

等渗溶液的诺模图算法 的制图原理及一般应用

王景中 周卓翰

(第二军医大学药系)

等渗溶液在调配时,常需经过各种计算,颇嫌繁杂。过去虽曾有人设计出一些图表和计算尺以求简化笔算手续,但还不能代替等渗溶液配制中可能遇到的各种计算。

鉴于诺模图算法在各种计算中应用甚广,1953年 Dixon^[1]也曾采用此法于不同饱和度的硫酸铵溶液的配制与换算,我们觉得这种图算法确有一定的优点,现根据诺模图的计算原理制成了如下的等渗溶液计算图,其制作及应用均较简便,能满足一般的要求。

图1可以从药物的分子量计算其与体液等渗时的药物浓度。按一般计算公式:

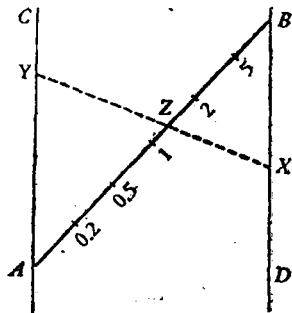
$$W = \frac{0.03M}{N}, \quad (1)$$

M = 药物的分子量;

W = 等渗液 100 毫升中的药重,克;

N = 解离因数*。

(1) 式的函数关系表明此式可以用 W 字形诺模图求解。兹简单说明之:



设在左图中直线 $AC \parallel BD$,

过 AB 之间任一点 Z 作任一直线交 BD 于 X , 交 AC 于 Y

则 $\triangle AYZ \sim \triangle BXZ$,

$$\therefore \frac{AY}{BX} = \frac{AZ}{BZ},$$

而

$$BX = \frac{AY}{AZ/BZ}. \quad (2)$$

比值 AZ/BZ 随 Z 点在 AB 线上的位置而变。设以 N 表此比值并将其标于 AB 线上作为 AB 上的刻度,则(2)式可写为

$$BX = \frac{AY}{N},$$

令 $AY = M$, $BX = W$, 则

$$W = \frac{M}{N}. \quad (3)$$

本文 1959 年 10 月 29 日收到。

* 解离因数 = 解离度 \times 构成 1 分子的离子数 + (1 - 解离度)。

此时 M 及 W 的单位长度彼此相等。若 M 的单位长度不变，而 W 的单位长度改为原长的 $\frac{100}{3}$ ，则(3)式可改写为

$$W = \frac{0.03M}{N},$$

亦即得到了(1)式。

因为直线 XY 不具有任何特殊性，故各线段间的比例关系是固定的。可见，只要 AY 与 BX 按(1)式所要求的比例(100:3)刻度，且在 AB 上取 $\frac{AZ}{BZ}$ 之值标为 N 的刻度，则过任何 N 点的直线所截得的 $AY(W)$ 与 $BX(M)$ 均将符合(1)式的要求，而该图形即为(1)式的诺模图。

图1为供实用的计算图，其中左轴外侧刻度由下向上为分子量 M (数值 $0 \rightarrow 600$)，右轴刻度由上向下为所求的葯物重量 W (单位克/毫升，数值 $0 \rightarrow 18$ ，其单位长度为 M 刻度的 $\frac{100}{3}$ 倍)，在对角线上按 $N = \frac{AZ}{BZ}$ 的关系式可找得 $N = 1, 2, 3, \dots$ 的各点，现择 $N = 1; 1.59; 1.91 \dots$ 的各点标出，而 $N < 1$ 的各点略去，因实际应用中不需要。

