weaving segments at entrances and exits of exchange and service areas

(2) 车道转换带较宽,但使用频率较低,通常在内侧车道小型车驶离高速或外侧大型车偶尔超车时

使用,未充分发挥道路的交通容量和通行效率。

(3) 出口指引系统不够清晰完善,部分内侧车辆在分流端未及时驶入外侧车道,导致错过出口而绕行。

(4) 部分重型车未按标志指引靠右行驶,误入内侧车道,因其车速较低,影响内侧小型车的正常通行。

根据交警部门提供的事故数据,2020—2021年连霍高速郑洛段北半幅大小车分道口共发生交通事故28起,6人死亡,16人受伤。其中,简易程序事故26起,13人受伤;一般程序事故2起,6人死亡,3人受伤。由于交警部门仅提供事故发生的桩号位置,只能对事故的空间分布特征(图3)进行分析。

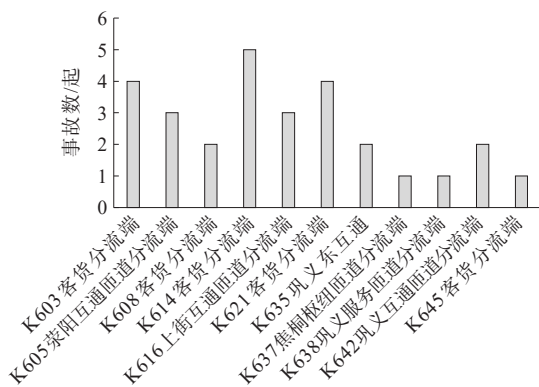


图3 连霍高速郑洛段北半幅大小车分道口事故空间分布
Figure 3 Spatial distribution of accidents at crossing of large and small vehicles in the Northern half of Zhengzhou-Luoyang section of Lianyungang-Khorgos Expressway

由图3可知:连霍高速郑洛段北半幅交通事故主要发生在互通立交和服务区出口位置、客货分流端和匝道分流端,尤其是互通出口前的分流端事故率最高,此路段位于同向车道分隔带的起始位置,断面组成由正常四车道变为2个分离车道,不熟悉路况的驾驶人员行驶到这些路段时经常犹豫不决,出现突然变道或减速、停车观察等情况,造成极大事故隐患。

3 路径指引现状调研

经现场调研,本段路径指引系统存在如下问题:

(1) 互通出口指引标志设置较为混乱,版面尺寸、结构形式和标注信息等均不统一,未根据距互通出口的实际距离做逐级预告,整体缺乏系统性、连续性和层次性^[16]。

(2) 由于同向车道分隔带的存在,高速出口前基准点位置前移至分隔带端部,旧路北幅车道实际作

为互通出口的辅助车道和匝道连接。互通出口系列预告标志,未考虑实际基准点前移产生的影响,仍以匝道渐变点为基准进行标志牌布设,不满足行车需求^[17]。

(3) 同向车道分隔带前后的车道指示标志设置不合理,未准确预告车道数量的变化,未明确车道分隔带的汇入方向(汇入左侧或右侧),车辆的变道行为具有随意性。

(4) 同向车道分隔带拆除段,多出的车道转换带主要供小型车向内侧变换车道或外侧大型车临时超车使用,既有分车道分车型限速标志未对车道功能和限速做标识(图4),部分组合限速标志对应车道位置有误,导致行车出现无序和紊乱状态。



图4 车道转换带上方无对应限速标志

Figure 4 No corresponding speed-limit sign above lane-changing zone

(5) 同向车道分隔带保留段,所设“超车道”“行车道”“应急车道”指示标志,与分车道分车型组合限速标志存在功能性重复,不如分车道与分车型组合限速标志合理(图5)。



