

公路工程设计计算实例之五

公路线路设计 计算实例

赵嘉行

一九九一年七月

告 读 者

由于专业技术资料，特别是专业针对性较强的技术资料，发行面小，就造成了作者与读者之间的沟通渠道阻塞。这种状况，不利于技术经验的交流，因而也不能有效的贯彻科学技术为社会主义建设服务的精神。为了改变这一现状，我们尝试着推出了一些土木工程方面的技术交流资料。本着为生产实践服务，为基层土木技术工作者服务的宗旨、先后铅印了：

A-101：《钢筋混凝土结构构件计算实例》、A-102：《公路小桥涵洞设计计算实例》、A-103：《公路桥涵地基基础设计计算实例》、A-104：《公路路基路面工程设计计算实例》、A-105：《公路工程概算预算计算实例》，以及B-101：《预应力混凝土及部分预应力混凝土结构构件计算实例》、B-102：《公路路线设计计算实例》、B-103：《公路工程施工组织设计及实例》、B-104：《公路路基路面工程质量监理》、B-105：《公路工程概预算》等技术资料，在行业内部交流。由于这些资料服务目的明确，专业针对性强，加之作者都是一些既有扎实理论基础，又有丰富实践经验的专家，所以深受公路、铁路、市政建设、林业勘察及工民建等部门的土木技术工作者，特别是设计、施工和养护管理等生产第一线的土木技术工作者和以上专业本科、专科和中专学生的欢迎，并给予了较高的评价。

为了克服因专业对口性强而印刷份数少的矛盾，我们千方百计降低印刷成本，致使交流数量达到3-5百份就能及时印出供应读者，这样就增强了资料供应的快速性与灵活性，切实为作者与读者之间做好沟通工作。此外，在征订、发邮和信息反馈方面，我们都本着认真负责的态度，力求做好服务工作，保证订户所购资料及时到手，遗失补寄，决不误。总之，我们坚持社会效益第一，为生产第一线服务的原则，做好这一技术交流工作。

为了更广泛的吸收广大读者对这些技术交流资料的批评，指正和对这方面工作的建议和指导，希望读者不吝赐教，以期共同做好这一工作。来信可寄：湖南长沙，410076：长沙交通学院9-204信箱，杨红旗收。我们必定将有关信息及时转达给作者，并作出认真的答复。

前 言

本设计计算实例为《公路工程设计计算实例》第五册。前四册分别为：《公路小桥涵洞设计计算实例》、《公路桥涵地基基础设计计算实例》、《公路路基路面工程设计计算实例》、《公路工程概预算计算实例》。这套计算实例是应公路测设、养护、施工及管理部门基层技术工作者要求编写的，作为内部技术参考资料交流。本套实例均按照交通部1985年以来颁布的最新的规范、文件和规定进行计算。

《公路路线设计计算实例》主要依据《公路路线设计规范》(JTJ 011-84)的主要内容，并适当选编了城市道路交通中的部分内容，以实例解算的形式，为规范中的条文具体化、量化，以供进行路线设计时参考。

第七章收录了部分用于PC-1500计算机的路线勘测设计电算程序。其中部分程序来自一些杂志和书籍，在此向其作者致谢。在应用这些程序时，要特别注意打印格式的语句，有时需作必要的修改。

本册计算实例由赵嘉行主编，参加编写、绘图等工作的还有杨子敏、李坚、吴湘等同志。

热切希望读者提出批评和建议。可寄：长沙交通学院153号信箱“公路工程设计计算实例”编写小组。

作者 1991年6月

目 录

第一章	公路等级的划分	1
第一节	交通量调查	1
第二节	远景交通量的推算	4
一、	一元线性回归方程	4
二、	多元线性回归方程	6
三、	增长曲线	10
第二章	公路平面设计	15
第一节	圆曲线	15
一、	圆曲线的半径	15
二、	平曲线长度	16
三、	圆曲线要素计算	17
第二节	缓和曲线	28
一、	缓和曲线长度的选择	28
二、	缓和曲线要素计算	30
第三节	回头曲线	41
一、	无缓和曲线的回头曲线	41
二、	设缓和曲线的回头曲线	45
三、	设置六次代数式缓和曲线的回头曲线	47
第四节	平面坐标计算	48
一、	导线坐标计算	48
二、	路线转点交点坐标计算	49
第五节	曲线的超高与加宽	51
一、	超高横坡坡度及超高缓和段	52
二、	加宽及加宽缓和段	60
第六节	平面视距	63
一、	行车视距	63
二、	弯道上视距的保证	68
第三章	公路纵断面设计	72
第一节	纵坡坡度	72
第二节	纵坡长度	74
第三节	竖曲线	75
一、	竖曲线的最小半径和最小长度	75
二、	竖曲线要素计算	77
第四节	爬坡车道	81
第四章	横断面设计	83
第一节	路基、路面宽度	83