至此，过任何 N 点的直线在左右轴上截得的一对 M, W 值均可符合(1)式的要求。

对于不同容量等渗液所需葯重的换算，也可在同一图中用相似的方法解决：

根据比例

$$\frac{W}{100} = \frac{W'}{V}.$$

$W = 100$ 毫升等渗液中的葯重，克；

$V =$ 所需的等渗液容量，毫升；

$W' =$ 所需容量的等渗液中的葯重，克。

即

$$W' = \frac{W}{100/V}. \quad (4)$$

显然，(4)式与(3)式相似(其中 $W \propto M, 100/V \propto N \propto \frac{AZ}{BZ} \dots$)。据同理，在图中对角线上标出相应于 V 的各点，并在左轴内侧附一个反向的 W 的刻度作为 W' 的标尺，就得到了所需的计算图。图中我们标出了 $V < 100$ 毫升的各点，而 $V > 100$ 毫升的各点略去(必要时可将 $V < 100$ 毫升的各点灵活应用，按比例推求所需的答数)。

此图不仅可由葯物的分子量 M 与解离因数 N 求出其配为 100 毫升等渗液所需的葯重 W ，且可由该 W 化为各种容量时所需的葯重 W' 。值得指出的是在左轴内外侧有 M 与 W' 两个标尺，而与某一 M 值相重合的 W' 值又恰巧等于当 $N = 1$ 时该 M 值所要求的 W 值，这样，当 $N = 1$ 时(即葯物不解离)，就可以简化自 M 求 W 的过程，而直接在左轴上读取相应的 W' 值来代替 W 。

