

市內電話局的 技術設計基礎

陳 湖 編 譯

中國科學圖書儀器公司
出 版

市內電話局的 技術設計基礎

陳 湖 編 譯

中 國 ~~人民電訊出版社~~ 電 訊 公 司

內 容 提 要

本書係著者按照蘇聯電信工程學院電話學教學大綱第三部分的內容，並根據蘇聯有關電話局設計的最新資料，再結合了在教學中的經驗加以編寫而成。書中主要包括概率論、電話負載、電話局最適合的容量以及其他電話局方面的各種技術設計理論與計算等等。

本書可供大專學校電信工程系科作為教材，亦可備電信從業人員進修與參考之用。

市內電話局的技術設計基礎

編著者 陳 湖

出版者 中國科學圖書儀器公司
上海延安中路 537 號 電話 64545
上海市書刊出版業營業許可證出〇二七號

經售者 新華書店上海發行所

★ 有 版 權 ★

EE. 33—0.12 193千字 開本:(787×1092)₁₆ 印張:11.36
 定價:一元七角 1955年6月初版第1次印刷 1—1,200

序

這本書是按照高等學校電信工程系電話電報通訊專業“電話學”課程教學大綱第三部分有關話局設計方面的內容而編寫的。其中大部分資料取自蘇聯馬爾哈依所著“市內電話網設計的技術經濟基礎”一書，並參攷基塔葉夫所著“電話學”和卡爾馬淑夫所著“自動電話學”，再根據編者過去教學經驗加以增刪而成。本書非但可以作為該課程的教科書，且可作為該課程的課程設計參攷資料。此外，也可供電信從業人員參攷進修之用，以便從中吸取蘇聯先進技術，來改進我國的電話通訊。

編者深感學習蘇聯的體會不深，難免有誤解之處，尚祈讀者多多指示，隨時通知，以便改正。

陳 湖於上海交通大學

1955年1月。

目 錄

第一章 概率論要素..... 1

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1-1 概說..... 1 | 1-3 概率的基本原理..... 9 |
| 1-2 排列與組合..... 2 | 1-4 最小二乘法..... 25 |

第二章 電話負載..... 36

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 2-1 一般考慮..... 36 | 2-8 各種佔用形式的對比和確定
佔用次數..... 55 |
| 2-2 電話負載的組成..... 38 | 2-9 確定平均佔用時間..... 60 |
| 2-3 電話負載的三種解釋..... 42 | 2-10 電話負載的集中現象..... 68 |
| 2-4 送入的和通過的電話負載..... 45 | 2-11 在市內電話網中組織統計觀
測..... 80 |
| 2-5 電話負載組成部份的計算..... 47 | 2-12 市內電話網中電話負載的計
算..... 85 |
| 2-6 一個話機的平均佔用次數..... 48 | |
| 2-7 一個話機上建立了通話的平
均次數..... 48 | |

第三章 計算機件和中繼線數公式的推演..... 89

- | | |
|---|---|
| 3-1 一般考慮..... 89 | 式中計算完全可用性線束中
連接通路數的方法..... 117 |
| 3-2 話務損失和等候時間..... 92 | |
| 3-3 組、線束和線束結構的概念..... 94 | 3-6 在明顯損失的自動話局制式
中計算有限度可用性線束中
連接通路數的方法..... 120 |
| 3-4 在具有明顯損失制式內的完
全可用性線束中有 i 個連接
通路同時佔用的概率..... 98 | 3-7 人工話局的設計要點..... 130 |
| 3-5 在有條件損失的自動話局制 | |

第四章 連接設備數目的計算..... 138

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 4-1 話務損失..... 138 | 間中繼線數的計算..... 155 |
| 4-2 話務流的計算..... 146 | 4-4 人工話局設備的計算..... 162 |
| 4-3 ATC-47 式的設備容量和局 | |

