

水族箱節能水位調節器之研發

白志年^{1*}·陳冠如¹·劉富光²

¹行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

²行政院農業委員會水產試驗所

摘要

本試驗所研發之裝置係在不使用能源電力馬達的情況下，以排水方式牽引虹吸管內的空氣及水流，以啟動水位調節器的虹吸作用，然後利用虹吸原理將養殖水槽（水族缸）內的水由底層抽出至槽外的水位盒，並經由盒內的水位定位管調節排出，進而維持養殖槽水位的恒定。本裝置經調節能力測試結果顯示，每秒各以 25、50、75 及 100 ml 等不同水量注入養殖槽，則水位器分別於基準點上方 0.4、1.5、3.4 及 5.1 cm 時，可達到養殖槽內之水位恒定。本裝置適用於多組水槽並聯使用，並採共同之循環水處理設施，即可省卻裝設多組過濾設施及抽水馬達，以達節能減碳之效果。

關鍵詞：節能、虹吸、水位器

前言

「虹吸」作用是一種流體力學的現象，其原理係利用兩端高低水位之差別，所受大氣壓與水壓之差異，讓水流自水位高的一端經由一根 U 形管路（虹吸管）自然流向水位低的一端，直到兩端水位達到平衡為止。虹吸原理普遍被應用於日常生活，如虹吸式咖啡壺、沖水馬桶等。此外，農業應用上如農田灌區的排水（王與李, 2008），以及使波涌畦灌系統產生間歇水流，以達到節水效果（葉, 2005）等。而在水產養殖管理方面，由於利用虹吸原理，養殖槽不必事先預留排水孔，且不必使用電力馬達就可達抽水的目的，是一種方便、安全又節能的排水方式，因此養殖業者廣泛應用於水池、水槽或水族箱之排水與排污。惟欲使用虹吸作用來達到排水的目的，其必備條件為：1. 水槽內的水位必須高於槽外虹吸管排水口；2. 虹吸管內必須充滿水體，且不可讓空氣進入；3. 必須有一啟動機制，來啟動虹吸作用。

水族養殖業者或玩家通常是使用養殖槽或水

族缸等設施，來蓄養水族生物。若採循環水或流水式養殖，則這類設施就必須事先安裝排水孔位置，以方便養殖管理過程的排水或溢流。然而有些養殖槽未設排水孔或排水孔位置未能符合現場之需，那麼就需要使用沉水式或上置式馬達來抽水，以達循環水或流水的養殖方式（吳, 1996；王, 2005），尤其市面販售的玻璃水族缸，為防漏水通常不會在缸體預留排水孔。因此，研發此種水位調節裝置，係在不必耗費電能的情況下，即可達到便利的排水、排污及控制水位的目的。

本裝置主要是利用虹吸原理來達到無電力抽水、排污及控制恒定水位的功能。此外，設計操作簡便的方式，利用水流的牽引力迅速排除虹吸管內的空氣，以啟動虹吸作用。由於使用本裝置不必耗電，即能達到抽水排汗及控制養殖槽水位的目的，故有節能減碳的成效。

材料與方法

一、虹吸水位調節器之設計與操作

本裝置主要係由虹吸管 (c)、水位盒 (d)、水位定位管 (e)、排水管 (f) 及通氣孔 (h) 所組成 (Fig. 1)。

*通訊作者 / 彰化縣鹿港鎮海埔里 106 號, TEL: (04) 777-2175; FAX: (04) 777-5424; E-mail: pai@mail.fwtk.tfrin.gov.tw

本試驗示範設計之虹吸管係採直徑 1.8 cm 透明塑膠管，全長 80 cm，養殖槽 (120×30×45 cm) 部分之管長為 40 cm，由上往下伸入養殖槽，離槽底約 5 cm，以抽取水槽底層水及廢物。虹吸管上端經二個彎頭繞至養殖槽外側，由上往下經水位盒上面開孔進入，此端之管長為 20 cm，其出水管口位置須低於水位定位管上端排水管口。