第二节	路基横断面设计与计算	84
第三节	路基土石方的计算与调配	86
一、土石方数量的计算	86	
二、土石方调配	86	
第四节	路基设计表和路基土石方数量计算表	87
一、路基设计表	87	
二、路基土石方数量计算表	89	
第五章	路线交叉	96
第一节	公路与公路平面交叉	96
第二节	公路与公路立体交叉	112
第六章	路线测设	114
第一节	定线测量	114
第二节	圆曲线测设	117
第三节	设缓和曲线的圆曲线的测设	123
第四节	回头曲线的测设	128
第五节	路线水准测量	130
第七章	路线设计电算程序 (PC-1500 计算机)	134
一、圆曲线要素及主要测点里程计算	134	
二、设缓和曲线的圆曲线要素及主要测点里程计算	136	
三、缓和曲线元素及坐标计算	137	
四、切线支距法设置曲线	142	
五、导线计算	146	
六、路基填挖高度计算	153	
七、路基宽度及弯道超高计算	156	
八、路基土石方数量计算	165	
九、三级公路透视图	172	
主要参考书目	186	

第一章 公路等级的划分

第一节 交通量调查

车辆分类和换算系数

表 1-1

编 号	车 辆 种 类	换算系数
1	小型载货汽车 (载重 < 2.5T)	1
2	中型载货汽车 (载重 2.5~7T)	1
3	大型载货汽车 (载重 > 7T)	1
4	小型客车 (小轿车、吉普车、面包车)	0.5
5	大型客车	1
6	大型载货汽车 拖挂车	1.5
7	小型拖挂车 (< 12 马力)	1
8	大型拖挂车 (> 12 马力)	1
9	人力车	2
10	兽力车	0.5
11	自行车	0.1

调查路段当为混合交通时，应按表 1-1 所列换算系数，把调查所得的混合交通量换算单一车种（我国公路上采用解放牌卡车）的交通量。交通量的大小是确定公路等级的主要依据（第 2.2.1 条）

交通组成调查纪录表

表 1-2

_____ 年 _____ 月 _____ 天气情况 _____

场所 _____

时 间 段	车 种	拖拉机	货 车	货挂车	大客车	小客车	兽力车	人力车	自行车

附 1. 15 分钟为一个统计单位，连续观测
2. 时间段应注明日、时、分时间起点应分别为 0 分、15 分、30 分、45

纪录 _____

观测 _____

表1-3为大北窑至建明路高峰小时交通量调查统计资料。

表1-3

时 间	向东车辆数	向西车辆数	双向合计
8:40-8:45	69	49	118
8:45-8:50	63	50	113
8:50-8:55	59	53	112
8:55-9:00	62	49	111
9:00-9:05	68	46	114
9:05-9:10	69	51	120
9:10-9:15	61	54	115
9:15-9:20	54	52	106
9:20-9:25	54	40	94
9:25-9:30	57	41	98
9:30-9:35	54	54	108
9:35-9:40	49	54	103

5分钟的高峰交通量是造成交通阻塞的主要因素,所以引进了高峰小时系数 PHF_5 。

例1-1:表1-3 为1982年5月14日在大北窑至建国路间交通量调查结果,求 PHF_5 。

解:由表可知 8:40~9:40为高峰小时,其高峰小时交通量为:

$$118+113+112+111+114+120+115+106+94+98+108+103=1312 \text{ 辆/小时}$$

9:05~9:110为高峰5分钟

$$1312$$

$$\therefore PHF_5 = \frac{1312}{120 \times 12} = 0.91$$

$$120 \times 12$$

根据需要,有时高峰小时系数用15分钟交通量计算

这时:9:00~9:15 为高峰15分钟交通量为 $114+120+115=349$

$$1312$$

$$PHF_{15} = \frac{1312}{349 \times 4} = 0.94$$

$$349 \times 4$$

(公式中的12和4分别为一小时内有12个5分钟以及一小时内有4个15分钟)

