

第3章

潮汐车道



3.1 潮汐车道的发展

作为可变车道的一种方式,潮汐车道是指在不同时间段内变换某些车道上的行车方向或行车种类的一种交通组织方式。潮汐车道被认为是提高现有道路使用效率的有效方法之一。其工作原理是调整现有道路上不同方向车道的数量以求最大化满足交通需求,特别是在某方向车辆较多,而相反方向车辆较少时。潮汐车道的实施能够降低对新建道路的需求,并且在车流量极不平衡的条件下(如日常通勤高峰时期、重大活动的前后、紧急疏散时),能够最大限度地发挥作用。

早在1928年,美国洛杉矶出现了第一条潮汐车道。20世纪40年代至60年代,美国的潮汐车道因高速公路的大力建设而广泛使用。70年代后,世界范围内的潮汐车道逐渐运用于高速公路、桥梁与隧道,并在欧洲和澳大利亚的应用较为广泛。70年代至80年代间,部分地区开始为高速公路的大载客量汽车和城市公共汽车专门开辟潮汐车道。

美国马萨诸塞州修建了一条连接昆西与波士顿的快速路,潮汐路段共6mile长,专门为多座载客汽车(HOV)开通潮汐车道。该车道基于反向流设计,在上午和下午拥堵时段,将次向车道转换为主向车道。HOV车道用一条长6mile的“可活动墙”隔开,该墙通过铰链将混凝土护栏连缀起来,每天两次变换位置。营建可移动护栏系统大约花费1030万美元;每辆护栏移动车花费65万美元。在上午高

峰时期(6:00—10:00am),该路段北侧开通5条车道(其中包括1条HOV车道),南侧开通3条车道;下午高峰时期(15:00—19:00pm)正好相反,南侧开通5条、北侧开通3条车道。马萨诸塞州交通部门在1995年开通这条HOV车道,要求必须载客两人以上的汽车方可使用。同时该车道融入了诸如监控、信息集中化等交通管理系统,并整合计算机技术,使得该路段的使用更为高效。

在国内,上海市外环隧道最先设置了潮汐车道。深圳的梅林关也对潮汐车道的应用进行了实地试验,在早高峰时段梅观路出关方向的快车道上,由西向东增加为3个车道,反方向减少为1个车道,以此缓解早高峰时的进关车流量压力。此外,大连、广州、杭州等城市也在尝试或试验潮汐车道。2013年9月12日,北京第一条潮汐车道——朝阳路(京广桥至慈云寺桥)开通试运行,晚高峰17时至20时,主路进城方向的一条社会车道改为机动车使用。2014年9月29日,第二条潮汐车道——海淀紫竹院路正式启用。

需要注意的是,虽然潮汐车道是应对潮汐交通流的一种有效手段,但是在实施中需要增加相应的投资,同时在规划、设计、实施等方面需要根据不同的情况进行具体考虑。

在空间上,实施潮汐车道的路段及前后路段可以视为如下几个部分:①预告路段:在该路段告知驾驶人前方有潮汐车道,包括多少条车道及哪几条车道;②决策路段:在该路段驾驶人必须决定是驶入潮汐车道还是离开潮汐车道,该路段通常被视为是最为危险的,因为该路段有大量的分流、合流行为;③潮汐车道段:在该路段各方向车辆在相应车道内行驶;④转换路段:从潮汐车道转换为正常车道,类似于②决策路段,该路段需要恰当的设计;⑤正常路段:车辆驶离潮汐车道段恢复至正常行驶路段。

在时间方面,潮汐车道的一个特点就是时变的,但是根据应用情况的不同,其时间变化的频度亦有所差异,例如有的潮汐车道一天使用4个小时,早上2个小时用于一个方向,晚上2个小时用于另一个方向;或者是一天变换一次,中午前一个方向,中午后一个方向。当然,用于应急撤离或者施工的潮汐车道的持续时间可能是数日甚至数月。



