

冰雪条件下乌鲁木齐市 交叉口交通特性分析

朱兴琳 艾力·斯木吐拉 李 鑫

新疆农业大学,机械交通学院,乌鲁木齐 830052

摘 要:结合乌鲁木齐市独特的地形和气候特点,采用人工观测技术,分析了冰雪条件下中心城区信号控制交叉口机动车交通量、车头时距、运行速度及平均停车延误等交通特性参数,并与正常天气下的交通特征进行了对比分析。研究表明,受冰雪条件影响,机动车交通特性的各项参数均有不同程度的变化,这一研究结果为我市冬季交通管理工作提供了一定的理论依据。

关键词:交叉口;交通特性;调查与分析;冰雪条件;乌鲁木齐市

中图分类号:U491.2*54

文献标识码:A

文章编号:1672-4747(2012)04-0061-07

Traffic Characteristic Analysis of a Signalized Intersection Under the Condition of Snow and Ice in Urumqi City

ZHU Xing-lin ELI Ismutlla LI Xin

School of Machinery and Traffic, Xinjiang

Agricultural University, Urumqi 830052, China

Abstract: Combined the distinctive topography and climate characteristics of Urumqi city and using the artificial observation method, the motor vehicle traffic volume, headway, operation speed and average traffic delay were used to study the motor vehicle features of a signalized control intersection in the central urban area under snow and ice weather conditions. The intersection motor vehicle traffic characters under normal weather condition were compared with those under snow and ice conditions. The study results show that increase and decrease of the motor vehicle traffic parameters are affected by snow

收稿日期:2012-02-20.

基金项目:新疆农业大学前期资助课题(XJAU201015)。

作者简介:朱兴琳(1971-),女,汉族,江苏人,博士,新疆农业大学讲师,研究方向:城市交通、道路交通安全。

and ice conditions. This study provides a theoretical basis for the city's winter traffic management work.

Key words : Intersection , traffic features , investigation and analysis , snow and ice , Urumqi city

0 引言

实践和理论研究表明,不良天气是影响道路车辆运营效率和运行安全的重要因素之一,国外学者对此研究早在20世纪70年代已开展。近年来,我国道路运输业受恶劣天气影响严重,不少交通工程学者也相继开展了这方面的理论和实践研究,并取得了一定的研究成果^[1-5]。我国地域宽广,各个区域气候、地形等方面存在明显差异,研究成果不能照搬照抄。因此,针对特殊区域研究不良天气对道路通行效率的影响是十分必要的。

资料统计表明^[6],2005年底,乌鲁木齐市机动车保有量为15万辆,其中小客车8万辆,至2011年2月底,乌鲁木齐市机动车保有量已近35.3万辆,其中小客车近23.5万辆,约占机动车总量的69%,年均增长率超过20%。交通供需矛盾日益严重,交通环境日益恶化。另一方面,受恶劣气候条件影响,每年长达6个月时间处于冰天雪地,受降雪、冰冻的影响,道路通行能力大大降低,使得交通拥堵进一步加剧,尤其是主城区交叉口,冰雪环境下拥堵十分严重,给冬季乌鲁木齐市居民出行带来很大困难。因此,为了缓解城市主城区交叉口拥堵,最大限度地提高交叉口通行效率,有必要对交叉口的机动车冰雪天气下交通特性进行分析,从而为城市规划与管理决策提供理论依据。

