

自动电话机键计算和 机间配线法

謝 純 德 編 著

人 民 郵 電 出 版 社

45

43

自動電話機鍵計算和機間配綫法

謝純德 編著

畢可宏 審校

人 民 郵 電 出 版 社

內 容 提 要

本書將自動電話機鍵計算和機間配綫的理論作了較有系統的敘述，並且根據蘇聯的先進技術資料和維護工作經驗，用具體實例，介紹了步進制交換機鍵的計算和機間配綫方法。此外，還結合工作經驗收集和設計了一些配綫圖例。因為機鍵的計算與話務量的調查有密切關係，所以本書還介紹了市內電話局話務要素的調查方法。

這本書不僅適合於市話工程技術人員的參考使用，也可以作為教學的參考書籍。

自動電話機鍵計算和機間配綫法

編 著 者:	謝	純	德
審 校 者:	畢	可	宏
出 版 者:	人 民 郵 電 出 版 社 北京東四區6條胡同13號		
印 刷 者:	人 民 郵 電 出 版 社 南 京 印 刷 廠 南京太平路戶部街15號		
發 行 者:	新	華	書 店

書號: 市35 1956年7月南京第一版第一次印刷 1—4,800冊
850×1168 1/32 90頁 印張 $5\frac{9}{8}$ 字數128,000字定價(10)0.87元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

目 錄

第一章 中繼綫計算的理論

1—0	(1)
1—1 呼叫	(1)
1—2 保留時間	(2)
1—3 話務量	(2)
1—4 繁忙小時或簡稱“忙時”	(4)
1—5 集中係數	(4)
1—6 服務等級	(4)
1—7 應用或然率理論的幾個基本公式	(6)
1—8 在明顯損失制全利用度羣裏計算出中繼綫數的方法	(12)
1—9 在具有假想損失的交換機中計算全利用度羣出中繼 綫數的方法	(27)
1—10 近似公式	(30)
1—11 全利用度羣與部分利用度羣	(36)
1—12 全利用度羣的性質	(36)

第二章 機間配綫的理論

2—1 選擇機綫弧接點的使用率	(39)
2—2 損失的計算	(42)
2—3 怎樣進行機間配綫	(46)
2—4 部分利用度羣中繼綫計算公式	(48)
2—5 各種複聯方式	(53)
2—6 話務量與羣的關係	(58)

第三章 市話局話務負荷的調查

- 3—1 統計學基本知識的介紹…………… (60)
- 3—2 市內電話局話務量的分析…………… (70)
- 3—3 怎樣進行市話局的話務負荷要素的統計調查工作…… (74)
- 3—4 設備上現有話務量的調查方法…………… (77)

第四章 西門子式自動交換機機鍵的計算與機間配綫方法

- 4—0 …………… (85)
- 4—1 經過第二預選器所達成的全利用度羣的出中繼綫數
目的計算…………… (86)
- 4—2 局間係數…………… (87)
- 4—3 有限話源的修正…………… (88)
- 4—4 機鍵的計算…………… (89)
- 4—5 配綫方法…………… (97)

第五章 史端喬式自動交換機機鍵的 計算和機間配綫方法

- 5—0 …………… (126)
- 5—1 預選器中繼方式…………… (127)
- 5—2 自局第二預選器…………… (129)
- 5—3 選組器出中繼方式 …………… (131)
- 5—4 局間中繼方式…………… (133)
- 5—5 長途中繼綫的計算…………… (135)
- 5—6 人工台中繼綫的計算…………… (135)
- 5—7 史端喬式機鍵的機間配綫法…………… (136)