第五章 市內電話通訊的分區..... 166

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 5-1 市內電話網中的分區情形.. 166 | 電話網..... 172 |
| 5-2 建設含有來話彙接局的市內
電話網..... 168 | 5-4 來話彙接設備的分散佈置法 177 |
| 5-3 建設含有去話彙接局的市內 | 5-5 混接機的採用..... 179 |
| | 5-6 市內話局和長途話局的連接 189 |

第六章 確定分區市內電話網中話局最佳容量和話局最佳

局址..... 193

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 6-1 話局最佳容量的概念和確定
這容量的方法..... 193 | 量..... 201 |
| 6-2 用戶線的平均長度..... 194 | 6-4 確定話局最佳容量的例子.. 213 |
| 6-3 電話網內話局之間按“直接
中繼”連接時話局的最佳容 | 6-5 具有來話彙接局的電話網中
的最佳話局容量..... 231 |
| | 6-6 話局最佳局址的確定..... 239 |

第七章 局內設備的計算..... 251

- | | |
|------------------------|-------------------------------------|
| 7-1 概說..... 251 | 7-4 依最少金屬耗費來計算自動
話局的配電網..... 257 |
| 7-2 自動話局內技術房間的佈置 251 | |
| 7-3 自動話局設備的佈置..... 254 | |

附錄..... 272

參考書刊..... 276

第一章

概 率 論 要 素

1-1 概 說

在現實世界裏，還有一些尙未能掌握條件使其發生唯一結果的現象，即所謂“或然現象”。按唯物辯證法的觀念，或然現象與必然現象是並存的，是可以相互滲透並且相互轉變的。或然現象個別看來好像是雜亂無章；但從集體看來，則也有其一定規律。概率論就是一種處理這類“集體性規律”的工具。它可以使或然現象也漸漸進入我們的掌握之中。

蘇聯近三十多年來在數學方面的發展有幾個重點。概率論就是其中主要重點之一。這方面的發展在蘇聯經濟建設上有種種重要的應用，尤其是對於高度發展的工業技術、國防科學、以及物理學、統計學等等，有很多的貢獻。我們現在僅指出有關電話問題的解答。

因為使用電話通訊的用戶可以在任一瞬間發出呼喚，所以呼喚的性質是純偶然性的，即呼喚是任意地獨立地產生的，因而佔用次數在一年的各月中，一月的各日中，一日的各小時中，甚至在某一個一定的小時中是不斷地在變動着。如果電話機線設備的數量是這樣多，以致當任一用戶呼喚時連接通路以及連接機件都隨時可供利用，以適應於在任何時間內任何最大的需要，那末其結果勢必至有絕大部份的機件或線路在大部份的時間內，閒置着不用，這

樣的電話設備就一定非常昂貴，因而大大地不經濟了，特別是當線路相當長，或機件相當昂貴的時候。

合理的電話設備應當是經濟而同時又有良好能使用戶滿意的服務品質。所以在機線設備的數量以及在對用戶等候通話的時間上應該採取折中的辦法使能達到一定的質的指標，同時又不致引起過份大的投資。在自動電話設備上，有些呼喚因為缺少空閒連接通路而必須放棄，這些呼喚即稱損失，在多次觀測中平均在一千次或一百次呼喚中所損失的次數即決定對用戶服務的品質。

上面已經談到用戶所發出的呼喚是很不規則的，所以在一定的時間內電話負載是變動於一定範圍內的，為了在最重要的一段時間（忙時）內在一定的負載量下來計算連接機件的數量，就必須藉助於概率論來進行。根據這理論就得出表示連接通路、忙時負載和損失量之間關係的計算公式。在討論概率之前，先對排列與組合作簡單的介紹。