3.2 潮汐车道的适用条件

虽然潮汐车道是一种有效地应对道路双向交通流需求不均衡的手段,但是其亦存在着一定的适用条件。在实际应用中主要需要考虑道路和交通流方面的条件。

1. 道路条件

实施潮汐车道的道路一般需要满足如下的道路条件。

(1) 道路上机动车车道数为双向3车道以上。在交通流量较大的城市主干路上

车道数通常在 6 条以上,至少为 5 条,即设置潮汐车道的路段上的非主要方向的车道数不宜少于 2 条。在实际应用中,存在着较大比例的在双向 4 条车道的道路上实施潮汐车道的案例,如图 3-1(a)所示的 Memorial Drive 的潮汐车道。甚至于双向只有 3 条车道的案例也有不少。

(2) 主要方向使用潮汐车道时,不应对此方向的车辆通行造成影响。

(3) 设置潮汐车道的路面上一般不存在中央分隔带或路面电车轨道。但在道路形态已定且需求明确的情况下,即使存在中央隔离带,也可以根据实际情况设置潮汐车道,如图 3-1(b)所示。



图 3-1 Memorial Drive 的潮汐车道^①

(4) 用于城市道路时,信号控制交叉口进口道上需增加车道数。

(5) 潮汐车道的开始与结束区应留有充足的过渡区和充分的交通处理能力。

2. 交通流条件

(1) 路段平均速度在高峰期相对平峰期至少下降 25%,或者在信号控制交叉口车辆至少需要 2 个周期才能够通过,即某方向的交通流量超过了路段的通行能力。

(2) 交通量大小与分布决定了潮汐车道的使用效率。通常情况下,两方向的交通量之比决定了潮汐车道的分配与长度设置,并且两方向的交通量之比为 2:1 时便适合采用潮汐车道,是否设置潮汐车道的具体的交通量之比与断面的车道总

^① ISL Engineering and Land Services. Reversible Lane Control Systems [R]. PBA Consulting Engineers. 2011.

数有一定的关系。如流量之比与车道之比不当,则可能导致非主要方向产生新的拥堵。

(3) 美国州公路及运输协会(AASHTO)建议:在高峰时期,当一个方向的交通量占了路段断面交通量65%以上时,可采用潮汐车道的设置^①。

(4) 设置潮汐车道的路段的交通拥堵问题应具有周期性和可预见性。

(5) 通勤车辆中,直接横穿区域而非转弯、停留的比例较高。



3.3 潮汐车道的交通控制系统

潮汐车道的设置长度可以从一个街区的长度到数十千米的长度,因此潮汐车道的控制根据设置环境的不同而有所差异,简单的只要通过交通标志标线就可以进行控制,而复杂的则需要有中心控制的车道使用信号灯、可变信息板乃至自动路障系统等。

3.3.1 道路设备

1. 标志

潮汐车道的交通标志在80余年的发展过程中并未产生革新性的变化。交通标志包含了潮汐车道使用时间、可用车道等信息,通常安放在车道上方或道路沿线。潮汐车道应用初期,交通标志安放在地面的支座上并且双面使用以方便人为进行位置调整。但是频繁地变换潮汐方向会增加过多人力成本,标志自动安放设施应运而生。当下,采用最多的是以车道上方的标志为主,道路两旁的标志为辅的交通标志提示系统。

2. 地面标线

为了弥补交通标志提示不充分的问题,潮汐车道开始段地面常设置特殊标线。

(1) 时间式标线:在车道内漆画时间,表明该车道在该时间内使用,其余时间禁止驶入。

(2) 文字式标线:标明“潮汐车道”字样,配合交通标志使用,提醒驾驶人注意潮汐车道的设置情况。

(3) 标线式:通过对地面不同交通标线的漆画,提示驾驶人车道具有特殊功能,行驶时应注意甄别,常配合交通标志使用。

为规范化我国潮汐车道的应用,在《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中也给出了与潮汐车道有关的标志标线的规定。

3. 交通信号灯

潮汐车道的交通信号灯作为一种新型的提示装置,让车道的转换时间更短,成

^① NCHRP SYNTHESIS 340. Convertible Roadways and Lanes[R]. 2004.

