



玉蜀黍淀粉制品生产的 化学技术检查与计算

[蘇] C. Ф. 克拉夫欽柯 A. A. 特魯哈契娃 合著

食品工业出版社

玉蜀黍淀粉制品生产的 化学技术检查与计算

〔苏〕 C. Ф. 克拉夫欽柯 合著
A. A. 特魯哈契娃

周本勵譯

赵桂馨校

食品工业出版社

1957年·北京

內容提要

本書詳細地介紹淀粉糖漿生產中的各種化學檢查方法。對於輔助材料如工業用鹽酸、硫酸、純鹼、苛性鈉、硅藻土、脫色木炭、漂白粉等的檢查，亦有介紹。還有對於工作溶液的製備，試驗室工作中的安全技術，以及生產中的化工計算，都提出了實際的方法和計算實例。最後還附錄各種應用的圖表十多種，都是檢查和計算工作中所常用的。

С. Ф. КРАВЧЕНКО, А. А. ТРУХАЧЕВА
ТЕХНО-ХИМИЧЕСКИЙ
КОНТРОЛЬ
И УЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА
КРАХМАЛОПРОДУКТОВ
ИЗ КУКУРУЗЫ
ПИЩЕПРОМИЗДАТ, МОСКВА, 1954.

本書根據蘇聯國家食品工業出版社1954年翻譯出

玉蜀黍淀粉制品生产的 化学技术检查与计算

(苏) С. Ф. 克拉夫欽柯 合著
А. А. 特魯哈契娃

周本勵 譯 趙桂馨 校

食品工業出版社出版

(北京市西單區皮庫胡同52號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第062號

北京市印刷二廠印刷

新華書店發行

787×1092公厘 1/32·5²/16 印張·121,000字

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷

印數：1—2,050 定價：(10)0.90元

統一書號：15065·食40·(119)

目 录

序言	4
一般分析方法	6
折射法 (6) 比色法 (11) 有效酸度的测定 (14) 测定还原性物质的旋光法 (25) 还原物质的化学测定法 (34)	
生产的检查	45
糖浆生产的检查 (45) 结晶葡萄糖生产的检查 (74) 淀粉糖和工业用葡萄糖生产的检查 (83) 酸性糊精生产的检查 (83) 变性淀粉生产的检查 (94)	
辅助材料的检查	100
工业用盐酸 (100) 硫酸 (103) 纯碱 (104) 苛性钠 (105) 硅藻土 (106) 脱色木炭 (109) 次氯酸钙 (漂白粉) (112)	
工作溶液的制备	113
滴定溶液 (113) 特种溶液 (116)	
试验室工作中的安全技术	117
试验室的组织 (118) 安全操作方法 (119)	
生产的化工计算	122
概述 (122) 贮藏与清选过程中原料的计算 (127) 湿淀粉生产中产品和损耗的计算 (131) 胚芽的加工 (137) 干淀粉生产的计算 (138) 糖浆生产的计算 (139) 结晶葡萄糖生产中出品和损耗的计算 (145)	
附录	149
参考书目	178

序 言

淀粉糖漿生产在苏联食品工業中佔着显著的地位。淀粉糖漿生产部門將农产品(馬鈴薯及玉蜀黍)加工,以制成的淀粉、糖漿、結晶葡萄糖和工業用葡萄糖、淀粉糊、玉蜀黍漿及其他产品供給糖食、罐頭、紡織、医药、造紙、制革、化学与其他工業部門。如果說馬鈴薯淀粉产品的生产在十八世紀的俄国就已經开始,那末玉蜀黍淀粉工業还是一个新的部門,它在偉大的十月社会主义革命之后才得到了广泛的發展。

苏联共产党第十九次代表大会关于第五个五年計劃的指示中指出必須“动員内部的經濟資源以进一步增加社会主义积累”^①

这种經濟来源之一就是进一步改善工艺操作以提高产品的质量,减少生产中的損耗,而这仅在具有正确的生产化学技术檢查及計算的情况下才有可能。

必須指出:革命前俄国的淀粉糖漿生产是靠实际經驗来操作的,仅在本世紀二十年代,这种产品才在科学基础上开始了化学技术檢查。

近年来,曾發表过H. M. 蕭尔巴柯夫教授(проф. Шербаков)有关在使用硫酸进行水解和利用骨炭来淨化糖化液的馬鈴薯淀粉蔗糖糖漿生产和麦芽糖漿生产中的化学檢查的一些論文。H. M. 蕭尔巴柯夫(Шербаков)和 M. E. 布尔曼