图2可自葯物1%溶液的冰点下降度求得该葯物的等渗溶液的浓度。

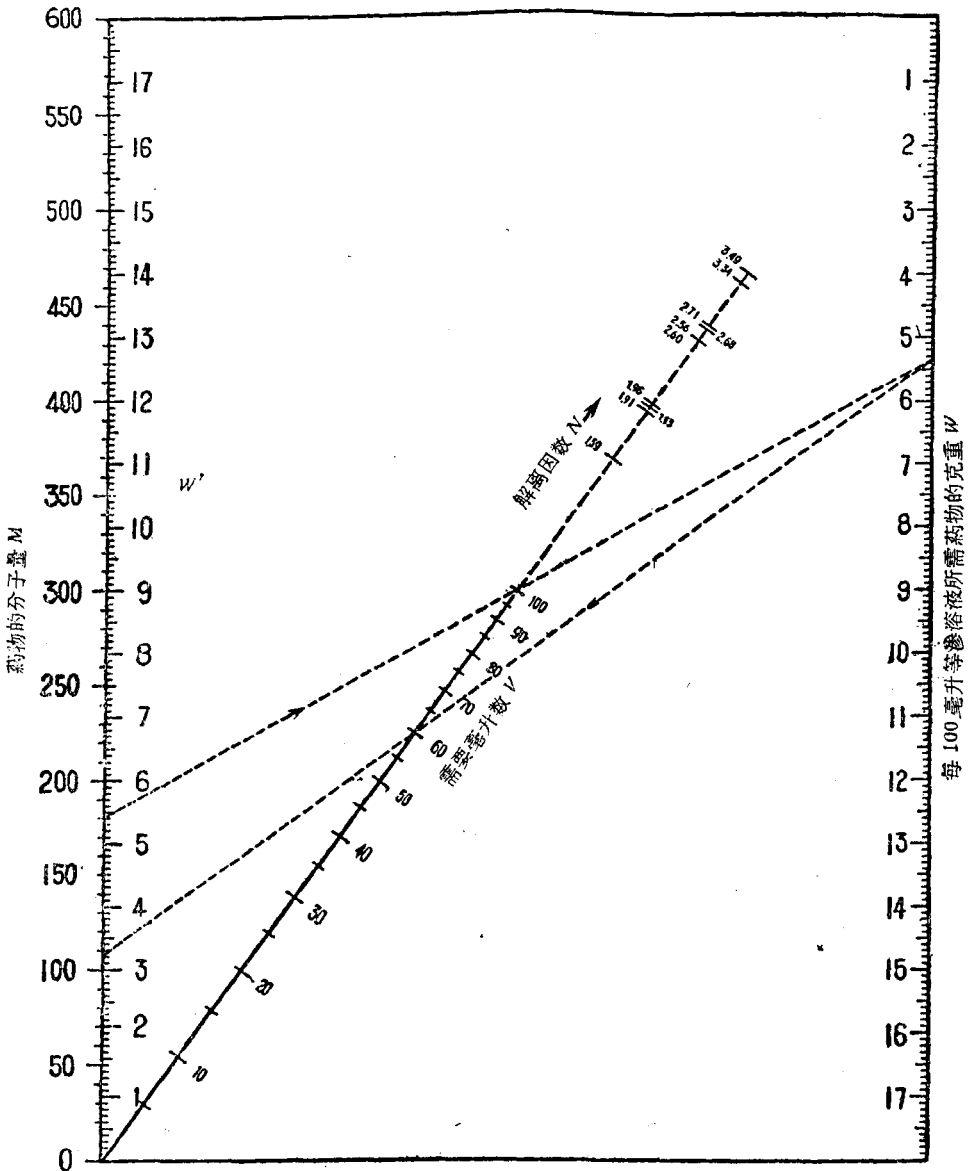
按公式

$$W = \frac{0.56^*}{b}; \tag{5}$$

W = 等滲液 100 毫升中的葯重, 克;

b = 1% 葯液的冰点下降度.

图中取左縱軸內側刻度为 W 而下橫軸刻度为 b 值, 則(5)式的函数关系可以图中的曲線表示, 如此, 自任一 b 值出发均可通过此曲綫找到相应的 W 值. 为方便計, 已将各 b



