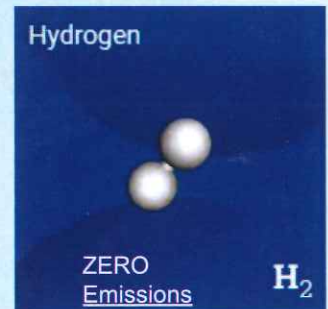
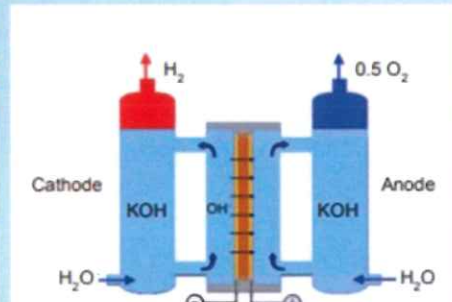


# 2023氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023Hydrogen production,  
Hydrogen Energy Development and  
Application Safety Seminar



主辦單位：勞動部職業安全衛生署 執行單位：台灣區高壓氣體工業同業公會  
協辦單位：亞洲工業氣體協會、國立臺北科技大學

2023.12.11於國立臺北科技大學



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR  
Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



台灣區高壓氣體工業同業公會  
Taiwan High Pressure  
Gas Industrial Association



亞洲工業氣體協會  
Asia Industrial Gases  
Association



國立臺北科技大學  
National Taipei University of Technology

## 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會課程表

2023 Seminar of Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and application safety

地 點:國立台北科技大學 (10608 台北市忠孝東路三段一號)

Venue : National Taipei University of Technology (1, Section 3, Zhongxiao East Rd. , Taipei)

日期: 2023 年 12 月 11 日 (一)

Date : 11 December 2023 (MON)

課程內容 Section		時間 Time	分鐘 Duration	講座 Speakers
1.	報到 Registration	08:15 ~ 09:00	45	
	開幕致詞 Opening	09:00 ~ 09:20	20	
2.	國際上氫能發展概況及國內未來應用(第 1 節) International Hydrogen Energy -Development Overview and Taiwan Future Application(Part 1)	09:20 ~ 10:10	50	Naouri Mickael 法國 (Air Liquide)氫能總監
休息 (Tea Break)		10:10 ~ 10:30	20	
3.	國際上氫能發展概況及國內未來應用(第 2 節) International Hydrogen Energy -Development Overview and Taiwan Future Application(Part 2)	10:30 ~ 11:20	50	Naouri Mickael (Air Liquide)氫能總監
4.	問題討論 Q&A	11:20~11:50	30	劉忠良及講師(Henry Liu and Naouri Mickael)
午餐 (Lunch)		11:50 ~ 12:50	60	
5.	氫氣及綠色能源製程系統簡介 Introduction to Hydrogen and green energy Process System	12:50 ~ 13:40	50	劉忠良(Henry Liu) (Air Liquide)
休息 (Tea Break)		13:40 ~ 13:50	10	
6.	氫氣加氫站安全設置標準及實務 Hydrogen refueling station safety setting standards and practices	13:50 ~ 14:40	50	許正翰 聯華林德 (linde-lienhwa)
休息 (Tea Break)		14:40 ~ 15:00	20	
7.	液氫儲存及運輸相關規定及實務 Relevant regulations and practices of liquid hydrogen storage and transportation	15:00 ~ 15:50	50	Bertrand Le Faou 法國 (linde Electronics)
8.	結論及問題討論 Conclusions and Closing	15:50 ~ 16:30	40	呂憲章(Jimmy Lu)及講師(劉 忠良、Bertrand Le Faou、許正翰)



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR

Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



Taiwan High Pressure Gas  
Industrial Association



Asia Industrial Gases  
Association



國立臺北科技大學  
National Taipei University of Technology

National Taipei University of  
Technology

# 目 錄

## Table of contents

一、 國際上氫能發展概況及國內未來應用-----	1
1. International Hydrogen Energy Development Overview and Taiwan Future Application	
二、 氫氣及綠色能源製程系統簡介-----	22
2. Introduction to Hydrogen and Green Energy Process System	
三、 氫氣加氫站安全設置標準及實務-----	31
3. Hydrogen Refueling Station Safety Setting Standards and Practices	
四、 液氫儲存、處理和分配的安全性-----	55
4. Safety in Storage Handling and Distribution of Liquid Hydrogen	

