

化工厂 简易自动装置的 试制及应用

浙江大学化工自动化教研组 编

056

化学工业出版社

化工厂 简易自动装置的 试制及应用

浙江大学化工自动化教研组 编

化学工业出版社

本书系浅显的实用自动化技术文集，介绍自动调节的若干基本概念及几种自动化元件，如简易的液面计、光敏电阻液面发送器、电磁阀、液动控制阀等的自行设计、制造方法和安装、使用技术。此外，还叙述用自行制作的自动装置装备食盐电解厂氢气站以及制药厂发酵罐实行自动控制的方法。

本书供化学、石油、食品工业厂矿工人及技术人员阅读，有助于他们在企业中开展自动化、半自动化方面的技术革新工作。

化工厂简易自动装置的试制及应用

浙江大学化工自动化教研组 编

*

化学工业出版社出版（北京安定门外和平里七区八号）

北京市书刊出版业营业许可出字第120号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092毫米^{1/32}

1963年5月北京第1版

印张：2¹³/₁₆

1966年5月北京新1版第1次印刷

字数：60,000

印数：1—1,571

定价：（科四）0.32元

书号：15063·1030

（根据中国工业出版社原稿重印）

前 言

一九六〇年我专业师生分赴有关化工厂，投入了以自动化、半自动化、机械化、半机械化为中心的技术革新运动，与工厂工人、技术人员共同研究和试制了一些简易的自动装置。经过现场的运行，有一部分是切实可行的，节省了劳动力，改善了劳动条件，并对稳定生产起了一定的作用，受到操作工人的欢迎。也有一些因限于时间，技术问题尚未完全过关，因此不能长期可靠地运行。两年来由于其他工作较多，未能对这些装置作进一步的研究与改进。

尽管如此，在试制过程中还是积累了一些初浅的体会，我们将它总结成这本小册子，如果对化工厂工人与技术人员自行设计与制造简易自动装置时有某些参考价值，对于促进普及自动化起一定的作用，那也就达到了编写这本小册子的目的了。对于某些自动装置，其在结构、使用上尚存在的问题，在文中都一一指出，希读者注意。

限于水平与时间匆促，对有些问题未能作进一步的探讨，因此文中错误难免，望读者提出批评指正。

編 者

1962. 7.

目 录

前言

食盐电解厂氢气站的自动化.....	1
低温液面計（汉普逊液面計）的正确使用.....	29
簡易电磁閥的設計和制造.....	43
簡易液动远控閥.....	58
光敏电阻液面发送器.....	70
发酵过程泡沫的自动抑制.....	79

食盐电解厂氢气站的自动化

随着社会主义建设事业的飞跃发展，对酸、碱、化肥及农药等化工产品的需要量迅速增加，目前工业上广泛地采用电解食盐的方法来生产烧碱，其副产品氢气和氯气又可用于制造盐酸、合成氨、六六六、漂白粉等。因此，食盐电解的生产对我国工业和农业的发展都具有十分重大的意义。

在电解食盐的过程中，为确保安全生产和产品质量的要求，必须对盐水的温度、浓度、电解槽中的液面以及氢气和氯气的压力加以控制，特别是虎克式电解槽，其控制更有重要意义。

本文仅叙述电解食盐厂中氢气站的自动控制。目前厂中氢气站的流程如图 1 所示。从电解槽出来的氢气，经过水封进入冷却塔冷却后，由液环泵（纳氏泵）抽到氢气分配总管，然后送到各个用户去。