1-2 排列與組合

事件構成的一般定律 研究排列和組合須依靠有關事件構成的兩條一般定律：

(1) 第一構成定律：如果甲事件能以 m 種方法來實現，而乙事件則以其他 n 種方法來實現，則甲事件或乙事件能以 $m + n$ 種方法來實現。

例如由上海到北京有三條路可走，由上海到廣州有二條路可走，則由上海到北京或廣州的路共有 $3 + 2 = 5$ 條。

(2) 第二構成定律：如果甲事件能以 m 種方法來實現，而乙事件在此後能以 n 種方法來實現，則甲乙兩事件將按此順序以

$m \times n$ 種方法來實現。

例如有 10 只汽船航行於上海與漢口之間，一人從上海乘其中之一到漢口，而乘另一船回來，問一共有幾種乘法？

很顯然，此人去時可任選一船，共有 10 種方法，而回來時祇能乘其餘九船中之一只，共有 9 種方法，因此不同的來回乘船方法 $= 9 \times 10 = 90$ 種。

事件構成的一般定律在排列和組合方面的應用 排列與組合的定義可以敘述如下：

(1) **排列**：在一羣事物中每次按着種種不同的順序取其中幾個或全體而排成列，便稱這些個列為排列。例如在 a, b, c, d 四個字母中每次取兩個的排列為：

$ab, ac, ad, bc, bd, cd,$
 ba, ca, da, cb, db, dc 共 12 種。

(2) **組合**：在一羣事物中每次不按它們的順序取其中幾個或全體而獲得若干不同的組，由此所得的組便叫做組合。例如在 a, b, c, d 四個字母中，每次取兩個的組合為：

ab, ac, ad, bc, bd, cd 共 6 種。

爲了進一步說明排列與組合的意義，茲再設例如下：

在 a, b, c, d 四個字母中，每次取其中三個，則所有可能的排列方法如下：

abc	bac	cab	dab
abd	bad	cad	dac
acb	bca	cba	dba
acd	bcd	cdb	dbc
adb	bda	cda	bca
adc	bdc	cdb	dcb

共 24 種。

寫第一位字母的方法有 4 種，此後（寫定了第一位字母以後）寫第二位的方法有 3 種，而最後寫第三位的方法祇有 2 種，因此寫三個字母的方法共有

$$4 \cdot 3 \cdot 2 = 24 \text{ 種.}$$

問在上例中每次取三個字母的組合方法共有幾種？

顯然，從四個字母中一次取三個，（例如 abc ），則剩下一個字母（ d ），這三個字母與所剩下一個字母之間共有 3 組合法，連同第一次取出三個字母的一種，共有 4 種組合法：

abc 、 abd 、 acd 、 bcd 共 4 種

以上每種組合中包含 6 種不同的排列方法，例如：

abc 、 acb 、 bac 、 bca 、 cab 、 cba

因此在 4 個字母中每次取 3 個的排列方法共有 $4 \text{ (組合)} \times 6 \text{ (每種組合的排列數)} = 24 \text{ 種}$ 。如果令 x 等於從 4 個事物中每次取 3 個的組合數， y 等於每種組合中不同的排列數，則總共的排列數等於 xy 。

一般事件構成定律對於排列法的應用：排列的一般性公式

上例中所用的方法完全是一般性的，因此可以用這種方法來獲得事物排列和組合的一般性公式。

首先來考慮在一羣 m 個不同的事物中，每次取 n 個的排列總數。

如在 m 個中祇取一個，則有 m 個方法，即 m 個排列；如在 m 個中取 2 個，這時取第一個有 m 個方法，取第二個則祇有 $m - 1$ 個方法，如此類推。一般說來，當取第 n 個時，則祇有 $m - (n - 1) = m - n + 1$ 個方法。因此，在全羣中可能選取的排列方法總數是

$$m(m-1)(m-2) \cdots (m-n+1). \quad (1-1)$$

令 A_m^n 代表從 m 個事物中每次取 n 個的排列總數，則上式就是

$$\begin{aligned} A_m^n &= m(m-1)(m-2)\cdots(m-n+1) \\ &= \frac{m(m-1)\cdots(m-n+1)(m-n)(m-n-1)\cdots 2 \cdot 1}{(m-n)(m-n-1)\cdots 2 \cdot 1}, \end{aligned}$$