複習參攷題

附 錄

第一章 中繼綫計算的理論

1—0 自動電話的接續機鍵是用來完成電話接續任務的

我們知道，裝有電話的用戶並不是一天到晚不停的使用電話。因此，為每一個用戶都預備一套接續機鍵是不必要的，也是浪費的。在自動電話局裏，總是很多用戶共用比較少的接續設備。換言之，自動電話局裏的各級機鍵大都是共用的。我們又知道，共用的範圍愈大，機鍵的使用效率就愈高。但是，共用的範圍過大就會使設備過於複雜，反而增加了設備成本。所以市話工程人員必須研究應以若干共用機鍵，在適當的共用範圍內來滿足用戶使用的需要。在一定共用範圍內所需要的共用機鍵數量是根據用戶使用的繁忙程度來計算的。上一級機鍵的出中繼綫數就是下一級機鍵數。所以機鍵的計算也就是中繼綫的計算。這方面的理論研究隨着自動電話的發展及合理設計的要求而漸臻發達，在外國曾有很多人研究，貢獻比較大的有：蘇聯的布赫曼 (*E. H. Byxman*)；德國的蘭格 (*Max Langer*) 和魯克 (*Ruckle*)；丹麥的愛爾蘭 (*A. K. Erlange*)；美國的馬林拉 (*E. C. Molina*) 和英國的歐德爾 (*G. F. Odell*) 等。上述諸氏都是應用數學上或然率的理論，在各種不同的假設條件下，推論出來各自的公式的。因此，我們必須了解他們所用的基本理論與假設條件，才能夠適當的應用他們所研究的結果。本章將敘述上述諸氏的基本理論，以幫助讀者對中繼綫計算的研究與應用。

1—1 呼 叫

當一個用戶要與他所要的對方通話而佔用了自動交換機的一部

分機鍵時稱為“呼叫”。若此用戶已達到通話的目的稱為“完成呼叫”，反之稱為“未完成呼叫”或“損失呼叫”。

1—2 保留時間 (Holding Time)

每次呼叫發生到終了的時間稱為“保留時間”。在一定時間內，總呼叫次數的保留時間的總和除以總呼叫次數，所得之商稱為平均保留時間。實際上，取相當多次數的呼叫所求得的平均保留時間，是有一定代表性的。因此，實用上就以此法所求出的某類用戶或某局的平均保留時間作為設計時的根據。

1—3 話 務 量

所謂電話“話務量” (*Traffic* 嚴密些說，應該是“話務密度 *traffic density*”)，是指市內電話局或一定數量的機綫在一定時間內，所負擔的呼叫總次數與每次呼叫的平均保留時間相乘之積。

$$A = Ct_0$$

此處： A = 話務量

C = 呼叫總次數 (呼)

t_0 = 平均保留時間 (百秒、分、或小時)

因為 t_0 所用的單位不同，所以話務量的單位也就不同了。如 t_0 的單位是用小時，話務量的單位就是小時呼 ($T \cdot C$ 或 $T \cdot U$)。1 小時呼是指某一中繼綫或一機鍵連續被佔用一小時時所完成的話務量。這個單位在使用上有時嫌大了，但從事理論上的研究時用它是很方便的。自動交換機鍵接續過程的統計多半是採用秒做單位。因為秒的單位過小，做話務量計算不方便，所以就採用百秒做單位。用它計算出的話務量單位就是“百秒呼” ($H \cdot S \cdot C$ 或 $C \cdot C \cdot S$)。如上式中的 t_0 用分做單位，則話務量的單位稱為“佔綫分”。在長途電話發達的國家，因為長話方面的統計是用分的，所以採用佔綫分

比較方便。以上三種是常用的話務量單位，其換算關係如下：

$$1 \text{ 小時呼} = 60 \text{ 佔綫分} = 36 \text{ 百秒呼}$$

$$1 \text{ 佔綫分} = \frac{3}{5} \text{ 百秒呼} = \frac{1}{60} \text{ 小時呼}$$

$$1 \text{ 百秒呼} = \frac{1}{36} \text{ 小時呼} = 1 \frac{2}{3} \text{ 佔綫分}$$

話務量還有下列四種意義：

(甲) 話務量為所有呼叫的保留時間的總和：設 $t_1, t_2, t_3, \dots$

t_c 為各次呼叫的保留時間，則平均保留時間 $t_0 = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_c}{C}$ 。

$$\text{因此話務量 } A = Ct_0 = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_c}{C} \cdot C = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_c$$