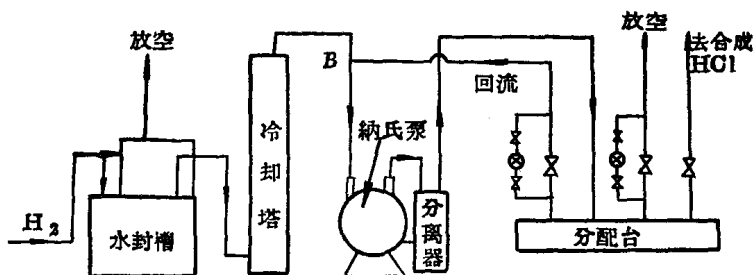


图 1 氢气站流程

在这段流程中需要控制的地方共有三处：首先是将电解槽内氢气的压力维持在常压，不能超出±1毫米水柱；其次

是液环泵中液环的厚度維持一定；最后是保持氢气分配台总管的压力在 0.5 公斤/厘米²左右。这三个地方的控制最終目的是要使电解槽內的氢气压力稳定在常压，这一点对于生产是极其重要的。若氢气压力上升超出 $+1$ 毫米水柱，則通过隔膜跑到氯气中去的氢气量就显著地增大，当氯气中含氢量增加至超过 6% 时，就会由于合成盐酸而造成严重的爆炸事故。在压力低于 -1 毫米水柱时，則跑到氢中的氯大大增加，在阳极产生副反应，生成氯酸及次氯酸盐，使电流效率降低。不仅如此，当电解槽內压力变化頻繁时，会引起槽中隔膜时胀时縮，易于损坏，严重地降低电解槽使用期限。再者，如氯和氢的压力同时升高，它們均易漏到大气中，氯气是有毒性的，而氢气易于燃烧，造成对安全的威胁。同样，当氯、氢压力同时为負时，則空气又会漏进去，使氢气中含氧量增多，超过了 0.4% 也有爆炸危险。由此可見，将电槽中氢气压力控制在常压是十分必要的，是生产中的关键問題。

通过現場的观察和操作者的实践表明，影响电解槽氢气压力变化的主要原因有以下几方面：

(1) 通过电解槽的电流不稳定。当电流突然增大，单位時間內产生的氢增多，液环泵来不及抽走，引起电解槽內氢压增高，反之亦然。

(2) 液环泵內液面波动。当液面升高时，可以証氢气通过的空間縮小了，氢气不能迅速被抽走，也会引起电解槽內氢压力的上升，当液面下降时，則反之。

(3) 氢气分配总管内压力的波动。如負載减少，引起管内压力增高，也就是使泵出口压力增加，此时泵的工作能力就下降，氢气堆积，自然也造成槽內压力上升，如用量增多，則結果反之。

要維持電解槽中氫氣壓力穩定，必須分別地克服上述三方面的影響。在沒有實現自動化之前，必須在氫氣站設立兩個崗位。一個人經常觀察液環泵后的氣水分離器的玻璃液面計，隨時開大或關小分離器之放水閥，以維持泵內水位在規定值。而另一人則應時刻觀察分配台上壓力表和測量電解槽氫壓力的微壓計，通過放空閥的開度來保持台上壓力一定；通過回流閥的調節來防止電解槽出現負壓或正壓。顯然，一個人同時手調兩個閥門的工作是緊張而又頻繁的（據估計，平均每分鐘達十次之多），即使如此，其調節的質量仍不令人滿意，一旦操作人員有一點疏忽，就可能引起事故。

為了保證安全生產及產品的質量，改善勞動條件，必須用自動裝置來代替緊張的手工調節。但是由於國內儀表工業的發展還趕不上生產上的需要，在1960年春季的全民性技術革命技術革新運動中，我們針對上述問題，根據土洋並舉的方針，製成簡易調節器三個，即分離器用的浮標式液面調節器；氫分配台用的差壓式浮子壓力調節器；回流管中用的鐘罩式微壓調節器。這三個調節器經過現場試驗，性能良好，能夠滿足工藝所提出的要求，第一和第三個經過正式加工製造，已在現場使用了。

下面我們將解決氫氣站自動化的具體辦法及簡易調節器的結構、動作原理、使用方法等分別加以敘述。為了使初次接觸到自動化概念的同志對下文更易理解，我們將先介紹自動化技術方面幾個有關的名詞和概念。

一、自動調節的若干基本概念

首先，我們談一談什麼是調節系統。茲以圖2的液面調節為例。

在分离器 2（調节对象）的旁边，装有玻璃液面計 4（測量元件），操作者（調节者）时刻守在崗位上，观察液

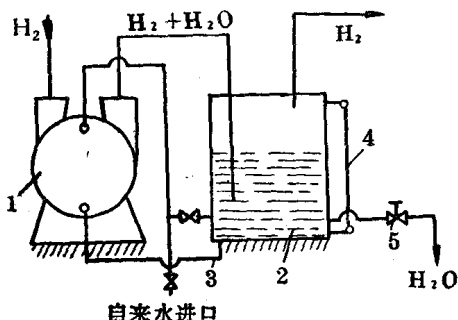


图 2 液面人工調节系統

1—液环泵；2—氢水分离器；3—連通管；4—玻璃液面計；5—出口放水閥

面（被調参数）的变化，当液面太高时就开大出口閥 5（执行机构），当液面太低时，就关小閥門，其目的是維持液面在紅綫上（給定值）。这样一个由測量元件、調节者、执行机构和調节对象等部分所組成的系統即称为調节

