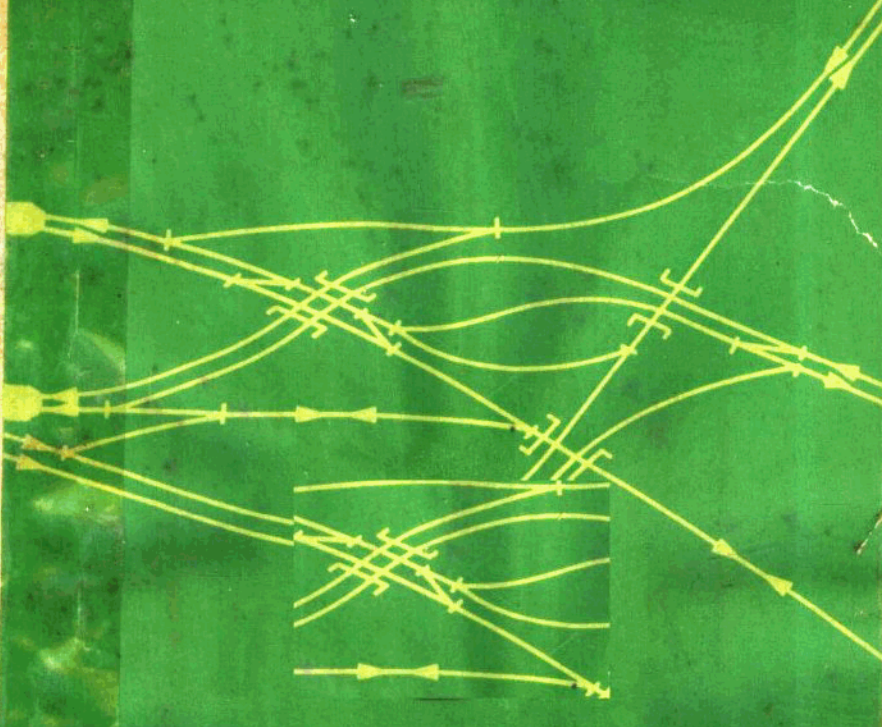




A. M. 柯尔納可夫 著

# 鐵路樞紐綫路疏解

人民鐵道  
出版社

PDFG

## 作 者 的 話

为使各种运输形式充分满足国民经济发展的需要，在铁路上实现进一步的技术改造，提高列车运行速度，提高铁路通过能力及输送能力，实有其重大意义。

路网的通过能力及其在完成运输任务过程中的机动灵活性，在很大程度上取决于枢纽内线路疏解设施的完备程度、特点和布局。枢纽和车站发展过程中的改造工作，特别是用立体交叉代替枢纽和站内列车通过及调车进路的平面交叉，对通过能力的提高，可望发挥很大的作用。

目前，在苏联路网上若干大枢纽内，货运繁忙的干线和客运量较大的铁路进站线疏解方案中，有很大一部份属于跨线桥疏解，将来这类疏解布置的数量还将逐渐增多。在列车调度和铁路作业过程自动化的条件下，行车速度不断提高，跨线桥疏解的作用就尤其显著。

设计枢纽和车站跨线桥疏解布置时，应仔细地、有根据地进行布置图的选择，将所有设备正确地布置在经济上有利的平剖面上，以期不断降低疏解布置的工程投资和运营支出。

但是，枢纽内线路疏解布置设计方案的正确与否，特别是在采用何种布置图形，确定从平面交叉过渡到跨线桥交叉，以及选择最适当的线路交叉角等方面，还有赖于设计工程师的个人经验和业务水平。

作者的意图，在于系统阐明铁路枢纽线路疏解设计理论与实际上的一些主要问题，从而帮助设计人员觅取正确方案。由于深感任务之重大，并考虑到，所探讨的有关合理选择疏解布置方案的一些原理和原则问题，尚系初次提出，作者衷心盼望读者对本书提出批评性的意见和建议。