例1-2.某观测站得到年平均星期一至星期日的日交通量为:

表1-4

星期	日	一	二	三	四	五	六
日平均交通量	400	650	450	500	475	700	450

试求星期一至星期天的日交通量系数。

解：七天交通量总和为3625辆

周平均日交通量为 $3625/7=518$ 辆/日

星期日的日交通系数：

518

$$K_d = \frac{518}{400} = 1.30$$

以此可得

表1-5

星 期	日	一	二	三	四	五	六
K_d	1.30	0.8	1.15	1.04	1.09	0.74	1.15

例1-3 某观测站得到月平均日交通如下表所示，试求各月的月交通量系数

表1-6

月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
月平均日交通量	1200	1160	1300	1400	1500	2500	4000	4500	3500	2000	2100	1600

解：12个月的平均日交通总和为26760辆

26760

$$AADT \approx \frac{26760}{12} = 2230 \text{ 辆/日}$$

计算 $K_{月}$ ，以一月分为例：

2230

$$K_{月} \approx \frac{2230}{1200} = 1.86$$

1200

以此类推得：

表1-7

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
$K_{月}$	1.86	1.92	1.72	1.59	0.89	0.50	0.64	1.11	1.06	1.11	1.06	1.39

二月份 $K_{月}=1.92$ 为最大值，表示当月交通量最小。

例1-4 1980年河北正定观测站所得的 K_d 和 $K_{月}$ 分别为：

表1-8

星 期	一	二	三	四	五	六	日
K_d	0.97	0.97	0.98	0.99	0.97	0.99	1.15

表1-9

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二
$K_{月}$	1.14	1.58	1.11	0.98	0.97	0.99	1.06	1.05	0.87	0.82	0.82	0.96

1982年2月16日(星期二)在该站所在地区观测到日交通量为150辆, 试将该观测值换算为年平均日交通量(AADT)。

解: 由表查 星期二 $K_d=0.97$ 二月 $K_{月}=1.58$

$\therefore 1982\text{年的AADT} \approx 150 \times 0.97 \times 1.58 = 230\text{辆/日}$

例1-5, 某观测站4月份的16小时交通量观测值总和为96474辆, 该月的 K_{16} (=16 小时的平均交通量/平均日交通量)为0.96。求该月平均日交通量。

解: 4月份日交通量总和为:

$$96474 \div 0.96 = 100494$$

该月平均日交通量为: $100494 \div 30 = 3350\text{辆/日}$

第二节 远景交通量的推算

选用公路等级时, 应根据公路网的规划, 从全局出发, 考虑远景发展的交通量, 结合公路的使用任务、性质综合决定(第2.2.1条)。各级公路所能适应的年平均昼夜交通量是指远期设计年限的交通量。远期设计年限: 一级公路20年, 二级公路为15年, 三、四级公路可视具体情况适当缩短(第2.2.2条)。

本节介绍道路交通量预测的数学模型: 一元线性回归方程; 多元线性回归方程; 增长曲线及算例。

一、一元线性回归方程

设交通量为 Y , 与交通量相关的某一经济指标或时间序列为 X , 如果存在一元线性相关, 则可建立方程:

$$Y = a + bx \quad (1-1)$$

式中:

a ——直线方程的截距;

b ——直线方程的斜率。

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (1-2)$$

$$b = \frac{l_{xy}}{l_{xx}} \quad (1-3)$$

$\bar{x}, \bar{y}$ ——变量 x, y 观测值的算术平均值;

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-4)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (1-5)$$

$$l_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y} \quad (1-6)$$

$$l_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \quad (1-7)$$

n ——观测值个数

判断 x 、 y 两变量是否相关可按下式计算相关系数:

$$R = \frac{l_{xy}}{\sqrt{l_{xx} l_{yy}}} \quad (1-8)$$

式中:

$$l_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2 \quad (1-9)$$

当 $|R|=1$ 时,称为完全线性相关;当 $|R|=0$ 时,称全无线性相关;当 $|R|$ 越接近1时,线性相关越大。相关系数的起码值(与它观测次数 n 及所给信度 α 有关),可参考数理统计方面的书籍。