系統。若由人来具体执行調节任务，就称为人工調节系統或手动調节系統。当人的任务由仪表来代替时，就成为自动調节系統了。在自动調节系統中，用来使閥动作的能源有两种，一是間接式（即他力式），一是直接式（即自力式）。图3a及图3b所示的两种液面調节方法可作为說明。

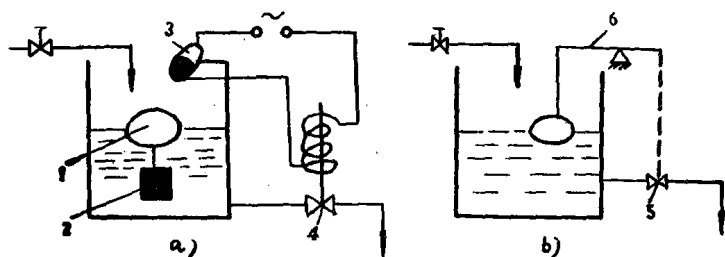


图 3 液面自动調节系統

a—他力式；b—自力式

1—浮球；2—平衡重錘；3—水銀开关；4—电磁閥；5—球形閥；6—传动机构

这两种液面的控制方法均是利用浮球作为测量元件，通过对出口流量的调节来达到液面恒定。当液面高于紅綫时，就打开（或开大）出口閥，当低于紅綫时，就关闭（或关小）出口閥。所不同的是如何使出口閥动作。前者当浮球随液面上升时，把水銀开关由傾斜的位置頂平，接通了电磁閥的电回路，借磁力的作用把閥心吸上，而把出口打开；后者则是因浮球的升降，直接利用浮力（或重力）通过简单的槓杆传动机构去拉动閥杆。前者的能源为事先貯备的电能，故称为間接式或他力式。后者的能源来自调节对象本身，故称为直接式或自力式。

所采用的自力式调节器中，液面高度的变化是与閥的开度变化成正比的，也即当液面高度变化很小时，出口閥也只有很小的变化，当液面变化大时，出口閥的开度也会有大的改变，一定的液面高度对应于一定的开度，因此这种调节器又被称为自力式比例调节器。

自力式调节器的主要优点是結構简单，不需外界的輔助能源，而是依靠被调节量变化所产生的能源来带动执行机构。但是这个动力是有限的，如果由于传动过程中的摩擦力或其他阻力較大，那么，为了得到足够的灵敏度，就势必要把设备弄得过于庞大，这是其主要缺点。

組成调节系统的目的在于当外界因素发生某种变化（外扰），使被调参数偏离給定值时，能使它經過不大的波动后很快地回复。应用比例调节器具有一个缺点，这就是当外扰发生之后，經過调节器的调节，被调参数仍只能回复到給定值的附近，这个残存的距离叫做“余差”。余差的大小与调节器的性能及外扰的大小有关，如果設計得好，余差可以小至工艺所允許的范围以下。例如在电解槽氢气压力调节系統

中，当电流由 7000 安培突增至 14000 安培（外扰）时，由于我們所采用的是最简单的自力式调节器，氢压力就只能重新稳定在略高于常压的位置上。又如液环泵的液面调节，当泵出口总管压力由 0.5 公斤/厘米² 增高至 0.6 公斤/厘米² 时，分离器的液面原来是在紅綫上平衡的，現在却平衡在紅綫以下了。这就是說，在加了外扰之后，稳定位置变化了，与給定值有了偏差。因此，更确切地說，这种比例调节器是一种有余差的调节器，余差的大小成为决定调节过程品质好坏的一个重要标准。

