

Hand book for Civil Engineers in China

中国

孙更生 朱照宏 孙 钧
杨祖东 江欢成 杨文渊 等编著



土木工程师

手册 中册

上海科学技术出版社

中国土木工程师手册

(中 册)

Handbook for Civil Engineers in China

(Volume Two)

孙更生 朱照宏 孙 钧 等编著
杨祖东 江欢成 杨文渊

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国土木工程师手册. 中册 / 孙更生等编著. —上海:
上海科学技术出版社, 2001. 11

ISBN 7-5323-5845-3

I. 中... II. 孙... III. 土木工程—技术手册
IV. TU-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 082662 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 92 插页 4 字数 2177 千

印数 1—3 000 定价: 160.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

目 录

(中 册)

第 九 篇	房屋结构	9.1 ~ 9.216
第 十 篇	特种工程结构	10.1 ~ 10.145
第十一篇	土力学与基础工程	11.1 ~ 11.334
第十二篇	隧道与地下工程	12.1 ~ 12.214
第十三篇	道路工程	13.1 ~ 13.208
第十四篇	交通工程	14.1 ~ 14.152
第十五篇	机场工程	15.1 ~ 15.89
第十六篇	铁道工程	16.1 ~ 16.104

Contents

(Volume Two)

Section 9	Building Structure	9.1 ~ 9.216
Section 10	Special Structure	10.1 ~ 10.145
Section 11	Soil Mechanics and Foundation Engineering	11.1 ~ 11.334
Section 12	Tunnel and Underground Engineering	12.1 ~ 12.214
Section 13	Highway Engineering	13.1 ~ 13.208
Section 14	Traffic Engineering	14.1 ~ 14.152
Section 15	Airport Engineering	15.1 ~ 15.89
Section 16	Railway Engineering	16.1 ~ 16.104

第十四篇 交 通 工 程

杨佩昆 同济大学教授

杨佩昆

目 录

第一章 交通工程学	14.5
第二章 交通调查与分析	14.7
第一节 交通量调查	14.7
第二节 车速调查	14.16
第三节 出行调查	14.24
第三章 交通流理论	14.27
第一节 交通特征参数	14.27
第二节 交通流模型	14.29
第三节 交通参数的统计分布	14.30
第四节 交通波理论	14.33
第五节 跟车理论	14.35
第六节 排队论的应用	14.37
第四章 交通控制与管理	14.40
第一节 交通标志	14.40
第二节 交通标线	14.43
第三节 交通信号	14.45
第四节 高速干道交通控制	14.52
第五节 交通管理	14.55
第五章 交通设施通行能力与服务水平	14.58
第一节 概述	14.58
第二节 路段通行能力与服务水平	14.59
第三节 交织通行能力	14.78
第四节 信号交叉口通行能力	14.81
第五节 无信号交叉口通行能力	14.90
第六节 公共交通通行能力	14.94
第七节 自行车道通行能力	14.95
第八节 行人通行能力	14.96
第六章 交通规划	14.101
第一节 城市交通规划内容及程序	14.101
第二节 交通预测	14.102
第三节 客运规划	14.107
第四节 货运规划	14.109
第五节 道路网规划	14.110

第六节 交通规划的评价体系	14.114
第七节 公路网规划	14.115
第七章 静止交通设施	14.130
第一节 汽车停车场	14.130
第二节 路旁停车场	14.132
第三节 路外停车场	14.133
第四节 停车场规划指标	14.136
第五节 自行车停车场	14.137
第六节 加油站	14.139
第七节 公交站点	14.140
第八章 交通安全	14.142
第一节 交通事故	14.142
第二节 交通事故调查与分析	14.144
第三节 交通事故率计算	14.146
第四节 道路交通条件与事故的关系	14.147
第五节 交通安全措施及效果分析	14.150
参考文献	14.152