示範設計用水位盒為長、寬各 17 cm、高 12 cm 之長方體盒子，為便於觀察，乃採透明壓克力材料製作。本裝置上方有虹吸管進入，內部下方有水位定位管，外接排水管。水位盒吊掛在養殖槽外側適當高度，以恆定槽內水位。水位定位管位於水位盒內部下方，採直徑 2.5 cm 之 PVC 管，其管口高度須高過虹吸管出水口。此管向下穿過水位盒，並以滑接頭連接排水管。

排水管亦為直徑 2.5 cm 之 PVC 管，位於水位盒下方，其上方以滑接頭連接水位定位管，以排除自養殖槽內部虹吸出來的水流。

操作時，須先啟動水位調節器的虹吸作用，此時當養殖槽注水，則水槽底層水會被虹吸到水位盒內，並漫溢過水位定位管而排出。當水槽持續注水時，水流均能排出並保持水槽內水位的恆定。

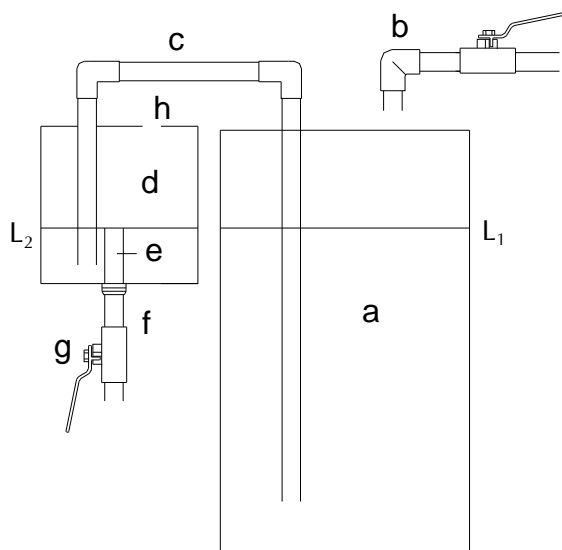


Fig. 1 Lateral view of the siphon water-level regulator. a: Aquarium; b: Inlet water pipe; c: Siphon; d: Box of water-level regulator; e: Water-level control pipe; f: Drain pipe; g: Drain valve; h: Air hole; L_1 , L_2 : Water level.

二、虹吸啟動裝置之設計與操作

本啟動裝置係在水位調節器，裝設通氣孔 (h) 及排水閥 (g) (Fig. 1)。

通氣孔係於水位盒上方開鑿一圓形孔洞，直徑約為 2 cm，並準備一個可密封此孔之橡皮塞。而排水閥則裝設在水位盒下方之排水管上，其規格與排水管一致。

操作虹吸啟動裝置前，先檢查養殖槽內之水位，確實已高過水位定位管口時，先將排水閥關閉，並自通氣孔注水，直到水位盒注滿水後，再以橡皮塞塞住通氣孔。然後打開排水閥讓水位盒內的水排出，由於水位盒內的真空，造成虹吸管內空氣自動流向水位盒而帶動水槽內的水流流向水位盒，待虹吸管內的空氣均排出，且充滿水時，即可啟動虹吸作用。

三、水位調節能力測試

通常排水管的排水能力受限於管徑的大小，亦與水槽內水位的高低 (水壓) 有關。因此，為了解水位調節器在運作時對於水缸之排水能力，乃進行本裝置水位調節能力之測試。

測試水槽為四尺水族缸 (長 120 cm × 寬 30 cm × 高 45 cm) 一座，並於水缸外側吊掛長、寬各 17 cm、高 12 cm 之虹吸水位調節器一組，虹吸管直徑為 1.8 cm。由給水管路直接注水，並以水閥控制水量。水族缸注滿水後，啟動調節器之虹吸作用，然後在不注水情況下靜待水位達平衡，標識此時水族缸水位的高度為基準點 (± 0)。開啟注水閥，分別調整以每秒 25、50、75 及 100 ml 之水量注入水族缸，並記錄每分鐘水族缸之水位變化。每一組不同注水量之水位調節測試，均重複測驗三次，再取其平均值為其最後結果。