判断调节质量的好坏，除了余差外，还有“回复時間”、“超調量”和“灵敏度”等。

所謂回复時間实际上是指当外扰发生之后，被調参数从原来的稳定位置走到新的稳定位置所需的时间。很明显，这時間不希望很长。

所謂超調量，意思是指当外扰发生之后，被調参数（如压力或液面）超过了新的稳定值的最大差值，当然，这个值也不希望太大。

所謂灵敏度，即反映被調参数在外扰发生之后，调节器能否立即指揮执行机构动作的程度，它会影响调节的效果。

以上所說明的几个概念，它們之間并非孤立，而存在着一定联系。下面我們試以电解槽氢压力调节系統为例說明之。

图 4a 是表示外扰（电流）改变的情况。从图可見，电流在开始的一瞬间，从原来的 7000 安培突增至 14000 安培，以后又保持不变。图 4b 是在电流突变之后，由于调节作用的结果，氢气压力从原来的平衡位置移至新平衡位置的变化情况，这个过程是緩慢的且沒有波动，稳定后产生 $+0.5$ 毫米

水柱的余差。图4c是压力变化的另外一种情况，它经过几次振荡之后就达到稳定值，其回复时间和余差都比前一种小。被调参数所产生的变化情况与调节器的性能及调整有关，经过合理地选择调节器及在试运行中进行仔细地调整之后，就可能得到一个较满意的调节过程。

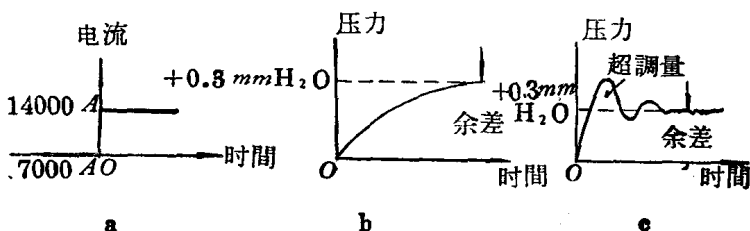


图 4 压力调节系统过渡过程的两种情况

a—外扰的形式；b—单调的过渡过程；c—振荡的过渡过程

二、液环泵液面自动调节

输送氢气的液环泵是以水为工作液体，它把氢气压缩到 0.5 表压后送出。

1. 调节方法 为了不影响电解槽中氢的压力，泵中的液环须维持一定厚度，这可以通过控制与其并联的氢水分离器中的液面，使之维持在相当于轴心位置的高度来达到。在生产过程中，氢气用量的不恒定及供泵用水压头的改变均是液面或出口压力波动的来源。为了使泵工作正常，工艺规定其允许的液面波动值为 ± 1 厘米。

我们设计的是自力式浮子调节器，如图 5 所示。浮球随着辅助容器内液面波动所产生的位移，通过绳索、滑轮等传动机构调节出口阀门的开度。调节阀的安装位置是值得研究的，如果置于容器外面，传动横杆就必须穿过器壁，密封间

題就較麻煩，尤其是容器內部在受壓的狀態下工作。若將調節閥裝在容器內部，浮球可以通過繩索、滑輪來直接牽引閥杆進行工作，這不但不存在密封問題，且可減少傳動時的摩擦阻力，浮球直徑可以縮小。但這樣做，也導致了安裝調整及檢修時的不方便，同時觀察也較困難，這是一個缺點。

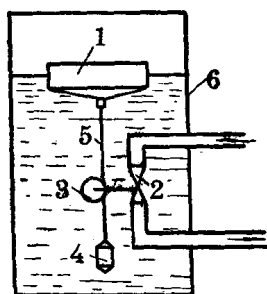


圖 5 自力式浮子液面調節器

1—浮球；2—出口調節閥；3—滑輪；4—平衡重錘；5—鋼絲繩；6—輔助容器

要使調節器能真正地達到維持液環厚度的目的，重要的是如何使分離器與輔助容器內的液面高度在變化過程中完全相同，因為浮球只直接地測量了輔助容器內的液面，這並不一定能代表分離器內的液面。若這兩個容器串聯工作，即容器 2（見圖 6）輸出的水是容器 3 的輸入，而調節閥裝在容器 3 的輸出管上。這時由於工

