

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

052303

大氣乾坤急速降溫

學校名稱：臺北市立南港高級工業職業學校

作者： 職三 陳義翔 職三 蔡春林 職三 王思緯	指導老師： 李樹業 黃保盛
---	-----------------------------

關鍵詞：速冷、氣壓降、手搖杯

摘要

台灣手搖飲料從 1990 年代發展，至今已超過 30 年。2010 年代更由台灣流行至東亞、歐洲、美國及中東各國。

在這飲料店滿街都是的時代，幾乎人人都喝過飲料，飲料剛出爐的時候，為了第一時間讓飲料降溫且快速交到客人手中，通常大多數的飲店家都會加入冰塊。但有些不肖業者會為了減少成本而使用沒有經過消毒的不衛生冰塊，我們覺得如果在飲品裡加入這些來路不明的冰塊會不衛生，而冷凍製冰機所製造出來的冰塊雖然衛生，可是沒有達到完全節能減碳的效果，而受到溫度的影響在杯中融化的冰塊，融於飲品中的冰塊會影響飲品的口感且越喝越淡，為了避免這些問題，我們測試了多種的研究方法，最後選擇用大氣壓力瞬間洩壓產生壓差達到瞬間降溫的效果。

壹、前言

一、研究動機

(一) 全球暖化的嚴重性

近年來全球暖化導致氣溫逐年升高，造成生活中酷暑的影響讓人希望清涼消暑，暑喝一杯冰涼的飲料，緩解人們在溫室效應下的所帶來的酷熱感。

冷飲市場的需求也持續的上升，冷飲店一間又一間接著開形成製冰機也不斷增加產生 CO₂ 排放，反而更增加全球暖化所帶來的溫室效應。



圖 1 全球暖化效應

(二) 業者所使用的冰塊

很多的業者為了減少自己的成本輸出，使用了未清潔消毒過的冰塊，消費者如果食用了這些未經過消毒殺菌過的冰塊，容易造成食物中毒及大腸桿菌過多帶來的腹瀉、胃痛及相關腸胃疾病等等，造成相當大的食安問題。



圖 2 冰塊生菌數超標問題

(三) 理想氣體方程式和波義爾定律

在熱力學裏，描述理想氣體宏觀物理行為的狀態方程式稱為理想氣體狀態方程式 (ideal gas equation of state)。理想氣體定律表明，理想氣體狀態方程式 $PV=nRT=Nkt$ 亦可寫為 PV/T 波以耳-馬略特定律 (英語: Boyle's law, 也稱作 Boyle - Mariotte law 或 Mariotte's law)，在定量定溫下，理想氣體的體積與壓力成反比。是由愛爾蘭化學家羅伯特·波以耳，在 1662 年根據實驗結果提出：「在密閉容器中的定量氣體，在恆溫下，氣體的壓力和體積成反比關係」。

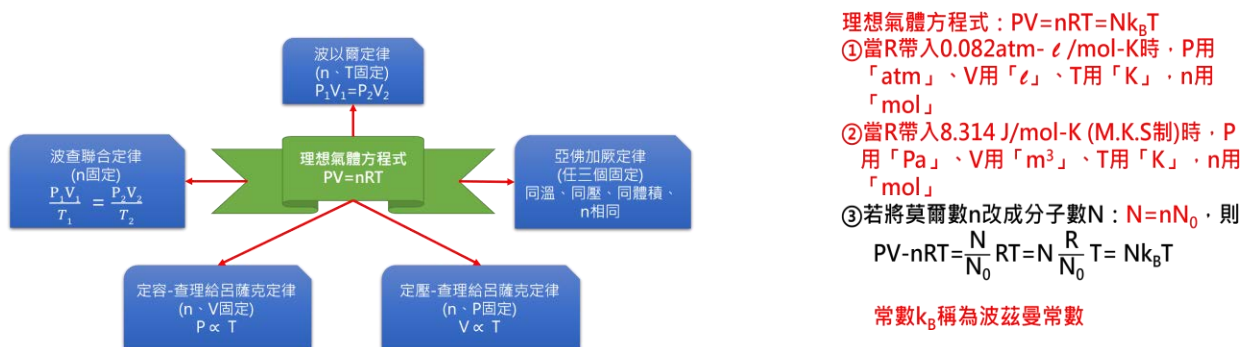


圖 3 理想氣體方程式

二、研究目的

(一) 速冷

- 1.當把壓縮空氣打入瓶中後，快速洩壓，可使瓶中液體迅速降溫到自己想要的溫度。
- 2.分別用渦流管(圖 4)及空氣槍(圖 5)進行實驗
- 3.測出(圖 4.)(圖 5.)以下兩種實驗下，所測出的效果有何不同，經測試後發現以空氣槍之效能較好。

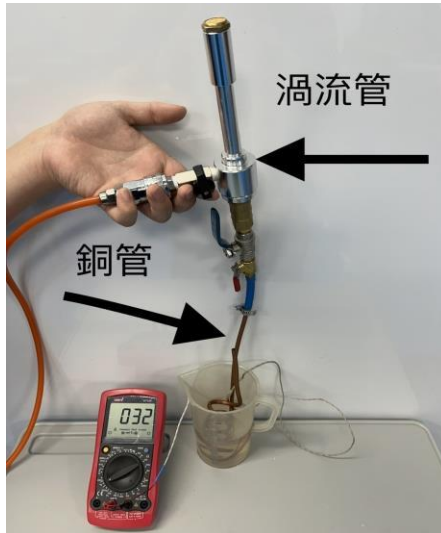


圖 4.渦流管測試

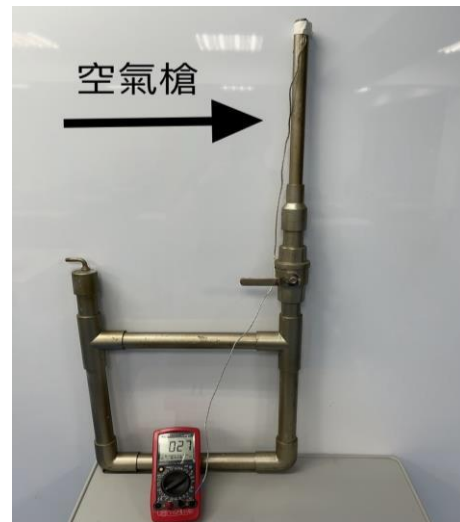


圖 5.空氣槍測試

(二) 口感

冰塊融化會把飲料原本調好的甜度比例給稀釋掉，融化在飲料中的水分，會造成消費者在喝飲料時感到不悅感並且影響到飲料的口感。

(三) 減少消費者食用到不乾淨的冰塊

時常聽到有人喝了早餐店大冰奶就拉肚子的情形，可能是以下原因造成，包括「冰塊加太多，導致腸道過於刺激」、「奶精是飽和脂肪酸，當油脂攝取量高時，容易有通便效果」、「可能選到鮮奶茶，乳糖不耐症患者就會因乳糖酶不足而腹瀉」以及「生菌數過高，尤其是大腸桿菌超標，容易發生在冰塊不乾淨的情形上」。

(四) 飲食安全問題

在冰塊、飲料常見的微生物檢驗項目包括生菌數、大腸桿菌群及大腸桿菌，這三個項目又稱為「衛生指標菌」，因為實務上無法去監測食品中每一種有害微生物，且致病菌的檢驗通常需要花費好幾天，衛生指標菌的檢驗方法相對較為簡單快速，若是衛生指標菌超過該食品的衛生標準時，極有可能是因為食品的製作過程中衛生條件不良所導致。

貳、研究設備及器材

一、研究設備



圖 6. 溫度計



圖 7. 量杯



圖 8. 氣管



圖 9. 渦流管



圖 10. 水火箭



圖 11. 空氣槍



圖 12. 空壓機



圖 13. 切管器

二、研究材料



圖 14. 電木板



圖 15. 寶特瓶



圖 16. 鋼瓶



圖 17. L型角鋁



圖 18. 緩衝墊



圖 19. 銅管



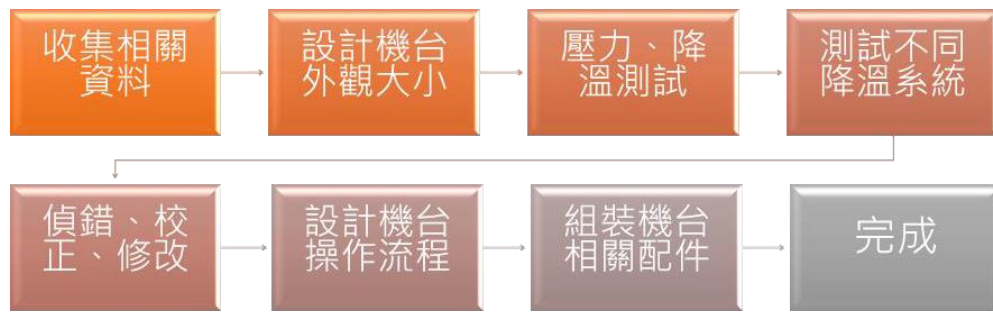
圖 20. 氣嘴



圖 21. 冷凍膠

參、研究過程及方法

一、研究流程



二、系統操作流程



三、研究方法

(一) 高壓空氣進入鋼瓶中銅管:

