

铁路通过能力计算

中国铁道出版社

铁路通过能力计算

E. B. 阿尔

·伏罗皮沃夫 H. A. 特罗

兹道夫 P

·柯 Л. Г. 赛加尔著

胡安洲 刘恒 刘统畏 译

胡安洲 钱仲侯 校

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 8 0 年 · 北 京

内 容 简 介

本书阐述了确定区段(区间、车站、电气化铁路的供电设备和机务设备)通过能力的理论、原则、方法和建议。书中列举了计算这些设备通过能力的一些例子以及加强其通过能力的技术组织措施和改建措施。书中还研究了采用电子计算机时计算自动化的问题。

本书可供铁路运输科研人员与工程技术人员参考。

编写分工:

第一章,第五章第一节、第二节——Н·А·伏罗皮沃夫;

第二章,第五章第三节——Е·В·阿尔亨盖尔斯基;

第三章,第五章第四节——Р·И·米罗希钦柯和Л·Г·赛加尔;

第四章,第五章第五节——Н·А·特罗兹道夫。

翻译分工:

总校阅——胡安洲;

第一章,第五章第一节、第二节——胡安洲;

第二章,第五章第三节——古如恒;

第三章,第五章第四节——刘统畏;

第四章,第五章第五节——刘统畏(钱钟侯校)。

铁路通过能力计算

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

苏联 Е·В·АРХАНГЕЛЬСКИЙ, Н·А·БОРОБЬЕВ, Н·А·ДРО-
ЗДОВ, Р·И·МИРОШНИЧЕНКО, Л·Г·СЕГАЛ 著

苏联交通出版社(1977年莫斯科俄文版)

《ТРАНСПОРТ》1977

胡安洲 古如恒 刘统畏 译 胡安洲 钱钟侯 校

中国铁道出版社出版

责任编辑:郭锦文

封面设计:关乃平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 12 字数: 256 千

1980年7月 第1版 1980年7月 第1次印刷

印数: 0001—5,000 册 定价: 1.25元

目 录

第一章 铁路区段	1
第一节 定义和原始资料	1
第二节 平行运行图	3
第三节 非平行运行图	33
第四节 计算方法的改进和计算自动化	86
第五节 外国铁路通过能力的计算原理	89
第六节 计算实例	96
第二章 车站	103
第一节 基本原理及计算方法	103
第二节 设备的占用时间	108
第三节 到发线及咽喉区现有通过能力	117
第四节 调车设备的现有改编能力	136
第五节 车站的最终通过能力	147
第六节 计算自动化	149
第七节 计算实例	152
第三章 供电设备	163
第一节 一般原理	163
第二节 牵引变电所的容量	164
第三节 电力机车受电弓上实际的电压电平	190
第四节 接触网导线发热与短路电流	213
第五节 利用电子计算机计算通过能力	217
第六节 计算实例	220
第四章 机务设备	236

第一节	一般原理	236
第二节	基本计算公式	239
第三节	各项设备的通过能力	244
第四节	保证计算行车量的检查	257
第五节	计算实例	260
第五章	铁路设备通过能力的加强	272
第一节	一般要求	272
第二节	铁路区段(区间)	286
第三节	车站	299
第四节	供电设备	337
第五节	机务设备	357
附 录		368

第一章 铁路区段

第一节 定义和原始资料

铁路区段（按区间）通过能力是在单位时间（一昼夜，每小时）内能通过该区段的最大行车量（以列车数或列车对数计），这个最大行车量的大小取决于现有的固定设备、牵引动力的类型和功率、车辆的种类和行车组织方法（运行图类型）。为了计算通过能力，应选择这样一些区段，其两端车站为客货流产生和消失的地点，也是机车折返、乘务组换班、变更重量标准等地点。一些市郊行车量相差大的（大于10%）市郊地段也可列为计算区段。

区段通过能力一般按平行运行图和非平行运行图两种情况来确定。在第一种情况下，对每一区间以同一种规定重量的列车来计算其通过能力。区段通过能力决定于通过能力最小的区间（最合理地组织行车时）。在非平行运行图条件下，是以各种列车数来进行计算的，列车种类按其运输性质、重量和运行速度加以区分。所有各种列车均以扣除系数折算成按平行运行图计算通过能力时所采用的那一种列车。例如，在货运占主要地位的区段上，平行运行图通过能力是以直通货物列车数来确定的，其重量按机车功率和到发线长度来规定，或者按整个方向的划一重量为准。在非平行运行图条件下，直通货物列车的扣除系数等于1，其他货物列车（快运货物列车、摘挂列车）和旅客列车（其中包括市郊列车）的扣除系数在一般情况下，则不等于1。在市郊旅客列车运行占主要地位的区段上，平行运行图通过能力宜按该种