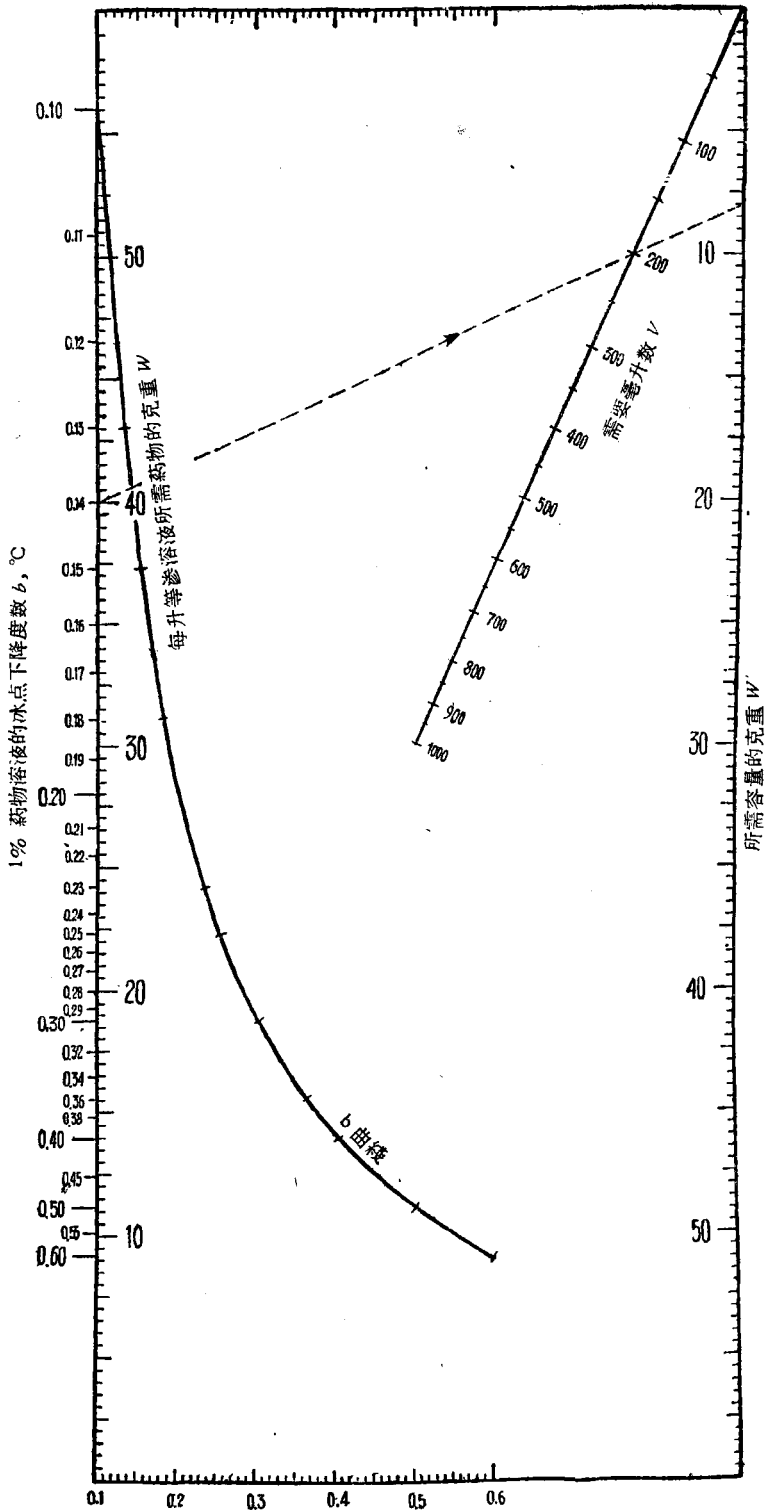


图2 等渗溶液的诺模计算图(根据1%药液冰点下降度数)