^①譯文參見“苏联共产党(布)第十九次代表大会关于1951——1955年苏联發展第五个五年計劃的指示”人民出版社1952年北京第一版。——譯者

(Бурман) 出版了“馬鈴薯淀粉生产的檢查与計算”一書（食品工業出版社、莫斯科、1951年）。

玉蜀黍淀粉生产檢查与計算的参考書籍的缺乏，使得實驗室的工作感到困难，也影响到实验人員的培养。我們認為“玉蜀黍淀粉生产的化学技术檢查”一書（食品工業出版社，莫斯科，1952年）及作为該書繼續的本書，在某种程度上弥补了这方面存在的缺陷。本書是將淀粉糖漿工業生产實驗室及中央科学研究所多年积累的丰富材料彙集成冊並使之系統化的一个嘗試。本書中对某些一般性的分析方法仅作了簡要的敘述，也提及了車間、工段的組織和生产檢查的流程，並以單獨的一章講述了輔助材料的分析。

附录中列入了實驗室日常工作所必需的各种表格。

我們力求使本書对生产實驗室工作人員以及學員有所帮助。

除第六章“生产的化工計算”是由 С. Ф. 克拉夫欽柯 (Кравченко) 个人所写外，本書其余各章都是由我們兩人共同写成的。

一般分析方法

折 射 法

从物理学中，大家都知道，光线由一种介质进入另一种介质时会改变其方向，像被屈折了似的。这种现象一般称为折射。由介质Ⅰ进入介质Ⅱ时（图1），光线改变其原来的

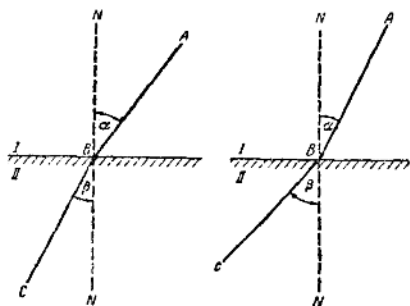


圖 1 光線的折射

方向 AB 为 BC。入射光线与垂直界面的法线所组成的角 α 称为入射角，而折射光线及法线组成的角 β 称为折射角。

如果光线从光疏介质进入光密介质，则入射角大于折射角，即折射光线较靠近

法线。反之则入射角小于折射角，即折射光线较远离法线。比例 $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ 叫做介质Ⅱ对介质Ⅰ的折射系数或折射率。折射系数与光线入射角的大小无关，而是由光的波长来决定的一个介质的常数。通常把钠焰的黄色光 D 自真空进入某一介质的常数称为此物质的折射率。要求得对真空的折射率，必须把从空气进入该物质的光线的折射率的数值乘以因数 1.000293，亦即 $n_{\text{真空}} = 1.000293 \times n_{\text{空气}}$ 。

光线不是从真空而是从折射率 n_1 的介质进入折射率 n_2

的介質中时, 其比例为:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{或 } n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

用来测定折射率的仪器称为折射計。光線 AO (圖 2) 从光密介質 I 进入光疏介質 II 时發生折射, 其方向为 OA_1 , 这时 $\alpha < \beta$ 。光線 BO 的入射角 α_1 使折射角 $\beta_1 = 90^\circ$, 折射光線 OB_1 好像射在界面上一样。入射角 $\alpha_2 > \alpha_1$ 的光線 CO 不能發生折射, 却从界面上反射出来, 其方向为 OC_1 。这种現象称为全反射, 而折射角 $\beta_1 = 90^\circ$ 及折射光射于界面时的入射角 α_1 叫做临界角。