列车来计算，此时在非平行运行图条件下，其他列车（长途旅客列车和货物列车）的扣除系数通常不等于1。

在各种列车行车量的比例不同时，扣除系数可以评价区段通过能力的利用情况。现行方法建议对整个计算区段确定六种列车（平均运行速度超过140公里/小时的长途旅客列车、其他长途旅客列车、市郊列车、快运货物列车、直通货物列车、摘挂列车）的扣除系数，这时要考虑到越行前后运行线的连续和中间站配线的影响。

计算区段通过能力通常不包括列车区间运行时的潜力，也不考虑线路、接触网的养护维修时间。故往往称这种通过能力为最大或现有通过能力。规定通过能力的合理利用水平时，要考虑列车未按运行图运行时的情况和固定设备日常养护维修等必需的时间。经验表明，当高水平地组织行车时，个别阶段的现有通过能力可以得到充分利用。

计算区段通过能力的原始资料如下：采用的运行图类型和行车组织的特殊条件，列车区间运行时分，车站间隔时间和追踪列车间隔时间，分界点的配线。运行图类型的选择决定于区段的技术装备，各行车方向列车流量的比例和计算的目的。在设有调度集中和自动闭塞的铁路上通常采用追踪运行图（单线铁路上采用部分追踪运行图），在装备半自动闭塞并设有线路所的区段上，同样可以采用追踪或部分追踪运行图，而未设线路所时则采用非追踪运行图。在设有双线插入段的单线铁路上，应采用组织列车不停车会车的运行图来计算通过能力。在各方向列车流不相等的情况下，计算时采用不成对运行图。

在有些情况下仅限于确定平行运行图的通过能力就可以了，而通常则还要计算非平行运行图的通过能力。为了比较各种行车组织条件下的通过能力或为了确定增加通过能力各

种方法的效率可以改变运行图类型。

所有各种列车（旅客列车、货物列车，其中包括快运和摘挂列车）的区间运行时分用牵引计算法来确定，并经试运转加以检验。对每一分界点应规定停站时的起停车附加时分。列车重量标准则采用运行图规定的标准。

确定车站间隔时间和追踪列车间隔时间应考虑到行车安全的条件，信号通讯设备，车站上操纵道岔和信号的方法，经由区间和分界点的运行速度，并应采用保证最小运行图周期的图形（指经由区间和经过该区间两端站放行列车的图形）。单线区段的运行图周期是反映这一种行车组织方法特征的一组列车所占用区间的时间；复线区段列车追踪运行时的周期为追踪列车间隔时间，非追踪运行时则为一个列车占用区间的时间（运行时分加车站连发间隔时间）。区间不均等系数（运行图平均周期与最大周期的比值）说明了各区间在运行图周期方面的差别。在单线铁路上根据分界点的分布及其到发线数，可以预先规定平行运行图可能的追踪程度，在单线和复线铁路的非平行运行图条件下，分界点的分布及其到发线数又影响旅客列车和快运列车扣除的通过能力。

行车组织的特殊条件包括使用补机和双机牵引列车，在区间内岔线有作业，区间内有套轨线路和复线铁路上设有单线桥时的列车运行方法。

第二节 平行运行图

一、单线铁路

以列车对数计的平行运行图区间通过能力可按下列关系式表示：

$$n = \frac{T_{\text{с.в.м}}}{T} \quad (\text{I}-1)$$

式中 $T_{\text{с.в.м}}$ ——拟确定通过能力的一段时间；
 T ——每一对列车（主要方向的一个列车）占用区间的时间。

对一昼夜而言，当 $T_{\text{с.в.м}} = 1440$ 分时，

$$n = \frac{1440}{T} \quad (\text{I}-2)$$

在此情况下，对不同类型的平行运行图是根据其周期 $T_{\text{н.п}}$ 和在此周期内通过区间的列车数 $n_{\text{н.п}}$ 来确定 T 的数值（分）的。在单线半自动闭塞（无线路所）区