值轉移到左軸的外側使与相应的 W 值相重合, 于是自任一 b 值均可立即讀取所需的 W 值, 再經与图 1 相仿的方法即可求得不同容量时所需的葯重 W^* 。

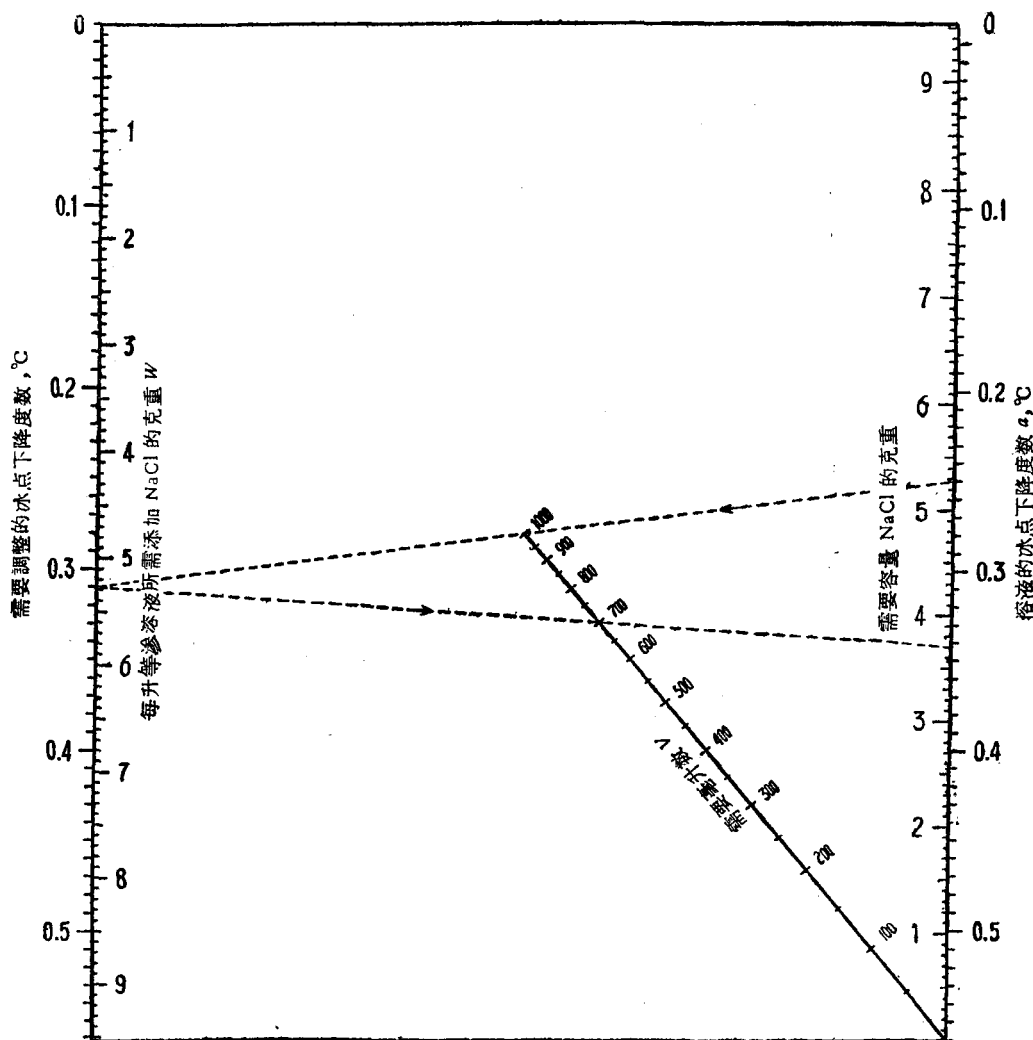


图 3 等渗溶液的諾模計算图(由葯液冰点下降計算)

图 3 可自葯液冰点下降度求得其調整为等渗时所需的氯化鈉的用量。

按公式：

$$W = \frac{0.56 - a}{0.585}, \quad (6)$$

$W = 100$ 毫升葯液中需加入調整的 NaCl 重, 克;

$a =$ 原低渗葯液冰点下降度。若葯液中含有多种溶质, 則 a 值应为各溶质引起的冰点下降度的总和, 即 $a = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$ 。

* 一般认为 NaCl 的等渗浓度为 0.9%, 在本图中求得数为 0.95%, 这是因为計算式(5)本身不完全准确。

如 W 表示 1 升等渗液中的 NaCl 重, 则(6)式改作

$$W = \frac{(0.56 - a) \times 10}{0.585} \quad (7)$$

(7)式中当 a 的变化为 1 时, $(0.56 - a)$ 之差亦变化 1, 而 W 之值则变化 $\frac{10}{0.585} = 17$.

今以左轴内侧表 W , 外侧表 $(0.56 - a)$, 而内外标尺单位长度之比定为 17:1 (即 1.7:0.1), 如图 3 所示. 这样, 自任何需调节的冰点下降度 $(0.56 - a)$ 可立即在内侧相同部位读得所求的 W 数, 如需换算为其他容量中的 NaCl 用量 W' , 则亦可按前二图的方法解决.

从已知的 a 值求 $(0.56 - a)$ 时可用笔算, 亦可用图算, 为此在右轴外侧附有一个 a 的标尺, 其数值是这样决定的: 使从任一 a 值通过对角线中点作一直线, 均可指到相应的 $(0.56 - a)$ 的数值上, 因而可以代替这一步计算. 其理甚明, 不予详论.

例 解

(一) 从已知的药物分子量及其解离因数, 求出与体液等渗的百分浓度.

甲、不解离药物 ($N = 1$)

例 1: 葡萄糖的分子量为 180, 求其与血液等渗的浓度.

解: 在图 1 左轴外侧找到 $M = 180$ 之点, 从此点内侧读得 $W' = 5.4$, 即 5.4% (克/毫升) 的葡萄糖液与血液等渗.

例 2: 例 1 中若需制成等渗液 60 毫升时, 需用葡萄糖多少克? 需制 600 毫升时又如何?

解: 从图 1 左轴外侧 $M = 180$ 之点出发, 通过图中 $N = 1$ 之点作一直线到达右轴上一点 ($W = 5.4$), 再由此点折返, 通过图中 $V = 60$ 的一点作一直线与左轴相交, 在此交点的内侧读得 $W' = 3.25$ (如虚线所示), 即用 3.25 克葡萄糖可配成 60 毫升等渗液, 而 600 毫升等渗液所需葡萄糖为 $3.25 \times 10 = 32.5$ 克.