图5 车道指示标志

Figure 5 Lane indication signs

(6) 同向车道分隔带分流端,双悬臂标志立柱上设置的“小车道”“大车道”指示标志或图案指示标志,与分车道分车型限速标志中的“小客车、客货车”信息不一致,易引起驾驶员延判和误判,增加分流风险(图6)。

(7) 互通前设置的“注意障碍物标志”,主要作用是提醒驾驶员前方车道分离,由于标志版面尺寸较小,高度不足,单柱结构不易被左侧车道的车辆识别,起不到应有的警示和预告作用(图7)。



图6 车道转换带分流端车道指示标志

Figure 6 Lane indication signs at diverging end of lane-changing zone



图7 路侧单柱式注意障碍物标志

Figure 7 A single-column obstacle sign on road side

(8) 养护部门后期增设的“邻近出口 提前变道”警示标志,多附着于门架立柱或护栏立柱上,因字体较小、指引不清晰,使用效果并不明显(图8)。



图8 附着于门架左侧立柱上的告示标志

Figure 8 Sign attached to left frame column

4 同向车道分隔带拆除

根据交通运行状况分析和现场调研结果,对既有同向车道分隔带拆除的可行性提出如下建议:

(1) 路线平纵面指标较高路段,根据通行能力和饱和度计算结果,同向车道分隔带的存在对通行能力有一定影响。随着交通量的持续增长和重型货车数量的不断增加,远期道路服务水平将逐渐下降,交通流状态会从目前相对自由流过渡至稳定流甚至拥堵流,行车舒适性大为降低,届时同向车道分隔带对

路段通行能力的影响会更加明显。另外,根据事故资料,同向车道分隔带分流端事故多发,分隔带内护栏碰撞严重,存在较大安全隐患。取消本段同向车道分隔带,采用路面封闭,可彻底改善道路的交通运营状况,提高行车舒适性和安全性。

(2) 互通之间的路段,车辆变换次数较多,行车连续性差,存在较大安全隐患。取消本段车道分隔带可降低车道变换频率。

(3) 互通和高架桥之间的路段为连续弯道,纵坡较陡,受路段平纵指标的影响,驾驶员频繁出现超车、超速等不良驾驶行为,极易引发交通事故。同向车道分隔带拆除后,可将车辆变道控制在弯道范围以外,确保弯道范围内的行车秩序和车流稳定性。

(4) 爬坡路段平均纵坡3.3%,拆除同向车道分隔带后,车道数增加至5条,通过客货分流可减轻对慢行车辆的影响,提高客车道的通行能力,并进一步改善路段行车舒适性和安全性。

5 拆除后的优化处置措施

5.1 车道划分

同向车道分隔带拆除后,实际路面宽度增加2~3 m,具备设置左侧硬路肩的条件。为满足内侧车道上事故车辆临时停车需要,按照《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)的规定应设置不小于2.5 m的左侧硬路肩。若设置左侧硬路肩,则26 m路基可划分成5个标准车道,而24.5 m路基只能划分成4个标准车道,导致全线车道数不连续,需要设置多处渐变,车辆频繁变道,不利于行车安全;未拆除段左幅(旧路南幅)硬路肩设于右侧,与拆除段左侧硬路肩位置不一致,调整硬路肩位置会改变驾驶习惯,引发不适应,同样不利于行车安全。故设置左侧硬路肩对本项目而言并不适用。

经专家多次研讨和综合比选,考虑项目实际情况,提出单向四车道设置车道转换带的车道划分方案,并按照一般路段和互通路段进行区分。

同向车道分隔带拆除采用路面封闭后,以现状车道组成为基础,按规范要求设置左侧路缘带、右侧硬路肩及护栏C值^[18],并考虑同向分隔带视距后,设置同向4个车道。将剩余宽度设在2、3车道中间作为车道转换带(图9)。

一般路段车道划分(图10)从左至右依次为:0.75 m

土路肩+0.50 m(0.25 m)C值+0.75 m左侧路缘带+3.75 m车行道1+3.75 m车行道2+5.25 m(4.00 m)车道转换带+3.75 m车行道3+3.75 m车行道4+3.00 m右侧硬路肩+0.75 m土路肩=26 m(24.5 m)。