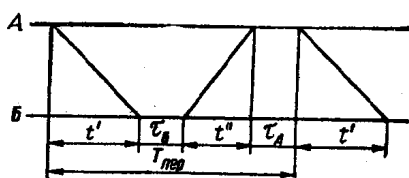


图1 成对非追踪运行图周期

间，采用成对非追踪运行图时（图1），

$$T = T_{\text{н.п}} = t' + t'' + \tau_A + \tau_B \quad (\text{I}-3)$$

式中 t', t'' ——下行和上行列车区间运行时分（分），根据经过区间两端分界点的运行方式决定是否包括起停车附加时分；

τ_A, τ_B ——区间两端分界点的车站间隔时间（分）。

区间通过能力为：

$$n = \frac{1440}{t' + t'' + \tau_A + \tau_B} \quad (\text{I}-4)$$

采用不成对非追踪运行图时，要把一个周期内占用区间的时间分摊到主要方向（行车量较大方向）的每一个列车上。为此，运行图周期 $T_{\text{н.п}}^{\text{н.п}}$ （图2）应被该周期内铺画的主要方向列车数除。对图2所示的情况而言，

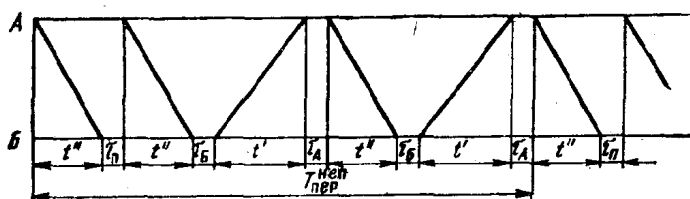


图2 不成对非追踪运行图周期

$$T = \frac{T_{nep}}{3} = \frac{3t'' + 2(t' + \tau_A + \tau_B) + \tau_n}{3}$$

$$= t'' + \frac{2}{3}(t' + \tau_A + \tau_B) + \frac{1}{3}\tau_n$$

乘数 $2/3$ 表示运行图不成对系数 β_H ——行车量较小方向列车数与主要方向列车数之比，而乘数 $1/3$ ——使这系数补到1。一般情况下，

$$T = t'' + \beta_H(t' + \tau_A + \tau_B) + (1 - \beta_H)\tau_n \quad (I-5)$$

式中 t' ——主要方向的列车运行时分（分）；

t'' ——另一方向的列车运行时分（分）；

τ_n ——连发间隔时间（分）。

主要方向的通过能力为：

$$n_H^* = \frac{1440}{t'' + \beta_H(t' + \tau_A + \tau_B) + (1 - \beta_H)\tau_n} \quad (I-6)$$

相反方向（行车量较小方向）为：

$$n_H' = \beta_H n_H^* \quad (I-7)$$

自动闭塞（调度集中）区段或能实现列车追踪运行的其他闭塞区段，一般采用部分或全部追踪运行图。采用**成对部分追踪运行图**时（图3），一对列车占用区间的时间

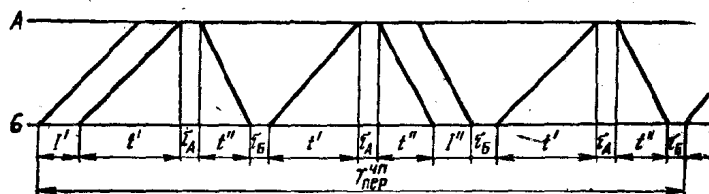


图3 成对部分追踪运行图周期

$$T = \left[1 - (\kappa - 1) \frac{\alpha_n}{\kappa} \right] (t' + t'' + \tau_A + \tau_B) + \frac{\alpha_n (\kappa - 1)}{\kappa} (I' + I'') \quad (\text{I}-8)$$

而区间的通过能力为:

$$n_n = 1440 / \left\{ \left[1 - \frac{(\kappa - 1) \alpha_n}{\kappa} \right] (t' + t'' + \tau_A + \tau_B) + \frac{\alpha_n (\kappa - 1)}{\kappa} (I' + I'') \right\} \quad (\text{I}-9)$$

式中 κ ——每次追踪的列车数 (图3中 $\kappa = 2$) ;

I', I'' ——下行和上行追踪列车间隔时间;

α_n ——追踪系数——追踪列车数与总列车数之比 (图3中 $\alpha_n = 0.5$) 。

采用全部追踪的成对运行图时 (图4) 通过能力可按 (I-9) 式确定, 式中取 $\alpha_n = 1.0$ 。图4中的运行图周期 T_{np} 属于双方向每次都是三个列车追踪运行的情况 ($\kappa = 3$)。在采用不成对部分追踪运行图的情况下, 以主要方向和相反方向的追踪系数 α'_n 与 α''_n , 每次追踪的列车数 κ' 与 κ'' 以及不成对系数 β_n 说明周期 T_{np} 的特性。图5所示的是 $\alpha'_n = 0.75$; $\alpha''_n = 2/3$; $\kappa' = 3$; $\kappa'' = 2$ 和 $\beta_n = 0.75$ 时的运行