例1-6已知某公路段年平均日交通量观测资料如表1-10 试问该年平均日交通量与年度变量是否存在线性关系。如存在一元线性相关,求相应的回归方程。 表1-10

年 份	1971	1972	1973	1974	1975	1979	1980
年平均日交通量(辆/日)	1500	2220	3000	3500	4500	4525	5012

解:设年平均日交通量为 y ,年度变量为 x 。据观测资料画出散点如图1-1所示。由于1975年和1979年数据十分接近,弃去1979年的数据,列表计算如表1-11。

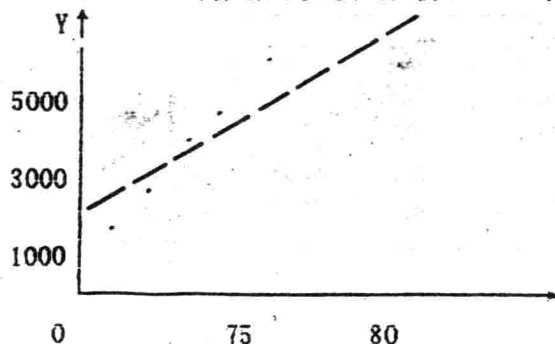


图1-1 散点图。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t = \frac{1}{6} (1+2+3+4+5+19) = 4.167$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t = \frac{1}{6} (1500+2220+3000+3500+4500+5012) = 3288.667$$

表1-11

序号	年 份	X_t	Y_t	$X_t \cdot Y_t$	X_t^2	Y_t^2
1	1971	1	1500	1500	1	2250000
2	1972	2	2220	4440	4	4928400
3	1973	3	3000	9000	9	9000000
4	1974	4	3500	14000	16	12225000
5	1975	5	4500	22500	25	20250000
6	1980	10	5012	50120	100	25120144
Σ		25	19732	101560	115	73798544

$$l_{xy} = \sum x_t y_t - n \bar{x} \bar{y} = 101560 - 6 \times 4.167 \times 3288.667 = 19336.748$$

$$l_{xx} = \sum x_t^2 - n \bar{x}^2 = 155 - 6 \times 4.167^2 = 50.817$$

$$l_{yy} = \sum y_t^2 - n \bar{y}^2 = 73798544 - 6 \times 3288.667^2 = 890650.18$$

$$b = \frac{l_{xy}}{l_{xx}} = \frac{19336.748}{50.817} = 380.517$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} = 3288.667 - 380.517 \times 4.167 = 1703.052$$

故得一元回归方程为:

$$y = 1703.052 + 380.517x$$

$$R = \frac{l_{xy}}{\sqrt{l_{xx} l_{yy}}} = \frac{19336.748}{\sqrt{50.817 \times 890650.18}} = 0.909$$

说明 x 、 y 的一元线性方程相关的特性是显著的。按建立的方程计算的各年交通量如表

1-12

表1-12

年份	交通量	年份	交通量	年份	交通量	年份	交通量
1971	2084	1976	3986	1981	5889	1986	7791
1972	2464	1977	4367	1982	6269	1987	8172
1973	2854	1978	4747	1983	6649	1988	8552
1974	3225	1979	5128	1984	7030	1989	8933
1975	3606	1980	5508	1985	7411	1990	9313

二、多元线性回归方程

设交通量为 Y ，与交通相关的多个经济指标 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_j$ ，同 Y 之间存在多元线性相关，则可建立方程：

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_jx_j \quad (1-10)$$

式中： $a, b_1, b_2, \dots, b_j$ 通过解下列方程组求得：

$$\begin{cases} l_{11}b_1 + l_{12}b_2 + \dots + l_{1j}b_j = l_{1y} \\ l_{21}b_1 + l_{22}b_2 + \dots + l_{2j}b_j = l_{2y} \\ \vdots \\ l_{j1}b_1 + l_{j2}b_2 + \dots + l_{jj}b_j = l_{jy} \\ a = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 - \dots - b_j\bar{x}_j \end{cases} \quad (1-11)$$