利用連續因子符號，上式即可寫成：

$$A_m^n = \frac{m!}{(m-n)!}. \quad (1-2)$$

如果 $m = n$ ，則 $(m-n+1) = 1$ ，於是(1-1)式變成：

$$A_m^m = m(m-1)\cdots 3 \cdot 2 \cdot 1 = m! \quad (1-3)$$

這是在 m 個不同的事物中能够選取的不同排列總數，即，在 m 個事物中同時取 m 個的排列數。

一個更加一般性的問題是：在一羣中含有 s 類不同的事物。第一類的數量是 m_1 個，第二類—— m_2 個，如此類推，事物的總數 $m = m_1 + m_2 + \cdots + m_s$ 。問它們能用多少不同的方法來排列？

假定問題的答案是 x 。讓我們來選 x 種不同的排列法中的一種，並將同類事物加以標籤來識別。這樣，全部事物都能有所區別了。那末，第一類 m_1 個事物在它們本身之間可有 $m_1(m_1-1)\cdots 2 \cdot 1 = m_1!$ 種排列法。相似地，第二類事物 m_2 個加標籤後，它們本身之間可有 $m_2(m_2-1)\cdots 2 \cdot 1 = m_2!$ 種排列法，其中任何一種可與第一類的任何一種排列相配合而不會變更事物不標籤時的原有排列。對於 s 類事物中的其他各類，以上的說法也是完全適用的。因此，將同類事物加用各種標籤以後，由於各類事物本身之間的位置變更，對於每一個原有排列所產生的排列總數是

$$\begin{aligned} &(1 \cdot 2 \cdots m_1)(1 \cdot 2 \cdots m_2)(1 \cdot 2 \cdots m_2) \cdots (1 \cdot 2 \cdots m_s) \\ &= m_1! m_2! \cdots m_s! \end{aligned}$$

這樣就使包括各類之間位置相互調動時的總排列數是

$$(1 \cdot 2 \cdots m_1)(1 \cdot 2 \cdots m_2)(1 \cdot 2 \cdots m_3) \cdots (1 \cdot 2 \cdots m_s)x, \quad (1-4)$$

但從 (1-3) 式已知 m 個標籤事物的排列方法等於 $m(m-1) \cdots 3 \cdot 2 \cdot 1 = m!$, 即

$$m_1! m_2! m_3! \cdots m_s! x = m!$$

$$x = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots m}{(1 \cdot 2 \cdots m_1)(1 \cdot 2 \cdots m_2) \cdots (1 \cdot 2 \cdots m_s)}.$$

上式也可寫成

$$A_{m_1, m_2, \dots, m_s}^{m_1, m_2, \dots, m_s} = \frac{m!}{m_1! m_2! \cdots m_s!}. \quad (1-5)$$

一般定律應用到組合方面 在 m 事物中每次取 n 個的組合數可按照以前所述的例子用推理方法來計算。每種組合在本身 n 個事物之間能夠有 $n!$ 種排列數。如果令 C_m^n 代表組合數, 則排列總數將是

$$A_m^n = C_m^n n!. \quad (1-6)$$

但

$$A_m^n = \frac{m!}{(m-n)!},$$

所以

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!}. \quad (1-7)$$

這就是計算在 m 個事物中同時取 n 個的組合數的公式。

例如通過 5 點中的任何兩點, 有幾根直線可畫?

通過任何兩點可作一直線, 因此有多少對的點數就可以畫出多少直線。此外, 線的 ab 和 ba 方向是沒有區別的, 所以這是一個組合問題, 即

$$C_5^2 = \frac{5!}{2!3!} = 10.$$

又如在 52 張紙牌中,有多少副不同的 13 張牌可得?