图周期。一般情况下，这五个数据是与下列条件联系在一起的：运行图任一方分散铺画的列车数与追踪次数之和相等，由此

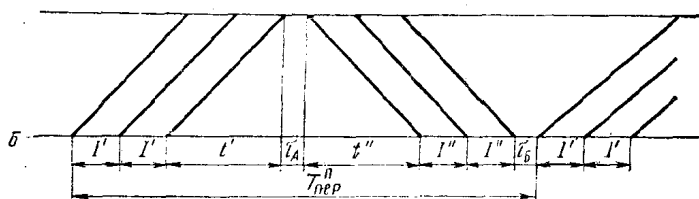


图4 成对追踪运行图周期

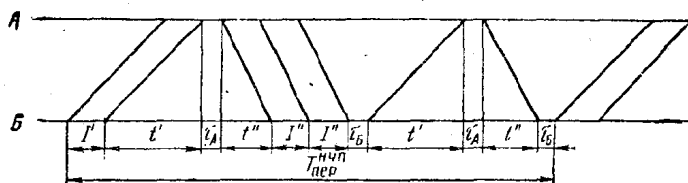


图5 不成对部分追踪运行图周期

$$1 - \alpha_{\Pi} \frac{\kappa'' - 1}{\kappa''} = \left(1 - \alpha'_{\Pi} \frac{\kappa' - 1}{\kappa'} \right) \beta_{\Pi} \quad (\text{I}-10)$$

不成对运行图双方向总的追踪系数可通过每个方向的追踪系数与不成对系数按下式确定：

$$\alpha_{\Pi} = \frac{\alpha''_{\Pi} + \beta_{\Pi} \alpha'_{\Pi}}{1 + \beta_{\Pi}} \quad (\text{I}-11^*)$$

由 (I-10) 和 (I-11) 两等式可得主要方向追踪系数的表示式：

(*译者注：原著 (I-11) 式中分母误为 $1 - \beta_{\Pi}$ 。)

$$\alpha_{\Pi}^* = \frac{\alpha_{\Pi}(1 + \beta_{\Pi})\left(1 - \frac{1}{\kappa'}\right) + 1 - \beta_{\Pi}}{2 - \frac{1}{\kappa'} - \frac{1}{\kappa''}} \quad (\text{I}-12)$$

这个系数通常用来计算不成对运行图区间通过能力之用。应该指出， α_{Π}^* 的数值在实际上不能超出下列范围：

$$1 \geq \frac{\kappa''(\kappa' - \beta_{\Pi})}{\kappa'(\kappa'' - 1)} \geq \alpha_{\Pi}^* \geq \frac{\kappa''(1 - \beta_{\Pi})}{\kappa'' - 1} \quad (\text{I}-13)$$

不等式的左侧部分为主要方向可能的最大追踪系数，此时相反方向的追踪系数等于1。右侧部分是当相反方向的追踪系数 $\alpha'_{\Pi} = 0$ 时，主要方向最大可能的追踪系数。破坏不等式右侧部分的条件，如行车量较小方向的追踪系数表示为负数，则就失去了其物理意义。

当采用不成对部分追踪运行图时，分摊到每一主要方向的列车上的时间可能有下列几种：

与变更行车方向有关的时间为：

$$\left(1 - \alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa'' - 1}{\kappa''}\right)(t' + t'' + \tau_A + \tau_B)$$

主要方向的追踪列车间隔时间为：

$$\alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa'' - 1}{\kappa''} I''$$

相反方向的追踪列车间隔时间为：

$$\beta_{\Pi} \alpha'_{\Pi} \frac{\kappa' - 1}{\kappa'} I'$$

由(I-10)式可知，最后一个表达式可以用 $\left(\alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa'' - 1}{\kappa''} + \beta_{\Pi} - 1\right) I'$ 来代替。此时分摊到每一主要方向列车的占

用区间总时间为:

$$T = \left(1 - \alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa^* - 1}{\kappa^*} \right) (t' + t^* + \tau_A + \tau_E) \\ + \alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa^* - 1}{\kappa^*} (I' + I^*) - (1 - \beta_H) I' \quad (\text{I}-14)$$