第一章 交通工程学

交通工程学是研究道路的本质及其规律,并据以进行道路的规划、设计、管理等工作的一门工程学科。它研究各种交通在道路上运行的规律及其相互关系,把“车”、“人”、“路”、“交通信号”看成一个统一的交通系统,并把这个系统放在同交通相互影响的“环境”中进行考察研究。研究的目的是探求运输效率最高、通行能力最大、交通事故最少、公害程度最低、运输费用最省并与环境相协调的道路交通体系。

交通工程学研究内容主要包括以下方面:

(1) 交通调查与分析:掌握现有交通条件和交通发展趋势,作为编制交通规划、进行交通设施设计和交通管理的依据。还研究交通调查的合理取样与分析方法。

(2) 交通流理论:把在路上接连行驶的车群看成一种“流”——交通流,或叫车流。研究车流在行驶过程中的运行规律、相互关系。是交通工程的理论基础之一。

(3) 交通特性,包含人、车、路三特性:

人的特性:研究驾车者、行人接受各种信息、对信息作出反应并采取相应措施的生理、心理特性。

车辆特性:研究机动车辆的动力特性、操纵特性、运行特性、耗能特性等;研究自行车的骑行特性及其与骑车人的关系等。

道路特性:研究道路系统及道路同车辆运行的相互关系。

(4) 通行能力:是道路交通设施交通运行效率的主要指标。研究各种道路交通设施、不同交通运行状态下的通行能力以及影响通行能力的各种干扰因素,也是交通工程学要研究的主题之一。

(5) 交通规划:是地区和城市总体规划的骨干部分。研究各类交通的发生、在道路上的分布及其发展的规律,根据城市发展预测未来的交通需求,制订能适应未来交通需求的交通规划。

(6) 交通设计:大型交通构筑物(高速干道、大桥、隧道等)的交通设计,道路线型、交叉设计,交通设施设计,包括交通管理、安全设施、停车场、站及加油站等。

(7) 交通管理:是保证交通畅通、防止交通事故的必要措施。研究如何通过工程技术、法制、教育等手段,正确处理交通中人、车、路之间的关系,以确保交通畅通、安全并降低交通公害。

(8) 交通公害:是指机动车辆排放的废气,发生的噪声和振动,造成对公众的危害。研究交通公害的产生、监测及其控制措施。

(9) 交通安全:研究交通事故发生的规律性,道路交通设施与交通事故的关系,消除诱发事故的因素。

(10) 交通经济:研究社会经济与交通发展的相互关系,交通的经济效益,运输费用及其与道路交通设施的关系等。

与交通工程学直接有关的学科有汽车工程、运输工程、人类工程、道路工程、城市规划、环境工程、自动控制、系统工程、电子计算机技术等,还涉及心理学、社会学、法学、经济学等学科。所以交通工程学是一门多学科渗透的综合性边缘学科。