本文立足于乌鲁木齐市冰雪条件下中心城区信号控制交叉口,主要采用人工观测技术,重点研究道路信号控制平面交叉口机动车的交通特性。

1 乌鲁木齐市城市交通特征

乌鲁木齐市位于中国的西北部(北纬43°45',东经87°36'),是新疆维吾尔自治区首府,是全疆政

治、经济、科技和文化中心,也是全疆公路、铁路、航空运输的枢纽。

乌鲁木齐市现状中心城区用地呈南北向狭长、东西狭窄的“T”型分布的城市形态,南北之间有明显的“蜂腰”,这与城市的地形特征有关,但最主要原因是城区中东西方向的红山和雅玛里克山共同作用,在城区中央形成了瓶颈,最窄处仅800m宽,因此无法像一般城市那样“摊大饼”向外发展。乌鲁木齐市城区海拔在700~900m,地势高低不平,起伏较大,一般地势的坡度在5%以上,客观上给自行车行驶带来不便^[7]。由于城市拓展受三面环山的地形限制,城市主要向北部发展,形成目前新的中心城区。乌鲁木齐市河滩快速路从城市中央穿过,是联系南北向的主要交通干道,并且承担了乌鲁木齐市大量的对外交通,从一定程度上缓解了城市新旧城区交通紧张的局面。

乌鲁木齐市属高纬度地区(在北纬44°),属典型的大陆性季风气候,天气寒冷,冬季长达半年以上。由于冬季降雪,结冰期长,路面光滑,十分不利于居民行走或骑车^[7]。

乌鲁木齐市曾于2006年对139处交叉口、2010年对174处交叉口进行了正常天气下工作日高峰小时交通量调查,两次调查统计结果显示,2006年交通量最高的几个交叉口2010年交通量有大幅度增长,平均增长超过30%。交通量最高的交叉口主要分布于南部老城区干道交叉口、快速路与主干路相交的交叉口、河滩路沿线连接东西两侧的立交桥。

2 冰雪条件下乌鲁木齐市平面交叉口机动车交通调查

为了解乌鲁木齐市冰雪条件下道路平面交叉

口交通流特征,笔者课题组于2011年12月冰雪条件下对乌鲁木齐市中心城区主要交叉口的机动车交通特征进行了观测,本文重点对主次干道相交的南昌南路—西虹西路进行交通特性分析,交叉口各进口车道功能划分如图1所示。本次机动车交通特征调查主要包括交通量观测、车头时距(饱和流率)观测、车速观测及交通延误观测。考虑到人工观测法的特点,本次调查主要采用人工观测法。

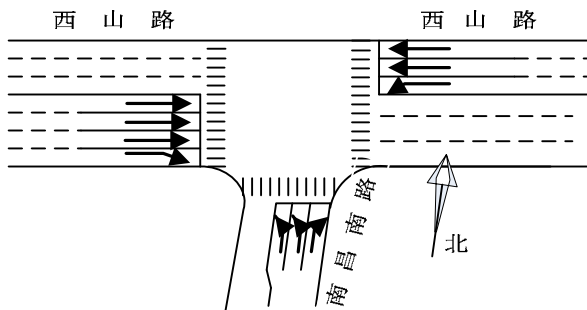


图1 南昌南路—西虹西路交叉口布置示意

Fig.1 Intersection between Nanchang South Road and Xihong West Road

2.1 交通量观测

(1) 由于交叉口的交通流比较复杂,需分车种和流向调查,故本次调查采用人工观测技术,并以入口引道的停车线作为观测断面。每一入口需要3人,分别统计进入交叉口左转、直行和右转的机动车流量,并将机动车按不同的车种进行统计;

(2) 交叉口交通量调查选在了高峰期间进行,持续时间至少为2h,以完整地测到整个高峰小时的交通量资料。调查时段划分采用5min的时间间隔。

2.2 信号控制交叉口延误观测

本文主要采用点样本法^[8]进行交叉口延误观测。

2.2.1 观测方法

交叉口每一引道需要3~4名观测员,其中1人

为报时员,1人(或2人)为观察员,另1人为记录员。

(1) 调查开始之前记录员应将调查日期、地点等填入表内。观测时间间隔一般取15s(根据现场信号灯配时情况可选其他值);

(2) 观测开始之后,报时员手持秒表,每15s报时一次,观测员在报时后即统计停留在入口引道停车线之后的车辆数,并通知记录员逐项记录。同时,记录员(或第二名观察员)还要统计在相应每1min内的引道交通量,并按停驶车辆和不停驶车辆分别统计和记录;

