

微藻技術應用於循環式潛水呼吸器之產品創新設計

The Application of Microalgae Technology to the Product Innovative Design of Rebreather Scuba

劉家瑋*
Chia-Wei Liu

陳姿宇*
Zi-Yu Chen

劉念德**
Nien-Te Liu

*樹德科技大學應用設計研究所 研究生
**樹德科技大學生活產品設計系 助理教授

摘要

潛水運動在全球有許多的愛好者，因此潛水產品是設計研究上可探討的議題之一。微藻進行光合作用時，二氧化碳會被微藻吸收並轉化為碳水化合物，生產出氧氣，使含氧量增加。本研究利用微藻特性與潛水呼吸器結合為構想基礎進行再設計，提出可長時間使用之潛水呼吸器之創新設計方案。首先，在文獻探討中發現「供氧不足」為潛水事故發生原因之一，透過現有產品分析後，進行產品功能與目標之擬定，作為造形及機能的依據；最後以電腦輔助設計完成創新設計提案。經本研究設計之成果為完成為微藻技術應用於潛水呼吸器之創新設計提案，為未來潛水產品之開發提出新的可能性。

關鍵詞：微藻、循環式呼吸器

一、前言

海洋佔地球表面四分之三的面積，但是水域運動的發展卻比陸上運動發展的晚，近年在國際潛水教育組織的推廣下，從事休閒潛水活動的人口增加，有蓬勃發展的趨勢。台灣四面環海，海洋資源相當豐富，適合發展水上遊憩活動，於民國90年公布全面實施週休二日以來，同年亦開始著手修正「發展觀光條例」，民眾假日遊玩的興致隨之高昂，從事水域遊憩活動旅客人數有日益增加的趨勢。水域活動的盛行，水肺潛水(scuba diving)漸漸成為一項休閒運動的新潮流，而潛水設備的種類相當繁多，如何將設備的安全性提升，將是產品設計相關領域可以探討的方向。

從事水域活動的同時，海洋與環境的生態問題，也讓人們值得去思考，愛護地球是刻不容緩的議題。環保意識高漲的今天，許多替代能源的開發是相當值得去研究的，在眾多替代能源當中，微藻產業的興起，主要是微藻生產的經濟效益高，且能夠將工業排放的二氧化碳等空氣污染源作為其營養源，來生成氧氣及碳水化合物等可共人類使用的再生能源。

因此，本研究藉由微藻的特性導入潛水呼吸器的產品開發，期望能夠以微藻進行光合作用時，吸收二氧化碳生成氧氣的特性開發出循環效率更佳，安全性穩定的潛水呼吸器，以利於潛水運動愛好者使用。

本研究限制範圍就裝備而言指的是潛水者自

行攜帶高壓充填空氣氣瓶的潛水活動，亦即一般所謂的水肺潛水(scuba diving)。就潛水深度而言，依美國國家潛水教練協會(National Association of Underwater Instructor, NAUI)及美國職業潛水教練協會(Professional Association of Diving Instructor, PADI)之教育手冊，認為休閒潛水應不須做任何減壓停留的手續，其深度不應超過40公尺。就活動的概念而言，強調以輕鬆愉快的心情，體驗水中世界的奧妙，包括水中欣賞景觀、海洋生態及生物的研究等(李明儒等，2007)。

因此，本研究針對以水肺潛水裝備從事非職業性的海洋遊憩運動或活動，且深度不超過40公尺之潛水愛好者所使用的潛水呼吸器為主要設計之產品。

二、文獻探討

2.1 微藻

微藻，為藻類的統稱；在地球已有三十五億年歷史，全球的種類約三萬多種。屬真核細胞，無根、莖、葉等構造，含葉綠素及其他輔助色素，可行光合作用，由於生長環境和品種的差異，構成的細胞會有所不同。微藻含有優質蛋白質、多元不飽和脂肪酸、醣類、維生素、礦物質和微量元素。因此，微藻於健康食品的應用上已有相當成熟的開發技術。此外，微藻具高光合作用的能力，可利用二氧化碳、水和太陽能來合成有機物。二氧化碳是微藻類進行同化作用中最重要之無機

碳來源，理論上每公斤二氧化碳約可長出 0.57 公斤的藍綠藻，並放出 0.73 公斤的氧氣，顯示微細藻類有很高的二氧化碳利用能力(關壯群，2009)。

2.2 微藻培養技術

微藻生長必須進行光合作用，因此最主要的生長限制因子就是光。二氧化碳是進行光合作用時不可或缺的物質，也很重要。此外，氧含量控制、溫度控制、鹽度、養分、酸鹼值、混合效果等也都對微藻的生長有重大的影響。微藻培養系統可分成開放式和密閉式兩種，其選擇需要考慮許多因素，如微藻的生物特性、氣候狀況、目標產物種類與土地、人工、能源、用水、營養源等各項成本(謝誌鴻、吳文騰，2009)。