用銅管捲成螺旋狀放入鋼瓶中，銅管的頭端灌入高壓空氣，氣體銅管尾端排出，高壓氣在螺旋銅管中的時候，使瓶中的液體降溫。

(二) 高壓空氣直接灌入鋼瓶:

高壓空氣直接打入鋼瓶接觸液體，快速洩壓瓶中高壓空氣，可使瓶中液體快速降溫。

四、研究過程

(一) 設計模擬基座及架構

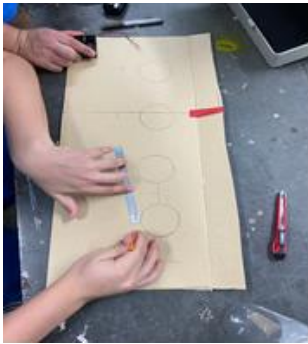


圖 22. 劃出瓶身圓周



圖 23. 割出圓周量測



圖 24. 合適繼續

(二) 設計周圍架構



圖 25. 模擬實體作品大小



圖 26. 模擬實體作品大小



圖 27. 模擬實體作品大小

(三) 壓力降溫測試



圖 28. 水火箭壓力測試降溫不佳

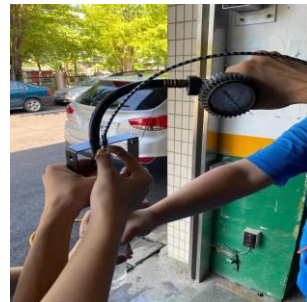


圖 29. 水火箭壓力測試降溫不佳



圖 30. 空氣槍壓力降溫效果佳

(四) 渦流管降溫效果



圖 31.銅管製作



圖 32. 銅管製作

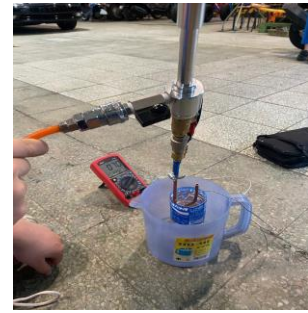


圖 33.渦流管與銅管降溫測試

(五) 測試切割壓克力板

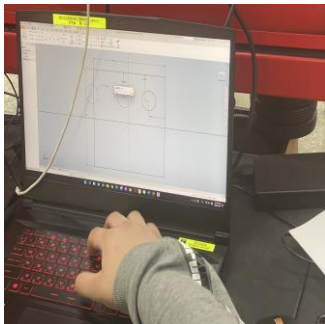


圖 34. 切割線繪圖



圖 35. 雷射切割定位測試



圖 36.雷射切割定位測試

(六) 3D 雷射切割機、電木板



圖 37.雷射切割電木板



圖 38.雷射切割電木板



圖 39.完切割電木板

(七) 改裝鋼瓶氣嘴



圖 40.鋼瓶鑽孔



圖 41.安裝氣嘴



圖 42.完成氣嘴安裝

(八) 電木板組裝

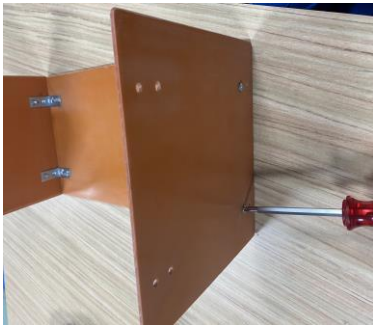


圖 43.組裝 L 型腳架



圖 44.組裝 L 型腳架

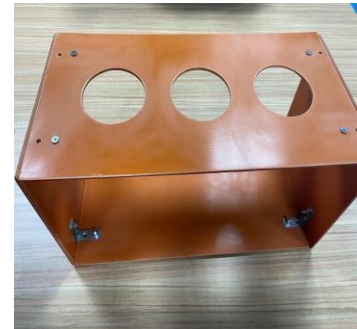


圖 45. 完成箱體制做

(九) 改裝鋼瓶洩壓孔



圖 46.鋼瓶洩壓孔鑽洞



圖 47.鋼瓶洩壓孔鑽洞



圖 48.鋼瓶洩壓孔鑽洞

(十) 鋼瓶瓶口焊接



圖 49. 電焊器材



圖 50. 電銲固定扣



圖 51. 完成焊接

(十一) 鋼瓶安裝密封開關



圖 52. 安裝鋼瓶密封開關



圖 53. 加水測試



圖 54. 打壓測試

肆、研究結果

一、測試數據圖表

(一) 條件:水溫 20°C外界溫度 31°C打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

表 1 為 20°C 的水溫設定不同壓力測量出溫度變化

	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	20	50	16	2	20	100	15	2	20	150	20
2	4	20	50	12	4	20	100	14	4	20	150	16
3	6	20	50	7	6	20	100	10	6	20	150	13
4	8	20	50	5	8	20	100	7	8	20	150	10

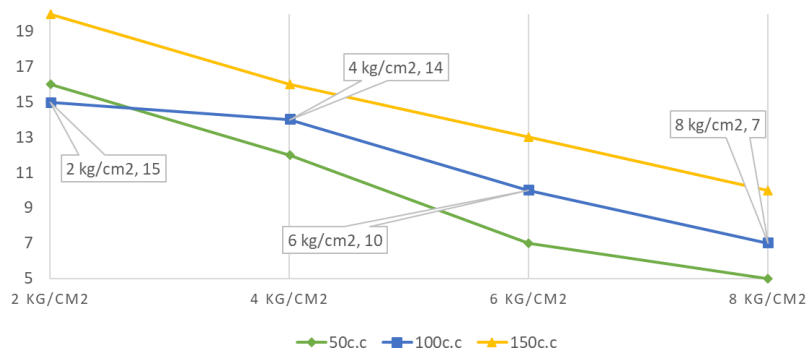


圖 55.水溫 20°C外界溫度 31°C打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

(二) 條件:水溫 40°C外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

表 2 為 40°C 的水溫設定不同壓力測量出溫度變化

	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	40	50	34	2	40	100	38	2	40	150	36
2	4	40	50	33	4	40	100	36	4	40	150	31
3	6	40	50	31	6	40	100	24	6	40	150	27
4	8	40	50	27	8	40	100	21	8	40	150	23

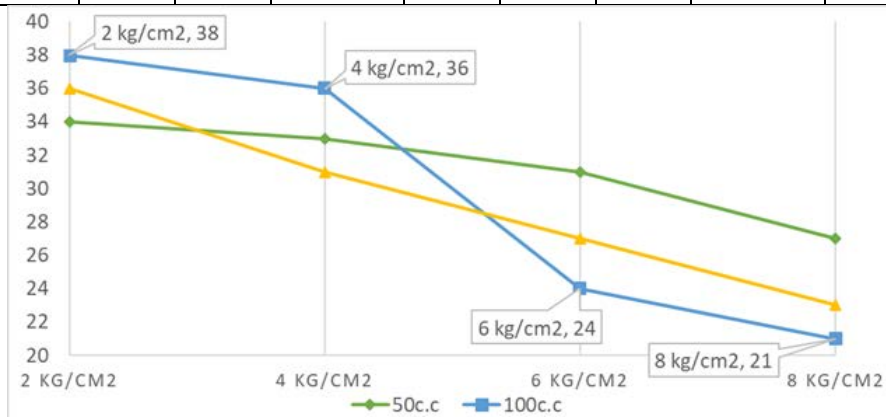


圖 56.水溫 40°C外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

(三) 條件:水溫 60°C 外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

表 3 為 60°C 的水溫設定不同壓力測量出溫度變化

	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	60	50	35	2	60	100	43	2	60	150	53
2	4	60	50	34	4	60	100	36	4	60	150	49
3	6	60	50	33	6	60	100	31	6	60	150	42
4	8	60	50	30	8	60	100	29	8	60	150	38