(3) 观测工作连续进行,直至到达样本容量的要求或规定的时间(10min或15min)为止。

2.2.2 计算方法

总延误 = 总停车数 × 观测时间间隔 (辆·s)

每一停驶车辆的平均延误 = $\frac{\text{总延误(s)}}{\text{停驶车辆总数}}$

交叉口入口引道上每辆车的平均延误 = $\frac{\text{总延误(s)}}{\text{引道总交通量}}$

停驶车辆百分率 = $\frac{\text{停驶车辆总数} \times 100\%}{\text{引道总交通量}}$

停驶车辆百分率的估计误差 = $\sqrt{\frac{(1-p)\chi^2}{pN}}$

2.3 车头时距及饱和流率观测

车头时距是指前后两辆车通过车行道上某一点的时间差,一般以两车的(前)保险杠通过该点的时间差来度量。饱和流率是理想状态下,所有车辆都按照饱和车头时距运行时,1h内车道断面能够通过的车辆数。车辆进入引道后,如果为红灯信号,则要在停车线前排队等候。

2.3.1 观测方法

(1) 观测时间:选一小时中的高峰15min。

(2) 两人观测一条车道,一人观测,一人记录。按信号周期观测,受干扰的周期应予作废,延续观测15min以上。

(3) 观测员任务:

接近绿灯启亮时,认定红灯期停车排队的最后一辆车;

绿灯启亮时,打开秒表,并通知记录员准备记录;

每辆车开出停车线时,向记录员报告车型及开出停车线时刻,如:“小3.5”、“小6.5”……直到认定的最后一辆车开出停车线。

2.3.2 计算方法

先从记录的车辆出停车线时刻计算车队的平均饱和车头时距 \bar{h}_i ,再由 \bar{h}_i 计算饱和流率 S_i ,所以必须从记录数据中选取饱和车队的各车出停车线的时刻。但同时应注意:

(1) 必须选记录表中同种车型连续通过停车线的数据;

(2) 一般头4辆车出停车线是不饱和的,因此计算 \bar{h}_i 应从第5辆车开始,而把头4辆车头时距中大于 \bar{h}_i 的部分计作绿初启动损失时间:

平均饱和车头时距:

$$\bar{h}_i = \frac{\sum_{i=5}^n h_i}{n-4} \quad (1)$$

饱和流率:

$$S_i = \frac{3600}{\bar{h}_i} \quad (2)$$

3 冰雪条件下乌鲁木齐市平面交叉口机动车交通特性分析

南昌南路—西虹西路交叉口是主次干道相交的交叉口,其中西虹西路是连接城市东西方向主要干道,向西与城市外环路相交,向东与城市河滩快速路相交。考虑到城市内货车通行时间,因此,此次交通调查时间选择晚间 18:00~21:00,持续时间达3个小时,且该交叉口受上游交叉口影响较小,不会出现溢流现象。

3.1 机动车交通量特性分析

随着乌鲁木齐市城市化进程的加快,该交叉口周边土地利用性质逐渐转化为居住类,土地利用性质发生了变化,交通吸引逐渐增加。由表1可知,现状交通量已由去年正常天气的 6 174pcu/h(当量小汽车),增加至目前的 7 299 pcu/h,增长幅度达 18.2%,且增加的交通量主要集中在东西主干道,已由 5 385pcu/h 上升到 6 541pcu/h,增长率达 21.7%。其中西进口交通量增长最为显著,达 49.7%,主要体现在小客车的增长量过大,达 60.2%。另由表2可看出,西进口左转弯车辆已由去年的 209 pcu/h(当量小汽车)增加到目前的 2 008 pcu/h,仅一年多增加了 1 799 pcu/h,增长幅度过大,也是将来道路改造、交通管理规划重点考虑的区域。

表1 高峰期交叉口机动车交通量汇总

Tab.1 Statistics of motor vehicle traffic volume of the intersection on peak hour