此處 C = 呼叫總次數。

故話務量是所有呼叫的保留時間的總和。調查話務量所用的呼量表就是根據這個道理製造的。

(乙) 話務量為在一定時間內同時接續數的平均值：設將一小時分為 n 等分， $s_1, s_2, \dots, s_n$ 各代表各時間內的同時接續數。如 n 為相當大的數字，則 $\frac{1}{n}$ 就相當小，因而可看做在 $\frac{1}{n}$ 時間內接續數不生任何變化。故這一小時內的話務量

$$A = ct_0 = s_1 \cdot \frac{1}{n} + s_2 \cdot \frac{1}{n} + \dots + s_n \cdot \frac{1}{n} = \frac{1}{n} (s_1 + s_2 + \dots + s_n)$$

此式即表示同時接續的平均值。用話務量記錄器及作同時動作調查來調查話務量就是根據這個道理。

(丙) 話務量為平均保留時間內的平均呼叫數：設 c 為一小時內的呼叫數， t_0 為以小時為單位的平均保留時間，則在 t_0 時間內的呼叫數為 $C / \frac{1}{t_0} = ct_0 = A$ ，（話務量）

(丁)話務量是在 c 次呼叫中全部中繼綫的平均佔用時間與中繼綫數目的乘積：例如平均保留時間 $= \frac{1}{30}$ 小時，在一小時內 100 中繼綫共有 2100 呼，則全部中繼綫的平均佔用時間為

$$\frac{1}{30} \times \frac{1}{100} \times 2100 = 0.7 \text{ (小時)}$$

即每對中繼綫的利用率為 0.7。而此值乘以中繼綫數目後也即話務量的數量。

1-4 繁忙小時或簡稱“忙時”(Busy Hour)

市內電話局對用戶服務是晝夜都不能中斷的。在一晝夜間，用戶方面的呼叫是極不平衡的。其中最忙的一小時稱為繁忙小時。市話局機械設備的數量就是根據最忙一小時內的話務量來設計的。當然，能滿足這個時間內話務量的要求，對其他較閒的時間是更能滿足的了。

1-5 集中係數

忙時話務量是全日(全晝夜)話務量的一部分。忙時話務量對於全日話務量的比值用百分比表示。這個百分比就叫做集中係數(K)，一般是 8%—14%，在一般市話局內，當住宅用戶數增加時，則集中係數縮小；而機關企業用戶增加時，則集中係數也隨之增加。

1-6 服務等級(Grade of Service)

市話局的電路不敷用戶呼叫所需的數量時，因而未能完成的呼叫就叫做損失呼叫。損失的多寡程度用“損失係數” P 來表示，一般用千分之幾(‰)或百分之幾(%)來計量。也就是每千次或百次呼叫中所損失的呼叫次數。對某一級機鍵或某一市話局的服務等級，是指在最忙小時中交換機動作良好，中繼綫及機械無業務障礙而能圓滑運行時它的損失率是多少而說的。當然在其他時間內是不會有這樣

大的損失的。服務等級的選擇，依據下列幾個條件：（一）各級機鍵的成本，（二）交換機容量及程式，（三）國民經濟條件。在使用電話的人來講，他注意的只是每打多少次電話有多少次能完成通話，至於由於什麼原因所造成的，不能通話，對他沒多大用處。在忙時內這個

完成通話次數與總呼叫次數的比稱為接通率。因此在選擇服務等級時一定要考慮到它對接通率所造成的影響。設一有第二預選器設備的五位字局，機械障礙所造成的未接通率為零，由於用戶原因所造成的未接通率為百分之十五（包括被叫

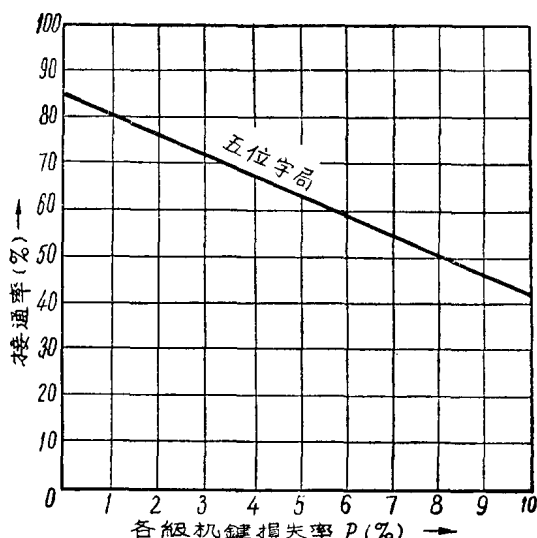


圖 1.