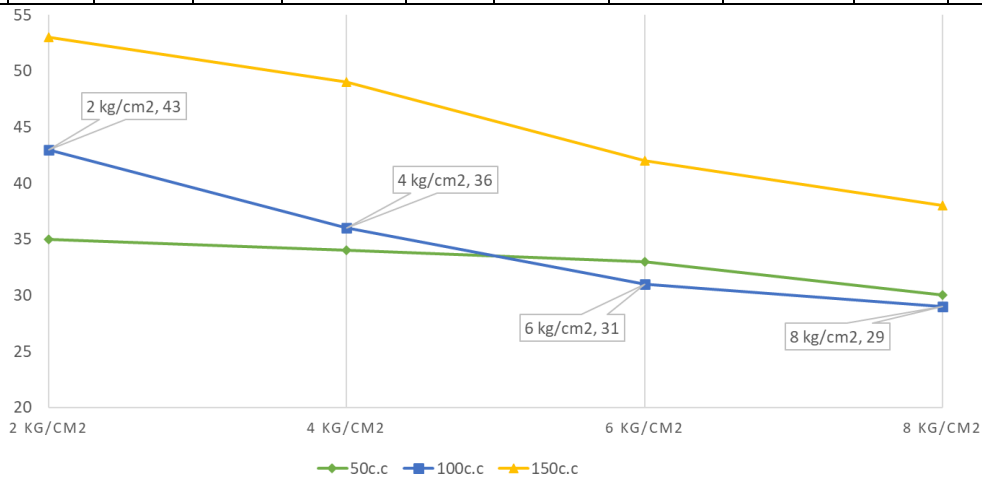


圖 57 水溫 60°C 外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

(四) 條件:水溫 80°C 外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

表 4 為 80°C 的水溫設定不同壓力測量出溫度變化

	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	80	50	50	2	80	100	40	2	80	150	41
2	4	80	50	41	4	80	100	39	4	80	150	40
3	6	80	50	40	6	80	100	35	6	80	150	37
4	8	80	50	35	8	80	100	30	8	80	150	35

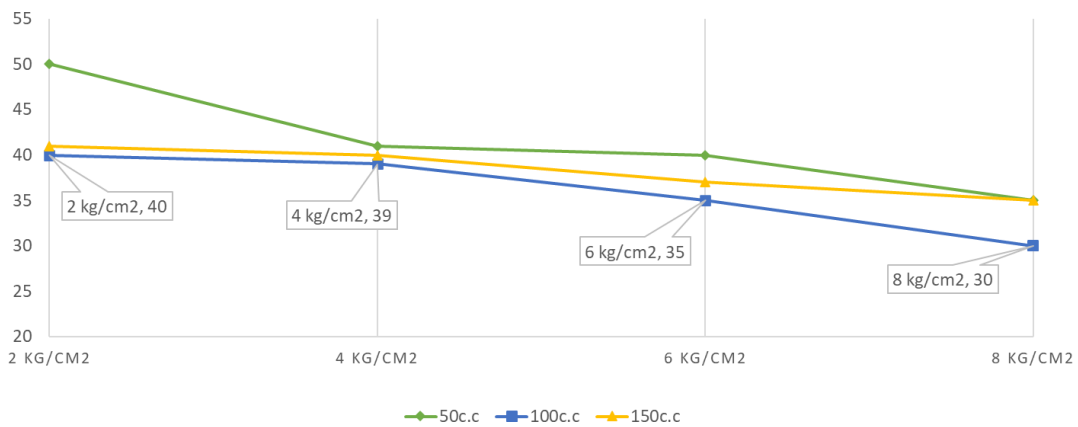


圖 58 水溫 80°C 外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

(五) 條件:水溫 100°C外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

表 5 為 100°C 的水溫設定不同壓力測量出溫度變化

	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	100	50	76	2	100	100	71	2	100	150	82
2	4	100	50	73	4	100	100	68	4	100	150	76
3	6	100	50	68	6	100	100	63	6	100	15	69
4	8	100	50	62	8	100	10	57	8	100	150	62

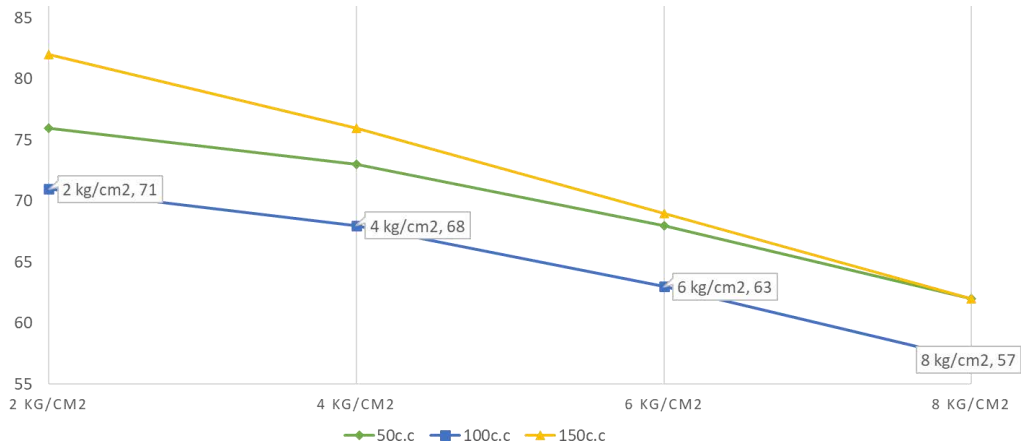


圖 59.水溫 100°C 外界溫度 31°C 打壓後降至常壓的溫度 (鋼瓶 350 c.c)

(六) 結論: 水溫 100°C 壓力 6kg / cm²150c.c 水經連續加壓及降壓測得數據。

鋼瓶為 350 c.c 內部裝 100 c.c 的液體，降溫效果最好，平均作動五次即能讓 100°C 水降至 7°C。

表 6 為循環 5 次測量出溫度變化最佳效果

	水溫	結果
第一次	100°C	69°C
第二次	69°C	32°C
第三次	32°C	22°C
第四次	22°C	13°C
第五次	13°C	7°C

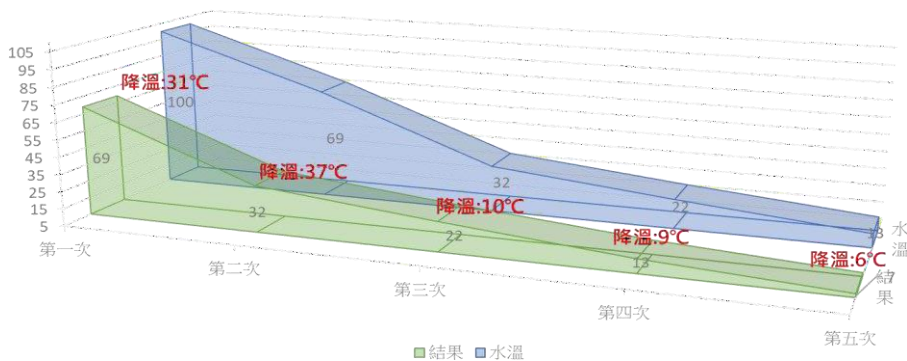


圖 60.水溫 100°C 壓力 6kg / cm²150c.c 水經多次連續打壓及降壓測得數據。

伍、討論

一、創意性問題：

(一)、在不改變飲料口感下，降低溫度符合消費者需求。

(二)、在不大幅修改飲料店設備下達成速冷需求。

二、可行性問題：

(一)、壓縮空氣來源。

壓縮空氣來源必須乾淨、清潔、衛生，符合食品衛生法規要求，因此壓縮空氣來源尚須尋求更佳來源。

(二)、成本符合業者需求。

本項裝置成製作成本是否可以提升業者經濟效益，讓業者有意願選用，並能提升飲料之口感，提升業者信譽，維持品質穩定性。

(三)、階段性急速降溫。

現階段降溫程序使用人工進行循環，易造成汙染，也無法提升效率，因此須將程序自動化完成，可控制循環之階段及冷度，達到急速降溫之目的。

(四)、製冷程序再簡化。

可以運用壓力調節閥調整壓力大小，以達快速製冷並控制溫度，自動化亦可簡化程序，增加效率。

三、效益性問題：

(一)、製冷循環過程是否達經濟效益。

手動循環無法達成經濟效益，應能持續改進，達成速冷，循環次數降低等，自動化之改良亦是提升經濟效益的方法之一。

(二)、能否維持飲料本身品質及衛生。

若改良為自動化後受外界環境之影響會降低，因為制冷器未使用冰塊，所以無稀釋之問題，可維持冷飲之品質一致，循環後直接裝杯提升衛生。

四、競爭性問題：

(一)、能否急速降溫熱飲。

本項目在制冷效益方面無疑問能達成，並能調整空氣壓力使冷度可接受控制，能符合消費者對冷度的不同需求。

(二)、達成之效益比製作冰塊過程省電、省時間、較衛生。

省時部分因應在調整壓力大小及自動化後達成，省電部分因未做相關測試尚待

確認，衛生部分在於壓縮空氣要如何能符合「食品安全衛生法規」，運用食品及高壓鋼瓶氣體或更改壓縮機之過濾系統直接供壓。

(三)、壓力、體積比例設定。

現用鋼瓶為一般飲料調製用雪克杯，耐壓程度不足(最大 8kg/cm^2)，應能改善耐壓程度，將可再提升耐壓力程度及容量提升，將可以調整壓力及體積。

(四)、能否克服環境及現有設備障礙。

本制冷系統加裝管線及瓶身隔熱裝置，減少外界溫度的直接影響，即能克服，設備障礙主要為能符合「食品安全衛生法規」，對高壓空氣來源尚須克服即可達成。

陸、結論

一、實務降溫方法

運用理想氣體方程式波義耳 $PV=nRT$ 及給呂薩克定理 $P \propto T$ 、 $V \propto T$ ，當把壓力打入瓶中後，利用洩壓時壓力變化，溫度會瞬間降溫的特性，快速洩氣，可使瓶中液體快速降溫到自己想要的溫度。

