

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：風能發電-海上都市自主供電計畫

一、摘要：

本計畫考慮到未來的溫室效應造成海平面上升，其對人口產生變化而產生的能源危機，進而模擬出建築位於海平面上以及其自主供電的模式，比較各類再生能源之開發效益，認為在都市中能發展的能源以風力發電為最大效益產生者，故決定以風力發電作為此計畫主要模擬對象。

此模擬計畫中，我們運用應用縮流效應 (Contracta Effect) 將風能壓縮，並與貝茨定律 (Betz'Law) 結合討論風能與動能的轉換率，令風力發電能最大效益化。並使用其產生電能使都市內的供電能自給自足，同時在電容中儲電。

綜上所述，風力發電的可行性高，能在未來再生能源中產生巨大效益。

二、探究題目與動機

2050 年，聯合國預估七成人口將居住於都市內，但同時海平面將上升將近 90 公分，陸地面積越來越狹小，建造海上都市是勢在必行的，但是這樣一個海上都市，能源供給勢必成為一個問題，為了化解問題，勢必要讓都市能自行產能。以下列舉較有前瞻性的再生能源進行比較：

一、太陽能：海上都市內每戶平均分配到建築的屋頂面積較少，並且考量到太陽仰角及建築物高度、密集度，可能產生遮蔽的問題，太陽能發電較適合陸地上範圍廣且高樓少或不密集的地方。

二、生質能：生質能需要經過每一棟建築的分類及運送，來完成發電的前置作業，產生電

能後也有其他運送的過程需考量，再加上需要由焚化爐來運作，需要有一塊地直接使用，在海上且大量人口聚集的都市不符合經濟效益，因此較不適合當作未來海上都市的主要發電來源。

三、風能：風能發電機可於每棟建物中央或屋頂上裝置，並且較不會遮蔽到其他建物接收風能，產生的電能也可直接供給或儲存於建物中，所佔的都市空間也相對較低，所佔的都市空間也相對較低，較適合做為未來海上都市的主要發電來源。

綜上述比較，本創作主要針對風能探討，當風能發電裝置裝配於屋頂或建物中央時，能有效的接收風能並發電，且通過的風得由下一臺風能發電裝置接收，不會阻擋風能再利用，另外根據參考文獻[1] [2]所示，透過風罩集散風能有效改變風力能發電效率，本創作將延伸該研究，期望以建物模型達成建物自行發電的模擬並最佳化發電效率。

本研究相關性在於：

- (一) 應用縮流效應 (Contracta Effect) 將風能壓縮，並與貝茨定律 (Betz'Law) 結合討論風能與 動能的轉換率[5]。
- (二) 動生電動勢 (Motional EMF) 與發電機效益的轉換率及最大化[3]。
- (三) 因應海平面上升促成的居住型態改變及能源危機

三、探究目的與假設

本創作大致分三部分進行，第一部分探討建物設計形狀達成產能狀態，並測得發電效率，達成都市建物自行產能的目的；第二部分將風能發電裝置搭配儲能裝置，達成都市建

物自行儲能的目的；第三部分打造類都市環境，嘗試穩定輸出電能，達成都市建物自行供能的目的，最終達成都市自主產能、儲能及供能的狀態。

一、建物型態設計，證實建物自行產能

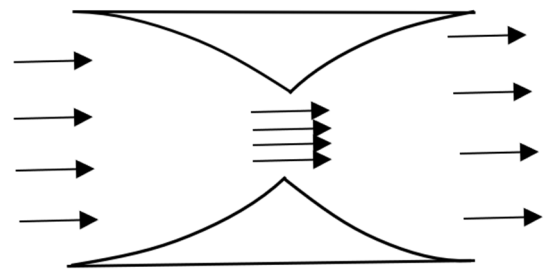
(一) 建物設計開口狀態 (如圖一)

二、電路連接，證實建物自行儲能

(一) 以電容儲能並穩定供能

三、模擬都市環境，證實建物能供能

(一) 模擬都市環境 (耗能)