用戶佔綫及無人接話等），其各級機鍵的服務等級與接通率的關係如下表及第 1 圖所示：

每級機鍵損失率:	1 %	2 %	1 %	2 %	5 %	10 %
各級機鍵損失率之和:	0.005	0.01	0.05	0.1	0.25	0.5
(共有五級)						
用戶未接通率:	0.15	0.15	0.142	0.135	0.113	0.075
接通率 (%) :	84.5	84.0	80.8	76.5	63.7	42.5

由上表可知當損失率大於 1 % 時接通率下降很快，所以一般的

挑選服務等級都在1‰與1%之間，非有特殊原因不選用比1%更大的損失率。

附註：用戶原因所造成的未接通率是指接到被叫用戶後由於被叫用戶佔綫或者是被叫用戶不應答所造成的損失率，當然這一部分損失是可以通過話局工作人員的努力來減少的，但它總還保持有一個相當高的數字。此處即假定它是接到用戶次數中的15%（即除去各級機鍵呼損）。這個假定是符合於目前一般話局的情況的。

1—7 應用或然率理論的幾個基本公式

(甲)魯克——盧百格 (Ruckle—Lubberger) 公式：—

- 設：(1) 在 T 時間內發生呼叫數為 CT ，
 (2) 呼叫彼此是獨立的而且是純偶然的發生，
 (3) 出中繼綫是永遠夠用的，
 (4) 佔有時間 t_0 （保留時間單位為小時）為一定值，遠小於 T ，
 (5) 入中繼綫數（或用戶數）為 S ，在 T 時間內永遠可以任意發生呼叫，
 (6) 機械的接續時間可視為零。

因 $T \gg t_0$ ， T/t_0 可視為整數（即不計其小數部分），也就是將時間 T 平分為 $\frac{T}{t_0}$ 個等分，每等分之時間為 t_0 。一次呼叫的發生可以通過 $\frac{T}{t_0}$ 個不同的方式。在 S 個入中繼綫（或用戶）則可能有 $S \cdot \frac{T}{t_0}$ 個發生的方法。茲求在 $\frac{T}{t_0}$ 個時間段落中之任意時刻有 r 呼叫存在的或然率。因 r 個呼叫在 S 個入中繼綫中發生的方式有 C_r^S 種，而其餘的 $CT - r$ 呼叫中之一個在其他時間內發生的方式有 $(\frac{T}{t_0} - 1)S$ 種。在 $S \cdot \frac{T}{t_0} - S$ 之中有 $CT - r$ 呼叫發生的方式有 $C_{CT-r}^{S \cdot \frac{T}{t_0} - S}$

種。於是恰有 r 呼叫發生的方式共有 $C_r^S \cdot C_{CT-r}^{S \frac{T}{t_0} - S}$ 種。而 CT 個呼叫在 T 時間內發生的方式共有 $C_{CT}^{S \frac{T}{t_0}}$ 種，因此某瞬間有 r 個呼叫發生的或然率為

$$P_r = \frac{C_r^S \cdot C_{CT-r}^{S \frac{T}{t_0} - S}}{C_{CT}^{S \frac{T}{t_0}}} \quad (1)$$

此處 S = 入中繼綫數 (或用戶數)

C = 每小時的平均呼叫數

t_0 = 平均保留時間

T = 呼叫的分佈範圍

r = 同時存在的呼叫數，為 $0 \sim S$ 之間的整數

在上式中如令 $T = 1$ ，(t_0 為充分小) 則此式即為魯克的同時接續式。此時若就 s ， c ， t_0 等代入適當數值以求 P_r 之值；則發現當 r 小時， P_r 之值將過大；反之，當 r 大時則 P_r 之值又過小，不合實際。若設 T 為相當大時，計算 P_r 之值則較接近實際。