二、實務冷卻效果

利用瞬間洩壓的結果實測出的數據發現了打入 6kg/cm^2 壓力、水量 100c.c 的時候在任何的溫度瞬間降溫效果最為理想，另外在 6kg/cm^2 壓力、水溫 80 度、水量 100c.c 的時候降溫幅度最高在瞬間降了 $45\text{ }^\circ\text{C}$ ，重複降溫 5 次 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 的熱水可以降到低於 $7\text{ }^\circ\text{C}$ ，冷卻效果比冰塊佳。

定容下壓力變化使溫度降低，壓力愈大下降溫幅度愈大，因此可以運用壓力調節器設定壓力值，減少循環降溫次數。

三、最終的實驗作品

經過不斷的修改實驗數據及記錄分析，得到初步的結論，即鋼瓶為 350 c.c 內部裝 100 c.c 的液體，降溫效果最好。在整個降溫過程中也需要配合第二個鋼瓶的排氣，因此也安裝了液、氣分離的排氣孔效果很好。

現階段測試使用空壓機為氣體壓力來源，亦有衛生問題會發生，所以應改善氣體來源為乾淨氣體，如高壓氣瓶，或直接空壓機提供壓力源。

四、未來展望及精進

來在飲料降溫這方面，希望高壓氣產生壓差的降溫系統，可以取代現在市場用來降溫飲料用的冰塊，目前研究出來的這個系統不但比冰塊來得衛生安全，在產生制冷的

時間及消耗的能量都來的環保，只需接上高壓空氣就能在 1 分鐘內降到低溫，如果使用傳統的降溫方法製冰塊衛生是一個很嚴重的問題，且冰箱需使用大量的電力，飲料冰在裡面也需要一段時間才有辦法降溫，但這系統還有許多需要改進的地方，在未來希望有辦法解決並且可以進入市場，減少在製作飲料時候必要的能源消耗，也能提高業者在生產過程中的品質、速度。

未來精進方向

- (一)、改良現有降溫循環模式，讓循環為自動化，以達到快速制冷效果。
- (二)、改善手搖杯鋼瓶抗壓能力及體積容量，讓降溫速度加快容量增加。
- (三)、運用壓力調節器，讓降溫溫度可接受直接控制。

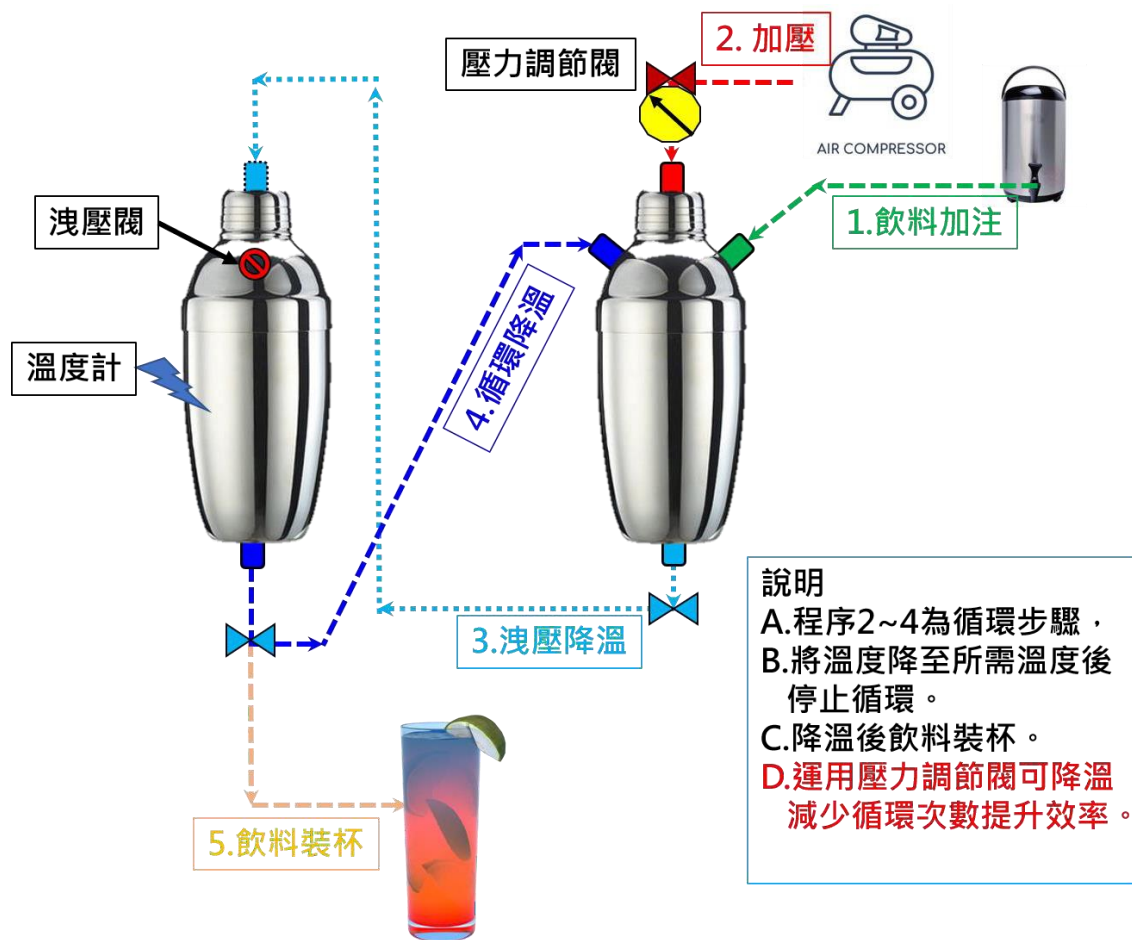


圖 61.循環改良精進示意圖

柒、參考文獻資料

一、網路文獻

波義耳(西元 1662 年)，波義耳定律，民 110 年 9 月 6 日

取自 <https://www.newton.com.tw/wiki/波義耳定律>

二、網路文獻

約瑟夫·傅立葉(西元 1824 年)，溫室效應，民 110 年 9 月 20 日

取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/温室效应>

三、研究、技術報告

市政署(西元 2014 年)，市政署食品安全廳，民 110 年 10 月 06 日

取自市政署

【評語】 052303

1. 作品依據理想氣體狀態方程式，把壓縮空氣打入瓶中後，快速洩壓，使瓶中液體迅速降溫到自己想要的溫度，達到速冷的目的，可以說以實作驗證理想氣體方程式波以耳定律與給呂薩克定律，未來擬應用的場域為手搖冷飲，具創新性。
2. 研究過程及方法說明尚稱清楚，並對作品進行實測，已達初步的成效，建議應該對加強降溫成果好壞程度與系統整體效益進行評估。能量守恆的物理機制應有更明確說明，如快速卸壓是使原本瓶中氣體溫度降低，不是想要被降溫的液體，氣體的熱含量又遠小於液體，如何達成液體降溫的，可進一步了解。
3. 手搖冷飲使用冰塊維持冷度，藉由持續緩慢的相變化，讓液體在受到環境加溫時，能夠吸熱而不降溫(溶解潛熱吸收)，除非冰塊完全溶解，才會由升溫進行顯熱的吸收，所以使用冰塊還有持續保冷的機制。打入高壓氣體雖然能讓液體降溫，可能要評估要多大的系統才足以使部分液體凝固，即使部分液體凝固，可能無法達成手搖冷飲的效果，所以如何應用於手搖冷飲可能要進一步評估。
4. 作品可對於實際應用上的安全性和效益再進行更深入的探討。