其中： $y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ $x_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, j)$

$$\begin{cases} l_{11} = \sum_{i=1}^n x_{i1}^2 - n\bar{x}_1^2 \\ l_{22} = \sum_{i=1}^n x_{i2}^2 - n\bar{x}_2^2 \\ \vdots \\ l_{jj} = \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - n\bar{x}_j^2 \end{cases} \quad (1-12)$$

$$\begin{cases} l_{12} = l_{21} = \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2} - n\bar{x}_1\bar{x}_2 \\ l_{13} = l_{31} = \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i3} - n\bar{x}_1\bar{x}_3 \\ \vdots \\ l_{1j} = l_{j1} = \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ij} - n\bar{x}_1\bar{x}_j \end{cases} \quad (1-13)$$

$$\begin{cases}
 l_{1y} = \sum_{i=1}^n x_{i1}y_i - n\bar{x}_1\bar{y} \\
 l_{2y} = \sum_{i=1}^n x_{i2}y_i - n\bar{x}_2\bar{y} \\
 \vdots \\
 l_{jy} = \sum_{i=1}^n x_{ij}y_i - n\bar{x}_j\bar{y}
 \end{cases}
 \quad (1-14)$$

式中: i 为年度序号, j 为自变量个数。

例 1-7 某路段平均日交通量现有资料如表 1-3 所示, 该路段属省的相应年份的汽车保有量和工农业总产值指标指数资料同时列于下表, 问该路段年平均日交通量与省汽车保有量, 省工农业总产值指数是否存在线性关系? 是否可以此推算远景交通量, 求回归方程。

表 1-13

序号	年份	汽车保有量 (辆) x_1	工农业总产值 指数① x_1	年平均日交通量 (辆/日) y
1	1953	2152	162.0	222
2	1955	3828	183.5	161
3	1956	3492	222.5	192
4	1957	3649	220.5	289
5	1958	4495	307.5	591
6	1959	5132	379.6	800
7	1961	6005	269.8	770
8	1962	6253	241.2	500
9	1971	21036	849.8	1500
10	1972	24436	836.2	2220
11	1973	26909	906.4	3000
12	1974	30589	934.5	3500
13	1975	33576	1021.4	4500
14	1979	50436	1328.3	4525
15	1980	56356	1309.7	5012

①以1949年为基数100。

解：本例的回归模型（二元回归模型）是：

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

这里的 y 、 x_1 、 x_2 分别表示年平均日交通量、汽车保有量、工农业总产值指数对应于 t 年的数据， a 、 b_1 、 b_2 为待定参数。

先计算求解待定系数方程中的系数和常数项：

$$n=15 \quad t=1 \sim 15$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{15} x_{1t} = \frac{1}{15} \times (2152+3828+3492+3639+4495+5132+6005+6253+21036+4436+26909+30589+33576+50436+56356) = \frac{1}{15} \times 278344 = 18556.27$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{15} x_{2t} = \frac{1}{15} \times (162+183.5+222.6+220.5+307.5+379.6+269.8+241.4+490.8+836.2+906.4+934.5+10221.4+1328.3+1309.7) = \frac{1}{15} \times 9172.9 = 611.53$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{15} y_t = \frac{1}{15} \times (222+161+192+289+591+800+770+500+1500+2220+3000+4500+4525+5012) = \frac{1}{15} \times 27782 = 1852.13$$

$$l_{11} = \sum_{t=1}^{15} x_{1t}^2 - n\bar{x}_1^2 = (2152^2 + 3828^2 + 3492^2 + \dots + 56356^2) - 15 \times 18556.27^2 = 9713045633 - 1555027344 = 4548018294$$

$$l_{12} = l_{21} = \sum_{t=1}^{15} x_{1t} x_{2t} - n\bar{x}_1 \bar{x}_2 = (2152 \times 162 + 3828 \times 183.5 + \dots + 56356 \times 1309.7) - 15 \times 18556.27 \times 611.53 = 275410.8 - 170215736.8 = 105259674$$

$$l_{22} = \sum_{t=1}^{15} x_{2t}^2 - n\bar{x}_2^2 = 162^2 + 183.5^2 + \dots + 1309.7^2 - 15 \times 611.52^2 = 8166920.78 - 5609534.11 = 2557386.67$$