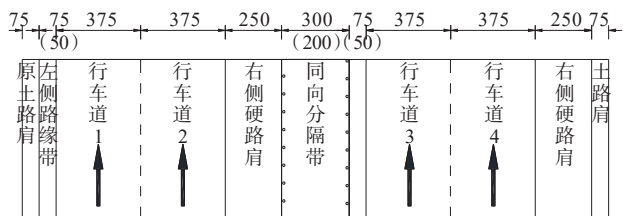


图9 既有车道划分(单位:cm)

Figure 9 Existing lane division(unit:cm)

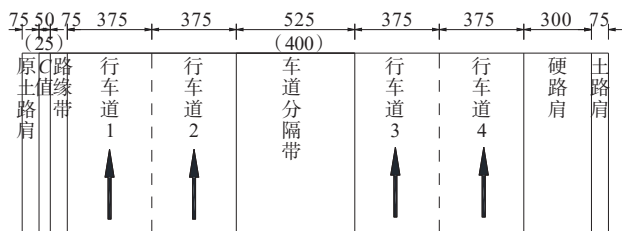


图10 一般路段车道划分(单位:cm)

Figure 10 Lane division of general road sections(unit:cm)

互通和服务区路段车道划分(图11)从左至右依次为:0.75 m土路肩+0.50 m(0.25 m)C值+0.75 m左侧路缘带+3.75 m车行道1+3.75 m车行道2+5.25 m(4.00 m)车道转换带(包含0.5 m虚实线分隔

带)+3.75 m车行道3+3.75 m车行道4+3.0 m右侧硬路肩+0.75 m土路肩=26 m(24.5 m)。

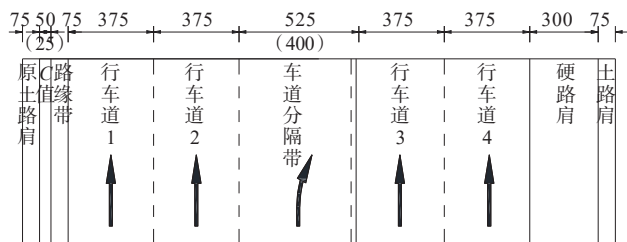


图11 互通和服务区路段车道划分(单位:cm)

Figure 11 Lane division of exchange and service areas (unit:cm)

该车道划分方案维持原路车道组成,同向分隔带由硬隔离变为软隔离,消除了事故隐患,同时不改变车道转换带的功能,满足规范要求;可以最大限度恢复现有道路状况;车道连续性好,受路基宽度变化和分离式路基的影响较小,避免车辆频繁变换车道。

5.2 路拱横坡

将原同向分隔带的平坡调整为同第1、2车道的1.5%横坡,路面横坡变坡点设置在第3车道标线位置,对外侧3、4车道排水基本无影响,内侧车道转换带+第1、2车道汇水量增加,需将部分中分带集水槽拆除重建,增大集水槽尺寸来增强排水能力(图12)。

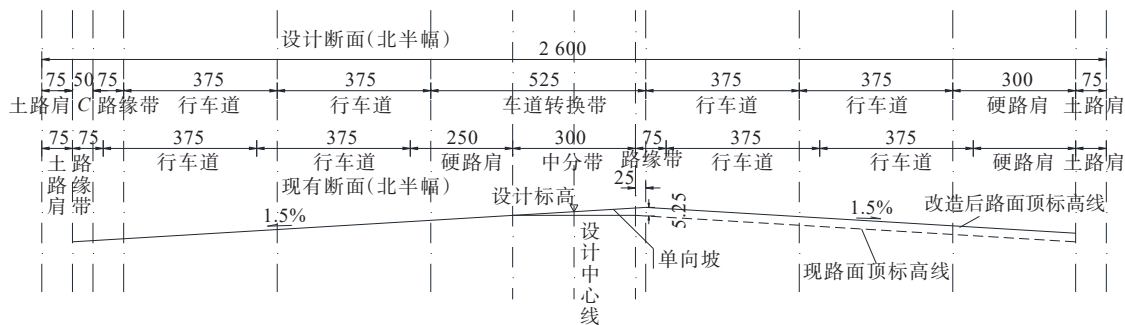


图12 路拱设置方案(单位:cm)