結果與討論

一、水位調節器的設計

本裝置在啟動虹吸作用時，必須注意水位盒內水位定位管以上的體積 (A) 須大於注滿水後兩邊水位 (L_1 , L_2) 上方之虹吸管空間 (B)，才有足夠

的力量來牽引虹吸管內全部的空氣。如 Fig. 2 所示，假設水位盒內水位定位管以上之體積為 $a_1 \times a_2 \times a_3$ ；水位 (L_1, L_2) 上方之虹吸管長度為 $b_1 + b_2 + b_3$ ；虹吸管的半徑為 r 。則其關係式應為 $A > B$ 即 $a_1 \times a_2 \times a_3 > \pi r^2 (b_1 + b_2 + b_3)$ ，亦即：

$$a_1 \times a_2 \times a_3 \div r^2 (b_1 + b_2 + b_3) > \pi (=3.14)$$

此外，為方便啟動虹吸現象，最好提高水族缸的水位使 L_1 高於 L_2 ，如此一來可減少虹吸管部分之體積，二來剛啟動虹吸作用時，水族缸內的水壓有助於排除虹吸管內殘留的氣泡，避免氣泡凝結而阻斷虹吸作用。

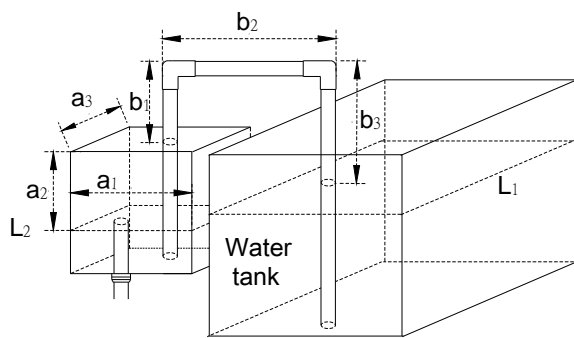


Fig. 2 The specification of water-level regulator. L_1 : Water-level of water tank; L_2 : Water-level of the box of water-level regulator; a_1, a_2, a_3 : The measurements of the space above control pipe within the box of water-level regulator; b_1, b_2, b_3 : The lengths of pipe of siphon that above water level.

二、虹吸作用的啟動

本裝置不需使用電力抽水機，即可抽取養殖槽的底層水，並在持續注水的情況下，保持養殖

槽恆定的水位。其主要原理係利用虹吸作用來達到節能抽水的目的。然而在使用虹吸作用前，必須先啟動虹吸水流，因此設計了以水流牽引的裝置來啟動虹吸作用。本裝置乃利用水位盒排水時所造成的壓力差，使得虹吸管內的空氣流向水位盒，同時將養殖槽內的水牽引至水位盒，進而形成虹吸現象。Fig. 3 為本裝置操作機制示意圖，茲說明如下：

(I) 啟動虹吸作用之前，先關閉排水閥。此時，水位盒內 (A) 及水位盒外之虹吸管部分 (B) 均充滿空氣。然後注水使養殖槽內的水位 (L_1) 高於水位定位管口 (L_2)。

(II) 將水位盒注滿水後，以橡皮塞封住通氣孔。此時，水位盒內之空氣已因注水而排出，而虹吸管部份則仍有空氣存在。

(III) 快速開啟排水閥，則水位盒內的水會迅速自排水管排出，因而形成真空現象。根據波爾定理：定量氣體在定溫下，氣體壓力 (P) 與體積 (V) 成反比，即 $P_1V_1 = P_2V_2 = K$ 。是以，此時虹吸管內的空氣被吸引往水位盒擴散，致氣體體積變大，壓力減小。當虹吸管內氣體壓力小於養殖槽端的壓力時，養殖槽內水流就會往虹吸管壓送。隨著水位盒的排水，除將虹吸管內的空氣吸引至盒內，同時牽引養殖槽內的水沿著虹吸管流向水位盒，因而啟動虹吸作用。