这个方向的通过能力相应为

$$n_{H\Pi\Pi} = 1440 / \left\{ \left(1 - \alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa^* - 1}{\kappa^*} \right) (t' + t^* + \tau_A + \tau_E) \right. \\ \left. + \alpha_{\Pi}^* \frac{\kappa^* - 1}{\kappa^*} (I' + I^*) - (1 - \beta_H) I' \right\} \quad (\text{I}-15)$$

相反方向的通过能力可按 (I-7) 式确定, 只是在该式中的 n_H' 和 n_H^* 以相应的 $n_{H\Pi\Pi}'$ 和 $n_{H\Pi\Pi}^*$ 代替之。对成对运行图在 $\kappa^* = \kappa' = 2$ 这种常见的情况下, (I-9) 式可采用下列形式:

$$n_{\Pi\Pi} = 1440 / \{ (1 - 0.5\alpha_{\Pi}) (t' + t^* + \tau_A + \tau_E) \\ + 0.5\alpha_{\Pi} (I' + I^*) \} \quad (\text{I}-16)$$

如果采用不成对部分追踪运行图, 且不论主要方向还是相反方向每次追踪的列车数均不超过 2 列时, 则可以用下列各式来代表 (I-12)、(I-13) 和 (I-15) 各式:

$$\alpha_{\Pi}^* = 0.5\alpha_{\Pi} (1 + \beta_H) + 1 - \beta_H \quad (\text{I}-17)$$

$$1 \geq \alpha_{\Pi}^* \geq 2 (1 - \beta_H) \quad (\text{I}-18)$$

$$n_{H\Pi\Pi}^* = 1440 / \{ (1 - 0.5\alpha_{\Pi}^*) (t' + t^* + \tau_A + \tau_E) \\ + 0.5\alpha_{\Pi}^* (I' + I^*) - (1 - \beta_H) I' \} \quad (\text{I}-19)$$

但是为了使主要方向获得最大的通过能力, 同时使相反

方向的能力又保持有足够高的水平，也可采用每次追踪的列车数 $\kappa'' = 3$ 和 $\kappa' = 2$ 的运行图。在这种情况下下的计算公式如下列所示：

$$\alpha_n'' = \frac{3}{7} \alpha_n (1 + \beta_H) + \frac{6}{7} (1 - \beta_H) \quad (\text{I}-20)$$

$$1 \geq \frac{3}{4} (2 - \beta_H) \geq \alpha_n'' \geq \frac{3}{2} (1 - \beta_H) \quad (\text{I}-21)$$

$$n_{\text{нчп}}'' = 1440 / \left\{ \left(1 - \frac{2}{3} \alpha_n'' \right) (t' + t'' + \tau_A + \tau_B) + \frac{2}{3} \alpha_n'' (I'' + I') - (1 - \beta_H) I' \right\} \quad (\text{I}-22)$$

单线半自动闭塞区段的区间内设有线路所时，成对运行图的通过能力可按 (I-16) 式来确定，而不成对运行图的通过能力可按 (I-19) 或 (I-22) 式来确定，并以下列数值 (图 6) 代入这些公式：

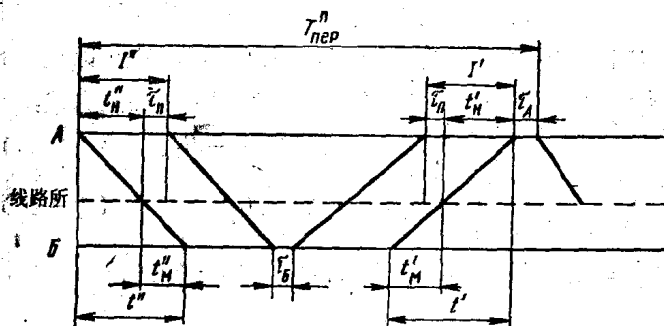


图 6 区间内设有线路所的追踪运行图周期

$$I'' = t_H'' + \tau_{\Pi} \quad \text{和} \quad I' = t_H' + \tau_{\Pi}$$

式中 t_H'', t_H' ——主要方向和相反方向的站所间最大的列车运行时分（包括起停车附加时分）（分）。

区间可能最大的运行图追踪系数（双方向总的追踪系数）与分界点配线有关。在区间内设有线路所的半自动闭塞区段上，任一方向每次均不超过两列追踪的条件下，成对运行图（有时为不成对运行图）的这个追踪系数可按下式确定：

$$\alpha_{\Pi} = \frac{\frac{2}{C_{\Pi B} + 2} + \frac{1 - \beta_{\Pi}}{2\beta_{\Pi} - 1}}{1 + 1.5 \frac{1 - \beta_{\Pi}}{2\beta_{\Pi} - 1}} \quad (\text{I} - 23)$$