交通工程学的研究对象、目的、内容及其相关学科可概括成图 14-1-1。

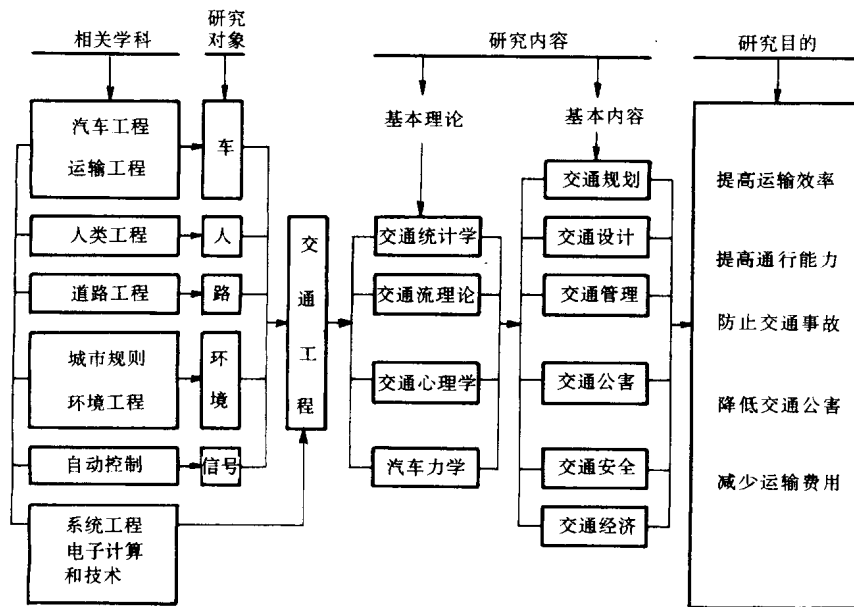


图 14-1-1 交通工程及其相关学科

第二章 交通调查与分析

交通调查,项目繁多。最基本的交通调查是交通量调查、车速调查和居民与车辆出行调查,通常称之为交通三大调查。

第一节 交通量调查

交通量,也称“交通流量”,简称“流量”。交通量是三个基本交通参数(流量、车速、密度)之一,是确定道路交通设施规划、设计与交通管理的主要依据之一。

一、定义

① 交通量:是单位时间内,通过道路或一条车道某指定地点的实际交通数。按交通类型,有机动车交通量、非机动车交通量和行人交通量等,不加说明时,一般是指机动车交通量;按时间单位,常用的有日交通量(辆/d)和时交通量(辆/h);按行车方向,有单向交通量和双向交通量。

② 平均交通量:交通量时刻在变动,通常取某期间交通量的平均值,作为该期间交通量的代表。按平均所取的总时间,平均交通量常用的有:

年平均日交通量(简称为 $AADT$):一年内的交通量总数除以一年的总天数。

月平均日交通量(简称为 $MADT$):一个月内的交通量总数除以一个月的总天数。

周平均日交通量(简称为 $WADT$):一个星期内的交通量总数除以 7。

平均日交通量(简称为 ADT):任意期间的交通量总数除以该期间的天数。

以上平均交通量可概括成如下表达式:

$$\text{平均交通量} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (14-2-1)$$

式中 T_i ——各单位时间的交通量;

n ——取平均的总时间。

年平均日交通量 n 为 365(或 366),即 $AADT = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} T_i$;月平均日交通量, n 为 30(或 31, 28, 29),即 $MADT = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} T_i$;余类推。

年平均日交通量,在道路与交通工程中,是一项十分重要的控制性指标,用作道路、交通设施规划,确定道路等级以及论证道路交通设施建设可行性等的依据。其他平均交通量,供统计交通量变化系数,以便把一般的日交通量换算为年平均日交通量之用。

二、交通量的变化

交通量随时间和地点而变化。

1. 交通量在时间上的变化

某指定地点,交通量在时间上的变化主要有:

① 月变,也叫季变,年内十二个月中,交通量按每个月的变化;显示月变的曲线图,即以月份为横座标、以月平均日交通量相当于年平均日交通量的百分数或各个月的月平均日交

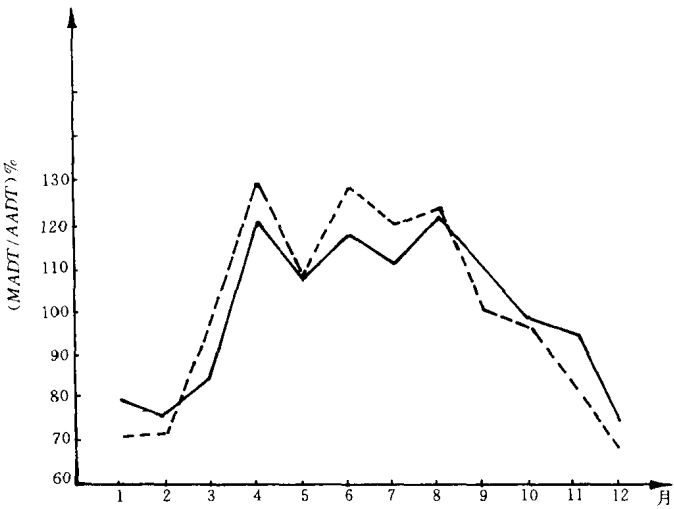


图 14-2-1 交通量月变曲线图

通量为纵坐标的曲线图,叫交通量月变图,见图 14-2-1。年平均日交通量与月平均日交通量之比,称为交通量月变系数 M (或称月换算系数),即:

$$M = \frac{AADT}{MADT} \tag{14-2-2}$$

并以各个月的月变系数表示交通量的月变规律。月变系数也可用年平均月交通量与月交通量之比来表示。

【例 1】 某测站测得各月份的累计交通量,整理列于表 14-2-1 第一行,试计算各月份的月平均日交通量与月变系数。

表 14-2-1 月平均日交通量与交通量月变系数

月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	全 年
累计交通量	65 785	42 750	67 141	73 317	77 099	72 782	70 641	70 951	83 043	91 661	88 166	78 180	881 516
MADT	2 122	1 527	2 166	2 444	2 487	2 426	2 279	2 289	2 768	2 957	2 939	2 522	AADT2 415
M	1.14	1.58	1.11	0.99	0.97	0.99	1.06	1.05	0.87	0.82	0.82	0.96	

先算 $AADT = \frac{881\,516}{365} = 2\,415 \text{ 辆/d}$

一月份 $MADT_1 = \frac{65\,785}{31} = 2\,122 \text{ 辆/d}$

二月份 $MADT_2 = \frac{42\,750}{28} = 1\,527 \text{ 辆/d}$

余类推,各月份 $MADT$ 计算结果列于表中第二行。

一月份,月变系数 $M_1 = \frac{2415}{2122} = 1.14$, $M_2 = \frac{2415}{1527} = 1.58$, 余类推。各月份月变系数计算结果列于表 14-2-1 第三行。

② 日变,也叫周变,周内七天中,交通量按各个周日的变化;显示日变的曲线图,叫交通量日变图。图 14-2-2 用各个周日的交通量日变系数 D (或称日换算系数) 表示交通量的日变规律。

交通量日变系数 D , 就是年平均日交通量除以某周日的平均日交通量;某周日的平均日交通量等于全年所有某周日交通量的总和除以全年某周日的总天数。

没有全年的观测数据,仅有抽样观测数据时,日变系数 D 也可用下式计算:

$$D = \frac{WADT}{\text{某周日的 ADT}} \quad (14-2-3)$$

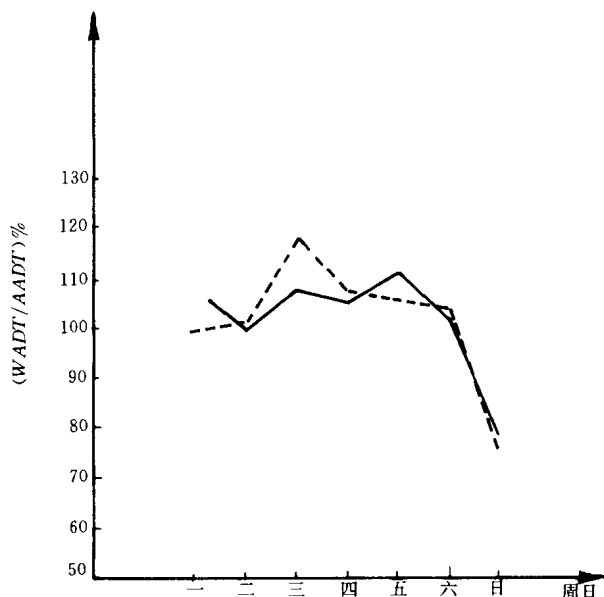


图 14-2-2 交通量日变曲线图

【例 2】某测站测得各个周日的全年累计交通量,整理列于表 14-2-2 第一行,试计算各个周日的周平均日交通量与日变系数。

表 14-2-2 周平均日交通量与交通量日变系数

周日	日	一	二	三	四	五	六	全年
累计交通量	111 469	128 809	129 486	128 498	127 030	129 386	126 838	881 516
WADT	2 103	2 477	2 490	2 471	2 443	2 488	2 439	AADT 2 415
D	1.15	0.97	0.97	0.98	0.99	0.97	0.99	