# 目 录

## 作者的话

## 第一章 平面交叉疏解 闸站交叉及其通过能力..... 1

交叉疏解的一般概念..... 1

交叉通过能力..... 2

两条单线在区间交叉..... 6

两条单向行车的进站线交叉.....12

单线与双线交叉.....20

两条双线交叉.....22

交叉通过能力计算公式的简化.....23

闸站上的交叉.....25

两条单线交叉的闸站.....25

单线与双线交叉的闸站.....28

闸站上列车不停车避让的方法.....34

## 第二章 立体交叉疏解、枢纽引线交叉与疏解的理

### 论及其在各种类型枢纽疏解布置的分析与

比较工作中的应用.....42

立体交叉疏解的一般概念.....42

枢纽引线交叉与疏解的理论.....43

按线路别的疏解布置.....51

按行车方向别的疏解布置.....52

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 按线路别与按方向别的疏解布置中列车流相互交换的条件..... | 58 |
| 按列车种类别的疏解布置.....               | 60 |
| A. 专业车站为横列式的枢纽疏解布置.....        | 61 |
| B. 专业车站为纵列的枢纽疏解布置.....         | 69 |
| B. 疏解布置方案的几个特例.....            | 72 |
| 三角形及三角环形枢纽内的疏解布置.....          | 77 |
| 十字形枢纽的疏解布置.....                | 84 |
| 环形及混合式枢纽的疏解布置.....             | 91 |
| 结论.....                        | 92 |

### 第三章 疏解布置中的线路平面纵断面和线路最

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 有利交叉角的选择.....            | 97  |
| 线路平面.....                | 97  |
| 纵断面.....                 | 101 |
| 疏解布置中线路交叉的角度.....        | 106 |
| 工程费与交叉角的关系.....          | 107 |
| 运营支出与最有利交叉角的选择.....      | 115 |
| 铁路的路线方向对最有利交叉角度的影响.....  | 118 |
| 在复杂情况下的跨线桥交叉最有利交叉角.....  | 124 |
| 其他因素变化时最有利交叉角的相对稳定性..... | 125 |
| 引线纵断面条件对选择最有利交叉角的限制..... | 128 |
| 交叉角最有利的跨线桥.....          | 131 |
| 结论.....                  | 136 |

### 第四章 跨线桥疏解布置的通过能力..... 137

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 疏解布置图形与通过能力的关系.....          | 137 |
| 限制部位通过能力的计算.....             | 137 |
| 疏解布置的通过能力.....               | 145 |
| <b>第五章 从平面疏解向跨线桥疏解过渡的标准疏</b> |     |
| <b>解方案的比较方法</b> .....        | 149 |
| 向跨线桥疏解过渡时的通过能力和经济合理性.....    | 149 |
| 疏解布置方案的比较方法.....             | 151 |
| 采用跨线桥疏解在经济上是否合理的计算.....      | 157 |
| <b>附录</b>                    |     |
| 平面交叉列车同时到达所生延误对通过能力的影        |     |
| 响.....                       | 160 |
| <b>参考文献</b> .....            | 170 |

## 第一章 平面交叉疏解 鬧站交叉 及其通过能力

### 交叉疏解的一般概念

铁路线路的每个交会点上，通常均有列车进路的交叉。

为机车车辆通过相互交叉的进路而服务的一套线路设备和建筑物（跨线桥），统称之为交叉的疏解布置。

当两条独立的路线在区间或在枢纽站进站线上交叉时、当引向枢纽的正线系根据车場或整个车站按行车方向别或列车种类别的固定使用而布置时，以及在枢纽或车站内列车或者机车进路交叉处，均应采取疏解布置。

以下几种因素，对于枢纽引线疏解布置的原则布置图形有一定程度的影响：所疏解的线路正线数目；能否允许某些线路采取平面交叉而不设跨线桥；枢纽布置图（类型）；布置图中的枢纽主要组成部份（车站、车場）的相互位置及用途；列车流方向；通过枢纽的列车性质和对数；疏解线的地形条件和既有线的平剖面状况。

根据交叉线路在立面（纵断面）上的位置，交叉疏解布置分为两种，即平面疏解布置和立体（或跨线桥）疏解布置。

平面疏解布置包括线路交叉处设置的无配线线路所，闹站——有配线的线路所——和车站咽喉区的平行渡线和梯线；立体疏解布置包括区间内利用跨线桥实现的线路交叉、枢纽引线的跨线桥疏解布置和枢纽内线路的立体疏解布置。