經观察确定全反射的临界角 α_1 后, 若知道光密介質 n_1 的折射率, 就可按已知的方程式求出光疏介質的折射率。

$$n_2 = \frac{n_1 \sin \alpha_1}{\sin \beta_1}$$

因全反射时 折射角 $\beta_1 = 90^\circ$, 故 $\sin \beta_1 = 1$, 亦即

$$n_2 = n_1 \sin \alpha_1$$

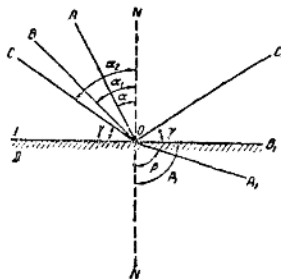


圖 2 光線的全反射

折射計的作用就是建立在这一原理上的, 其中玻璃稜鏡起光密介質的作用, 而光疏介質則是試驗溶液。根据折射率和溶液濃度間所存在的关系, 可用折射計来測定溶液中的真正干燥物質。但溶液的濃度和折射率随着温度的变化而变化, 故折射計要在标准温度 20° 下进行刻度。若在其他温度下

用折射計来分析液体，就需借助于專用的表对折射計的讀數进行温度校正。

工業上採用的折射計裝有特殊的补偿器，以便折射計能在普通的白光下使用，因通过补偿器的作用可消除色散（影周蔓延的彩色光圈）而获得相当于鈉光D線的折射率。

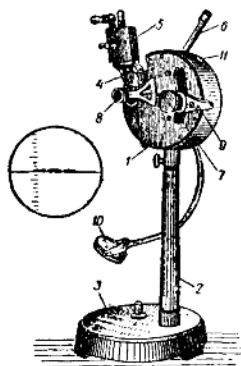


圖 3 實驗室的折射計(PJ)

裝在滑桿上的鏡子10系供調節光線方向之用，分析淺色溶液時光從上部稜鏡的小孔引入，分析深色溶液時則從下部稜鏡的小孔引入。不用的小孔以專用的活門關住。可用日光或75~100瓦的電燈泡作光源，分析時滴1~2滴溶液於主要稜鏡上並以上部輔助稜鏡壓緊，在操作之前稜鏡須用蒸餾水沖洗，再以濾紙擦乾。鏡子將光從兩個孔中的一個引入，另一孔用活門關住。在目鏡中觀察並用左手轉動补偿器頭調整至分界綫明晰，用右手轉動目鏡手柄至分界綫與瞄准綫重合，分界綫左面刻度的位置指出折射率，右面的刻度指出濃

淀粉糖漿工業中的生產檢查一般採用實驗折射計(PJ)(圖3)。這種儀器構造簡單，使用便利。它由旋緊在帶有地形底座3的支架2上的扁平圓形密閉箱1構成。外殼上裝有主要量度稜鏡，它以鉸鏈4與上面可活動的輔助稜鏡5相連，二個稜鏡都有供循環水用的空心盒，水的溫度以溫度計6來測量。活動望遠鏡、刻度盤及补偿器的機械全裝在箱內。僅目鏡7及裝在把手9上的补偿器小柄8位於外部。

度，以錘度^①數（即以蔗糖干燥物質百分率）來表示。

如果溶液的分析不在20°下進行，則須根據附錄6對折射率加以溫度校正。開始工作之前，以蒸餾水檢查折射計的零點，蒸餾水在20°時的折射係數為1.3330，和右面刻度上的零度相符。借穿過儀器外殼上部的孔11而裝在方形桿上的扳手將刻度表上下移動到零。實驗折射計刻度表的測量範圍在折射率刻度一面是1.30至1.54，測量準確度達0.001；在錘度刻度一面是0至95，測量準確度在0~50範圍內是0.2，在50~95範圍內是0.1。

在分析糖漿溶液時，從折射計上觀察所得錘度數並不合於干燥物質的含量。根據淀粉糖漿工業中央科學研究所資料，糖漿溶液中干燥物質的百分含量及折射計刻度的讀數之間的关系如表（附錄5）所示。

如果糖漿溶液中的還原物質含量大於42%，則加上表中找出的調整數，如果小於42%，則減去此數。

例如：

（1）折射計標示：含37%還原物質的糖漿濃度為23.6°錘度。按表（附錄5）中所載，糖漿中干燥物質的含量將為：

$$22.93 - (42 - 37) \times 0.0113 = 22.87\%$$

（2）還原物質含量為51%時，折射計的讀數為72.8°錘度，按表（附錄5）中所載，此糖漿中干燥物質含量為：

$$70.86 + (51 - 42) \times 0.057 = 71.37\%$$

万能折射計(РЛУ)