由於 13 張牌的次序是沒有關係的,顯然這也是一個組合問題,

$$\text{即 } C_{52}^{13} = \frac{52!}{13! 39!} = 635, 103, 559, 600.$$

C_m^n 的幾種性質 在 a, b, c, d 四個字母中,每次取不同的三個字母的組合,則每次剩下一個不同的字母. 我們從前面知道,在四個字母中每次取三個,可有四種不同的組合,剩下的一個字母也有四種不同的組合(每次取一個). 這是由於每次剩下的那一個字母,是由每次選取那三個字母來決定的,選取的和剩下的總數保持着 $3 + 1 = 4$ 或 $4 - 3 = 1$ 的關係. 在另一方面,如每次選 1 個,則每次剩下 3 個字母,由於每次選取的組合變更,剩下的組合也跟着變更. 因此 C_4^3 (代表每次選取的組合數) 和 C_4^{4-3} (代表剩下的組合數) 應該完全相同. 看以下的例子,當更明白了.

$$(a, b, c, d)_4^3 = (a, b, c, d)_4^1 \left\{ \begin{array}{cc} abc & d \\ abd & c \\ acd & b \\ bcd & a \end{array} \right\} \quad \text{又}$$

$$(a, b, c, d, e)_5^3 = (a, b, c, d, e)_5^2 \left\{ \begin{array}{cc} abc(de) & ace(bd) \\ abd(ce) & abe(cd) \\ acd(be) & ade(bc) \\ bde(ac) & bce(ad) \\ bcd(ae) & cde(ab) \end{array} \right.$$

用一般公式表達,就是

$$C_m^n = C_m^{m-n}. \quad (1-8)$$

另一種重要的性質可從下式獲得

$$(m-n)(m-1)! + n(m-1)! = m!$$

以 $n!(m-n)!$ 除上式兩邊，則得

$$\frac{(m-n)(m-1)!}{n!(m-n)!} + \frac{n(m-1)!}{n!(m-n)!} = \frac{m!}{n!(m-n)!}$$

$$\frac{(m-1)!}{n!(m-1-n)!} + \frac{(m-1)!}{(n-1)!(m-n)!} = C_m^n,$$

即

$$C_{m-1}^n + C_{m-1}^{n-1} = C_m^n. \quad (1-9)$$

公式(1-9)的用途是：如已知 $(m-1)$ 個事物的一切組合數，就可以計算 m 個事物的組合數。例如令 $m=6$ ，則(1-9)式變為

$$C_6^n = C_5^n + C_5^{n-1},$$

參閱下表，就可明瞭。

表 1-1 C_m^n 的數值

n	$m=5$	$m=6$	$m=7$
0	1	1	1
1	5	6	7
2	10	15	21
3	10	20	35
4	5	15	35
5	1	6	21
6	0	1	7
7	0	0	1

二項定理 二項定理是 C_m^n 的另一種性質。我們知道，

$$(x+y)^m = c_0 x^m + c_1 x^{m-1}y + c_2 x^{m-2}y^2 + \dots + c_m y^m \quad (1-10)$$

以上各項的“ c ”值還是未知的。

但是這些係數是不難確定的，因為全乘積中所包含的 $x^n y^{m-n}$ 形式的部份乘積數就是從 n 個不同的因子中選取 x 的不同方法數，選取的次序先後是沒有關係的；易言之，那就是 C_m^n 。那些 y 當然

是由其餘的 $(m - n)$ 個因子得來的。就是說，在 $(x + y)^m$ 二項式開展中， x^n 的係數等於在 m 個事物中每次取 n 個的組合數。

但 $C_m^n = C_m^{m-n}$ ，所以(1-10)式可以寫成

$$(x + y)^m = C_m^0 x^m + C_m^1 x^{m-1} y + C_m^2 x^{m-2} y^2 + \cdots + C_m^m y^m, \quad (1-11)$$

或用簡寫符號

$$(x + y)^m = \sum_{n=0}^m C_m^n x^{m-n} y^n. \quad (1-12)$$

1-3 概率的基本原理

概率論作為一種數學的學理是必須加以公理化的，而且也能够恰如幾何學或代數學一樣來加以公理化的。這就是說，給出了所研究對象的名稱及基本關係以及此等基本關係所服從的公理以後，全部其他的敘述就可以祇根據這些公理來推演，而不必顧慮這些對象及關係的特殊的具體意義了。