平面疏解布置是正线与岔线在平面上交叉布置的一种最简单形式，往往在铁路枢纽内行车量不大的线路上采用。这

种疏解布置不能保证汇于交叉点的每条线路上的列车独立运行，此外，还要求所疏解的进站线具备良好的纵断面条件。不过平面交叉点如能布置在地形平坦处，也有很大好处，因为地形平坦则建筑工程费用一般不大，现代信集闭设备的采用，又完全可以保证交叉地点的行车安全。

### 交叉通过能力

任何情况下采取平面交叉，都必须使交叉线路的通过能力不致受交叉点本身通过能力的限制。

任何部位（交叉点、道岔、线段或区间）的通过能力  $N$ ，均等于整昼夜时间（1440分钟）除以该部位单位数量的机车车辆（列数或对数）通过而占用的时分  $T_{san}$  所得之商，即

$$N = \frac{1440}{T_{san}} \quad (1)$$

单方向运行的区间，其被占用时分  $T_{san}$  为列车运转时分  $t$ ，与向开通区间办理另一列车出发所需时分  $\tau$  二者相加之和，故

$$N = \frac{1440}{t + \tau} \quad (2)$$

不过列车占用区间的时分与平均计算数值是有偏差的。在计算列车的区间走行时分，都以机车车辆走行阻力的平均值作为计算的依据（因实际运行的列车性质各不相同），而所采取的走行阻力计算值，可能偏大，亦可能偏小，这一点，首先就决定了列车运行速度和区间走行时分具有偏大或偏小的特点。

列车运行图达到饱和时，区间走行时分的误差，显然会影响区间一昼夜可能通过的列车之最大数目，即影响区间通

过能力。

如某列车走行时分较之计算走行时分要大于 $\Delta t$ ，则该列车必然使其后面运行的间隔时分为最小的列车均延误 $\Delta t$ 的时间。如列车走行时分小于计算数值时，虽则该列车能够及早腾出区间，但如运行时间不提前于 $\Delta t$ ，其后的列车就不能早于运行图规定的时间而进入区间。不过这种情况的或然率极小。

根据技术科学副博士Б. 9. 别沙赫宗的研究论文，区间实际走行时分与计算走行时分的最大可能偏差，决定于线路纵断面的条件，区间长短，以及铁路是单线还是双线。表1所列百分数即区间走行时分与计算走行时分（适用所有的牵引种类）之偏差数值。

表 1

| 当量坡度<br>$i_p$ (%) | 区间走行时分与计算走行时分的偏差数值 (%) |      |      |      |              |
|-------------------|------------------------|------|------|------|--------------|
|                   | 单线铁路区间长度(公里)           |      |      |      | 双线铁路区间长度(公里) |
|                   | 8                      | 10   | 12   | 15   | 15—30        |
| 0                 | 9.5                    | 10.5 | 11.5 | 12.5 | 19.5         |
| 0.5               | 8.0                    | 9.0  | 10.0 | 10.5 | 15.0         |
| 1.0               | 7.5                    | 8.0  | 9.0  | 9.0  | 12.5         |
| 1.5               | 7.0                    | 7.0  | 8.0  | 8.0  | 10.5         |
| 2.0               | 6.0                    | 6.5  | 7.0  | 7.0  | 9.0          |
| 2.5               | 6.0                    | 6.0  | 6.0  | 6.5  | 8.0          |
| 3.0               | 5.0                    | 5.5  | 6.0  | 6.0  | 7.0          |
| 3.5               | 5.0                    | 5.0  | 5.0  | 6.0  | 6.5          |

在一般条件下（当 $i_p=1.5\%$ 时），单线铁路的最大可能偏差采用7~8%，双线铁路则采用10~11%。平缓的纵断面，偏差值可能稍为提高；困难的纵断面与此相反，偏差值应降低（见表1）。