本更低,同时也降低了对车流的影响。使用最广泛的是车道使用信号灯。信号灯用于提示驾驶人该车道是否可用,以及处于变换之中的车道。主要通过颜色与符号来实现这一功能。例如,向下的绿色箭头表示该车道可通行,黄色的“X”表示车道处于变换过程中,驾驶人应驶离;红色的“X”则表示该车道禁止使用。

4. 隔离用障碍物

有时为了“潮汐车道”的清晰明确,交通管理人员会采用一些隔离用的障碍物来辅助标识“潮汐车道”的实施。最简单的是人工摆放锥桶类的隔离物,但这种方式效率较低且危险性较大,近年来国内外开始有自动障碍物移动车来辅助进行隔离用障碍物的移动,通过障碍物移动车沿道路缓慢行驶,能够将车道一侧的隔离用障碍物移动到车道另一侧。

5. 其他一些设施

有时在潮汐车道的使用中还会使用一些临时使用的设施如锥桶等来提高潮汐车道安全性和可视性。

在加拿大卡尔加里的一个潮汐车道案例中,使用如图 3-2 所示的控制设施^①。



图 3-2 Bow Trail 的交通控制设施(加拿大卡尔加里)

3.3.2 控制中心

传统的“标志—标线—隔离式路障”构成的潮汐车道控制系统只需要在设计安装时做好准备工作,之后辅以相关管理措施便可以有效地实施,施工简便、应用方便。然而这种相对“固定”的潮汐车道调节模式不够灵活,有突发状况时不能保证车辆及时疏散,也不能实现车道动态调整。因此,一种结合“龙门架—中心控制系统”的潮汐车道系统开始在近年来得到广泛运用。

该系统通过可变 LED 车道指示信号灯代替限行标志来指示车道行驶方向,用现场或联网控制代替人工搬运或机械拖移限行隔离物来变换车道的运行状态。控制系统可以由现场民警直接控制,即通过现场控制器按钮手动操作改变潮汐车道

^① ISL Engineering and Land Services. Reversible Lane Control Systems [R]. PBA Consulting Engineers, 2011.

信号灯显示状态；也可由指挥中心通过软件进行远程控制，即现场车道信号灯接受指挥中心控制指令，调节其显示状态，并反馈当前状态。在没有突发事件的情况下，若交叉口有明显的通行特征变化，交通管理者可提前进行程序输入，调整标志转换的时间使其自动变换。

同时，在潮汐路段沿线安装监控摄像头，可以对潮汐时段未按规定行驶的车辆进行拍照并进行处罚；同时，该摄像头传回的实时路况信息反馈作用于指挥中心，必要时指挥中心可调整潮汐车道的运行状态。目前这种操作方便、控制灵活的指挥控制系统可极大提升路面警力的执勤效率，利于提升城市形象。



3.4 潮汐车道的交通组织

3.4.1 路段交通组织方法

1. 地面标线改造

根据道路横断面的形式不同，一般可将城市道路划分为一幅路、二幅路、三幅路、四幅路等几种道路形式。在潮汐车道设置过程中，一般而言为了实现车道变换，保证车辆能够顺利进出可变车道，道路上不应存在固定的中央分隔带或者路面电车轨道。因此可变车道可以在横断面为一幅、三幅的道路上设置。但在现实中，也有在二幅路、四幅路进行设置的，亦取得了良好的效果，故中央隔离带（栏）的存在不会从根本上影响潮汐车道的交通组织。

在对道路做潮汐车道改造时，需将潮汐车道两侧的标线改为双黄虚线，此双黄虚线将潮汐车道跟其他车道分隔开，并可在潮汐车道上标注文字“潮汐车道”，国标《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中给出的潮汐车道标线如图 3-3 所示。

2. 增设指示标志

设置潮汐车道作为一种借用对向车道增加通行能力的交通管理措施，虽然理论上简单可行，但是如果实际运用中不能够准确有效地将路权信息传递给驾驶人，则往往会给驾驶人造成困惑，甚至导致严重的交通事故。