全年所有星期日交通量总和为 111 496 辆/年

星期日的平均日交通量 = $\frac{111\,469}{53} = 2\,103$ 辆/d (全年有 53 个星期日), 列于表 14-2-2 中第二行。

星期日的日变系数 $D = \frac{2415}{2103} = 1.15$, 列于第三行。余类推。

③ 时变:一天 24h 中,交通量按每个小时的变化,显示时变的曲线图,叫交通量时变图,如图 14-2-3;以某小时或某时段占日交通量之比表示交通量的时变规律。常用的有昼间 16 个小时或 12 个小时 (如 4:00~20:00, 6:00~18:00) 交通量占日交通量之比及高峰小时交通量占日交通量之比。

④ 高峰小时交通量:交通量时变图一般呈马鞍形,上、下午各有一个高峰,交通量出现高峰的那一个小时,称为高峰小时,高峰小时内的交通量总数称为高峰小时交通量。

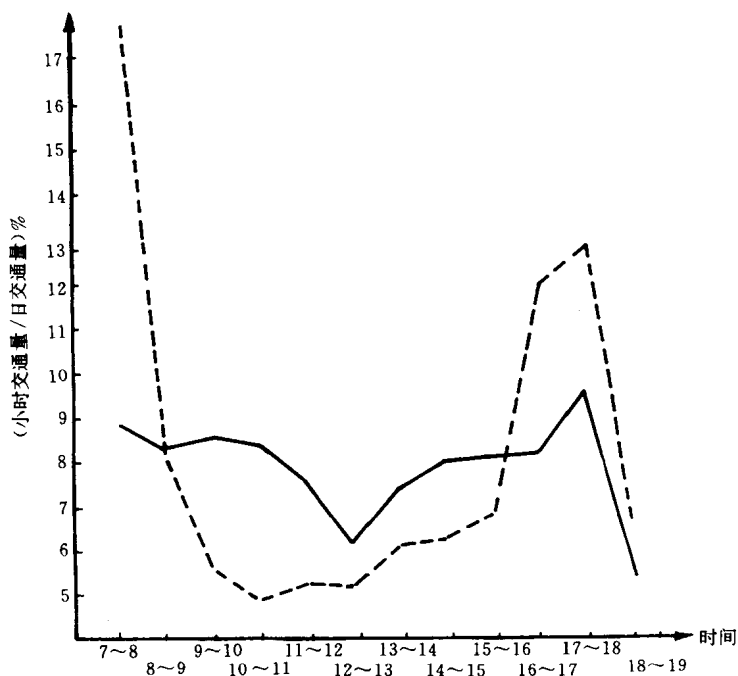


图 14-2-3 交通量时变曲线图

高峰小时交通量占该天日交通量之比,称为高峰小时流量比(用%表示),反映高峰小时流量的集中程度,并可供高峰小时交通量与日交通量之间作相互换算之用。我国各测站初步统计,高峰小时流量比在 9%~10% 范围内,平均为 9.6%。

高速干道、隧道、大桥及交叉口等“交通要道”,尚有必要考察高峰小时内交通量分布的不均情况,这常用高峰小时系数来表示。

在高峰小时内,取 5min 或 15min 时段内的累计交通量,连续 5min 或 15min 累计交通量最大的那个时段,就是高峰小时内的高峰时段,把高峰时段内的累计交通量扩大为一个小时的交通量,可称之为扩大高峰小时交通量。高峰小时系数就是高峰小时交通量与扩大高峰小时交通量之比,即

$$\text{高峰小时系数 (PHF)} = \frac{\text{高峰小时交通量}}{\frac{60}{t} \times (t \text{ 时段内的最高交通量})} \quad (14-2-4)$$

式中 t ——5min 或 15min。

高峰小时系数,按所取时段不同,必须予以说明“5(或 15)min 流量的高峰小时系数”。

昼间 16(12)h 交通量占日交通量之比,可称之为昼间流量比。

$$\text{昼间流量比} = \frac{\text{昼间 16(12)h 累计交通量}}{\text{平均日交通量}} \% \quad (14-2-5)$$