因此，区间（或线段）通过能力公式（2）需加以修

正，即加入走行时分的可能偏差值 $\Delta t$ 。因 $\Delta t$ 表现为列车走行时分 $t$ 的百分数，故

$$N = \frac{1440}{t(1 + \Delta t) + \tau} \quad (3)$$

采用自动闭塞时，区间通过能力公式经修正列车走行时分可能偏差值后，可改为：

$$N = \frac{1440}{I(1 + \Delta t)} \quad (4)$$

式中：

$\Delta t$ ——列车运行方向相同时，间隔时分 $I$ 的偏差值（以百分计）。

将通过能力计算公式加以修正是合理的。这一点根据以下情况也可判断。在设有自动闭塞的双线铁路上，计算通过能力所采用的计算速度，是根据信号机的位置确定的，而信号机系按列车运行间隔时分 $I = 10$ 分钟布置的，实际上永远达不到144对列车。故通过能力 $N = \frac{1440}{10(1 + 0.10)} = \frac{1440}{11} \approx 130$ （对），已非常切合实际。

应当指出，保证一昼夜通过能力达到130对列车的自动闭塞信号机，当然应按照间隔时分 $I = 10$ 分钟布置，而不是按11分钟\*。为了避免误解，最好将修正值 $\Delta t$ 的地位，由公式中的分母改为分子，即

$$N = \frac{1440(1 - \Delta t)}{I} \quad (4a)$$

这样一来当 $\Delta t$ 的常用值达到10—15%时，计算的误差就不大。

\* 为使通过能力达到144对列车，自动闭塞信号机应按9分钟间隔时分布置。实际上也是这样，有些设有自动闭塞装置的线路，如采用新型机车和提高列车运行速度，自动闭塞信号机都按8—9分钟间隔时分设置。

茲假设区间线路存在平面交叉，交叉的通过能力，决定于每条交叉线路之列车占用交叉的时间。列车通过交叉时，与计算走行时分肯定会有误差，因为占用交叉的时分较之原来计算的时分将有所改变，改变的程度与此误差大小成比例。因此，计算通过能力的公式，需就列车占用时分与计算时分之间的最大可能偏差加以修正。

计算交叉通过能力时，需要考虑的另一极其重要的问题，是当通过交叉之两条铁路的列车同时到达交叉点时，应考虑到列车延误的可能性。

为了避免列车直接停于关闭的交叉防护信号机前，当然可将运行图上各线列车通过某一交叉点的时刻加以调整，这只需将运行图上同时驶向交叉的列车运行线移动一下即可。移动的时分，为同时驶向交叉两列车其中之一的延误时分\*。

如运行图不饱和，则某些运行线的移动并不影响通过交叉的列车总对数；如果列车系以最小间隔时分跟踪运行，则某些列车运行线的移动，将不可避免地引起所有其他运行线的移动，并将使部份列车从运行图上取消。

其结果，使该交叉作业的计算周期内产生空闲的和无法填补的间隙——运行图上的“天窗”——虽则每一个“天窗”并不大，列车通过作业占用交叉的时间并不长，但加在一起就很可观了，所以，应当反映在通过能力的计算公式中。列车因进路交叉产生的延误次数及时分，可用编制与相邻区段作业相配合的交叉作业图的方法来确定，或用分析计算通过能力十分精确的或然率原理来确定。

---

\* 在这种情况下，列车之延误，总起来说并未消除，不过是移往其他分界点而已。这样就使运行图上规定的列车在站停留时间相应地加大（见参考文献2）。

因此，交叉点通过能力的计算公式，需进一步作两点修正。

由于必需根据行车安全要求，避免在纵断面困难的进站线上采用平面交叉。断面困难较小和地势较平坦的单线交叉，修正值  $\Delta t$  一般均采用 7~10%，双线交叉均采用 10~20%（见表 1）。相应的，通过能力计算公式分子中的  $(1 - \Delta t)$  值，单线交叉时为 0.93~0.90，双线交叉时为 0.9~0.8。