预告提示牌能够在车辆进入潮汐车道路段之前提醒驾驶人减速并保持警惕，给驾驶人一个心理缓冲时间。

潮汐车道预告提示牌设置原则：

(1) 潮汐车道预告提示牌提前在潮汐车道路段前 300m 设置，间距为 100m，分别提示前方还有 300m、200m、100m。

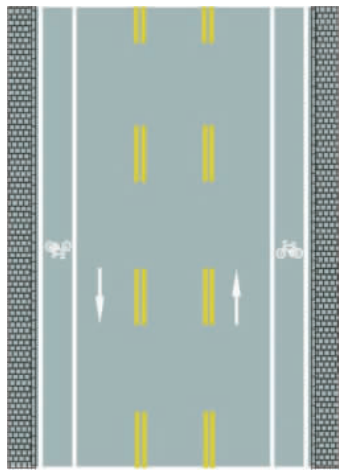


图 3-3 潮汐车道标线

- (2) 潮汐车道预报提示牌要明确写出潮汐车道的使用起止时间段。
- (3) 提示信息要简洁、清晰,便于驾驶人快速接收信息。

3.4.2 交叉口交通组织方法

交叉口本身即是道路交通流实现合流、分流以及变换行驶方向的地方,因此冲突点很多。而再进行潮汐车道的设置,则会给经过的交叉口带来额外的负担,故潮汐车道的设置对交叉口的交通组织提出了额外的要求。

当要设置潮汐车道时,需要对潮汐车道经过的交叉口进行相应的改造,改造内容一般包括交叉口信号控制灯、进口道指示标志、路面渠化等方面。

其中交叉口信号控制灯的改造指:用于潮汐车道的进口车道内路面不再设置导向箭头,而是改为门架式可变导向指示信号灯,车辆在驶入潮汐车道路段后,需要严格遵守信号控制,将路权唯一化,避免事故发生。潮汐车道信号灯多采用门架式或者悬臂式安装,这样更加有利于驾驶人及时、准确接收到可变车道路权信息。

以车道信号控制灯组织潮汐交通流可以分为三个阶段:

当某方向交通流量较大,需要开启潮汐车道时,潮汐车道上方信号变为指向朝下的绿色箭头,此时车辆被允许驶入潮汐车道。注意此时应已经清空了潮汐车道内的对向车流。

当要终止潮汐车道的使用时,潮汐车道上方的信号灯首先变为斜指黄色箭头,之后变为红色箭头,之后该方向的车辆就不能再驶入潮汐车道。

潮汐车道两端的车道信号灯将保持一段时间全红,以便能够清空潮汐车道内的车辆,此全红时间与潮汐车道的总通行时间有关。在条件允许的情况下交通管理部门还应当出动执勤车辆检查可变车道上车辆是否完全清空,尤其是否存在事故车辆不能及时清走时。

进口道指示标志主要是指要在进口道增加潮汐车道警告标志,如图 3-4 所示。



图 3-4 潮汐车道警告标志



3.5 潮汐车道的优缺点

作为适应特定交通流状况的一种交通组织方式,潮汐车道在实际应用中体现出较为明显的优缺点。

3.5.1 优点

(1) 节约建设成本:与通过改扩建道路来新增一条或数条车道相比,在高峰期采用潮汐车道系统不仅能满足潮汐性交通流的通行要求,还能节省较大的道路基础设施建设成本;

(2) 实施简便：采用可变车道能在数周或数月内完成实施，相反，新建车道需要占用更多时间；

(3) 潮汐车道为提升交通服务质量提供了可能，进而增加公共交通乘客数量，而这些措施并未大幅增加对交通基础设施建设的投入资金；

(4) 主向和次向车道的使用者都能直接感受到旅行时间的节省；

(5) 在道路上发生意外事故时，能短时扩大相应方向容量。

3.5.2 缺点

当然，由于需要将车道的放行方向实时变化，故而潮汐车道在实施中亦存在如下一些较为明显的缺点：

(1) 增加交通管理工作量和相应设施建设量；

(2) 驾驶人必须集中注意力，遵守各种标志标线提供的信息；

(3) 针对潮汐车道的使用，如无完善的违章违法处罚规定及相应的监控系统，则可能存在较多的违法行为从而无法达到预期效果。



3.6 实例分析

3.6.1 实施背景

荣华路是北京市亦庄经济技术开发区核心区域贯通南北的主干道，如图 3-5 所示。荣华路北至南五环、南至荣昌街，全长约 4.26km，是 1 条四块板道路，机动车道双向 6 车道，非机动车道设置为 1 条机动车道 1 非机动车道，机动车道与非机动车道之间以及双向机动车道之间均采取绿化隔离的方式，道路红线宽 65m。荣华路上的典型交叉口的位置如图 3-6 所示。