天气	进口道名称	进入交叉口交通量/(veh/h)						交通量合计/(veh/h)	折算成标准小汽车(增加%)/(pcu/h)
		公交车	出租车	小客车	小货车	大货车	摩托车		
正常天气	东进口	209	222	2 036	101	6	42	2 616	2 828(0)
	西进口	139	187	1 809	196	16	28	2 375	2 557(0)
	北进口	39	132	543	29	0	2	745	789(0)
	南进口	0	0	0	0	0	0	0	0(0)
	合计	387	387	541	4 388	326	22	5 736(0)	6 174(0)
冰雪天气	东进口	135	256	2 124	29	10	12	2 566	2 713(-4.07)
	西进口	232	383	2 898	58	2	22	3 595	3 828(+49.7)
	北进口	30	86	595	5	4	4	724	758(-3.93)
	南进口	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	397	725	5 617	92	16	38	6 885	7 299(+18.2)

表 2 高峰期交叉口机动车交通量汇总

Tab.2 Statistics of motor vehicle traffic volume of the intersection according to their turning direction on peak hour

天气	进口道名称	进入交叉口车辆						折算成标准小汽车/(pcu/h)
		左转车辆		直行车辆		右转车辆		
		小计/(pcu/h)	比例/(%)	小计/(pcu/h)	比例/(%)	小计/(pcu/h)	比例/(%)	
正常天气	东进口	0	0	2 177	76.98	651	23.02	2 828
	西进口	209	8.17	2 348	91.83	0	0	2 557
	北进口	588	74.52	0	0	201	25.48	789
	南进口	0	0	0	0	0	0	0
	合计	2 603	0	3 947	0	759	0	7 298
冰雪天气	东进口	0	0	2 127	78.10	596	21.90	2 713
	西进口	2 008	52.35	1 820	47.65	0	0	3 828
	北进口	595	78.50	0	0	163	21.50	758
	南进口	0	0	0	0	0	0	0
	合计	2 603	0	3 947	0	759	0	7 299

3.2 交叉口机动车饱和和流率分析

冰雪条件下，路面摩擦系数降低，车辆启动速

度下降，导致启动损失时间增加，统计结果详见表 3 所示。
 机动车交叉口饱和和流率采用前述的平均车头时距法获得，并按不同车道进行了调查和统计，结果如表 3 所示。

度下降，导致启动损失时间增加，统计结果详见表 3 所示。

表 3 高峰期交叉口机动车饱和和流率及延误汇总

Tab.3 Statistics of motor vehicle saturation flow rate and delay of the intersection on peak hour

天气	进口方向	车道	启动延误(增加%)/(ms)	饱和车头时距/(ms)	饱和流率(减少%)/(pcu/h)
正常天气	东进口	车道 1(直行车道)	2 193	2 085	1 727(0)
		车道 2(直行车道)	2 016	2 162	1 665(0)
		车道 3(直行车道)	2 036	2 299	1 566(0)
	西进口	车道 1(左转车道)	2 142	2 280	1 579(0)
		车道 2(直行车道)	2 210	2 179	1 652(0)
		车道 3(直行车道)	1 959	2 387	1 508(0)
	北进口	车道 1(左转车道)	3 440	3 673	980(0)
		车道 2(左转车道)	3 616	2 892	1 245(0)
		车道 1(直行车道)	2 672	2 254	1 597(-7.53)
	东进口	车道 2(直行车道)	2 600	2 342	1 537(-7.69)
		车道 3(直行车道)	2 480	2 491	1 445(-7.73)
		车道 1(左转车道)	2 374	2 469	1 458(-7.66)
冰雪天气	西进口	车道 2(直行车道)	2 438	2 360	1 525(-7.69)
		车道 3(直行车道)	2 386	2 596	1 387(-8.02)
		车道 1(左转车道)	3 812	4 043	890(-9.18)
	北进口	车道 2(左转车道)	4 006	3 185	1 130(-9.24)

由表 3 可以看出，冰雪天气下，车辆的饱和流率下降，启动损失时间都有一定程度增加，且左转弯车启动损失时间大于直行车辆，饱和流率小于直行车辆。通过计算可知，该交叉口直行车道饱和流率