关于同时到达可能性的修正计算，以及不同线路汇合或交叉情况下列车延误时分的计算，将在本书后面的附录中论述。

### 两条单线在区间交叉

普通菱形交叉是两条单线在区间交叉的最简单形式。交叉地点的行车安全，用适当的防护信号机予以保证。如进站线路纵断面条件不好，除防护信号机外，还须设置安全线。

图 1 所示为自动闭塞区段，在信号机显示绿色灯光的条件下，列车运行交叉及其位置示意图。

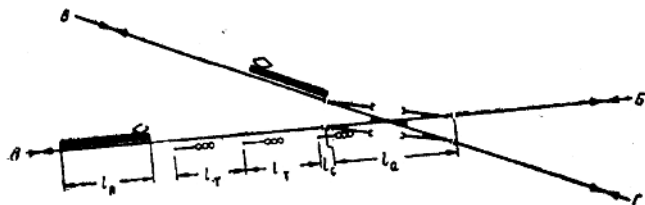


图 1

列车通过交叉的长度（或交叉进路长）为：

$$L_{nep} = l_a + l_c + 2l_m + l_n \quad (5)$$

式中:

$l_a$ ——交叉长度 (米);

$l_c$ ——由交叉最近的防护点至防护信号机的距离 (米);

$l_m$ ——两个自动闭塞信号机之间的距离, 等于列车制动距离, 但不小于1000米;

$l_n$ ——列车长 (米)。

设列车通过交叉的平均速度为  $v$  小时/公里, 则一列车通过交叉的时分为:

$$t = 0.06 \frac{l_a + l_c + 2l_m + l_n}{v} + t_m + t_{sc} \quad (6)$$

式中:

$t_m$ ——排定进路, 开放信号和列车通过交叉后随即取消进路的时分 (分钟);

$t_{sc}$ ——司机确认信号时分 (分钟)。

如列车通常是在色灯信号机的黄色灯光显示下通过交叉, 则公式 (6) 可变为以下形式:

$$t = 0.06 \frac{l_a + l_c + l_m + l_n}{v} + t_m + t_{sc} \quad (7)$$

不过此时运行速度  $v$  降低了。

列车通过交叉的速度, 应根据线路纵断面、列车重量等等, 以牵引计算确定之。 $l_c$  的长短, 根据交叉地点线路的条件和信号机的显示距离确定, 其长度应不少于50米。列车长度应采取该区段内运行列车之最长者。以下所有计算中,  $l_n$  均采取 850 米。 $t_m$  可采用表 2 的数值。当道岔及信号为机械集中装置时, 采用 1.5 分钟, 为电气集中和自动闭塞时, 采用 1.0 分钟。司机确认信号的时分  $t_{sc}$  为 0.1 分钟。

表 2

| 作 业 名 称    | 列車通过交叉前准备进路和列車通过交叉后随即取消进路的时分(分鐘) |              |
|------------|----------------------------------|--------------|
|            | 采用半自动闭塞和机械集中时                    | 采用自动闭塞和电气集中时 |
| 准备进路       | 0.4                              | 0.15         |
| 开放信号       | 0.15                             | 0.1          |
| 监视列車通过     | 0.5                              | 0.5          |
| 取消进路       | 0.4                              | 0.15         |
| 合 計 (四舍五入) | 1.5                              | 1.0          |

制动距离  $l_m$  的选择, 必须有所依据。

图 2 系以图解法绘制的貨物列車制动距离长度曲线。该曲线表示交叉地点线路断面条件不同时的貨物列車的制动距离。

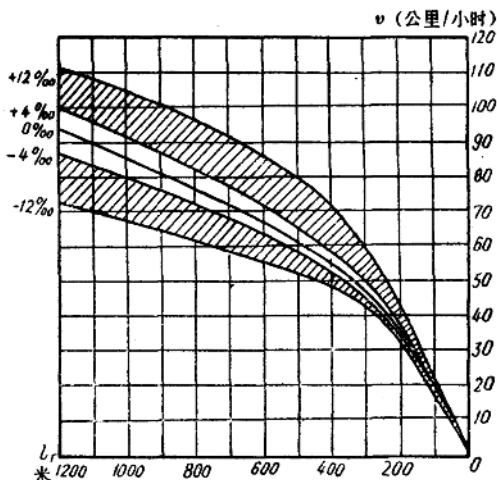


图 2

貨物列車的最大制动距离可超过1200米, 但这是在列車以大于85公里/小时的运行速度通过长大下坡道的情况下产

生的。列车从平道或下坡道的进站线通过交叉的运行速度，一般不超过60~80公里/小时，制动距离当在800~1000米范围内，故制动距离的计算长 $l_m$ 可采取1000米。