掌握这个数据后,可只作昼间 16(12)h 的流量观测,以推算日交通量。

2. 交通量在空间上的变化

同一时间或相似交通条件下,交通量在不同路段、车道、方向上的变化。

(1) 路段分布:各路段上,在同一时间或相似交通条件下,测得的交通量,其相对数字大

致相仿,故可把各路段上测得的交通量化成路段分布系数,或画成交通量路段分布图(如图14-2-4),以表示各路段上交通量的变化规律。

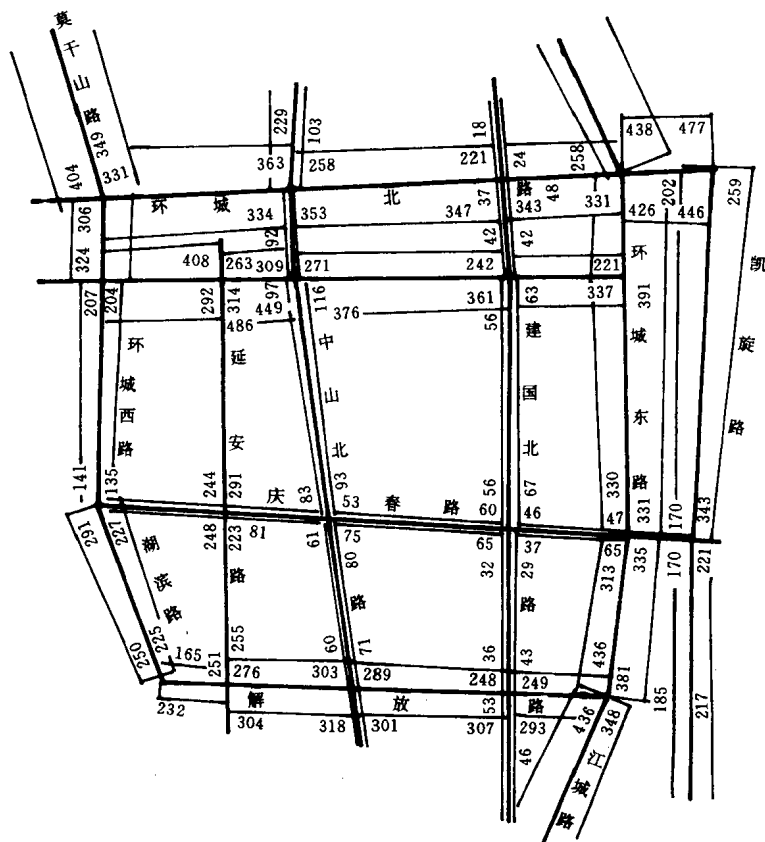


图 14-2-4 交通量路段分布图

交通量路段分布系数,就是以交通量最大路段的交通量为1,其他路段的交通量与最大路段的交通量之比(以小数表示)。实测所得的现状路段分布系数,可供预估远景交通量时作路段交通量分布之用。

(2) 方向分配:某时段内,同一路段上,两个对行方向的交通量并不相同。单向双车道以上的公路,在设计中必须分别考虑每个行车方向的交通量。以实际观测两个方向交通量的百分比,作为方向分配比例 d (图 14-2-5),即

$$d_{ab} = \frac{Q_{ab}}{\sum Q} \%, \quad d_{ba} = \frac{Q_{ba}}{\sum Q} \% \quad (14-2-6)$$

式中 d_{ab}, d_{ba} —— $a \rightarrow b$ (或 $b \rightarrow a$)方向分配率;

Q_{ab}, Q_{ba} —— $a \rightarrow b$ (或 $b \rightarrow a$)方向交通量;

$\sum Q$ ——双向交通量总和。

(3) 车道分配:单向多车道公路上,因非机动车的数量、横向车辆出入口的数量等的不同,各条车道上交通量的分配也是不同的。在交通量不高的情况下,一般,右侧车道的交通量比重较大;随着交通量的增加,左侧车道交通量比重增大。