$$l_{1y} = \sum_{t=1}^{15} x_{1t} y_t - n\bar{x}_1 \bar{y} = 2152 \times 222 + 3828 \times 161 + \dots + 56356 \times 5012 - 15 \times 18556.27 \times 1852.13 = 437214234.8$$

$$l_{2y} = \sum_{t=1}^{15} x_{2t} y_t - n\bar{x}_2 \bar{y} = 162 \times 222 + 183.5 \times 161 + \dots + 1309.7 \times 5012 - 15 \times 611.53 \times 1852.13 = 27279185.8 - 1698495.87 = 10289689.93$$

正则方程为：

$$\begin{cases} 4548018294b_1 + 105259674b_2 = 4372214234.8 \\ 105259674b_1 + 2557386.67b_2 = 10289689.93 \\ a = 1852.13 - 18556.27b_1 - 611.53b_2 \end{cases}$$

可以解得：

$$b_1 = 0.0635$$

$$b_2=1.4084$$

$$a=-187.47$$

于是,回归方程为:

$$y=-187.47+0.0635x_1+1.4084x_2$$

根据以上方程就可以做远景交通量推算,例如当第20年时,汽车保有量为150000辆,工农业总产值指数为2100,代入回归方程可得第20年时的年平均日交通量。

$$y=-187.47+0.0635x_1+1.4084x_2$$

$$=-187.47+0.0635 \times 150000+1.4084 \times 2100$$

$$12295 \text{ (辆/日)}$$

关于 y 和 x_1 、 x_2 之间线性联系检查,我们可以根据回归方程按1~5年序号的资料(已知 x_1 、 x_2 计算出相应的 y ,再检查 y 是否与实测资料近似,如相差太大,则所求的回归方程就没有什么意义了。也可以采用数理统计方法中的相关性检验的方法进行。

三、增长曲线

一) 逻辑斯蒂曲线和冈柏兹曲线

当交通量随观测年度不呈直线相关,则可用增长曲线建立相关式,逻辑斯蒂曲线是其中的一种,其方程于下:

$$y = \frac{b}{1 + ce^{-at}} \quad (1-16)$$

式中: y ——交通量;

b ——饱和交通量,可由道路工程学或交通工程学的有关公式确定;

t ——年度序号;

e ——自然数, $e=2.718$;

c 、 a ——由数学回归结果而确定的系数。

逻辑斯蒂曲线和图形如图1-2。

它的另一种表达式是:

$$y = \frac{b}{1 + e^{-\Phi(t)}}$$

式中: $\Phi(t)$ 是 t 的函数式,

要求 $t \rightarrow +\infty$ 时, $\Phi(t) \rightarrow +\infty$;

$t \rightarrow -\infty$ 时, $\Phi(t) \rightarrow -\infty$ 。

逻辑斯蒂函数的特点是:

(1) 由于 b 、 c 、 e^{-at} 都大于零,

可知曲线在 t 轴上方;

(2) 当 $t=0$ 时, $y=b/(1+c)$,可知曲线通

过点 $(0, b/(1+c))$;

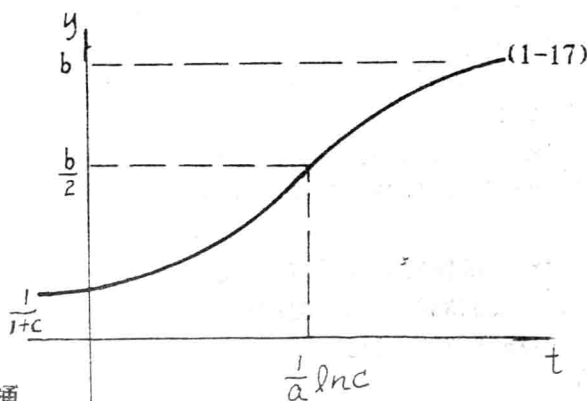


图1-2 逻辑斯蒂曲线

(3) 当 $t \rightarrow +\infty$ 时, $y \rightarrow b$; 当 $y \rightarrow -\infty$ 时, $y \rightarrow 0$, 可知曲线两端无限延伸时以 $y=b$ 和 $y=0$ 为渐近线);