(乙) 彭奴里 (Bernoulli) 公式：

令 $T = \infty$ 代入 (1) 式

$$P_r = \frac{C_r^S \cdot C_{CT-r}^{S \frac{T}{t_0} - S}}{C_{CT}^{S \frac{T}{t_0}}} = C_r^S \cdot \frac{\frac{(S \frac{T}{t_0} - S)!}{[(S \frac{T}{t_0} - S) - (CT - r)]! (CT - r)!}}{\frac{S \frac{T}{t_0}!}{CT! (S \frac{T}{t_0} - CT)!}}$$

$$\begin{aligned} \therefore C_r^a &= \frac{a!}{(a-b)! \cdot b!} \\ &= C_r^S \cdot \frac{CT!}{(CT-r)!} \cdot \frac{(S\frac{T}{t_0}-S)!}{S\frac{T}{t_0}!} \cdot \frac{(S\frac{T}{t_0}-CT)!}{(S\frac{T}{t_0}-S-CT+r)!} \end{aligned}$$

因知 當 $a \gg b$ 時 $\frac{a!}{(a-b)!} = a^b$, $\frac{(a-b)!}{a!} = a^{-b}$

又因上式中 $CT \gg r$, $S\frac{T}{t_0} \gg S$, 及 $(S\frac{T}{t_0}-CT) \gg (S-r)$

$$\begin{aligned} \therefore P_r &= C_r^S \cdot (CT)^r \cdot (S\frac{T}{t_0})^{-S} \cdot (S\frac{T}{t_0}-CT)^{S-r} \\ &= C_r^S \cdot \left(\frac{CT}{S\frac{T}{t_0}}\right)^r \cdot \left(1 - \frac{CT}{S\frac{T}{t_0}}\right)^{S-r} \\ &= C_r^S \cdot \left(\frac{ct_0}{S}\right)^r \cdot \left(1 - \frac{ct_0}{S}\right)^{S-r} \end{aligned}$$

設 $Z = \frac{ct_0}{S}$, 即一個中繼綫的負荷, 是小於 1 的數, 代入上式則:

$$P_r = C_r^S \cdot Z^r \cdot (1-Z)^{S-r} \quad (2)$$

此式即彭奴里公式。

彭奴里公式另一證法是: 設 $Z = \frac{ct_0}{S}$, t_0 = 平均保留時間,

c = 所有中繼綫在一小時的平均呼數,

C/S = 每一中繼綫在一小時的平均呼數。

由或然率知: 如一事物每次試驗成功的或然率是 P , 則在 n 次不相同的試驗中成功 r 次的或然率是

$$P_r = C_r^n \cdot p^r \cdot (1-p)^{n-r}$$

例如擲骰子，一個骰子出現“1”的機會為 $\frac{1}{6}$ ，不出現“1”的機會為 $(1 - \frac{1}{6})$ ，如以6個骰子擲出，同時出現4個“1”的機會為

$$P_r = C_4^6 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^4 \cdot \left(1 - \frac{1}{6}\right)^{6-4}$$

應用到電話中的呼叫：假定各話源（入中繼綫或用戶）的呼叫，都是隨時，任意而有平等機會的，那麼在 s 話源中有 r 呼叫的或然率是：

$$P_r = C_r^s \cdot p^r \cdot (1-p)^{s-r}$$

上式中 P 表成功的機會。在 S 中繼綫負荷 Ct_0 話務量成功的機會是 $ct_0/s = Z$ ，代入上式得

$$P_r = C_r^s \cdot Z^r \cdot (1-Z)^{s-r} \text{ 此即(2)式。}$$

(丙) 波義森 (Poisson) 公式：

在(2)式中令 $S = \infty$ 得

$$P_r = C_r^s \cdot Z^r \cdot (1-Z)^{s-r} = C_r^s \left(\frac{a}{s}\right)^r \left(1 - \frac{a}{s}\right)^{s-r}$$

$$= \frac{s!}{(s-r)!r!} \cdot \frac{a^r}{s^r} \cdot \left(1 - \frac{a}{s}\right)^{s-r}$$

$$\text{因當 } s \rightarrow \infty \text{ 時: } \frac{s!}{(s-r)!r!} = \frac{s^r}{r!},$$

$$1 - \frac{r}{s} = 1$$

$$\lim_{s \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{a}{s}\right)^s = e^{-a}$$