平均下降 7.66%，启动延误增加了 22%；左转车道饱和和流率平均下降 8.02%，启动延误平均增加了 11.02%，并且该交叉口北进口启动损失时间普遍大于东进口和西进口。

3.3 交叉口机动车运行速度分析

交叉口车辆运行速度是指车辆通过交叉路口的车速，它直接影响到车辆在交叉路口的运行状态及信号灯黄灯及全红时间的配时效果，本次调查主要采用雷达测速法^[8]。由表4可看出，冰雪天气下，交叉口各进口道车辆运行速度都有不同程度降低，其中交叉口西进口道车辆运行速度下降最为显著，

平均下降幅度达38%，这是由于冰雪天气下，路面较滑，左转弯车辆与对向右转车辆会出行合流现象，再加上交叉口转弯半径小以及大车的混入，为避免与右转车辆冲突，驾驶员行车谨慎，因而行车速度低；直行车辆行车速度降幅较大，主要由于路面摩擦系数低以及大车混入率较高（大车占该进口道直行车流量的15%）而造成。

表4 交叉口机动车运行车速统计分布结果 单位：km·h⁻¹

Tab.4 Statistics of motor vehicle operation speed of the intersection on peak hour unit: km·h⁻¹

天气	进口方向	车道	均值(减少%)	标准差	样本容量	极大值	极小值	95%置信区间	
								下限	上限
正常天气	东进口	直行车道	27.138 9(0)	2.305 9	180	22	33	27.722 2	28.583 3
		右转车道	27.944 4(0)	1.934 8	180	23	32	27.486 5	28.388 9
	西进口	直行车道	27.611 1(0)	2.331 6	180	13	27	27.185 2	28.055 6
		左转车道	27.367 3(0)	2.195 6	180	23	32	26.755 1	27.959 2
	北进口	左转车道	24.019 2(0)	3.032 4	180	18	31	23.134 6	24.884 6
		右转车道	27.0000(0)	2.107 6	180	20	33	26.562 8	27.406 3
冰雪天气	东进口	直行车道	21.634 6(-20.3)	1.899 7	180	25	18	21.057 7	22.153 4
		右转车道	21.211 5(-24.1)	3.426 2	180	35	16	20.365 4	22.096 2
	西进口	直行车道	17.507 0(-36.6)	2.666 6	180	30	14	16.831 0	18.098 6
		左转车道	16.569 4(-39.5)	1.499 5	180	21	13	16.222 2	16.916 7
	北进口	左转车道	22.474 2(-6.4)	3.227 8	180	30	12	21.825 0	23.113 4
		右转车道	25.410 3(-5.9)	3.075 5	180	31	20	24.437 2	26.435 2

注：车道1指靠道路中心线最近的车道。

3.4 机动车交叉口交通延误分析

由表5可知，冰雪条件下，该交叉口各进口道平均停车延误增加，其中西进口左转弯车辆平均延

误增加最大，达到11.23%，其余各车道平均停车延误增幅达8.17%。

表5 高峰期交叉口机动车交通延误结果

Tab.5 Statistics of motor vehicle traffic delay of the intersection on peak hour

天气	进口方向	车道	总延误/(辆·s)	平均停车延误(增加%)/ms	引道延误/ms	停驶车辆百分率的误差
正常天气	东进口	直行车道	3 156	3 034(0)	2 096	0.009 999
		直行车道	1 225	3 190(0)	1 902	0.018 189
	西进口	左转车道	3 443	3 890(0)	1 635	0.011 533
		左转车道	3 120	2 887(0)	1 156	0.016 139
冰雪天气	东进口	直行车道	3 030	3 310(+9.10)	2 043	0.037 241
		直行车道	2 445	3 450(+8.15)	2 300	0.027 826
	西进口	左转车道	6885	4327(+11.23)	3 879	0.005 908
		左转车道	2995	3097(+7.27)	1 846	0.040 645