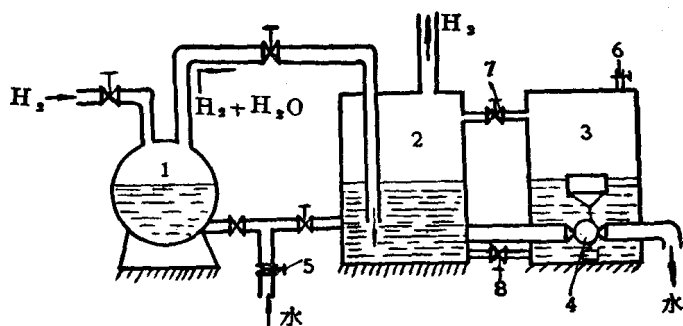


圖 6 水環泵液面自動調節系統

1—水環泵；2—分離器；3—輔助容器；4—調節閥；5—手動閥；6—排氣閥；7、8—連通用閥

作流量大($0.04\text{米}^3/\text{分}$), 連通管径較小(1 吋), 故水在管中的流速很大(在 0.5 表压下約为 8 米/秒), 这时会由于阻力損失造成两个容器中液面高度显著的不等, 波动情况也不相同。为了防止这种現象, 容器 2 与 3 必須如图 6 所示, 以并联方式相通, 即調节閥直接装在分离器的輸出管綫上, 容器 3 沒有另外的放水管綫。

I. 調节系統各元件的构造

1. 輔助容器 它的高度与容器 2 相等, 其截面积决定于浮球直径、調节閥的大小及安裝位置。容器內焊有浮球的托架, 以免因液面下降过甚使重錘着底, 以至繩索失去张力而在輪上打滑甚至脫落。正对滑輪安放位置, 在器壁上开有观察孔。容器頂盖与器身通过法兰盘用螺釘密封。頂盖上有—根排气管和考克, 用以在開車时排除容器內的空气。連接管上应配有切断用的球心閥。

2. 滑輪 它是将浮子的上下移动变为閥杆轉动的轉換器。其直径的大小直接影响到調节性能的好坏, 下面是两个不同直径的試驗数据:

从滿足靜态余差的角度, 可初步定出所需的直径大小如下。設最大可能外扰为 ± 0.2 表压, 要求

滑輪直径, 毫米	余差, 毫米	超調量	稳定時間, 分
40	40~50	小	約 10
20	10	大	約 30

余差小于 ± 1 厘米。首先必須通过計算或实验的办法求出在不同压力下流量与閥杆轉角的关系, 图 7 所列的是在三个不同压力下的 $Q-\varphi$ 实验关系曲綫。

从图 7 可以看出, 在相同的开度下, 如液面上压力大, 所对应的流量也大。反之, 若要在不同压力下得到相同的流量, 則所对应的閥的开度也应不同, 即压力大时对应的閥开

度应该小。必须注意，同样的压力变化(例如 0.2 大气压)，其增加与减少时所产生的余差是不会相等的。由流体力学的柏努利方程可知，流量与压力的平方成正比，因此，在新的稳态下， φ'' 也就一定要大于 φ' ，由于调节器是比例式的，故前者所对应的余差也相应地比后者大。在计算滑轮直径时，必须从最坏的情况出发，即应使可能的最大余差不超过工艺的允许值，为此，取 $\Delta\varphi''$ 为计算基准。

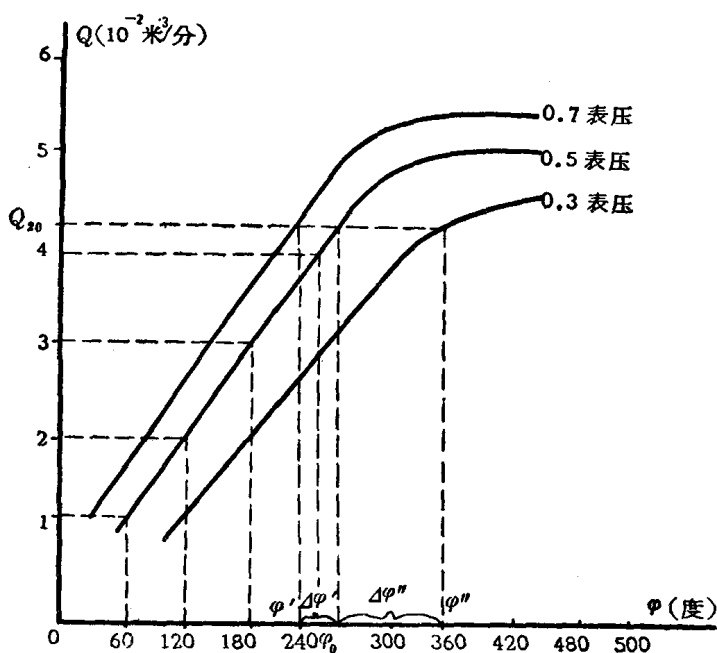


图 7 不同压力下阀的工作特性曲线

Q_{20} —正常压力下的输出流量； φ_0 —对应于 Q_{20} 时阀的开度；

φ' —压力改变了 +0.2 表压时，对应于 Q_{20} 时阀的开度；

φ'' —压力改变了 -0.2 表压时，对应于 Q_{20} 时阀的开度

由扇形的圆心角（阀杆转角 $\Delta\varphi''$ ）与对应的弧长（浮球

的位移或余差 Δh) 之間的几何关系, 可以写出下列算式:

$$d = \frac{360^\circ}{\pi \cdot \Delta\varphi''} \cdot \Delta h$$

式中 $\Delta\varphi''$ 单位为度, Δh 为厘米。按我們的实验数据可算得: 当 $\Delta h = \pm 1$ 厘米时, $d = 2.8$ 厘米。

为了避免繩索之間的摩擦, 在輪面上刻有螺旋槽的導軌, 如图 8 所示。在導軌上开两个小孔, 让繩索穿过, 这样可消除繩索与滑輪間的打滑現象。

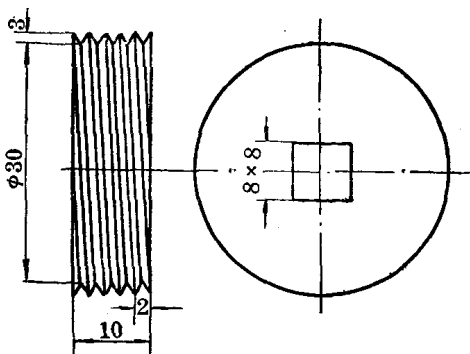


图 8 滑輪

3. 感受元件 浮球、重錘、繩索 为使浮球在水中較為稳定, 选用如图 9 所示的形状, 其浸沒深度为 $\frac{h}{2}$ 。当液面升高时, 由于摩擦阻力

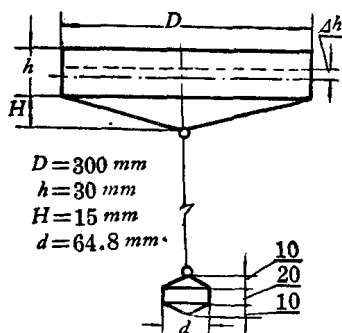


图 9 感受元件

使浮球不能立刻跟着上升, 而有一時間滯后。直至淹沒深度增加了 Δh , 使所产生的浮力足以克服摩擦阻力时, 浮球才开始上升, 并带动滑輪轉动。

Δh 的大小决定于浮球截面积 A 。对相同的摩擦阻力, A 愈大則 Δh 愈小, 也即测量元件的不灵敏区愈小, 調节性能也

愈好。例如最初試驗时, $D = 100$ 毫米, $\Delta h = 10$ 毫米, 因而

液面波动大，超調量大。設計時，我們加大了 D ，使 $\Delta h = 2$ 毫米，即要求液面變動2毫米時，浮球就可以動作。根據力平衡原理，可以寫出下列計算式：

$$f = A \cdot \Delta h \cdot \gamma = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \Delta h \cdot \gamma$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{f}{\Delta h \cdot \gamma}}$$

式中 f ——摩擦阻力，可由實驗求得；

γ ——水的重度。

浮球的材料可選用白鐵皮，希望愈輕愈好。

為決定浮球的體積，必須先定出重錘的重量 W 。 W 大，則繩子的張力大，輪子與繩索間的正壓力大，有利於浮球帶動滑輪一齊運動。但 W 大則增加慣性力，浮球的動作就遲緩，故取一適當值為500克。

浮球的形狀已在圖9中表示。設 $h = 2$ 厘米，根據浮球平衡在 $\frac{h}{2}$ 處的要求，可按下式算出其圓錐體的高度 H ：

$$\therefore W' = \frac{\pi}{4} D^2 \left(\frac{h}{2} + \frac{1}{3} H \right)$$

$$\therefore H = \frac{12W'}{\pi D^2} - \frac{3}{2} h$$

式中 W' ——浮球及重錘在水中的總重量。

重錘的形狀最好如圖9的橄欖狀。根據已知的 W 可求出各部分的尺寸，設兩頭錐高為 h ，柱體高為 $2h$ ，則直徑 d 應為：

$$\therefore W = \frac{2}{3} \pi d^2 \cdot h (\gamma_1 - \gamma)$$