乙、解离药物

解离药物在图解时所用 N 值系由其解离度计算而得, 在 Remington^[2] 中载有各类常用药物的解离度约数, 现将其换算成相应的 N 值以备查阅.

化合 物	离子 数	解 离 度, %				解 离 因 数, N			
		2	3	4	5	2	3	4	5
碳 酸 盐	—	80	—	—	—	2.6	—	—	—
氯 化 物	93	86	78	—	1.93	2.72	3.34	—	
碘 化 物	96	—	—	—	1.96	—	—	—	
硝 酸 盐	91	84	83	—	1.91	2.68	3.94	—	
硫 酸 盐	59	78	—	43	1.59	2.56	—	2.72	

[注] 上述解离度系在摄氏零度时测得.

例: 试配制氯化钙的等渗注射液 80 毫升, 问应用氯化钙多少克?

解: 氯化钙 ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 分子量为 147, 查表知其 N 值为 2.72, 从图 1 左轴外侧找到 147, 自此点通过图中 $N = 2.72$ 之点作一直线交于右轴, 知每 100 毫升等渗液需用氯化钙 1.6 克, 再由此点经图中 $V = 80$ 之点作一直线交于左轴, 读出配 80 毫升时需用氯化钙之量为 1.28 克.

(二)由 1% 葯物溶液的冰點下降度求出所需容量等滲液葯物的用量。

例：已知 1% 鹽酸普魯卡因溶液的冰點下降度為 0.14°C ，試求配製成等滲液 200 毫升所需的葯量？

解：在圖 2 左軸外側找出 0.14，並讀得其內側標數 40，(即 1000 毫升等滲液需用葯物 40 克)，從此點通過圖中 $V = 200$ 的點作一直綫與右軸相交於 8 (如虛綫所示)，即得 200 毫升等滲液所需的鹽酸普魯卡因量為 8 克。

(三)由溶液的冰點下降度求出調節一定容量的低滲溶液為等滲時所需氯化鈉的量。

例 1：已知 2% 鹽酸普魯卡因溶液的冰點下降度為 0.25°C ，試求用氯化鈉將該液 700 毫升調節為等滲時所需的量。

解：於圖 3 右軸外側找到 0.25 之點，通過對角綫中點作一直綫與左軸相交，在交點外側讀到需要調整的冰點下降度為 0.31°C ，同時在該軸內側讀得 1000 毫升溶液中需添加的氯化鈉量為 5.3 克，由此點通過圖中 $V = 700$ 之點作一直綫達於右軸 (如虛綫所示)，在交點內側讀得所求的氯化鈉用量為 3.71 克。

例 2：配製含兩種以上葯物的等滲溶液的計算，設有處方

R	硫酸鋅	0.5 克
	鹽酸普魯卡因	2.0 克
	氯化鈉	適量
	滅菌蒸餾水	100.00 毫升

方法：製成滴眼劑

解：0.5% 硫酸鋅溶液的冰點下降度 (a_1) 為 0.045°C ；

2% 鹽酸普魯卡因的冰點下降度 (a_2) 為 0.240°C ；

總的冰點下降度 (a) = $a_1 + a_2 = 0.285^{\circ}\text{C}$ 。

由圖 3 右軸外側找到 0.285 之點通過對角綫中點作一直綫與左軸相交，在交點外側讀到需調整的冰點下降度 0.275°C ，同時在左軸內側讀得 100 毫升中需加入 0.47 克的氯化鈉，即為所求。

關於各圖的製作原理及圖解方法已如上述，在實際工作中經常遇到的是將低滲溶液調節為等滲的問題，這個問題可以自溶液的冰點下降度數 (如圖 3) 或自葯物的氯化鈉當量值求解，此外，靈活應用圖表，從葯物分子量及 1% 葯液冰點下降度數，也能解決這個問題，較筆算方便。