三、水位的調節

啟動虹吸作用之虹吸管會將養殖槽內的水 (高水位) 虹吸到水槽外的水位盒 (低水位)，此時須打開水位盒上方的通氣孔，以破壞水位定位管

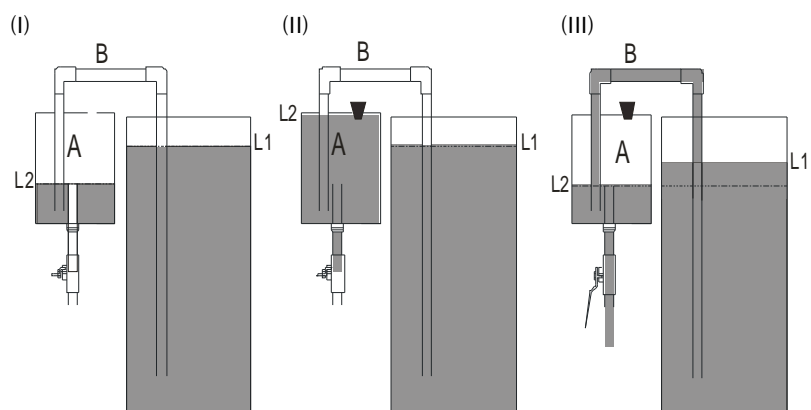


Fig. 3 The commencement of the siphon operation. A: water-level regulator; B: siphon above water level; L_1 : Water-level of water tank; L_2 : Water-level of the box of water-level regulator. White area: space filled with air. Gray area: space filled with water.

以下之虹吸作用，而開啟水位調節器的調節作用。由於水位定位管的控制，使水位盒內的水維持在一定的水位高度不致排乾，此高度即虹吸作用達平衡時的水位 (L_2)。另，因為虹吸管在養殖槽與水位盒內兩端的管口均在水位線之下，所以當兩邊水壓達平衡時，空氣不會再進入虹吸管中，故能保持著虹吸現象。此時若養殖槽持續注水，槽內水壓增大，則在不用耗費電能動力的情況下，槽內的水會虹吸到水位盒，並經由水位定位管排出，始終保持養殖水槽內水位 (L_1) 的恆定 (Fig. 4)。此外，可上下移動水位盒吊掛的位置，以達到調整養殖槽水位高度的目的。另，可將養殖槽端虹吸管之吸水口延伸至水槽底部，以達排除底部廢物之效果。

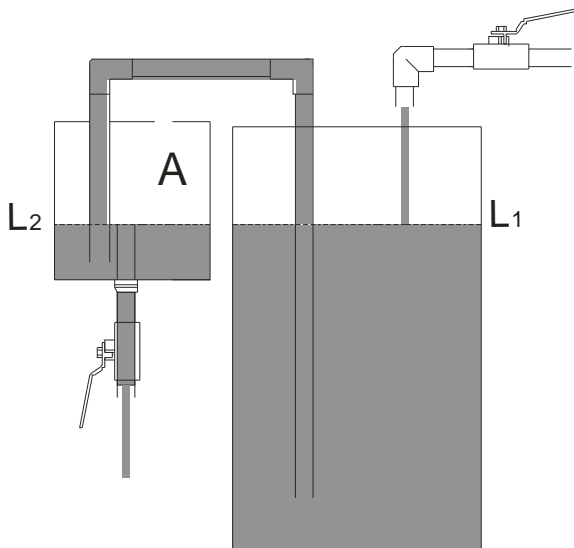


Fig. 4 A siphon water-level regulator to keep a constant water level in aquarium. A: Water-level regulator; L_1 : Water-level of water tank; L_2 : Water-level of the box of water-level regulator.