(4) 曲线有拐点 $(-\frac{1}{a} \ln c, \frac{b}{2})$;

(5) 曲线以其拐点对称。

另一种增长曲线可以举出冈柏兹曲线, 公式如下:

$$y = Ka^{bt} \quad (K > 0, 0 < a, b < 1) \quad (1-18)$$

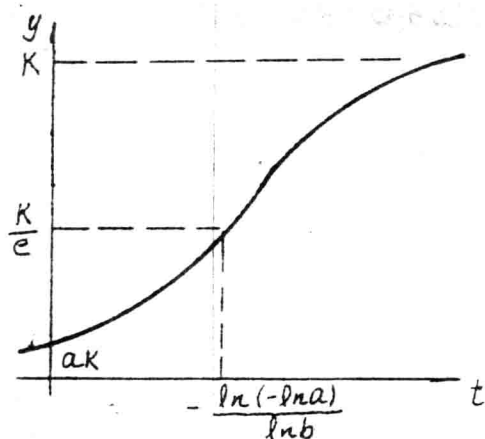


图1-3 冈柏兹曲线

式中: y ——交通量为;
 k ——饱和交通量;
 t ——年度序数。

a 、 b ——由回归结果确定的系数。

其图形如图1-3所示, 并具有以下特点:

- (1) 因为 k 、 a 、 b 、 t 都大于零, 故知曲线在 t 轴上方;
- (2) 当 $t=0$ 时, $y=ak$, 可知曲线过点 $(0, ak)$;
- (3) 当 $t \rightarrow +\infty$ 时, $y \rightarrow k$; 当 $t \rightarrow -\infty$ 时, $y \rightarrow 0$ 时, 可知曲线两端无限延伸时, 以 $y=k$ 和 $y=0$ 为渐近线。

(4) 曲线有拐点 $[-\frac{\ln(-\ln a)}{\ln b}, \frac{k}{e}]$ 。

二) 用增长曲线推算出公路远景交通量

1. 当采用逻辑斯蒂曲线

由(2-16)式变为: $\frac{y}{1-y} = ce^{-at}$

两边取对数: $\ln(\frac{y}{1-y}) = \ln c - at$

令 $y' = \ln(\frac{y}{1-y})$, $\beta_0 = \ln c$, $\beta_1 = -a$, $t=x$,

于是上式变为 y' 关于 x 的线性形式:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1-19)$$

2. 采用冈柏兹曲线

由(1-18)式: $y = Ka^{bt} = K\alpha^{-\mu t}$ ($0 < b = e^{-\mu} < 1$, $\mu > 0$)

$$\frac{K}{y} = \alpha^{-\mu t}$$

取两次对数: $\ln \ln \frac{K}{y} = \ln(-\ln a) - \mu t$

令 $y' = \ln \ln \frac{K}{y}$, $\beta_0 = \ln(-\ln a)$, $\beta_1 = -\mu$, $t = x$

则上式变为 y' 关于 x 的线性形式

$$y' = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1-20)$$

式中(1-19)和式(1-20)中的 β_0 、 β_1 的值采用回归分析做出估计, 公式于下:

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x}$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = \sum_{i=1}^n x_i (y_i - \bar{y}) + n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}$$

例1-8 已知某路段往年有记载的交通量资料如表1-13所示, 试按增长曲线法推算1981-2000年的交通量。

解: 交通量取年平均日交通量, x 为年度变量, 坐标选在1981年(事实上, 哪一年都可选作坐标原点)。饱和量 b 定年平均交通量为25000辆/日, 确定方法如下: 大家知道, 在理想的道路条件和交通条件下, 一条车道每小时通过的车辆数的理论值 $C_{理}$ 为:

$$C_{理} = \frac{1000V}{vt + 0.00394 + \frac{v^2}{Q}} \quad (1-22)$$

式中 V 为行驶速度, l 为车身长, t 为司机反应时间, Φ 为轮胎与路面纵向摩擦系数。

为了获得 $C_{理}$ 的最大值, 我们对式(1-22)求导, 并令 $\frac{d C_{理}}{d v} = 0$

$$可以得到: v = \frac{\Phi l}{0.00394} \quad (\text{公里/小时}) \quad (1-23)$$