這種折射計的構造與實驗室的折射計的構造相同，即根據折射臨界面角或光綫全反射的臨界面角來測定溶液的折射率。

^① 錘度即勃立克司（Врикс 或縮寫Вр.）亦可譯作“糖度”。——譯者

折射率的刻度从 1.3 至 1.7。讀数准确度达 0.001。用日光或 75~100 瓦的电灯泡作光源。万能折射計具有很大的折射率測量范围，可用来分析油类及其他种种液体和溶液，只須有 1~2 滴液体便足供分析之用。

精密折射計 (PH1)

精密折射計同样是以折射临界角或光綫全反射临界角来測定折射率的。此折射計的刻度分为一百格，相当于折射系数 1.3330 到 1.3810，或糖度 0~30%。糖度讀数的准确度为 0.02~0.04%。仪器 (圖 4) 由帶有測量稜鏡及溫度計的小箱 1，帶有供照明用的活动稜鏡的小箱 2、补偿器 3 的轉环，讀数筒 4，目鏡 5 等組成。仪器用夾紧螺絲固定在裝于支座 8 上的柱架 7 上。用日光或 75~100 瓦的电灯作为光源。

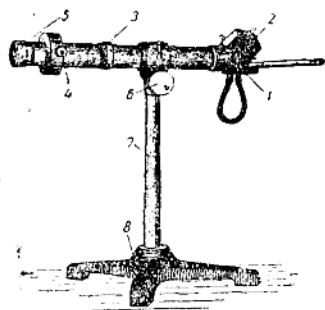


圖 4 精密折射計 (PH1)

溫度的变动对仪器讀数的准确度影响很大，故在使用精密折射計时要特別注意保持恆温，若与 20° (仪器标准温度) 間的偏差已达 0.2° 就須利用附录 7 表列数字加以适当的修正。为保持稜鏡于恆温，必須在温度均匀、沒有風和蒸汽的房間內使用仪器，稜鏡箱內要緩緩通以与室温相同的消毒

水。仪器的使用及零点調整方法均詳述于仪器所附帶的制造工厂的專門說明書上。

根据精密折射計刻度表上的讀数由附录 8 表中可找出相

当的蔗糖干燥物质百分含量（锤度）。对于糖浆，此数据并不与干燥物质的含量相符。糖浆中干燥物质的含量可利用精密折射计从附录 8 和 5 表中查出。

例：温度修正液的折射计读数为 80.5，从表（附录 8）中可查出与此读数相当的糖浆锤度为 24.50°，在糖浆中还原物质为 44% 时我们可根据表（附录 5）来确定所分析糖浆中的干燥物质含量。

$$23.81 + (44 - 42) \times 0.0118 = 23.83\%$$

折射计须放在干燥处，不得弄脏。用顶端磨圆过的小玻璃棒将分析液体小心地滴在测量稜镜中央。必须注意，折射计的稜镜是用软玻璃制成的，故须非常小心地保护它，不使其磨光面受损，因受损的测量稜镜会造成模糊的界线。

只有在分析清淨滤过的溶液时仪器才能显出明晰的界线，胶态分子会散发光线，致使界线变成雾状。

为了不使稜镜的磨光面受损，在分析溶液中不得有结晶体或其他硬的颗粒。每次分析后必须仔细用潔淨的水将稜镜洗淨，再用滤纸擦干。如果折射计不使用，则在稜镜之间放一用吸水棉制成的薄片。

比 色 法

糖浆或葡萄糖溶液的着色强度能说明其精制程度，純淨的糖浆是无色的，而白色潔淨的葡萄糖能制成几近无色的溶液。精制不良的糖浆往往是黄色的，質量低劣的葡萄糖所制成的溶液也是黄色的，故在确定糖浆和葡萄糖的質量时须特别注意其色度及溶液的着色度，因此引起了生产过程中测定成品及半成品色度的必要性。