四、水位調節能力測試

本試驗所使用之虹吸管為直徑 1.8 cm 之透明塑膠管，水位調節能力測試結果分別為：以 25 ml/sec 注水 4 min，水族缸水位於基準點 (± 0) 上方 0.4 cm 達到恆定。以 50 ml/sec 注水 12 min，水位於基準點上方 1.5 cm 達到恆定。以 75 ml/sec 注水 20 min，水位於基準點上方 3.4 cm 達到恆定。而以 100 ml/sec 注水 23 min，水位則於基準點上方 5.1 cm 達到恆定。由結果顯示，注水速率越小者，

排水越順暢，越快達到水族缸水位的恆定 (Fig. 5)，而注水速率越大者，水族缸達到恆定的水位越高 (Fig. 6)。即水族缸經一定管徑虹吸排水時，會因注水速率增大而出現水量累積的現象，此情形會在水位上升到一定高度時，當增高的水壓足以抵銷管路摩擦損失增大而達平衡。此結果應與虹吸管管徑大小及其排水效能有關。

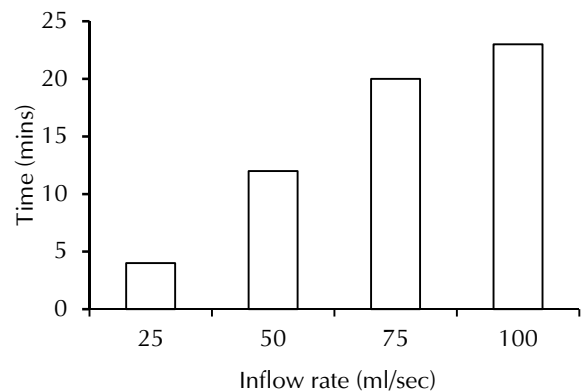


Fig. 5 Elapsed time of the aquarium water reaching a constant level after pouring water with different inflow rates.

本次水位調節能力測試係以一般常用之四尺水族缸為測試水槽，以注水八分滿計，則約有 259,200 ml 水量 ($L \times W \times H$, 120 cm \times 45 cm \times 48 cm)，而測試的注水速率分別為每秒 25、50、75 及 100 ml，換算日流量則每天分別可達 8.3、16.7、25 及 33 次之換水率，足以應付一般水族缸循環水養殖的循環換水率。由本試驗結果證實，本裝置在小流量水流 (25 ml/sec) 到大流量水流 (100 ml/sec) 均能達到水位調節功能。此外，如應用於更大水量的養殖槽，本裝置尚可以擴大其管徑及水位盒規格或增加水位調節器組數等方式處理，應用層面相當廣泛。

五、應用於循環系統之省電效果

一般水族缸養殖常見的水質處理方式有上置式、外部式或沉水式的過濾方式，其共通點是每一組水缸均需配備一具抽水馬達、一組過濾設施 (王, 2005)。而本裝置另一特點乃利用並聯方式，將多組養殖槽的水位調節器分別排水到共同的外部循環水處理設施，並只利用一具抽水馬達，即

Fig. 6 Change of water level in a aquarium with water-level regulator at different inflow rates.