此因
$$L_n(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \dots$$

可知
$$L_n\left(1 - \frac{a}{s}\right) = -\frac{a}{s} - \frac{a^2}{2s^2} - \frac{a^3}{3s^3} - \dots$$

則
$$SL_n\left(1 - \frac{a}{s}\right) = -a - \frac{a^2}{2s} - \frac{a^3}{3s^2} - \dots$$

$$\therefore \left(1 - \frac{a}{s}\right)^s = e^{-a - \frac{a^2}{2s} - \frac{a^3}{3s^2} - \dots}$$

$$\therefore \lim_{s \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{a}{s}\right)^s = e^{-a} \quad \left(\because \frac{a^2}{2s}, \frac{a^3}{3s^2} \text{ 均} \rightarrow 0 \right)$$

以上諸關係代入上式則

$$P_r = \frac{s^r}{r!} \cdot \frac{a^r}{s^r} \cdot e^{-a} = \frac{a^r}{r!} e^{-a} \quad (3) \text{ (此處 } a = ct_0 \text{)}$$

此即波義森公式，是在 $T = \infty$ ， $s = \infty$ ，及呼叫都是純出偶然等假定下計算出來的。以上三式雖係依各個不同的假定成立的，但若以 c, t_0, s ，等數代入計算 P_r 的值，差別並不大。如下例 $P_0, P_1, \dots, P_6$ 表 0 對，1 對， $\dots, 6$ 對之同時發生呼叫之或然率。用各公式計算 P_r 之值如下表：

公式名	魯克公式	彭奴里公式	波義森公式
計算式	$C_T^S \cdot C \frac{S \frac{T}{t_0} - S}{CT - r}$	$C_T^S \cdot Z^r (1 - Z)^{S-r}, \quad C_T^S t_0 (1 - t_0)^{e-r}$ 此處 $Z = \frac{a}{s}$	$\frac{a^r}{r!} e^{-r}$
記號			
a	5	5	5
c	200	200	—
t_0	0.25小時	—	—
s	100	100	∞
T	1小時	∞	∞
P_0	0.0055	0.0059	0.0067
P_2	0.080	0.081	0.084
P_4	0.180	0.178	0.175
P_5	0.182	0.180	0.175
P_6	0.152	0.150	0.146
P_8	0.065	0.065	0.065

以上三個公式都可以應用來計算中繼綫全佔的或然率，從而計算出損失率。但是由於他們在假設條件中沒有考慮到受出中繼綫數限制的影響，結果的誤差較大，不能應用。又因前兩個公式中的變數較多，也不便製成表來應用。這裏之所以還要將它們介紹出來，主要的是引導我們瞭解最初人們是如何設法應用或然率的理論，有助於對現用理論公式的演證。

1—8 在明顯損失制全利用度羣裏計算出中繼綫數的方法

此即愛爾蘭 (Erlang) 之理論。

設入中繼綫的數目為無限大，出中繼綫的數目為有限(設為 x)。則由於受出中繼綫 x 的限制，在任何一時間內同時通話的數目最多只有 x 起。設 P_0 為發生0起的或然率， P_1 為發生一起的或然率， P_2 為發生2起的或然率，…… P_x 為發生 X 起同時通話的或然率；由或然率理論知

$$P_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_x = 1 \quad (4)$$

又設 a =單位小時的話務量

n =在任何瞬時同時通話的數目

dt =極短的時間

知
$$a = \int_0^1 n dt \quad (5)$$

因受出中繼綫 x 的限制， n 不能大於 x ，最多是等於 x ，

即
$$0 \leq n \leq x$$

一組中繼綫的損失率乃是當呼叫到來由於出中繼綫不夠而遭受損失(佔綫)的或然率，即上式中之 P_x (同時有 x 起通話的或然率)。因此，該組中繼綫所能負荷的話務量為 $a(1-P_x)$ 。但又知 $P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \dots + xP_x$ 亦為此組中繼綫所負荷的話務量，故

$$P_1 + 2P_2 + 3P_3 + \dots + xP_x = a(1-P_x) \quad (6)$$