2.3 潛水的種類

近年來水域活動的蓬勃發展，水域相關的活動也相當多元，在水中的活動主要的發展著重在於浮游、浮潛、水肺潛水、供氣潛水等。目前對於潛水類型的分類，主要由裝備、潛水深度及活動類型加以分類。以潛水裝備區分而言，(蘇焉，1999)將潛水區分為「摒氣潛水」與「給氣潛水」兩大類。其中摒氣潛水就是不帶給氣裝備，而是以摒住氣息在水中活動。又區分為「浮游」與「浮潛」兩種。至於「給氣潛水」，則分為(1)自給氣潛水：即一般所謂的「水肺潛水」或(2)供氣潛水：即潛水者在水下活動，依靠一條送氣管從水面送空氣，也稱做「職業性水面供氣潛水」或「他給氣式潛水」。

以潛水的深度而言，將潛水分成浮潛與深潛兩種。其中「浮潛」的潛水深度不宜超過10公尺，而「深潛」又分成(1)初級深潛：指自潛水訓練班畢業，潛水深度約8至12公尺者。(2)中級深潛：指具有豐富經驗及特殊指定技巧者，潛水深度不宜超過30公尺。(3)高級深潛：深度以40公尺以內為宜(台灣潛在生態觀光及冒險旅險產品研究與調查，1996)。以潛水活動類別分類中將潛水區分為休閒性潛水(sport diving)與專門性潛水(technical diving)兩種(澎湖潛水訓練中心－可行性研究及規劃報告書，1996)。

2.4 潛水意外

潛水發生事故的十大主因分別為：1.訓練技能不足、2.潛水計劃的失誤、3.恐慌、4.指導錯誤、5.高壓氣體的障礙、6.生理功能的異常、7.供氣不足、8.過度自信、9.裝備故障、10.在水中被困住等，為了要防止潛水事故的發生，潛水前應該要有充足的睡眠和安全的潛水計劃。因此，避免潛水意外的發生除了加強教育訓練讓意外發生的可能性降到最低外，硬體設備的改良，如供氣不足、裝備故障等問題，可以透過產品設計的角度探討而

獲得改善，並期望由此來解決目前以及未來會發生的問題(鄭新錦，2000)。

2.5 循環式呼吸器

封閉式呼吸系統又稱「循環式呼吸器」(rebreather)，此系統提供可循環使用的供氣。潛水員使用供氣後，系統會將二氧化碳吸收，並重新注入適當氧氣，再供應給潛水員(蘇焉，1999)。循環式呼吸器分為全密閉式及半密閉式二種，氣泡量當然是以後者居多。循環呼吸器的發展由來也是由技術潛水員(technical divers)而來，用它來增長水底時間(maximize bottom time)並減短減壓時間(minimize decompression)。早在 1980 年左右，潛水器材製造業者將商業用的跟軍事用的循環呼吸器改良為適合運動潛水之用，因此水肺潛水愛好者可以有更多元化的裝備選擇。

三、現有產品概況與目標擬定

潛水種類相當多元，而各種類所需要的裝備皆有所不同，本研究將以水肺潛水設備中循環式呼吸器(rebreather)為設計改善目標。

本研究對目前市面上較大的品牌產品作調查與分析，瞭解產品發展狀況，掌握相關產品的資訊，以利設計產品時，設定未來產品功能的改良與目標擬定。

3.1 現有產品概況

目前在潛水裝備中，循環式呼吸器屬於較為進階的設備，從現有產品的資料整理，可以清楚瞭解各品牌潛水呼吸器的特色，以造型的部份，大至上可分為外殼保護與無外殼保護氣瓶的分別；構造部份會因品牌的區別而在線路的配置及氣瓶容量大小而有所區別。分析品牌的種類有：英國品牌的 Evolution 及 Ouroboros、加拿大品牌的 Kiss 和義大利品牌 Voyager，整理分析(如表 1)。

3.2 目標擬定

由表 1 可得知目前市面上循環式呼吸器在外型上偏向機能、簡潔及具保護功能之樣貌，在外觀設計上可以朝向新穎、堅固但看起來不會沉重的設計方向思考。

在構造上，原本二氧化碳濾除器(scrubber) 其功能是将回收的二氧化碳濾除(如圖 1)，並於此空間內填加二氧化碳吸收劑，如蘇打、石灰…等，濾除二氧化碳並混合其它氣體進行循環(如圖 2)；經過再設計後的循環呼吸器，將以「微藻技術」取代，以便將二氧化碳進行最有效的利用。在體積的部分，因微藻技術的取代，產生循環的可用氧氣增加、效率提高，故可整合部份的設備，以減輕龐大設備的潛水負擔，達到減輕配備的目的。