作品簡報

科別：工程學科(一)
組別：高級中等學校組
作品名稱：大氣乾坤急速降溫
關鍵詞：速冷、氣壓降、手搖杯



研究動機



01 全球暖化的嚴重性



02 食品安全與衛生議題

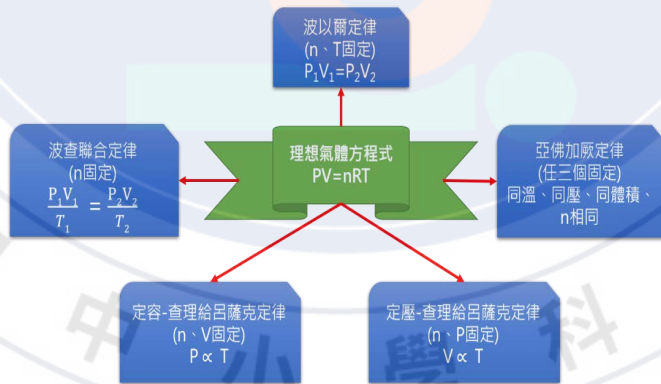


03 理想氣體方程式和波義爾定律



全球暖化

冰塊生菌數超標
一芳、茶湯會都中標



理想氣體方程式： $PV = nRT = Nk_B T$

①當R帶入 $0.082 \text{ atm} \cdot \ell / \text{mol} \cdot \text{K}$ 時，P用「atm」、V用「 ℓ 」、T用「K」、n用「mol」

②當R帶入 $8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ (M.K.S制)時，P用「Pa」、V用「 m^3 」、T用「K」、n用「mol」

③若將莫爾數n改成分子數N： $N = nN_0$ ，則

$$PV = nRT = \frac{N}{N_0} RT = N \frac{R}{N_0} T = Nk_B T$$

常數 k_B 稱為波茲曼常數

研究動機

01 全球暖化的嚴重性

近年來全球暖化導致氣溫逐年升高，造成生活中酷暑的影響讓人希望清涼消暑，喝一杯冰涼的飲料，緩解人們在溫室效應下的所帶來的酷熱感。

冷飲市場的需求也持續的上升，冷飲店一間又一間接著開形成製冰機也不斷增加產生CO₂排放，反而更增加全球暖化所帶來的溫室效應。

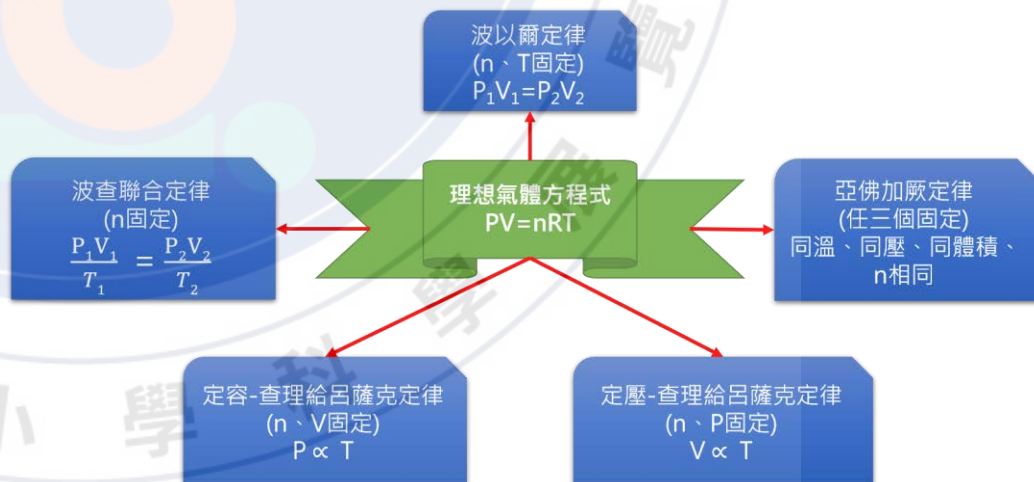
02 食品安全與衛生議題

製冰機製冰過程，使用了未清潔消毒過水源及機體，造成個人不適、疾病等等，形成相當大的食安問題。消費者如果食用了這些未經過消毒殺菌過的冰塊，容易造成大腸桿菌感染腹瀉。

03 波義爾定律及給呂薩克定律

在熱力學裏，描述理想氣體宏觀物理行為的狀態方程式稱為理想氣體狀態方程式(ideal gas equation of state)。

理想氣體定律表明，理想氣體狀態方程式 $PV=nRT=Nkt$ 亦可寫為 PV/T 波以耳-馬略特定律 (英語：Boyle's law)



研究目的

01速冷

- 1.當把壓力打入瓶中後，快速洩壓，瞬間膨脹可使瓶中液體快速降溫。
- 2.我們分別用渦流管及空氣槍做實驗結果以空氣槍效果較佳。
- 3.渦流管需持續供壓，方能持續降溫，而空氣槍一次供壓後即能迅速降溫。
- 4.現階段製作成品以空氣槍模式改良手搖杯製作。

02口感

冰塊融化會把飲料調製比例給稀釋掉，融化在飲料中的水分，會造成喝飲料時影響到飲料的口感。

03冰塊冷飲衛生問題

時常看到新聞因為生菌數超標造成消費者身體的情形，可能是四大原因造成，其中以「生菌數過高，或是大腸桿菌超標，容易發生在冰塊不乾淨的情形上。

在冰塊、飲料常見的微生物檢驗項目「衛生指標菌」，包括生菌數、大腸桿菌群及大腸桿菌，這三個項目又稱為「衛生指標菌」，因為實務上無法去監測食品中每一種有害微生物，且致病菌的檢驗通常需要花費好幾天，衛生指標菌的檢驗方法相對較為簡單快速，若是衛生指標菌超過該食品的衛生標準時，極有可能是因為食品的製作過程中衛生條件不良所導致。

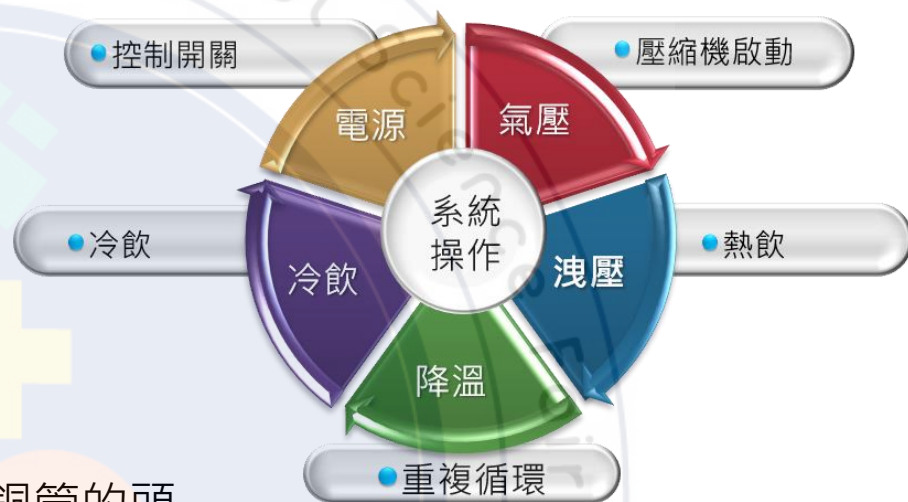
研究過程及方法



研究流程



系統使用流程



研究方法

(一) 高壓氣進入鋼瓶中銅管:

用銅管捲成螺旋狀放入鋼瓶中，銅管的頭端灌入高壓氣，氣體銅管尾端排出，高壓氣在螺旋銅管中的時候，使瓶中的液體降溫。

(二) 高壓氣直接灌入鋼瓶:

高壓氣直接打入鋼瓶接觸液體，快速洩壓瓶中的高壓空氣，可使瓶中液體快速降溫。



研究過程



設計模擬



測試改良



改裝設計



實體製作

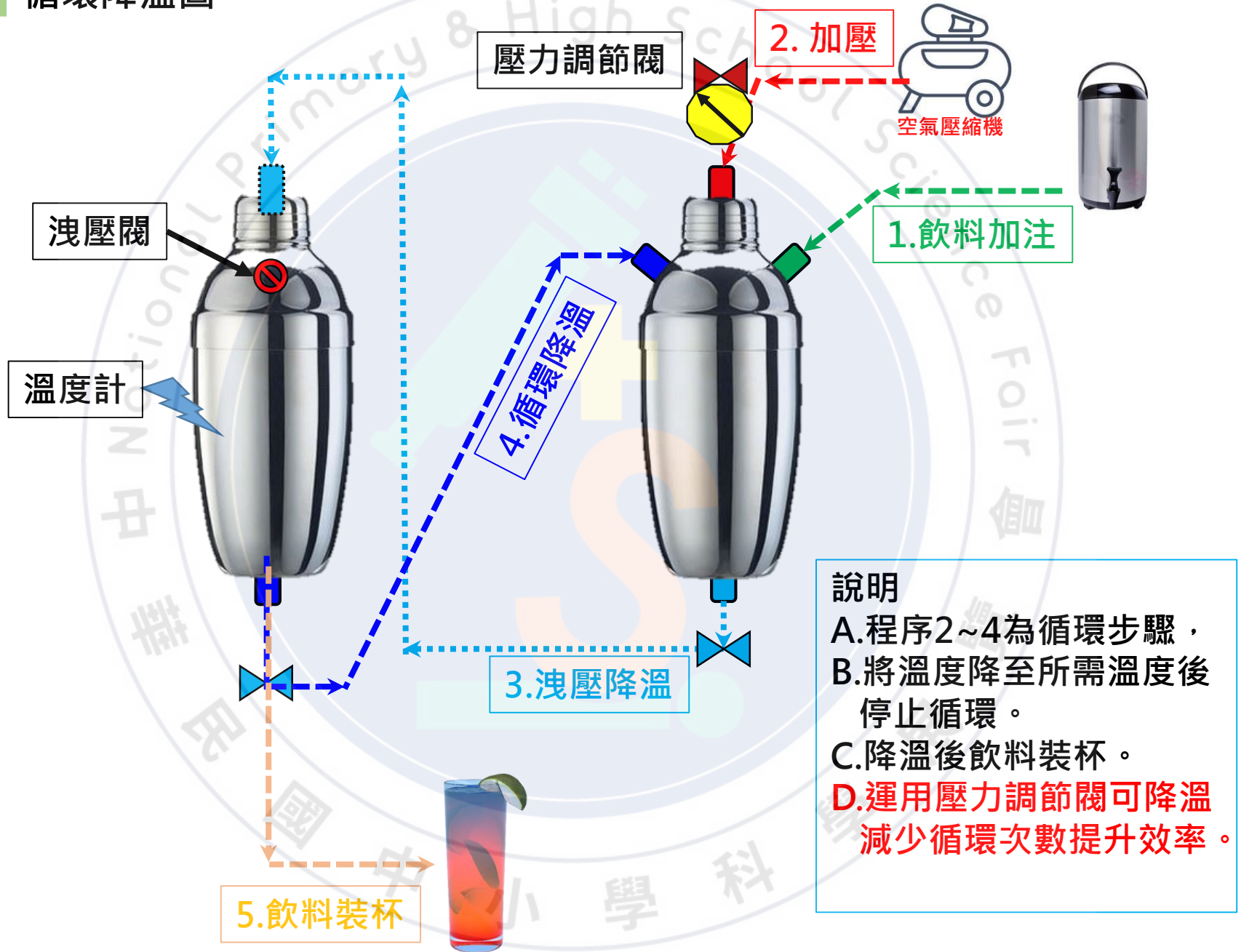


組裝測試



完成

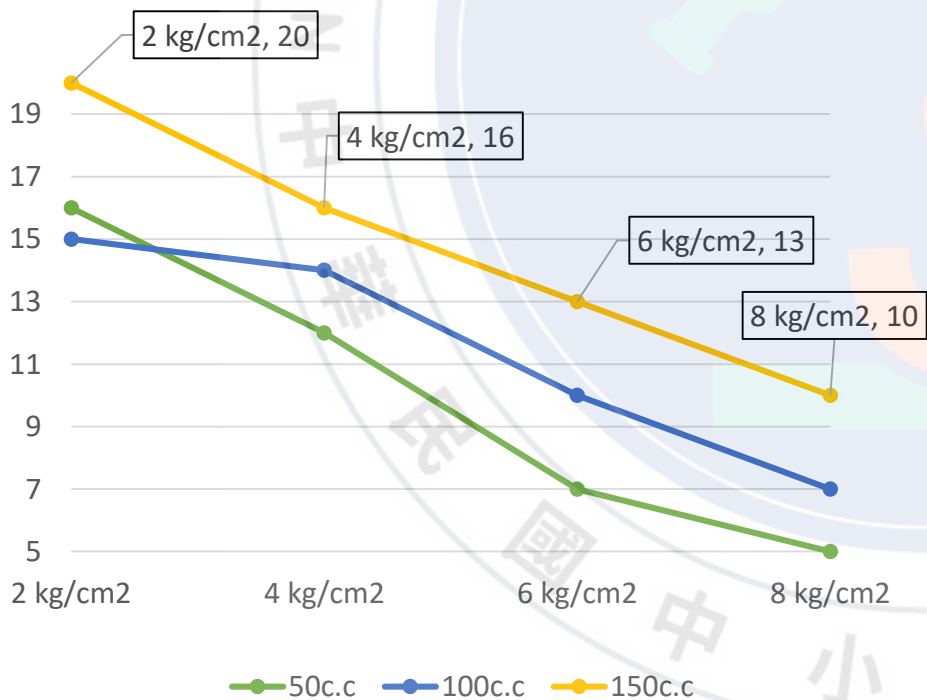
循環降溫圖



實驗數據一

條件:水溫20°C外界溫度31°C打壓後降至常壓的溫度及時間(鋼瓶容積350 c.c)

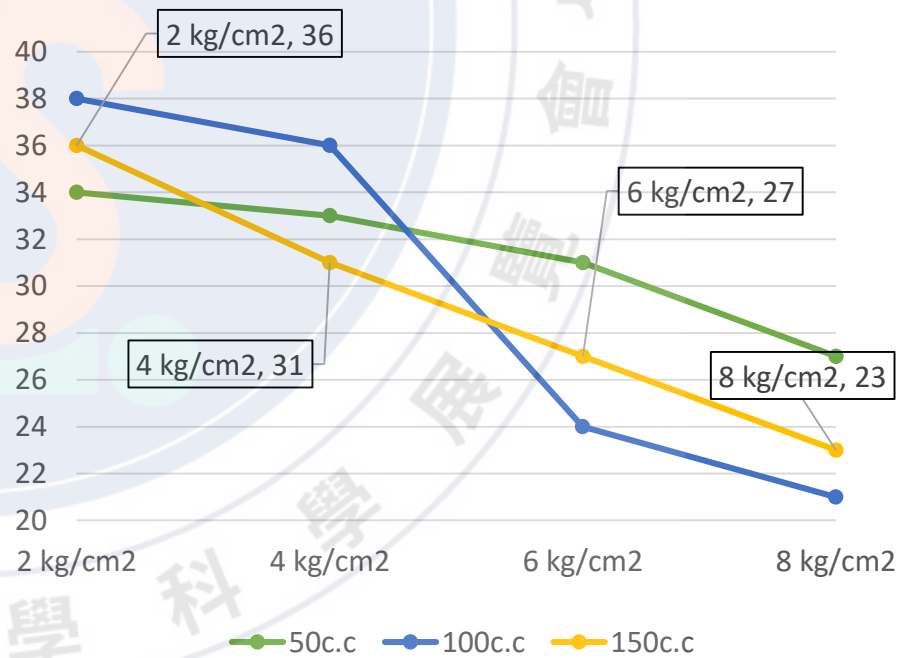
	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	20	50	16	2	20	100	15	2	20	150	20
2	4	20	50	12	4	20	100	14	4	20	150	16
3	6	20	50	7	6	20	100	10	6	20	150	13
4	8	20	50	5	8	20	100	7	8	20	150	10



實驗數據二

條件:水溫40°C外界溫度31°C打壓後降至常壓的溫度及時間(鋼瓶容積350 c.c)

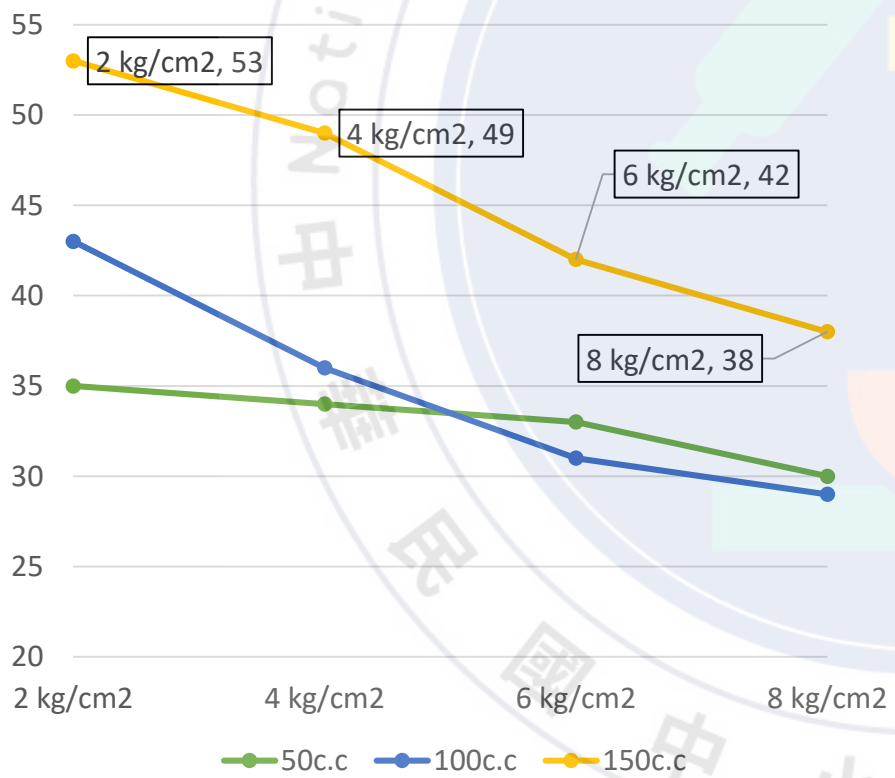
	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	40	50	34	2	40	100	38	2	40	150	36
2	4	40	50	33	4	40	100	36	4	40	150	31
3	6	40	50	31	6	40	100	24	6	40	150	27
4	8	40	50	27	8	40	100	21	8	40	150	23