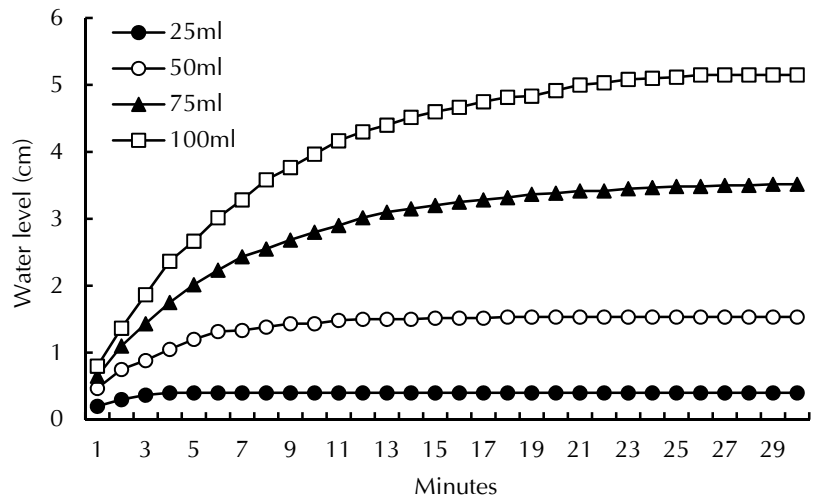
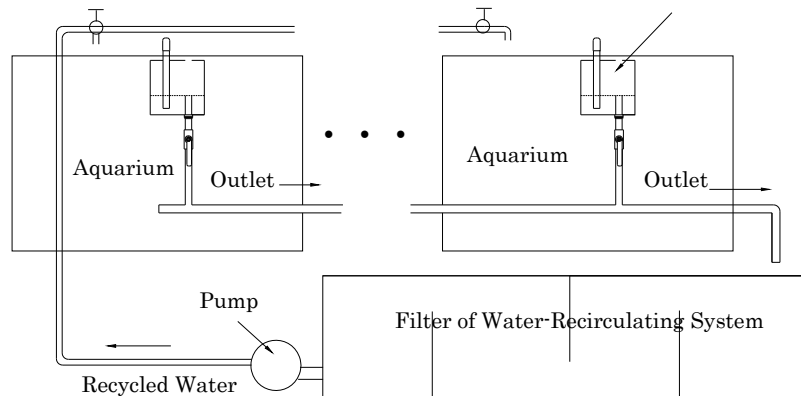


Fig. 7 The water-level regulator used in a series of aquaria with a water-recirculating system.



可處理水質，各水槽不必再單獨裝設抽水馬達及上置式過濾設施，如此不但可節省設備成本及減少電力消耗，並可免卻管理多組過濾設施之繁雜工作 (Fig. 7)。由實測結果顯示；若 10 組四尺水族箱依坊間慣例各使用一般 35 w 沉水馬達之上置式循環設施，則每月共耗電約 252 度。反之，若採並聯本裝置之共同循環方式，假設使用一具 100 w 抽水馬達供應 10 個水族箱 (每秒約可抽循環水 644 ml，平均每缸換水率約 22 次 / 日)，則每月耗電約 72 度，相較之下每月約可省電 180 度。由此可見，應用本裝置之循環系統可達到省電、省水，又易於管理的效果。

參考文獻

王蘊潔譯 (2005) 熱帶魚與水草. 漢欣文化事業有限公司, 台北, 120-128.
 王俊軍, 李偉 (2008) 虹吸管在灌區排水中的應用. 科技信息, 18:18.
 吳秋嬌譯 (1996) 海水魚飼養法. 大展出版社有限公司, 台北, 50-67.
 曾雪玫編譯 (1997) 最新金魚飼養法. 大展出版社有限公司, 台北, 62-76.
 葉文字 (2005) 虹吸式波涌管灌試驗系統研究. 西安理工大學農業土木工程研究所 碩士論文, 13-17.

Development of an Energy-saving Device of Aquarium Water-level Regulator

Jyh-Nain Pai^{1*}, Guan-Ru Chen¹ and Fu-Guang Liu²

¹Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

²Fisheries Research Institute

ABSTRACT

An energy-saving device of water-level regulator without using the electric pump was developed based on the siphon action to drain water from the bottom of aquarium. The siphon action was triggered by draining water from a water-level regulator at the beginning. The water from an aquarium could consequently flow into the box of regulator, so that water-level of the aquarium could be maintained constantly. In addition, experiments on drain efficiency were conducted, and the water of aquarium was filled with a flow rate of 25, 50, 75 and 100 ml/sec, respectively. The results showed that the water-level of each trail was constant at 0.4, 1.5, 3.4 and 5.1 cm above datum point. For the purpose of saving energy and efficiency concerns, this device can be used in a series of aquaria with a water-recirculating system without using many set of filters and electric pumps.

Key words: energy-saving, siphon, water-level regulator

*Correspondence: Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute, 106 Hai-Pu, Lukang 50562, Taiwan. TEL: (04) 777-2175; FAX: (04) 777-5424; E-mail: glenn@mail.fwlk.tfrin.gov.tw