(圖一) 建築物開口狀態

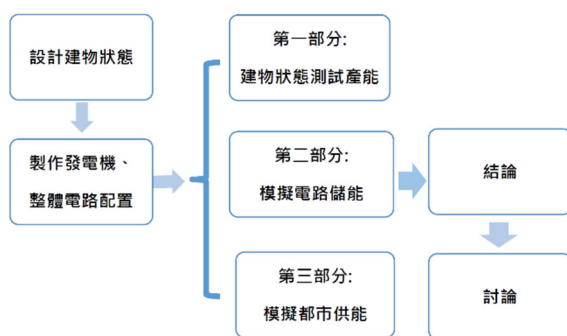
箭頭為示意風向

四、探究方法與驗證步驟

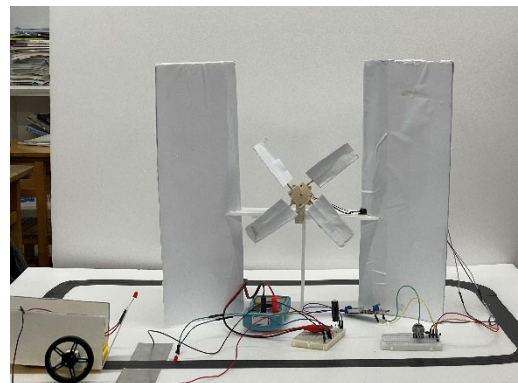
壹、探究過程

本研究首先設計建物型態，接著製作發電裝置及配置其電路。確認無誤後才進行產能、儲能及供能的測試。綜合以上結果整合，並促成結論。(如圖二)

實驗配置圖則電路配置完成後，依循電路製作。(同圖三)



(圖二) 創作流程



(圖三) 實際裝置圖

一、設計建物狀態

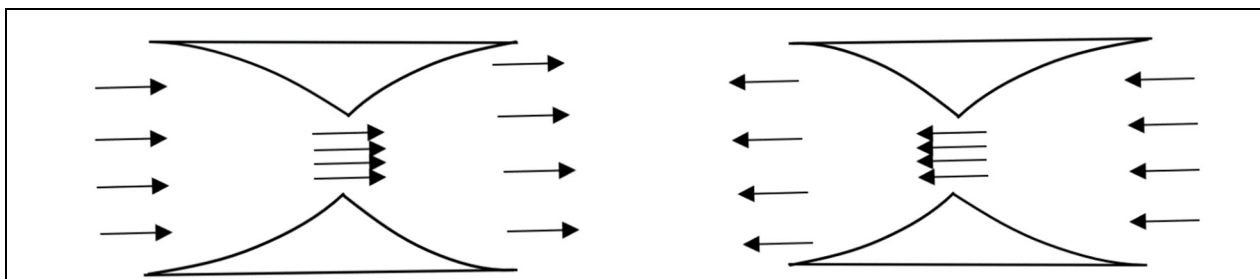
(一) 設計重點：

1. 進氣集風：使風能壓縮，風壓增大，風力隨之增強，發電效率提升。

2.排氣散風：使風力之壓力減小，加速排風，故風力增加，發電效率大幅提升。

3.雙向集散風：風能得由雙向接收，完成上述集散風之運作。（如圖四）

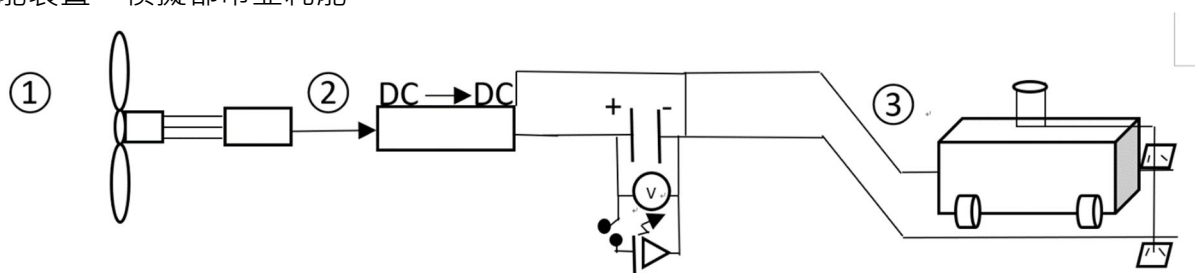
4.可調式螺距：螺距可調整至最適合當下風速之狀態。



(圖四) 雙向集散風

二、電路配置 (如圖五)