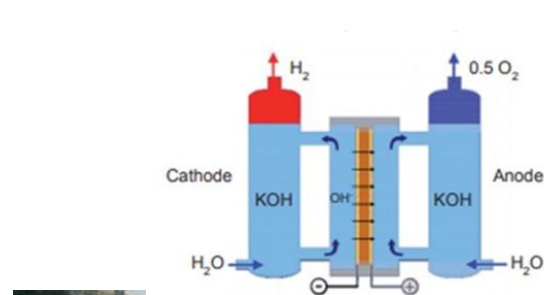
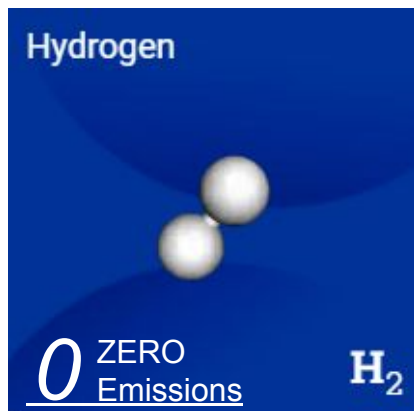
## 一、國際上氫能發展概況及國內未來應用

### 1. International Hydrogen Energy Development Overview and Taiwan Future Application



# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR

Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



Taiwan High Pressure Gas Industrial  
Association



Asia Industrial Gases  
Association



National Taipei University of  
Technology

# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar

---

## 國際上氫能發展概況及國內未來應用

**Subject: International Hydrogen Energy Development Overview and  
Taiwan Future Application**

Speaker 演講者: Naouri Mickael

氫能高級事務總監 / Air Liquide

- Employer: Air Liquide China (Holding) Co., Ltd  
工作單位: 液化空氣(中國)投資有限公司
- Position: Hydrogen Energy Marketing Director,  
職位: 氫能市場總監