Figure 12 Road arch setting scheme(unit:cm)

5.3 交通指引系统完善

路径指引系统根据同向车道分隔带的改造方案进行同步优化。

(1) 同向车道分隔带拆除路段,重新设计互通出口3 km(仅适用于枢纽互通)、2 km、1 km、500 m和0 km预告标志^[19],在内侧客车道和外侧客货车道上重复设置出口预告标志,满足不同车道司机的识

别需求,将标志信息进行分层处理,引导左侧车道车辆逐步、按序并入右侧车道,顺利完成转向^[20],减少交织冲突(图13)。

(2) 将互通匝道分流鼻端的出口告知标志由双柱式改为双悬臂式,提高视认性(图14)。

(3) 由正常段驶入封闭段或由整体式路基段驶入分离式路基段后,均设置分车型与分车道组合限

速标志,明确每个车道的功能和行驶要求(图15)。

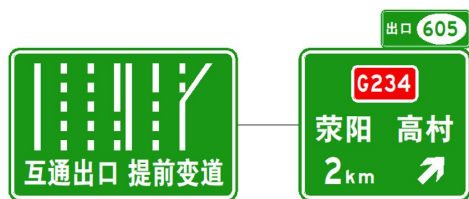


图13 互通出口系列预告标志示例

Figure 13 Sign examples at exchange exits

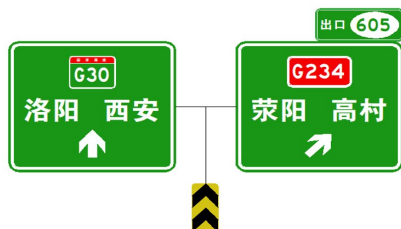


图14 分流鼻端告知标志示例

Figure 14 Sign examples at diverging noses



图15 分车型分车道限速标志示例

Figure 15 Speed-limit sign examples of diverse lanes for different vehicle types

(4) 由互路段驶入一般路段前,增设车道数变化2 km、1 km、500 m和0 km预告标志,引导客车顺利左转,并禁止货车驶入内侧车道,同时在内外侧车道上方增设直行方向标志,避免车辆随意变道(图16)。

(5) 由一般路段驶入互路段前,增设合流端1 km、500 m和0 km预告标志,引导客车顺利左转,并禁止货车驶入车道转换带,驶入封闭段后设置分车型分车道限速标志,明确每个车道的功能和行驶要求(图17)。



图16 驶入分离式路基前预告标志

Figure 16 Warning signs ahead of driving-on separated subgrades



图17 驶出分离式路基后预告标志示例

Figure 17 Warning sign example of driving-off separated subgrades

(6) 互通、服务区出入口路段客货车道之间采用白色虚实线分隔。由一般路段驶入互路段后,左侧为虚线右侧为实线,允许内侧客车右转变道;由互通、服务区驶入一般路段后,左侧为实线,右侧为虚线,允许外侧客车左转变道;由一般路段驶入分离式路基段,在同向分隔带内施画导流线^[21](图18、19)。