電路配置可分為三部分，第一部分為產能裝置，由風力發電機發電並將三項交流電利用六個二極體整流為直流電①；第二部分為儲能裝置，調控電壓及電容儲能；第三部分為供能裝置，模擬都市並耗能。



(圖五) 電路示意圖

①風能發電裝置 (產能) ②整流以及超級電容充電裝置 (儲能) ③SAM Labs 系統 (供能)

貳、結果

一、建築狀態測試產能

在建築物中央架設風能發電裝置，經過測試，發電裝置可順利發電，電壓值約為 3.5V (伏特) 經過變壓器可順利減壓至 2.7V (伏特)，儲能裝置 (電容) 可完成充電。

(一) 測試：

葉片傾斜角 (螺距) (度)	電壓 (伏特 V)
10	3.5
20	2.8

30	2.0
----	-----

(二) 最終規格：

葉片傾斜角 (度)	電壓 (V)	輸入電相	輸出電相	葉片半徑 (cm)
10	3.5	三項交流電	直流電	10

二、電路儲能

由風能發電機所產生的電能經過減壓輸入電容充能，並且儲能及供電時間皆符合預期效益。

(一) 電容規格：

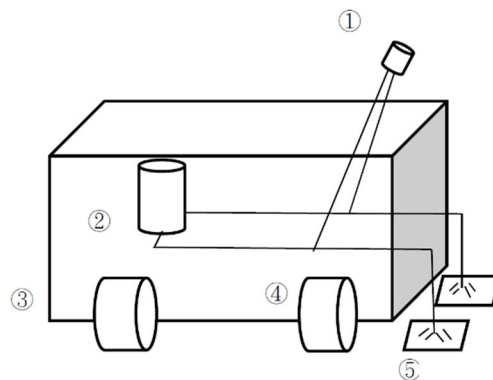
電容量 (F)	額定電壓 (V)	輸入電相	輸出電相	電容形式
10	2.7	直流電	直流電	電解電容

(二) 電容測試：

充電時間 (s)	供電時間 (發光二極體=40mA) (s)
90	750

三、模擬都市功能 (如圖六)

電容儲能連接鋁片，並在模擬交通工具上連接電刷，當模擬交通工具上的電刷經過鋁片即可以充電，並供給電能使模擬交通工具運行。



(圖六) 模擬都市交通系統示意圖

①發光二極體 ②超級電容 (10F 2.7V) ③驅動車架 ④直流馬達 ⑤電刷 (充電裝置)

五、結論與生活應用

一、能源供給在現在社會儼然成為一項問題，現今已有大量停電問題，更何況 2050 年，聯

合國預估七成人口將居住於都市內，因此如何產生足夠的能源供給都市，是一大問題，風能發電機可大量裝配於都市內，並且順利發電，因此風能發電一定是將來重要的發電來源。

二、因應海平面上升，海上都市的製作及所需能量，設計自主產能、儲能及供能的建築物，符合時下所需效益。

三、建築形狀以集散風狀態設計，可以有效的提高發電效率，可使用的電能即較多。

四、風力發電無遮蔽問題，因此於都市內裝配相對較符合經濟效益，可能產生的變數較少。

參考資料

1. 馬灝 李芷萱 李博凱 (2022) 。風能發電-探討風罩對發電效應的影響。麗山高中校內科展物理工程學科 特優。台北市高級中學。
2. 李亮澄 邱政揚 (2020) 。風力發電最大功率探討。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會工程學科(一)高中組特優。臺北市立麗山高級中學。
3. 王名儒等 (2021) 。高中選修物理 V 課本。高三 9-2 動生電動勢。
4. Author Cadence CFD (2019) 。《The Venturi Effect and Bernoulli's Principle》-文丘里效應和伯努利原理。
5. 劉昕恬 廖苑婷 (2014) 。運用抽吸效應(suction effect)減阻之研究。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會物理科高中組最佳團隊合作獎。臺北市立麗山高級中學。

附錄：圖片來源

- 1.圖一、二：作者未知 (2021) 。再生能源融入建築，MAD、Steven Holl、IAAC、Becker Architects 等建築師事務所如何設計？。網路文章。FAM 設計公司。<https://reurl.cc/Lp8nox>