表 1 各品牌的潛水氣瓶概況

品牌	Evolution	Ouroboros	Kiss	Voyager
國家	英國	英國	加拿大	義大利
造形				
構造				
特色	簡潔風格，容量大。	簡潔風格，更換容易。	適合旅行用，體積較小。	價格便宜，操作容易。

(本研究整理)



圖 1 二氧化碳濾除器(scrubber)



圖 2 循環呼吸器氣體循環圖

四、設計提案

本研究設計提案共分為四個步驟：首先，將現有產品功能以屬性列舉法做為整體性評估，並找出設計的目標，做為概念發展；第二，進行草圖的提案，經過討論剔除不適用部分，選定 1 組外觀造型；第三，運用電腦輔助設計將構想具體化；最後，加以說明產品特色。

4.1 屬性列舉法分析

以屬性列舉法進行產品分析，屬性列舉法為美國克羅福博士(Dr. Robert Crawford)倡導，是將事物先依其構成要素予以分解再組合，一般將「物」分成三種屬性：名詞屬性、形容詞屬性與動詞屬性。屬性列舉法與因素變換法相類似，是化整為零的思考方法。

陳龍安在屬性列舉法的分類有以下 3 種：

1. 特性列舉法

- (1) 名詞屬性例如：全體、部分、材料、製法。
- (2) 形容詞屬性例如：性質、狀態。
- (3) 動詞屬性例如：功能。

2. 缺點列舉法

把想要的問題分成若干層次，通過分析現有的各種事實，不斷的提出解決方法。此技法主要的目的就是在找出所有的錯誤。

3. 希望列舉法

就某項物品積極地發想，希望它還能有什麼優點，姑且不論其可行或不可行都將之列出，因為今日認為不可行的幻想，可能明日便成為可行的(陳龍安、朱湘吉、2005)。

本研究利用屬性列舉法將目前的產品狀況及分析結果，經由討論決定本研究設計目標，將設計構想條件列舉(如表 2)，以做為設計造型及機能之依據。

表 2 潛水氣瓶屬性列舉法

潛水氣瓶	名詞部位	形容詞性質狀態	動詞功能
特性列舉法	二氧化碳濾除器、氧氣循環、	重的、龐大的	水下活動時間四小時
缺點列舉法	二氧化碳濾除器太大、供氣不足	體積太大、不夠輕巧	預備氣體有限，易發生意外
希望列舉法	濾除器小一點、儲氧量變多	科技、新穎、俐落的造型	延長水下時間

(本研究整理)

4.2 概念發展

根據屬性列舉分析 3 階段得到的改良因素為目標進行設計發展，分別為：在外觀設計上可以朝向新穎、堅固但看起來不會沉重、循環呼吸器這部分將以「微藻技術」取代，以便將二氧化碳做最有效的利用、在體積的部分，因為微藻技術的取代，以減輕龐大設備的潛水負擔，達到減輕配備的目的。

4.3 草圖提案

本階段草圖發展，(如圖 3)，以圖 3 之(a)、(b)之概念發展主要以現有氣瓶之造形為結合再設計之微藻二氧化碳轉換器，原則上主要以節省龐大的空間及造形流暢為設計點，圖 3 之(c)概念發展，將現有氣瓶構造進行再設計後與微藻二氧化碳轉換器整合，期望能夠一體成形為概念構想。

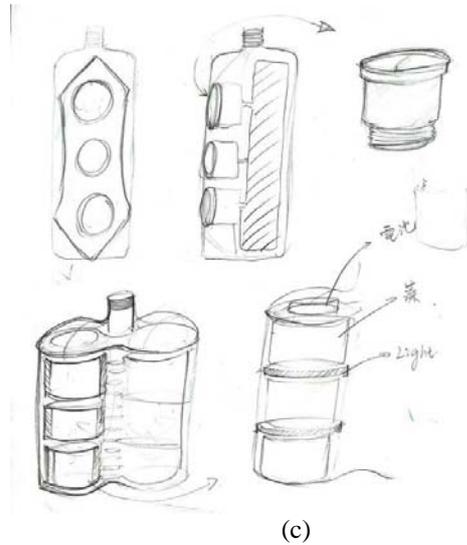
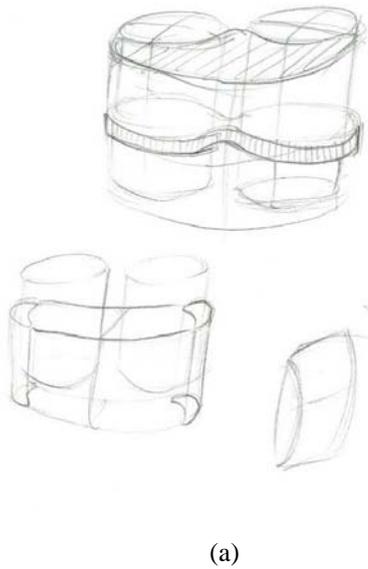