實驗數據三

條件:水溫60°C 外界溫度31°C 打壓後降至常壓的溫度及時間(鋼瓶容積350 c.c)

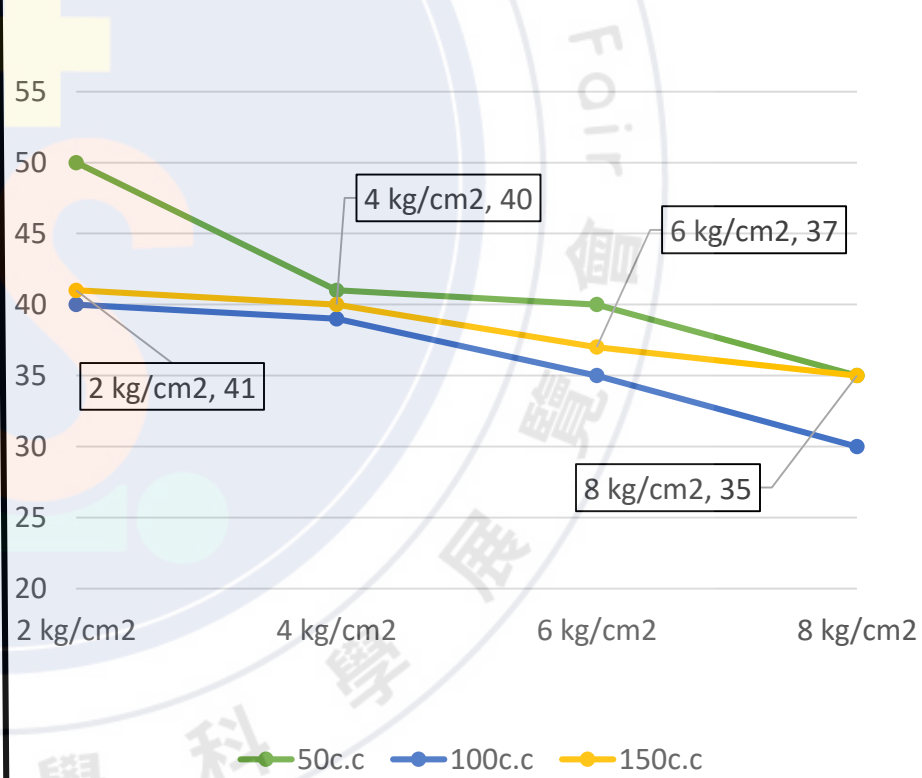
	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	60	50	35	2	60	100	43	2	60	150	53
2	4	60	50	34	4	60	100	36	4	60	150	49
3	6	60	50	33	6	60	100	31	6	60	150	42
4	8	60	50	30	8	60	100	29	8	60	150	38



實驗數據四

條件:水溫80°C 外界溫度31°C 打壓後降至常壓的溫度及時間(鋼瓶容積350 c.c)

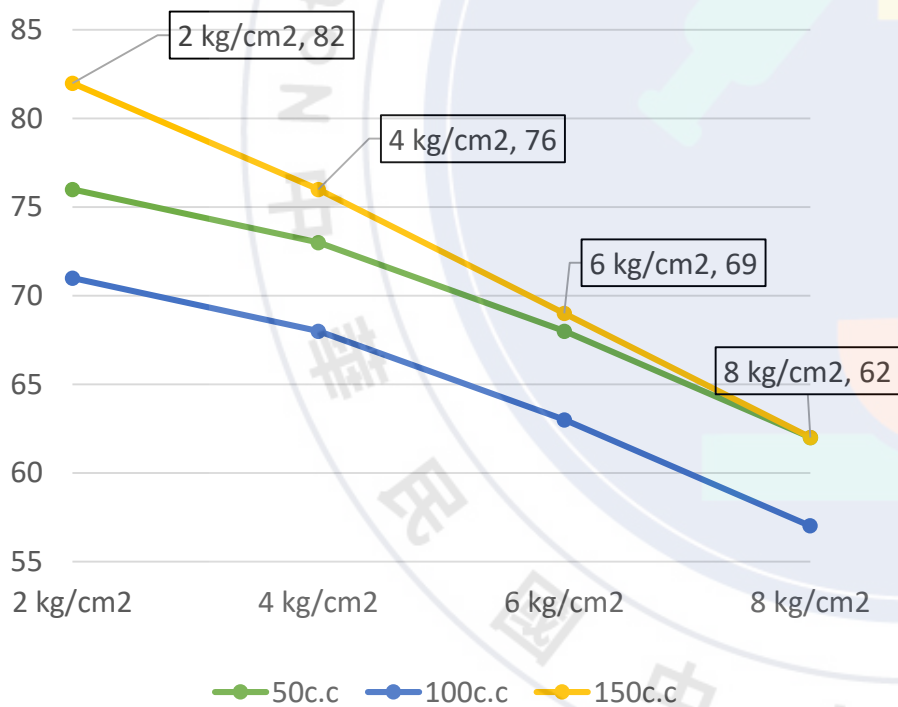
	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	80	50	50	2	80	100	40	2	80	150	41
2	4	80	50	41	4	80	100	39	4	80	150	40
3	6	80	50	40	6	80	100	35	6	80	150	37
4	8	80	50	35	8	80	100	30	8	80	150	35



實驗數據五

條件:水溫100°C外界溫度31°C 打壓後降至常壓的溫度及時間(鋼瓶容積350 c.c)

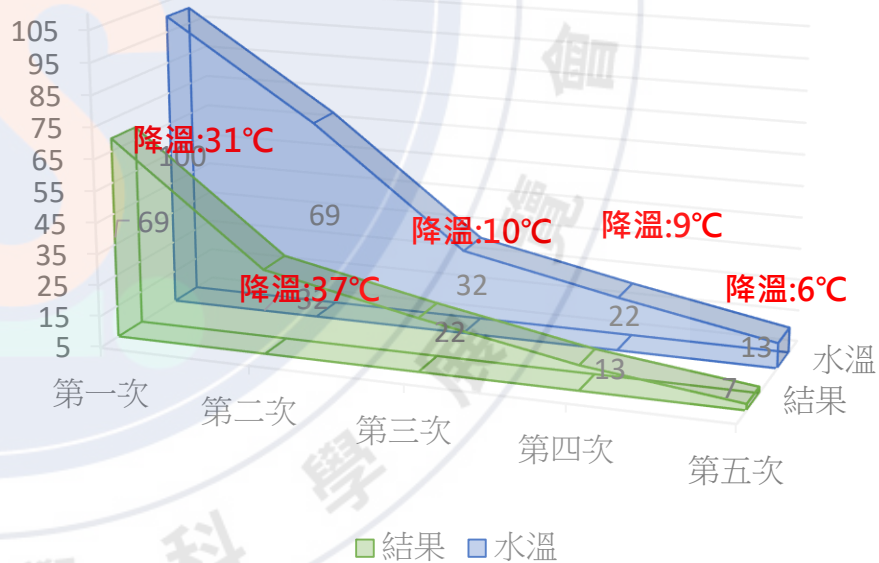
	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)	壓力 (kg/cm ²)	水溫 (°C)	水量 (c.c)	結果 (°C)
1	2	100	50	76	2	100	100	71	2	100	150	82
2	4	100	50	73	4	100	100	68	4	100	150	76
3	6	100	50	68	6	100	100	63	6	100	150	69
4	8	100	50	62	8	100	10	57	8	100	150	62



實驗數據六

結論: 水溫100°C壓力6kg/cm²150c.c水經多次連續打壓及降壓測得數據。鋼瓶為350 c.c內部裝150 c.c的液體，降溫效果最好，平均作動五次即能讓100°C水降至 7°C。

	水溫 (°C)	結果 (°C)
第一次	100°C	69°C
第二次	69°C	32°C
第三次	32°C	22°C
第四次	22°C	13°C
第五次	13°C	7°C