概率的定義 要決定某一事件的概率，就是決定這事件出現的機會。

如果某一事件 A 的所有可能次數，包括出現的和不出現的在內，是 N ；並且這些可能中每個是有着同樣機會的，如果在這些所有可能中，某一事件的出現次數是 m ，則這事件出現的概率是

$$w(A) = \frac{m}{N}, \quad (1-13)$$

而事件 A 不出現的概率是

$$w(\bar{A}) = \frac{N - m}{N} = 1 - \frac{m}{N} = 1 - w(A), \quad (1-14)$$

即

$$w(A) + w(\bar{A}) = 1,$$

或

$$w(A) = 1 - w(\bar{A}). \quad (1-15)$$

顯然, $m \leq N$, $w(A)$ 的值可由 0 到 1, $w(A) = 0$ 作“不然”解, $w(A) = 1$ 作“必然”解。

例如在一副紙牌中,任意抽取一張,問抽得“紅心 2”的概率是多少?

任抽一張則有 $A_{52}^1 = 52$ 種的可能,而“紅心 2”出現的機會祇有一個,所以概率 $w = \frac{1}{52}$, 不論那一種出現的概率 $w = \frac{52}{52} = 1$, 這是“必然”的,而要“紅心 16”出現的概率 $w = \frac{0}{52} = 0$, 這是不可能或“不然”的。

必然和不然是概率的極限情況。

概率的幾項定理 在應用概率論於實際問題之前,我們來討論和陳述概率的三種定理:

(a) **相加定理**: 如果一事件 A_1 的概率是 w_1 , 又另一事件 A_2 的概率是 w_2 , 並且 A_1 與 A_2 是相互無關的, 即, 它們是相互屏斥的事件, 因而 A_1 的出現不影響 A_2 的概率, 又 A_2 的出現不影響 A_1 的概率, 則 A_1 或 A_2 出現的概率是

$$w = w_1 + w_2 \quad (1-16)$$

例如, 在一副紙牌中任意抽取一張, 則抽得“紅心 2”或“紅心 3”的概率是 $w = \frac{1}{52} + \frac{1}{52} = \frac{1}{26}$ 。

此時“紅心 2”和“紅心 3”不可能同時出現, 所以是互相屏斥的事件。

(6) 相乘定理: 如果一事件 A_1 的概率是 w_1 又另一事件 A_2 的概率是 w_2 , 並且事件 A_1 和 A_2 是獨立的、相互無關的, 則 A_1 和 A_2 同時出現的概率是

$$w = w_1 w_2. \quad (1-17)$$

例如, 分別在兩副紙牌中任意各取一張, 問兩張同為“紅心”的概率是多少?

在第一副牌中抽得“紅心”的概率 $w_1 = \frac{13}{52} = \frac{1}{4}$, 在第二副牌中抽得“紅心”的概率 $w_2 = \frac{1}{4}$, 因此兩張同為“紅心”的概率 $w = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$.

(B) 有條件的概率定理: 兩個依屬事件出現的概率為第一事件 A 出現的概率與在第一事件 A 已經出現後而第二事件 B 隨之出現的概率之積, 即

$$w(AB) = w(A)w_A(B). \quad (1-18)$$

這與定理(6)不同, 這裏兩事件是有關的, 事件 B 的出現是在 A 的後面, 所以 $w(B)$ 要由事件 A 來決定, 故以 $w_A(B)$ 表示之.

例如, 在一副紙牌中先抽取一張放在旁邊, 再取一張如前, 問此兩張同為“紅心”的概率.

第一次取出之牌為“紅心”的概率 $w(A) = \frac{13}{P_{52}^1} = \frac{13}{52} = \frac{1}{4}$, 若此牌取出後果為“紅心”, 則在 51 張牌中尚有 12 張“紅心”, 所以取第二張牌得“紅心”的概率 $w_A(B) = \frac{12}{A_{51}^1} = \frac{12}{51}$, 於是兩牌同為“紅心”的概率 $w(AB) = \frac{1}{4} \cdot \frac{12}{52} = \frac{12}{204} = \frac{1}{17}$.