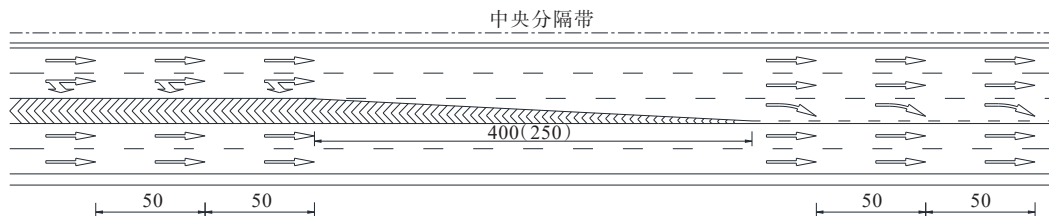


图18 由分离式路基驶入互通、服务区路段标线布置(单位:m)

Figure 18 Marking settings of driving from separated subgrades to exchange and service areas(unit:m)

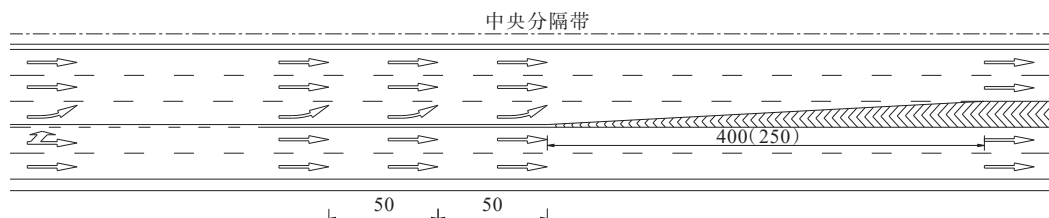


图19 由互通、服务区路段驶入分离式路基标线布置(单位:m)

Figure 19 Marking settings of driving from exchange and service areas to separated subgrades(unit:m)

5.4 车道分隔带路面封闭措施

同向车道转换带拆除后,将路面向下开挖 91.25 cm,路床压实稳固后,回填 20 cm 水泥厂拌冷再生+20 cm 水泥厂拌冷再生+15 cm 泡沫沥青厂拌冷再生+15 cm 泡沫沥青厂拌冷再生+11.25 cm ATB-25+6 cm AC-20C 中粒式改性沥青混凝土+4 cm AC-13 细粒式改性沥青混凝土上面层。

车道分隔带拆除重建过程中,充分考虑与第 2 车道、第 3 车道的台阶设置宽度,避免拼缝布置于车行迹带处,横向衔接方式见图 20。

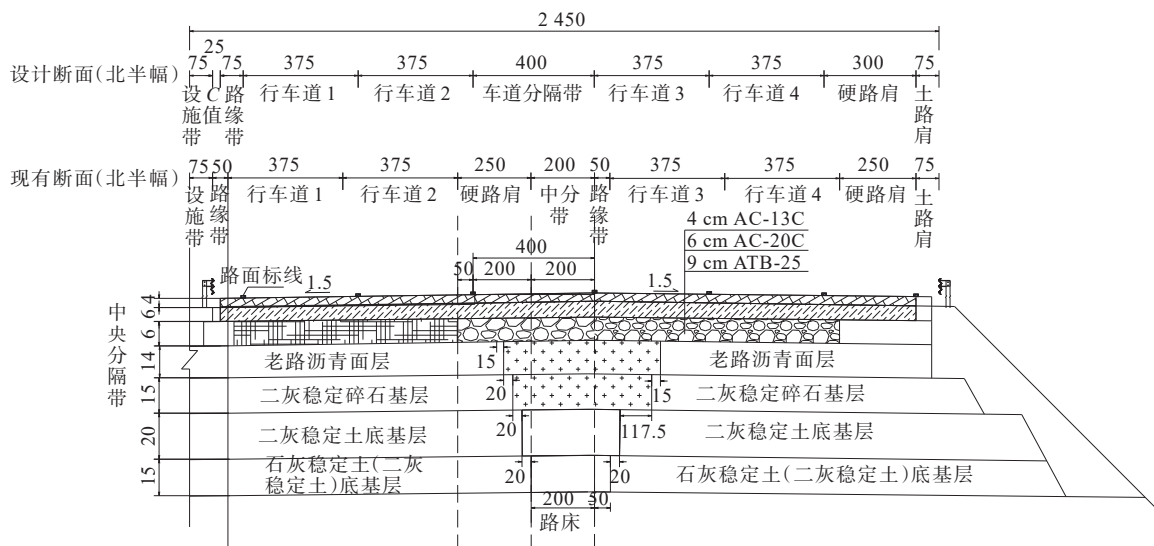


图 20 同向车道分隔带路面封闭示意(单位:cm)