比色法在淀粉糖浆及葡萄糖生产的检查中，除测定产品色度外，还用来测定铁量及砷量，测定活性炭的活性及酸

度等等。

比色法原理在于分析物質溶液（試液）的顏色和同一物質而己知濃度的溶液顏色（标准色）的比較。

分析物質的顏色与标准色的比較过程称为比色。比色分析法仅限于能制出有色溶液的物質，以及主要在測定物質在分析材料中所佔百分率很小的情況下使用。比色过程是以适用于高度稀釋溶液的下述定律为基础：溶液的着色强度与溶解的有色物質濃度及光綫通过的溶液層高度成正比。由此可見，濃度各为 C_1 和 C_2 的二种相同有色物質的溶液比色时，着色程度只有当二液層的高度 h_1 和 h_2 与二溶液的濃度有下列关系时才相同。

$$C_1 \times h_1 = C_2 \times h_2$$

由此 $C_1 = \frac{C_2 \times h_2}{h_1}$ 和 $C_2 = \frac{C_1 \times h_1}{h_2}$

使有色物質的标准溶液濃度 $C_1 = 0.04\%$ 。要求測定同一物質在另一溶液中的未知濃度 C_2 。

灌注比色計时确定：高度 $h_1 = 20\text{mm}$ 的标准溶液液柱与高度 $h_2 = 40\text{mm}$ 的試液液柱具有相同的顏色。这样所求濃度为：

$$C_2 = \frac{C_1 \times h_1}{h_2} = \frac{0.04 \times 20}{40} = 0.02\%$$

在實驗室試驗中用各种不同的方法来进行比色。其中有几种方法需要專門的仪器—比色計，而另一些只要普通的化学器皿如：試管、量筒、曲頸小瓶等便可。

供比色溶液用的最普通的仪器为格聶尔（Генер）筒及杜勃司克（Дюбоск）、伏立特（Вольд）、雷查（Лейц）等比色

計。近年也採用光电比色計，它能准确地測定色度。在某些情況下不用溶液來進行比色，例如在測定極微量的砷時，是比較紙條的顏色。此法的原理是：浸過特種試劑的紙條在試液或標準液中逸出的砷化氫作用下呈現黃色。此情況下着色強度由溶液中的砷量來決定。有時以特製的有色玻璃作為標準色。如糖溶液的色度即以它的顏色與標準有色玻璃相比較來測定。用比色法測定 pH 值要使用專門的儀器——帶有整套有色玻璃的比色計。這些有色玻璃做成相當於任何一個指示劑色澤的刻度表。



圖 5 納氏平底試管。

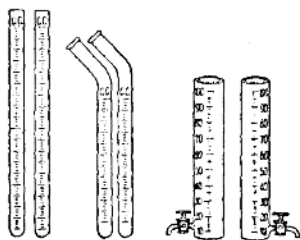


圖 6 比色用刻度試管及格聶爾量筒

用于比色的試管、量筒、廣口瓶或其他器皿必須由厚度相等、沒有任何缺陷的無色玻璃製成，試管與量筒應具相等的直徑，而廣口瓶須有相等的厚度和嚴格平行的二壁。圖 5 所示系用于側射及下射時比色的納氏平底試管。圖 6 為比色用的各種刻度試管及格聶爾量筒。格聶爾量筒在平衡法比色時使用。即于一個量筒內注入標準溶液而另一量筒內注入試液，然後一面從上面觀察，一面自一個量筒的旋塞放出液體，直至兩個量筒內的顏色相同為止。如果用橡皮管把盛標準液或試液的容器與旋塞接管之一相連，就能借提高或降低容器來改變量筒內液柱的高度，而便于平衡格聶爾量筒的

顏色。當二個量筒內液體的着色強度相等時，關閉量筒上與容器相連的旋塞，並讀出其高度。

萬能比色計(杜勃司克比色計)

此比色計供液體比色之用。其外形與光程圖見圖 7。同一光源的光線從表面 a 反射入儀器台的二個孔中，通過二個相同的容器和稜鏡後再通過一個六角稜鏡，這樣視野的一半受一束光照射，而另一半受另一束光照射。結果，觀察者可看出視野分成二個相等部分。右半部與左側量筒相當，左半部與右側量筒相當。

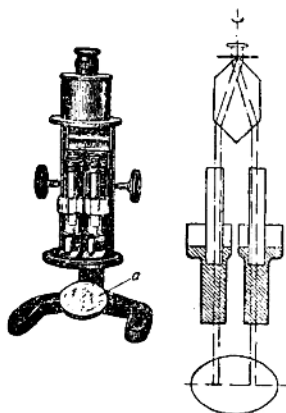


圖 7 杜勃司克比色計
的光程及外形圖

標準液及試液的容器(量筒)裝于可借齒輪移動位置的滑架上。改變量筒底與浸在溶液中的稜鏡間的距離以平衡視野兩半的着色強度，再由準確度為 0.1 毫米的刻度表讀出液柱高度。根據讀數可計算該物質的所求濃度或該液體的着色程度。