公式(6)或(7)中最后一个未知数 $l_a$ ，即交叉本身长度，可在现场实地测量或根据比例尺平面图确定之。图1的交叉长，可采用300米，这是稍有余富的估算长度。

以不同的 $v$ 值代入公式(6)，得一列车占用交叉进路的时分如表3：

表 3

| 平均速度 (公里/小时) | 占用交叉进路的时分 (分钟) |             |
|--------------|----------------|-------------|
|              | 采用电气集中自动闭塞时    | 道岔及信号为机械集中时 |
| 20           | 10.7           | 11.2        |
| 30           | 7.5            | 8.0         |
| 40           | 5.9            | 6.4         |
| 50           | 5.0            | 5.5         |
| 60           | 4.3            | 4.8         |
| 70           | 3.9            | 4.4         |

两条单线铁路交叉的通过能力，一般以下列公式计算：

$$N_A(t_{AB} + t_{BA}) + N_B(t_{BF} + t_{FB}) + \dots \leq 1440(1 - \Delta t) - T_{3A} \quad (8)$$

式中：

$N_A$ ——线路 $AB$ 上的列车对数；

$N_B$ ——线路 $BF$ 上的列车对数；

$t_{AB}, t_{BA}, t_{BF}$ 及 $t_{FB}$ ——分别为 $AB$ 、 $BA$ 、 $BF$ 及 $FB$ 各线路上一列车通过交叉的时分；

$T_{3A}$ ——按照或然率计算之各线列车同时驶近交叉时的延误总时分；

$\Delta t$ ——交叉占用时分大于计算走行时分的偏差修正值  
(一般纵断面的单线交叉 $\Delta t$ 采用0.08)。

计算两条双线铁路交叉的通过能力时(见附录中的第五种情况), 可将 $T_{3A}$ 改换为 $\frac{N_A N_B (t_{AE}^2 + t_{EA}^2 + t_{BF}^2 + t_{FB}^2)}{1440}$ 。

解公式(8)求 $N_A$ :

$$N_A = \frac{1440(1 - \Delta t) - N_B(t_{BF} + t_{FB})}{t_{AE} + t_{EA} + \frac{N_B(t_{AE}^2 + t_{EA}^2 + t_{BF}^2 + t_{FB}^2)}{1440}} \quad (9)$$

$N_B$ (通过 $BF$ 线交叉的列车对数)确定后, 并已知列车通过每条线路交叉的时分, 即可求得 $N_A$ 。然后以 $N_A$ 与 $N_B$ 数值相加, 即得 $\Sigma N$ ——交叉点的通过能力。

交叉点通过能力的确定, 还不能回答这样一个问题: 即两条交叉单线的各区间可能通过多少对列车。

在两条均为双方向行车的单线铁路上, 交叉点的最大通过能力, 显然不能按照这样的简单设想予以确定: 即当第一对列车\*已通过交叉, 交叉本身占用終了以后, 仅隔一定时间(第一对列车应当到达交叉所在区间的两端分界点, 而从两端分界点发出的第二对列车即将驶近交叉点的时间), 便可重新占用。