Figure 20 Road closure with lane separator in same direction(unit:cm)

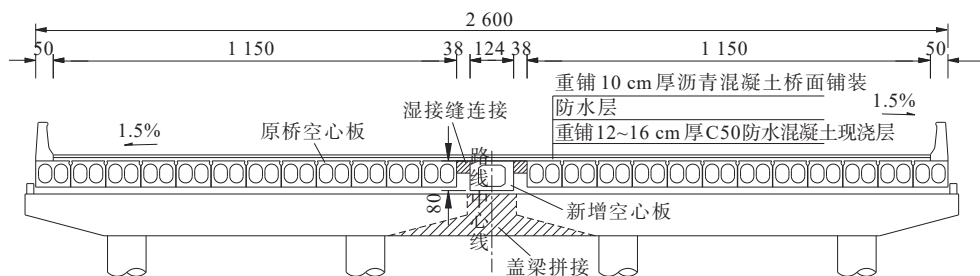


图 21 空心板桥分隔带封闭改造示意(单位:cm)

Figure 21 Closure reconstruction of hollow slab bridges with lane separator(unit:cm)

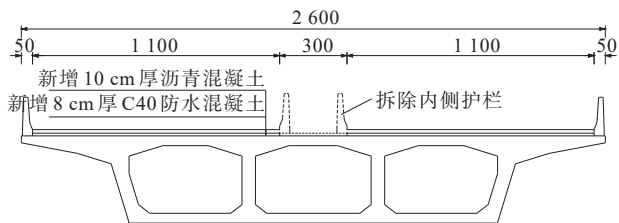


图 22 连续箱梁桥分隔带改造示意(单位:cm)

Figure 22 Reconstruction of continuous box-beam bridges with lane separator(unit:cm)

5.5 车道分隔带桥梁封闭措施

同向车道分隔带封闭涉及的桥梁改造有预应力空心板桥和预应力混凝土变截面连续箱梁桥两种类型^[22]。

对于预应力空心板桥,拆除原中分带护栏,在中分带处增加一片空心板,并与原桥边板湿接缝连接,下部结构盖梁连接拼接(图 21)。

对于预应力混凝土变截面连续箱梁桥,因原桥为整幅桥,现状桥面设置护栏形成中分带,故拆除现状护栏后局部重新恢复桥面铺装(图 22)。

6 结论

(1) 通过规范核查,明确既有断面组成的主要问题,按照现行技术标准的要求调整左侧路缘带、右侧硬路肩及护栏 C 值的宽度。

(2) 通过交通运行状况分析,明确路段通行能力、交通运行特征和事故特征,为同向车道分隔带的拆除提供依据。

(3) 通过标线隔离实现客货分流,维持原路车道组成,不改变车道转换带的功能,同时将原同向分隔带的平坡调整为同第1、2车道的1.5%横坡,在保证行车安全的前提下,最大程度节约养护资金。

(4) 通过路径指引系统调研,明确既有标志标线存在的主要问题。按照现行规范的要求,重新设计互通出口系列预告标志。在内侧客车道和外侧客货车道上重复设置出口预告,满足不同车道司机的识别需求,引导左侧车道车辆逐步、按序并入右侧车道,顺利完成转向,减少交织冲突。