式中 $C_{\Pi B}$ ——连续设置的仅有两股道（包括正线）的分界点数（包括区间两端分界点及其相邻分界点）。

在上述情况下，还采用不成对运行图时，主要方向增加通过能力的程度小于相反方向减少能力的程度，这就会导致总的通过能力（双方向）有所损失。如靠主要方向提高到三列追踪来形成不成对时，为了确定最大可能的运行图追踪系数，我们来分析以下几种情况：区间两端车站供列车会车用的线路（包括正线）不少于三股道时（图7a）；区间一端车站有三股道，而另一端车站仅有两股道时（图7б）；区间两端车站均只有两股道，同时它们的相邻车站（A站上边的和B站下边的车站）均各有三股道时（图7в）；一个相邻车站（A站上边的）有两股道，另一相邻车站（B站下边的）有三股道时（图7г）和两个相邻车站也都各有两股道时（图7д）。当 $\kappa'' = \kappa' = 2$ 和各分界点有不同配线的情况下，成对运行图周期用 T_1 表示，而造成不成对的附加部分用 T_2 表示（在附加部分里放行四个列车，其中主要方

向为三列追踪和相反方向为一个列车)。如以 $\kappa_{\text{пер}}$ 表示分摊到每一成对周期 T_1 的不成对周期 T_2 的数目, 则我们可以得到 (见图7a) :

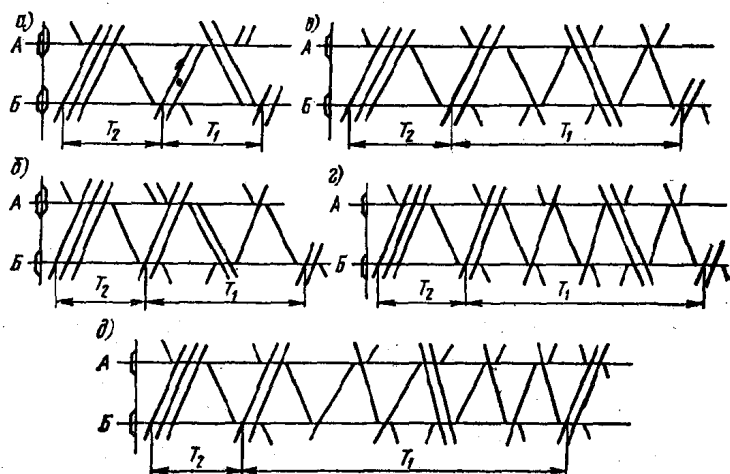


图7 部分追踪运行, 且分界点配线不一样时不成对运行图的示意图

$$C_{\text{ДВ}} = 0; \beta_{\text{H}} = \frac{2 + \kappa_{\text{пер}}}{2 + 3\kappa_{\text{пер}}}; \alpha_{\text{П}} = \frac{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}{4 + 4\kappa_{\text{пер}}}$$

以此类推可得 (见图7б, в, г, д) :

$$C_{\text{ДВ}} = 1; \beta_{\text{H}} = \frac{3 + \kappa_{\text{пер}}}{3 + 3\kappa_{\text{пер}}}; \alpha_{\text{П}} = \frac{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}{6 + 4\kappa_{\text{пер}}};$$

$$C_{\text{ДВ}} = 2; \beta_{\text{H}} = \frac{4 + \kappa_{\text{пер}}}{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}; \alpha_{\text{П}} = \frac{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}{8 + 4\kappa_{\text{пер}}};$$

$$C_{\text{ДВ}} = 3; \beta_{\text{H}} = \frac{5 + \kappa_{\text{пер}}}{5 + 3\kappa_{\text{пер}}}; \alpha_{\text{П}} = \frac{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}{10 + 4\kappa_{\text{пер}}};$$

$$C_{\text{ДВ}} = 4; \beta_{\text{H}} = \frac{6 + \kappa_{\text{пер}}}{6 + 3\kappa_{\text{пер}}}; \alpha_{\text{П}} = \frac{4 + 3\kappa_{\text{пер}}}{12 + 4\kappa_{\text{пер}}}.$$

比较这些表达式, 可见, 正数值 $\kappa_{\text{пер}}$ 的增加会导致不成