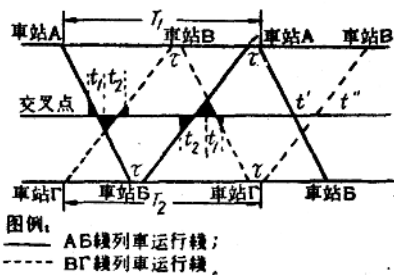


图 3

计算交叉所在区间通过能力时, 采用成对平行运行图和均等区间 $AB$ 及 $BF$ (图3), 当然, 每个区间的运行图周期

\* 此处“一对”列车应理解为相交线路上的两个列车。

是相等的。在顺利的情况下，周期可以不必相对移动。于是

$$\Sigma N = \frac{2 \times 1440(1 - \Delta t)}{t' + t'' + 2\tau} \quad (10)$$

式中：

$\Sigma N$ ——两条交叉线路的通过能力之和（对）；

$t' + t'' + 2\tau$ ——运行图周期（见图 3）。

如一列车与另一列车同时驶近交叉，运行图周期应挪动  $\frac{t_1 + t_2}{2}$  的时分，平均挪动  $\frac{t_1 + t_2}{4}$  的时分。式中  $t_1 + t_2$  为一对列车通过交叉的时分，故

$$\Sigma N = \frac{2 \times 1440(1 - \Delta t)}{t' + t'' + 2\tau + \left(\frac{t_1 + t_2}{4}\right)} \quad (11)$$

公式 (11) 的得数，系假定通过交叉的不同线路之列车，在所有情况下都是同时驶近交叉的。故公式 (11) 反映的通过能力略为偏低。

如果首先确定不同线路的列车同时驶近交叉点的可能次数，然后确定运行图周期一昼夜移动的平均值，则得公式，

$$\Sigma N = \frac{1440[\sqrt{(t' + t'' + 2\tau)^2 + 4(t_1^2 + t_2^2)(1 - \Delta t)} - (t' + t'' + 2\tau)]}{t_1^2 + t_2^2} \quad (12)$$

上式得数更为精确。不过在计算上比较复杂。

〔举例〕：兹将公式 (11) 和 (12) 计算通过能力的结果比较如下：

取  $t' + t'' = 36$  分钟； $\tau = 6$  分钟； $t_1 = t_2 = 8$  分钟（根据表 3， $v = 30$  公里/小时）； $1 - \Delta t = 0.92$ 。

解：按公式 (11) 交叉的区间通过能力为：

$$\Sigma N = \frac{2 \times 1440 \times 0.92}{36 + 2 \times 6 + \left(\frac{16}{4}\right)} \approx 51 \text{ (对)} \quad (\text{或每条线 } 25 \text{ 对})$$

按公式 (12) 交叉的区间通过能力为：

$$\begin{aligned}\Sigma N &= \frac{1440[\sqrt{48^2 + 4(8^2 + 8^2)0.92} - 48]}{8^2 + 8^2} \\ &= \frac{1440 \times 4.7}{128} \approx 52 \text{ (对)} \quad (\text{或每条线} 26 \text{对})\end{aligned}$$

每条交叉线路的通过能力，相差不过一对列车。故采取概略计算时，可采用公式 (11)，计算较为简便。

计算的列车对数包括有20%的储备通过能力。在目前情况下，每一条相交叉的线路。通过能力，可使之等于18~20对列车。

### 两条单向行车的进站线交叉

两条双线铁路的交叉疏解布置中，常有两条单向行车的进站线交叉，即第一条线仅有一股正线与第二条线的一股正线交叉。此种交叉，可能为顺向交叉(图4第I线路位置)，也可能为对向交叉(图4第V线路位置)。

不难理解，这两种交叉的通过能力的计算是一样的。因为两种交叉原则上并无不同之处。如在AB与BΓ两条顺向交叉的线路之间增加一个β角

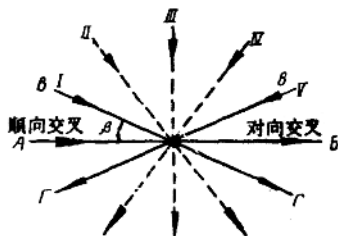


图 4

(见图4)，则将其转过极限值90°后，该交叉即由顺向变为对向。

在行车安全方面顺向交叉比较优越，因为列车行近交叉点时，两条线的列车有一段时间几乎是并排运行。驾驶列车的司机可以看见驶向交叉的另一列车，有较多的时间进行制动，使机车停于关闭的信号机前。

目前，随着现代信集闭设备的发展和自动停车可靠程度的提高，枢纽引线上顺向和对向交叉之间的差别实际上已不