(5) 通过完善分车型与分车道组合限速标志,重新确定每个车道的功能和限速值要求,同时禁止货车驶入增加的车道,减少客货车辆的交织,改善大小型车辆之间的速度协调性。

(6) 同向分隔带拆除后,按新建路面结构进行封闭,并做好与旧路基的拼接。对涉及的桥梁,按照不同的结构形式分别采取相应的拆除改造措施。

参考文献:

References:

- [1] 浙江省交通运输厅.高速公路改扩建设计细则:JTG/T L11—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
Zhejiang Provincial Department of Transportation. Guidelines for design of expressway reconstruction and extension: JTG/T L11—2014[S]. Beijing: China Communications Press Co.,Ltd.,2015.
- [2] 徐倩,马娟,吕能超,等.改扩建高速公路中央分隔带开口长度及位置安全性研究:以洛阳至三门峡高速公路扩建工程为例[J].交通运输研究,2016,2(2):19-25.
XU Qian, MA Juan, LYU Nengchao, et al. Safety evaluation on reconstructed highway median separator opening length and location: A case study of Luoyang-Sanmenxia Expressway reconstruction project[J]. Transport Research, 2016, 2(2): 19-25.
- [3] 潘兵宏,吴明先,王佐.多车道高速公路出入口附近同向车道分隔带开口长度计算模型研究[J].中外公路,2012, 32(4):333-336.
PAN Binghong, WU Mingxian, WANG Zuo. Study on calculation model of opening length of lane separation in the same direction near the entrance and exit of multi-lane expressway[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2012, 32(4): 333-336.
- [4] 蒋云昕.高速公路改扩建老路中分带开口长度探析[J].太原城市职业技术学院学报,2019(9):170-171.
JIANG Yunxin. Analysis of central belt opening length in old express ways' renovation and expansion[J]. Journal of Taiyuan Urban Vocational College, 2019(9): 170-171.
- [5] 吕应臣.郑洛高速公路改扩建工程中央分隔带开口合理性仿真试验分析[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10 (8):280-284.
LYU Yingchen. Simulation test analysis on the rationality of the opening of the central divider in the reconstruction and expansion project of Zhengzhou-Luoyang Expressway [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development (Application Technology Edition), 2014, 10 (8): 280-284.
- [6] 张宇,吴忠广,田万利,等.基于VISSIM仿真的高速公路改扩建工作区布设分析[J].中外公路,2021,41(3):352-357.
ZHANG Yu, WU Zhongguang, TIAN Wanli, et al. Layout analysis of expressway reconstruction and expansion workspace based on VISSIM simulation[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2021, 41(3): 352-357.
- [7] 胡江碧,刘佳美,杜战军,等.郑洛高速单侧加宽改扩建中央分隔带开口安全性分析[J].安全与环境学报,2018,18 (4):1278-1283.
HU Jiangbi, LIU Jiamei, DU Zhanjun, et al. Analysis on the safety analysis of the unilateral broadening and extension of Zhengzhou-Luoyang Expressway with a middle divider-opening section[J]. Journal of Safety and Environment, 2018, 18(4): 1278-1283.
- [8] 田秦,王海渊.论高速公路中央分隔带开口设计[J].交通标准化,2011(18):41-44.
TIAN Qin, WANG Haiyuan. Brief analysis of highway medial strip opening design[J]. Transportation Standardization, 2011(18): 41-44.
- [9] 樊志强,韩雪.郑洛高速公路改扩建旧路中央分隔带开口方案设计[J].中外公路,2013,33(1):6-9.
FAN Zhiqiang, HAN Xue. Scheme design of opening in central separation zone of old road in reconstruction and expansion of Zhengzhou-Luoyang Expressway[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2013, 33(1): 6-9.
- [10] 秦仁杰,刘朝晖,周科峰,等.郑洛高速公路旧路状况评价及加铺方案优化研究[J].中外公路,2007,27(4):79-82.
QIN Renjie, LIU Zhaozhui, ZHOU Kefeng, et al. Evaluation of old road condition of Zhengzhou-Luoyang Expressway and optimization of overlay scheme[J]. Journal of China & Foreign Highway, 2007, 27(4): 79-82.