图 3-5 荣华路在亦庄核心区的位置



图 3-6 荣华路上的典型交叉口

3.6.2 实施前交通状况

以文化园路以北的断面交通量为例,2014年3月晚高峰时段(17:30—19:00)北向南交通负荷度为0.21,南向北离开开发区方向的交通负荷度为1.33,2014年9月同一时段,交通负荷度分别为0.30和1.60,晚高峰南向北方向交通流量明显超出设计通行能力,且潮汐现象非常明显,具体数据如表3-1和表3-2所示。

表 3-1 2014年3月早、晚高峰时段荣华路(文化园路以北)断面双向交通量

时间	8:00—9:00				17:00—18:00			
	客车	货车	标准车	负荷度	客车	货车	标准车	负荷度
北向南方向	955	326	1607	0.57	350	113	576	0.21
南向北方向	2335	380	3095	0.88	3438	606	4650	1.33
总计	3290	706	4702	0.75	3788	719	5226	0.83

表 3-2 2014年9月早、晚高峰时段荣华路(文化园路以北)断面双向交通量

时间	8:00—9:00				17:00—18:00			
	客车	货车	标准车	负荷度	客车	货车	标准车	负荷度
北向南方向	1350	228	1806	0.65	618	111	840	0.30
南向北方向	2719	332	3383	0.97	4063	768	5599	1.60
总计	4069	560	5189	0.82	4681	879	6439	1.02

荣华路晚高峰南向北方向排队状况如图3-7所示。



图 3-7 荣华路晚高峰南向北方向排队状况

3.6.3 实施内容

选取路段为荣京街至文化园路区间设置潮汐车道,如图3-6中红色线段所示,全长2km,其中共有6个十字平面交叉口,南向北依次为荣京街、中和街、隆庆街、

万源街、北环路和文化园路。设置的潮汐车道为北向南方向最内侧车道,管制措施为晚高峰 17:00—18:30 允许车辆在该车道内南向北行驶,即在潮汐车道启用的时间段内,主路南向北的车道 4 个,北向南车道减少为 2 个。同时,配合潮汐车道行驶,设置与之相关的管理措施有三个:一是东向北右转弯车辆禁止在交叉口右转直接进入潮汐车道;二是西向北左转弯且直行的车辆诱导其直接进入潮汐车道;三是进入潮汐车道行驶的车辆在整个潮汐车道行驶过程中不得左右转和调头。典型交叉口设置的设施如图 3-8 所示。



图 3-8 典型交叉口设施设置

3.6.4 效果评价

2014 年 12 月 8 日荣华路开始在工作日晚高峰时段(17:00—18:30)实施潮汐车道的交通管理措施,借助于当时荣华路上较为完善的卡口系统,对实施潮汐车道的效果进行了定量的评价。

1. 流量变化分析

首先对比实施潮汐车道前后各日的总交通流量及晚高峰期间的交通流量的变化情况。对比的是实施潮汐车道的南向北方向,采用的数据是 2014 年 12 月 1 日到 24 日的的数据。

从图 3-9 和图 3-10 可知,实施潮汐车道后,同一工作日或周末的全天交通流量并无明显变化。

从图 3-11 和图 3-12 可知,实施潮汐车道后,同一工作日或周末的晚高峰时段交通流量并无明显变化。

2. 旅行时间变化分析

在交通流量基本不变的情况下,进行潮汐车道实施前后旅行时间的对比分析,如表 3-3 所示。分析的数据为从中和街交叉口停车线停驶通过文化园路交叉口停车线的时间。