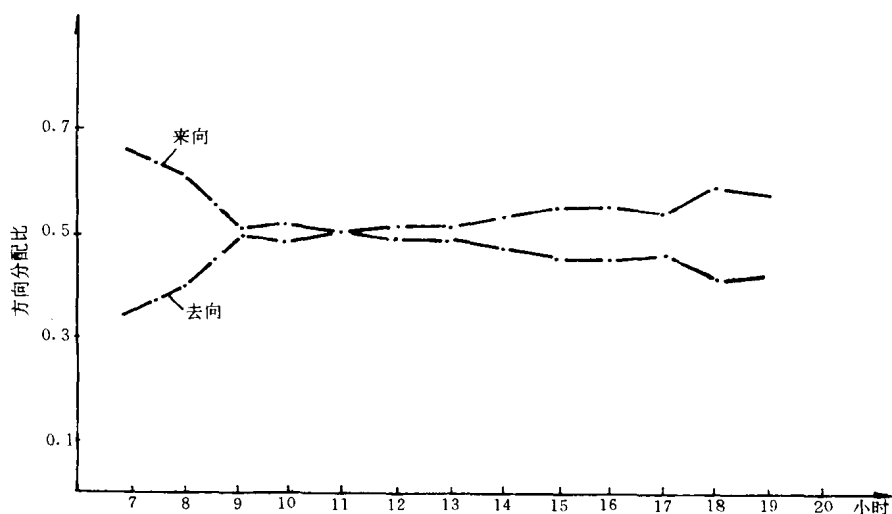


图 14-2-5 某观测站随时间变化的方向分配比

三、设计小时交通量

设计小时交通量(简写 DHV)是为拟订道路、交通设施的设计指标而定的交通量。

交通量具有随时变化和出现高峰的特点,做道路、交通设施的具体设计时,必须考虑交通量有这个高峰的特点。因为,以平均日交通量(或平均时交通量)为依据的设计结果,必将在大部分时间内不能适应实际的交通量而发生拥挤堵塞现象。

但在一年 365d 中,各天的最高小时交通量也各不相同,以其中哪一个作为设计交通量最为合适呢? 研究表明,应以一年中第 30 位最高小时交通量作为设计交通量最为合适。

第 30 位最高小时交通量(简写为 $30HV$)就是把一年中测得约 8760 个高峰小时交通量,从大到小按序排队,排列第 30 位的那个交通量。

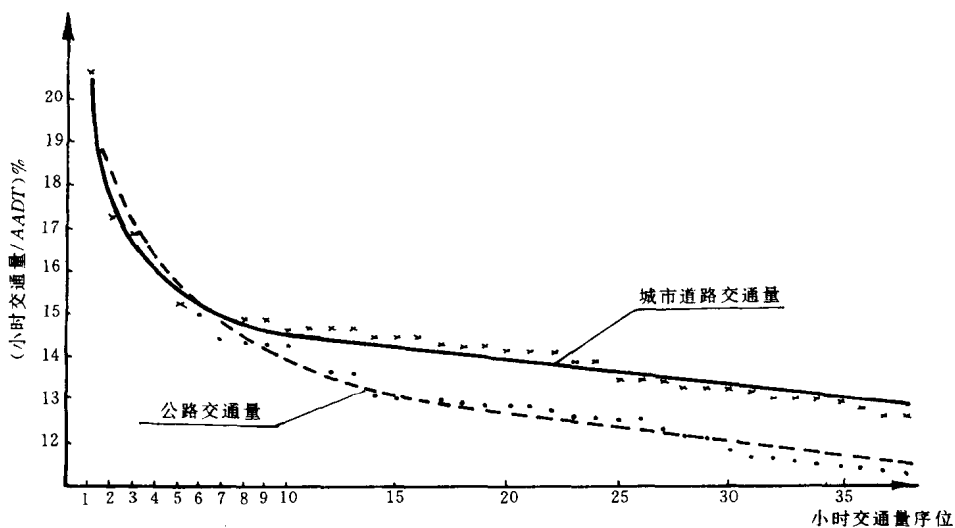


图 14-2-6 高峰小时交通量序位图