圖 3 草圖發展

4.4 電腦輔助設計

本階段以草圖篩選後選定圖 3(b)之案例進行 3D 繪製，(如圖 4、圖 5)為本設計之功能說明，進氣口部份皆以色環標示，以利分辨氣體，安裝完成後(如圖 6)，使用中吐氣時會將二氧化碳排入進氣管後釋放置容器內供微藻進行氣體轉換，轉換完成的氧氣，由出氣口釋出，再經由原本循環呼吸器的設備中，送氣體到潛水者體內。



(a)



(b)



(a)



(b)

圖 4 微藻二氧化碳轉換器



圖 5 功能說明圖



圖 6 微藻二氧化碳轉換器模擬圖

4.5 產品特色說明

本設計之微藻二氧化碳轉換器特點如下:

1. 可任意取代使用於循環式呼吸器之二氧化碳濾除器。
2. 單罐式或雙罐式氣瓶皆可搭配使用。
3. 原循環式呼吸器會因時間拉長而使氧氣逐漸變少，本改良設計可藉微藻轉換之特性延長呼吸的時間。

五、結論

本研究以屬性列舉法分析現有潛水呼吸器(rebreather)的特性及需要改善的缺點後，再希望列舉法的引導出需改善之問題點，同時考量設計上的可行性及限制，造福潛水愛好者與提升器材的安全性。並透過產品設計的思維，應用微藻生長特性的技術結合潛水呼吸器之概念提案，而實際開發仍需要進行細節的研究與評估，期望微藻能更廣泛的應用於產品設計上，也能將其所產生

的價值延伸到更多領域；研究設計後開發一微藻二氧化碳轉換器，期望能夠取代現有二氧化碳濾除器，加強潛水呼吸器的循環含氧量，以增加潛水者於水下活動的時間。

六、參考文獻

1. Orams, M. (1999). *Marine Tourism: Development, Impacts and Management*. London: Routledge Ltd.
2. 交通部觀光局 (1996)。台灣潛在生態觀光及冒險旅遊產品研究與調查。交通部觀光局。
3. 交通部觀光局澎湖國家風景區管理處(1996)。澎湖潛水訓練中心可行性研究及規劃報告書。台北：交通部觀光局澎湖國家風景區管理處。
4. 李明儒、許世芸、蘇智鈴、陳元陽(2007)。休閒潛水者對潛水風險的認知與損害之研究。運動與遊憩研究。Vol. 1 No. 3。pp. 14 ~ pp. 33。
5. 陳龍安、朱湘吉(2005)。創造與生活。台北:五南出版。
6. 鄭新錦(2000)。ADS HANDBOOK 2000。台北：新動有限公司。
7. 謝誌鴻、吳文騰(2009)。微藻—綠色生質能源。科學發展，433，p.36-40。
8. 關壯群(2009)。微藻類固碳工程。科學發展 2009 年 1 月，433 期。
9. 蘇焉(1999)。浮潛海中天—悠游水底世界。台北：大地地理出版事業股份有限公司。

The Application of Microalgae Technology to the Product Innovative Design of Rebreather Scuba

Chia-Wei Liu* Zi-Yu Chen* Nien-Te Liu**

* Graduate Student, Graduate School of Applied Arts & Design, Shu-Te University
Kaohsiung, Taiwan (R.O.C), pdsteven@gmail.com

** Assistant Professor, Department of Product Design, Shu-Te University
Kaohsiung, Taiwan (R.O.C), ntlou@stu.edu.tw

Abstract

There are many diving enthusiasts in the world; therefore diving products are important subjects to explore in design research. When microalgae are in the process of photosynthesis, it absorbs carbon dioxide and converts it into carbohydrates, producing oxygen and increasing the oxygen level. This study uses the combination of microalgae characteristics and the diving cylinder to create a basic foundation for designing an innovative design that allows for prolonged use of diving cylinders. First, the text discusses "oxygen shortage" as one of the main reasons for diving accidents. After analyzing current products, product features and objectives are set for the basis of form and function. Finally, an innovative project is proposed with the help of computer-aided design. The result of this paper is to finish the innovative design of using the combination of microalgae characteristics and the diving cylinder, and to present the possibility of development of diving product in the future.

keywords : *Microalgae* · *Rebreather*