综合以上分析，汇总该交叉口交通特性分析结果如表6所示。

表 6 高峰期交叉口机动车交通特征汇总结果

Tab.6 Statistics of motor vehicle traffic features of the intersection on peak hour

天气状况	进口道方向	交通量/(pcu/h)	饱和流率	饱和度	运行车速/(km/h)	平均停车延误/ms	启动损失延误/ms
正常天气	东进口 直行车道	2 177	4 958	0.439	27.14	3 034	2 109
	西进口 直行车道	2 348	3 160	0.743	27.61	3 190	2 180
	西进口 左转弯车道	209	1 579	0.132	24.02	3 890	2 142
	北进口 左转弯车道	588	2 225	0.265	27.37	2 887	3 685
冰雪天气	东进口 直行车道	2 127	4 579	0.465	21.63	3 310	2 584
	西进口 直行车道	2 008	2 912	0.691	17.51	3 450	2 630
	西进口 左转弯车道	1 820	1 458	1.255	16.57	4 327	2 374
	北进口 左转弯车道	595	2 020	0.295	22.47	3 097	3 909

由表 6 可看出，该交叉口西进口道左转弯车道饱和度为 1.255，车辆运行速度降低，平均停车延误达 43.27s，因此，该车道交通延误问题亟待解决。可采取的改善措施：一是增加专用左转弯车道，将原来西进口道的左转弯车道再增加一条；另一方面：信号灯配时优化设计。通过以上两种方法均可提高该进口道左转弯车辆通行能力。

4 结束语

冬季冰雪条件下，乌鲁木齐市中心城区交叉口交通拥堵更为严重，为改善冬季道路运营效率，有必要掌握交叉口冬季交通特征。基于此，本文采用人工观测技术，对我市其中若干重要交叉口特别是南昌南路—西山路交叉口进行了交通量、车辆运行车速、饱和流率及平均停车延误等主要参数调查，并对获得的数据进行了统计分析，得到以下一

些结论：

(1) 与正常天气相比，冰雪路面影响了道路路面的附着系数，使得交叉口通行能力下降，延误增加，运行速度下降，从而也进一步证实了不良天气对交叉口车辆运营效率产生的负面影响。

(2) 目前交叉口西进口道交通量增长迅速，尤其是小客车增长过快，交叉口配时需进行调整，以满足快速增长的交通需求。

(3) 目前对交叉口不能彻底改造情况下，为提高交叉口通行能力，可采取的措施包括进口道左转弯车道的增加以及信号灯配时的优化设计等，以及其他的交通组织设计，如禁止左转弯车辆通行等。将来配合道路网规划的实施，该交叉口的运行状况将会得到改善。

(4) 该交叉口的研究方法及其研究结果同样适用于乌鲁木齐市其他交叉口的特殊天气研究。

参考文献

[1] 罗丽君，高晗，裴玉龙．冰雪道路条件下最小安全行车间距的确定[J]．黑龙江交通科技，1999，38: 33-34.

[2] 隗海民，裴玉龙，朱从坤．冰雪覆盖条件下城市道路通行能力分析[J]．哈尔滨建筑大学学报，1998，31(2): 104-108.

[3] 蒋贤才，裴玉龙．寒冷地区道路交通安全特征及其管理措施分析[J]．交通运输系统工程与信息，2007，7(4): 82-89.

[4] 景鹏，崔声伶．城市道路冰雪路面交通流状态特性研究[J]．中外公路，2010，30(4): 313-317.

[5] 艾力·斯木吐拉，胡新民，蒋松强．灾害性天气对新疆高等级公路交通安全的影响[J]．长安大学学报，2005，(3): 70-73.

[6] 上海市城市综合交通规划研究所乌鲁木齐市综合调查[R]．上海市城市综合交通规划研究所，2011.

[7] 李宏斌，陈必壮．中国非主流城市交通规划模型建立的一种模式[J]．城市交通，2004，2(3): 31-34.

[8] 王建军，严宝杰．交通调查与分析[M]．北京：人民交通出版社，2004.

(中文编辑：刘娉婷)