有效酸度的測定

淀粉糖漿及葡萄糖的生產過程系在酸性溶液中進行：僅在生產特種變性淀粉時才在鹼性溶液中進行。在很多情況下工藝過程的正常進行，尤其在淀粉糖漿及葡萄糖生產中，是決定於正確保持溶液的有效酸度。

檢查成品質量時，有效酸度指數所起的作用既如此重大，就使淀粉糖漿及葡萄糖生產檢查中的有效酸度的測定具有重大實際意義。

從基本化學中，大家都知道，酸性溶液以在溶液中具有氫離子為條件，而鹼性溶液則以具有氫氧基離子為條件。因此各種酸都是氫離子持有者，而各種鹼為氫氧離子持有者。溶液的反應在數量上直接被溶液中氫離子或氫氧離子的濃度所決定。如果溶液中具有等量的 H^+ 離子和 OH^- 離子，則此溶液為中性。

用滴定法測定的溶液反應能表示溶液中酸或鹼的分子濃度。因用此法測定時不僅離子參與反應，而且在測定前沒有解離的分子也參加反應。滴定法測定的酸度（或鹼度）稱為標準酸度或總酸度。

在淀粉糖漿生產的檢查中，標準酸度通常以滴定 100 克干燥成品或半成品所需 0.1 N 鹼液的毫升數來表示。在若干情況下標準酸度也用 HCl 、油酸或乳酸的百分數及假定度來表示。由氫離子（或 OH^- 離子）濃度所決定的酸度與標準酸度或總酸度不同，稱為有效酸度或真實酸度。氫離子是失去負電荷（電子）的氫原子。因此氫離子帶有一個正電荷，用 H^+ 或 H^+ 來表示。氫氧離子則帶有一個負電荷，用 OH^- 或 OH^- 來表示。氫離子濃度用每升溶液中離子化氫的克當量數來表示。氫的克當量等於 1。

為實際應用的方便起見，有效酸度不以氫離子濃度的絕對值來表示，而以此值的負對數來表示，這個新的數值用符號 pH 來表示。 pH 值稱為氫離子指數或氫指數。

化學上純粹的水，即使很微少，但還是能解離成氫離子 H^+ 及氫氧離子 OH^- ，按照質量作用定律，水的解離可以下

式表示:

$$K[\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-],$$

式中括号[]表示濃度, 而 K 表示水的解离常数。

因只有微量的水分解成离子, 故可将水分子的濃度視作恒值, 这样:

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = K[\text{H}_2\text{O}] = K_B$$

即水中氫离子及氫氧离子濃度的积为一恒值。經測定在 22° 时 $K_B = 10^{-14}$, 因而 $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ 。

因水分子在解离时分解成一个 H^+ 离子和一个 OH^- 离子, 故水中的氫离子和氫氧离子数应该是相等的, 即 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ 。这样, $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = [\text{H}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2 = 10^{-14}$, 或 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 。由此 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$, 或 $\text{pH} = \text{pOH} = 7$ 。

由于 H^+ 离子及 OH^- 离子的濃度相等, 化学上純粹的水就具有真正的中性反应。从方程式 $\frac{[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}} = K$ 中可知 $[\text{H}^+]$ 和 $[\text{OH}^-]$ 值彼此間有一定关系: 即若其中之一增加, 则另一就应减少, 否則等式便不成立。

实际上在中性溶液中加入 H^+ 离子会引起部分 OH^- 离子与氫离子結合成分子状态; 加入 OH^- 离子則引起部分 H^+ 离子与 OH^- 离子結合成分子状态。

如果 H^+ 离子濃度改变, 例如等于 10^{-6} , 則 OH^- 离子的濃度就降低到 10^{-8} , 于是我們又得到 $10^{-6} \times 10^{-8} = 10^{-14}$ 。

由此可知, 溶液的反应可用 $[\text{H}^+]$ 或 $[\text{OH}^-]$ 值之一来表示。測定溶液的 pH 值后, 可根据差数 $14 - \text{pH} = \text{pOH}$ 来求出 pOH 值。因实际上測定 $[\text{H}^+]$ 值要比測定 $[\text{OH}^-]$ 值簡單得