- [11] 付元坤,张钰.城区段高速公路市政化改造总体设计理念研究[J].中外公路,2024,44(5):259-268.
FU Yuankun, ZHANG Yu. Overall design concept of municipal reconstruction of cross-city expressway[J]. Journal of China & Foreign Highway,2024,44(5):259-268.
- [12] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社有限公司,2017.
CCCC First Highway Consultants Co., Ltd.. Design specification for highway alignment:JTG D20—2017[S]. Beijing:China Communications Press Co.,Ltd.,2017.
- [13] 王艳辉,祝凌曦,张晨琛,等.道路交通安全综合评估方法、实现技术与应用[M].北京:科学出版社,2012.
WANG Yanhui, ZHU Lingxi, ZHANG Chenchen, et al. Road traffic safety[M].Beijing:Science Press,2012.
- [14] 华杰工程咨询有限公司.公路项目安全性评价规范:JTG B05—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.
Chelbi Engineering Consultants, Inc. Specifications for highway safety audit: JTG B05—2015[S]. Beijing: China Communications Press Co.,Ltd.,2016.
- [15] 张可.山区高速公路改扩建单侧加宽老路中央分隔带封闭长度分析[J].公路交通科技(应用技术版),2013,9(7):149-150.
ZHANG Ke.Analysis on the closed length of the old Road median strip with unilateral widening in the reconstruction and extension of mountainous expressway[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development (Application Technology Edition),2013,9(7):149-150.
- [16] 中交第二公路勘察设计研究院有限公司.高速公路改扩建交通工程及沿线设施设计细则:JTG/T L80—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
CCCC Second Highway Consultants Co.,Ltd.. Guidelines for design of traffic engineering and facilities of expressway reconstruction and extension:JTG/T L80—2014[S]. Beijing: China Communications Press Co.,Ltd.,2015.
- [17] 交通部公路科学研究院.公路交通标志和标线设置规范:JTG D82—2009[S].北京:人民交通出版社,2009.
Research Institute of Highway Ministry of Transport. Specification for layout of highway traffic signs and markings: JTG D82—2009[S]. Beijing: China Communications Press,2009.
- [18] 交通运输部公路局,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
Highway Bureau of the Ministry of Transport, CCCC First Highway Consultants Co., Ltd.. Technical standard of highway engineering: JTG B01—2014[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd.,2015.
- [19] 陈亚振,周颖,吕能超,等.改扩建高速公路中央分隔带封闭区交通标志适用性评价研究[J].交通信息与安全,2015,33(1):79-84.
CHEN Yazhen, ZHOU Ying, LYU Nengchao, et al. Applicability evaluation of traffic signs on reconstructed highways with medium strips[J]. Journal of Transport Information and Safety,2015,33(1):79-84.
- [20] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范:JTG D80—2006[S].北京:人民交通出版社,2006.
CCCC First Highway Consultants Co., Ltd.. General specification of freeway traffic engineering and roadside facilities: JTG D80—2006[S]. Beijing: China Communications Press,2006.
- [21] 交通部公路科学研究院.道路交通标志和标线第2部分:道路交通标志:GB 5768—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
Research Institute of Highway Ministry of Transport.Road traffic signs and markings—Part 2:Road traffic signs:GB 5768—2022[S].Beijing:Standards Press of China,2022.
- [22] 吴萍,吴继峰.郑州—洛阳高速公路改扩建桥涵总体设计[J].资源环境与工程,2009,23(增刊1):201-206.
WU Ping, WU Jifeng. The overall design of restructure bridges in Zhengzhou – Luoyang Highway[J]. Resources Environment & Engineering,2009,23(sup 1):201-206.