例如根據溶質的分子量及葯液濃度，計算調節到等滲時需另外加入氯化鈉或其他葯物的用量。

例：	R	硫酸鋅	0.20 克
		氯化鈉	適量
		滅菌蒸餾水	100.00 毫升

方法：須作洗眼液

解：硫酸鋅分子量為 287.56，由表中查出其解離因數 N 為 1.59，從圖 1 左軸外側找到 290 (約數)，自此點通過圖中 $N = 1.59$ 的點作一直綫交於右軸，求得每 100 毫升等滲液硫酸鋅用量為 5.4 克 (即 5.4%)。今處方中硫酸鋅為 0.2 克，只能配成等滲液 $\frac{0.2}{5.4} \times 100 = 3.7$ 毫升，按處方容量還有 $100 - 3.7 = 96.3$ 毫升須用氯化鈉調節。這裏的氯化鈉用量是根據每 100 毫升等滲液含氯化鈉 0.9 克，通過容量換算即可求得；如圖 1 中從右軸 $W = 0.9$ 之點 (為方便計亦可用 $W = 9$ 之點代替) 通過 $V = 96$ 之點作一直綫與左軸相交，即可求得本處方中氯化鈉用量應為 0.86 克。

同理,用图 2 或图 3 都能求出氯化钠或其他调节药物的用量。

根据 1% 药液的冰点下降度数及药液浓度,计算在调节到等渗时需加入的调节物的用量:

例:	R	碳酸氢钠	5 克
		葡萄糖	适量
		注射用水	1000 毫升

方法:制成注射液

解:1%碳酸氢钠溶液的冰点下降为 0.40°C ,从图 2 求出每公升等渗溶液所需碳酸氢钠为 14 克,现处方中碳酸氢钠为 5 克,只能配成等渗液 $\frac{5}{14} \times 1000 = 357$ 毫升,还有 643 毫升需用葡萄糖调节,根据 5.4% 的葡萄糖液与体液等渗,通过容量换算即可求得 643 毫升需葡萄糖的克重,如图 2 中从左轴 $W=54$ 之点通过 $V=650$ (约数) 之点作一直线与右轴相交,即可求得本处方中葡萄糖用量应为 35 克。

若用氯化钠调节时,可用相似的方法($W=0.9$ 作图)求得本处方氯化钠调节时用量应为 5.8 克。

摘 要

根据诺模图的计算原理,本文创制了三张等渗溶液的计算图,它们可以代替一般笔算法,迅速而准确地解决下列问题:

- (1) 从药物的分子量及解离因数(N),求得其配成各种容量的等渗溶液所需的药量。
- (2) 从 1% 药液的冰点下降度数,求得其配成各种容量的等渗溶液所需的药量。
- (3) 从药液的冰点下降度,求出其在各种容量下调节为等渗溶液所需加入氯化钠的克重。

制图原理及使用方法均已说明。

致谢 本文承张奕栋副教授审阅和指教,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] Dixon, M., *Biochem. J.*, 1953, 54, 457.
- [2] Remington's practice of pharmacy, p. 163, 1956.

DESIGNS OF NOMOGRAMS OF ISOTONIC SOLUTION AND THEIR INSTRUCTIONS

WANG CHING-CHUNG AND CHOU CHO-LUN

(School of Pharmacy, The Second Military Medical University)

ABSTRACT

By application of the principle of nomography, three nomograms are designed for easy and rapid calculation of isotonic solutions: by means of the first nomogram one can find out the weight of any substance to make any quantity below 100 ml when molecular weight and ionization data of any substance are known; by the second, for calculations based on freezing point depression of 1% solution of the substances, the weight of the substance to make any quantity below 1000 ml is given; the third gives the weights of sodium chloride to adjust solutions of any substance to be isotonic when the freezing-point depression of the solution is known.