創意性問題

- 1.在不改變飲料口感下，降低溫度符合消費者需求。
- 2.在不大幅修改飲料店設備下達成速冷需求。

可行性問題

- 1.壓縮空氣來源
- 2.成本符合業者需求
- 3.階段性急速降溫
- 4.製冷程序再簡化

競爭性問題

- 1.能否急速降溫熱飲
- 2.達成之效益比製作冰塊過程省電、省時間、較衛生
- 3.壓力、體積比例設定
- 4.能否克服環境及現有設備障礙

效益性問題

- 1.製冷循環過程是否達經濟效益。
- 2.能否維持飲料本身品質及衛生。

01 實務降溫方法

運用理想氣體方程式波義耳 $PV=nRT$ 及給呂薩克定理 $P \propto T$ 、 $V \propto T$ ，當把壓力打入瓶中後，利用洩壓時壓力變化，溫度會瞬間降溫的特性，快速洩氣，可使瓶中液體快速降溫到自己想要的溫度。

02 實際冷卻效果

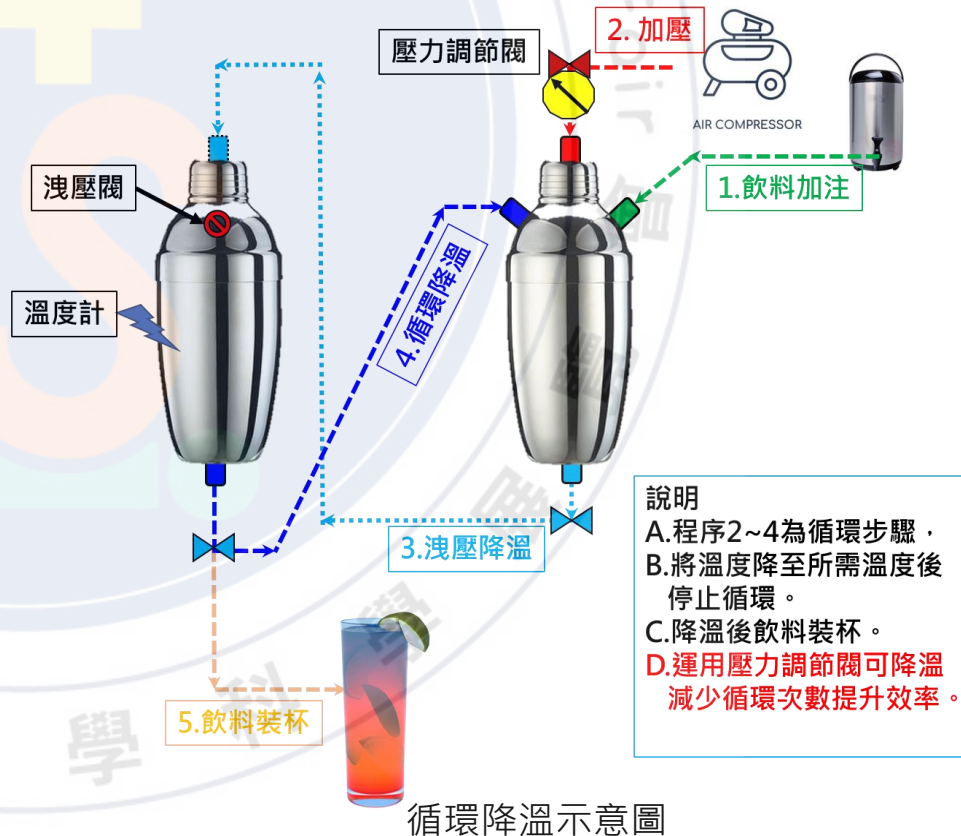
我們利用瞬間洩壓的結果實測出的數據發現了打入 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 壓力、水量 100c.c 的時候在任何的溫度瞬間降溫效果最為理想，另外在 $6\text{kg}/\text{cm}^2$ 壓力、水溫 80 度、水量 100c.c 的時候降溫幅度最高在瞬間降了 45°C ，重複降溫 5 次 100°C 的熱水可以降到低 7°C ，冷卻效果比冰塊佳。定容下壓力變化使溫度降低，壓力愈大下降溫幅度愈大，因此可以運用壓力調節器設定壓力值，減少循環降溫次數。

03 問題改善

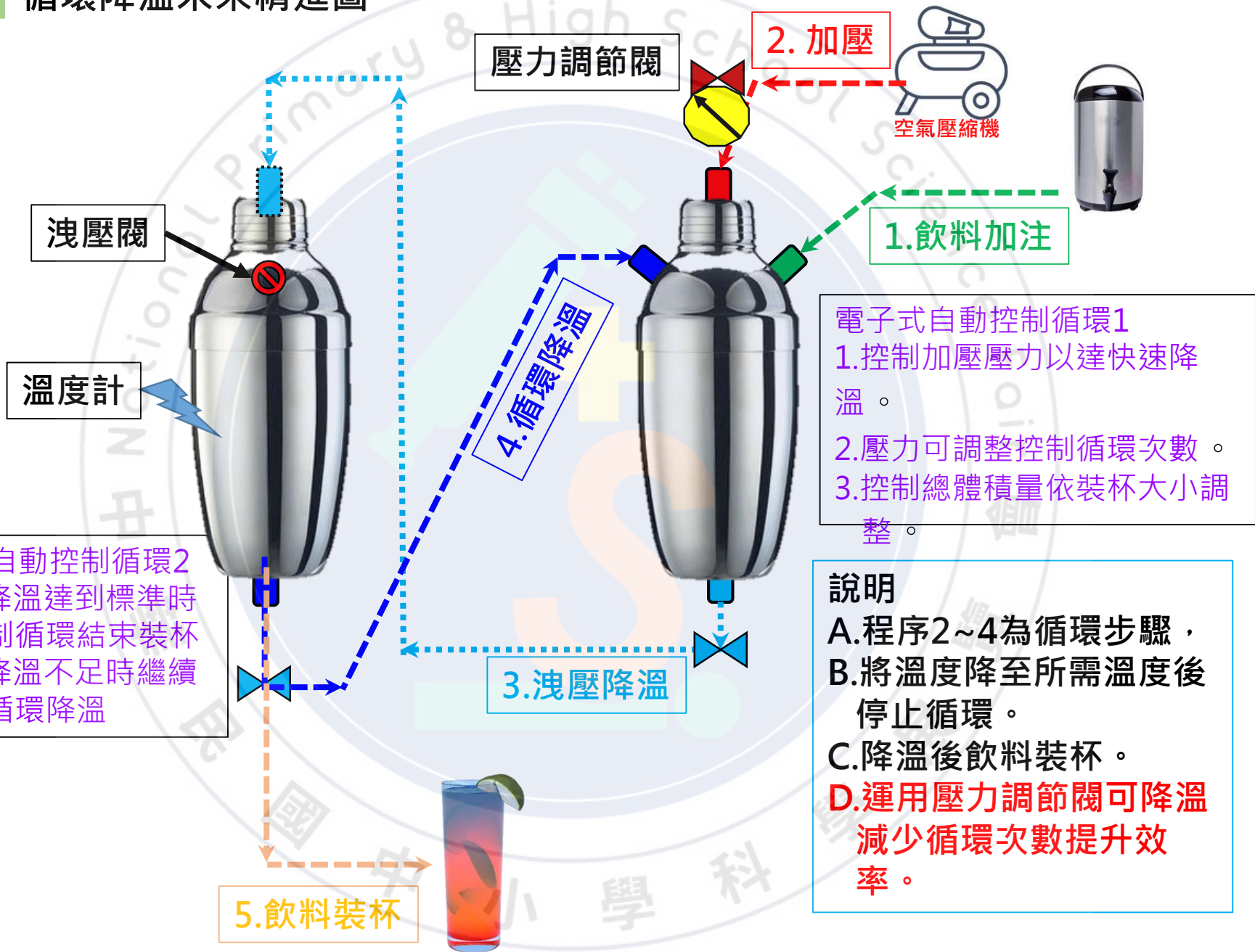
現階段測試使用空壓機為氣體壓力來源，亦有衛生問題會發生，所以應改善氣體來源為乾淨氣體，如高壓氣瓶，或直接空壓機提供壓力源。

04 未來展望

- 1.改良現有降溫循環模式，讓循環為自動化，以達到快速制冷效果。
- 2.改善手搖杯鋼瓶抗壓能力及體積容量，讓降溫速度加快容量增加。
- 3.運用壓力調節器，讓降溫溫度可接受直接控制。



循環降溫未來精進圖



電子式自動控制循環1

1. 控制加壓壓力以達快速降溫。
2. 壓力可調整控制循環次數。
3. 控制總體積量依裝杯大小調整。

說明

A. 程序2~4為循環步驟，

B. 將溫度降至所需溫度後停止循環。

C. 降溫後飲料裝杯。

D. 運用壓力調節閥可降溫減少循環次數提升效率。

電子式自動控制循環2

1. 溫度降溫達到標準時即控制循環結束裝杯
2. 溫度降溫不足時繼續加壓循環降溫