# 氢能全球发展概览

global H2E development

2023年11月



# Air Liquide Group 2022 Key Figures and Essential Small Molecules

## 液化空氣集團



**~67,100**  
EMPLOYEES



PRESENT IN  
**73** COUNTRIES



MORE THAN  
**3.9** MILLION  
CUSTOMERS &  
PATIENTS



REVENUE  
**€29.9bn**



NET PROFIT  
(GROUP SHARE)  
**€2.8bn**



INVESTMENT  
DECISIONS  
**€4bn**



OXYGEN



NITROGEN



ARGON  
AND RARE  
GASES



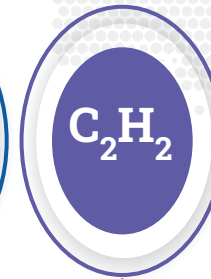
HYDROGEN



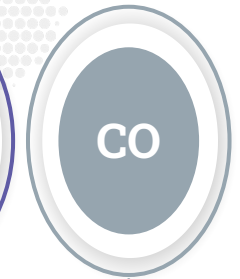
HELIUM



SILANE



ACETYLENE



CARBON  
MONOXIDE

# CO2 emissions abatement : setting trajectory to reach carbon neutrality

二氧化碳减排: 設定目標, 實現碳中和

**Air Liquide  
Global  
Commitments**  
液化空氣全球承諾



CO2 emissions **start decreasing** in absolute value  
CO2排放量的絕對值開始下降



Reach **Carbon Neutrality** by **2050**  
到2050年實現碳中和



~2025

2035

2050

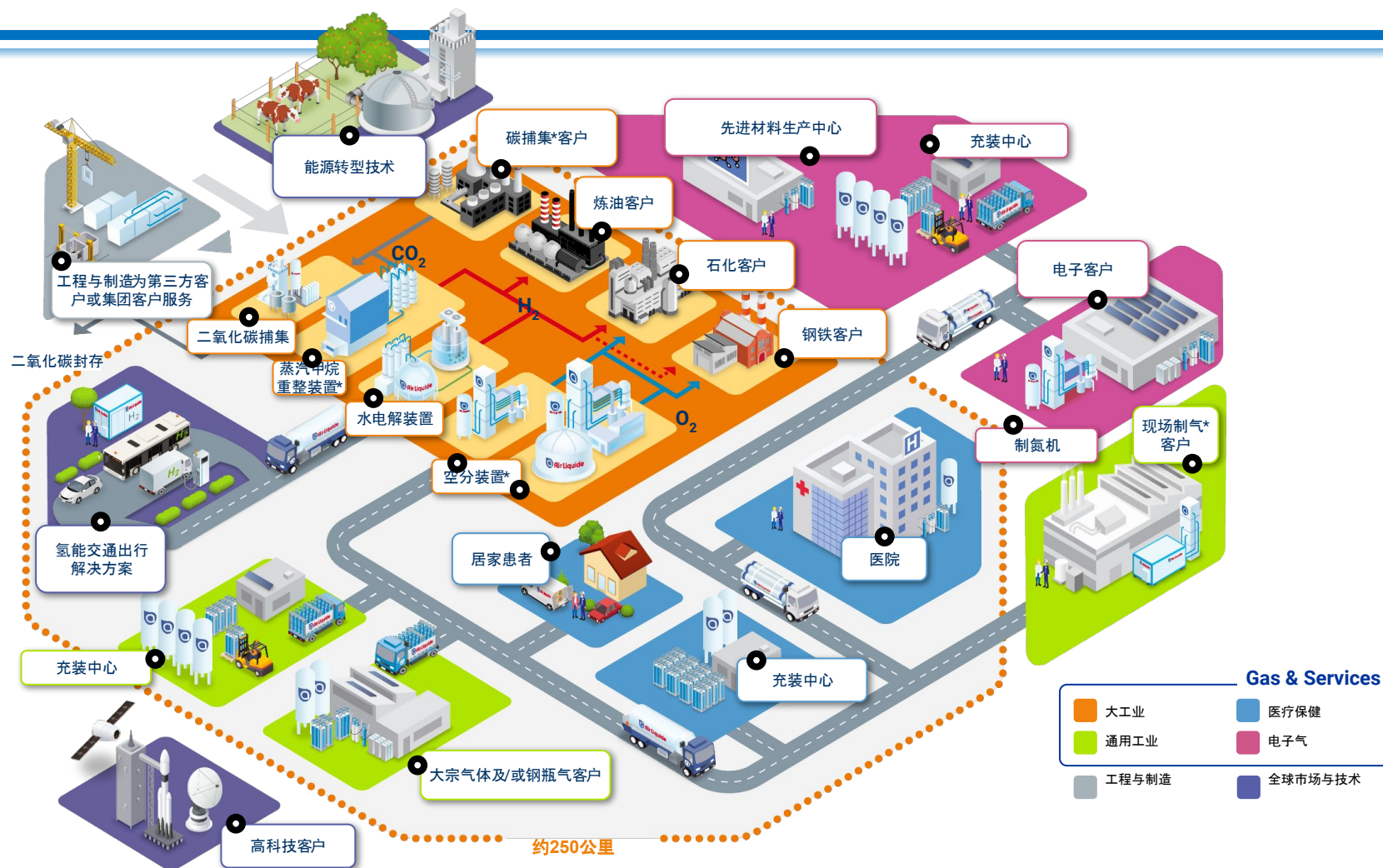
**-30%**

**Carbon intensity 碳强度**  
in kg CO<sub>2</sub>/€ EBITDA<sup>(a)</sup>  
vs 2015年

**Decrease** scope 1 & 2  
CO2eq emissions in  
**absolute value** by **-33%<sup>(b)</sup>**

將範圍 1 和 2 CO2當量排  
放量的絕對值減少 -33%

# Air Liquide Business model 液化空氣業務模式

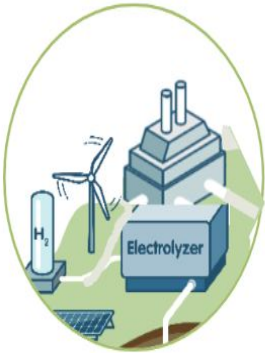


# Already acting on the energy transition

已經在能源轉型方面採取行動

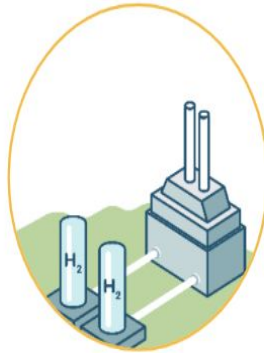
Air Liquide is already acting for the energy transition providing innovative solution and acting on three levels

“Walk the talk”  
reduce the CO2 footprint  
of our assets



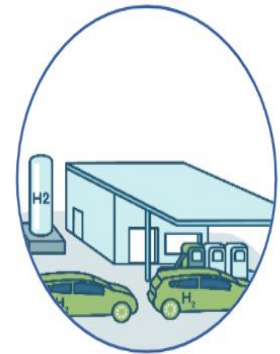
*Ex: Renewable Energy  
Sourcing*

Enable **Energy Transition of**  
“hard-to-abate” industry  
customers



*Ex: H2 steel making,  
CCUS*

Build positions in  
**selected mobility**  
markets



*Ex: Innovative Markets*



# Progressively building the H<sub>2</sub> economy 逐步打造H2經濟



Markets 市場

政策 Policies

**CHANGE**  
Hydrogen Council

Technologies 技術



# 60 years of development in Hydrogen for our customers

## 為客戶提供超過60年的氫氣服務



### Whole Value Chain 全產業鏈

#### → Production 生產



#### → Supply-chain 供應鏈



#### → Applications 應用



### Markets Segments 細分市場

#### Process industries 工業流程

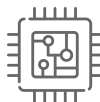
Oil & Gas  
石化與氣體



Steel, Glass  
鋼鐵與玻璃



Electronics  
電子



#### Transportation 運輸

Space  
航天



### Key Figures 關鍵數字

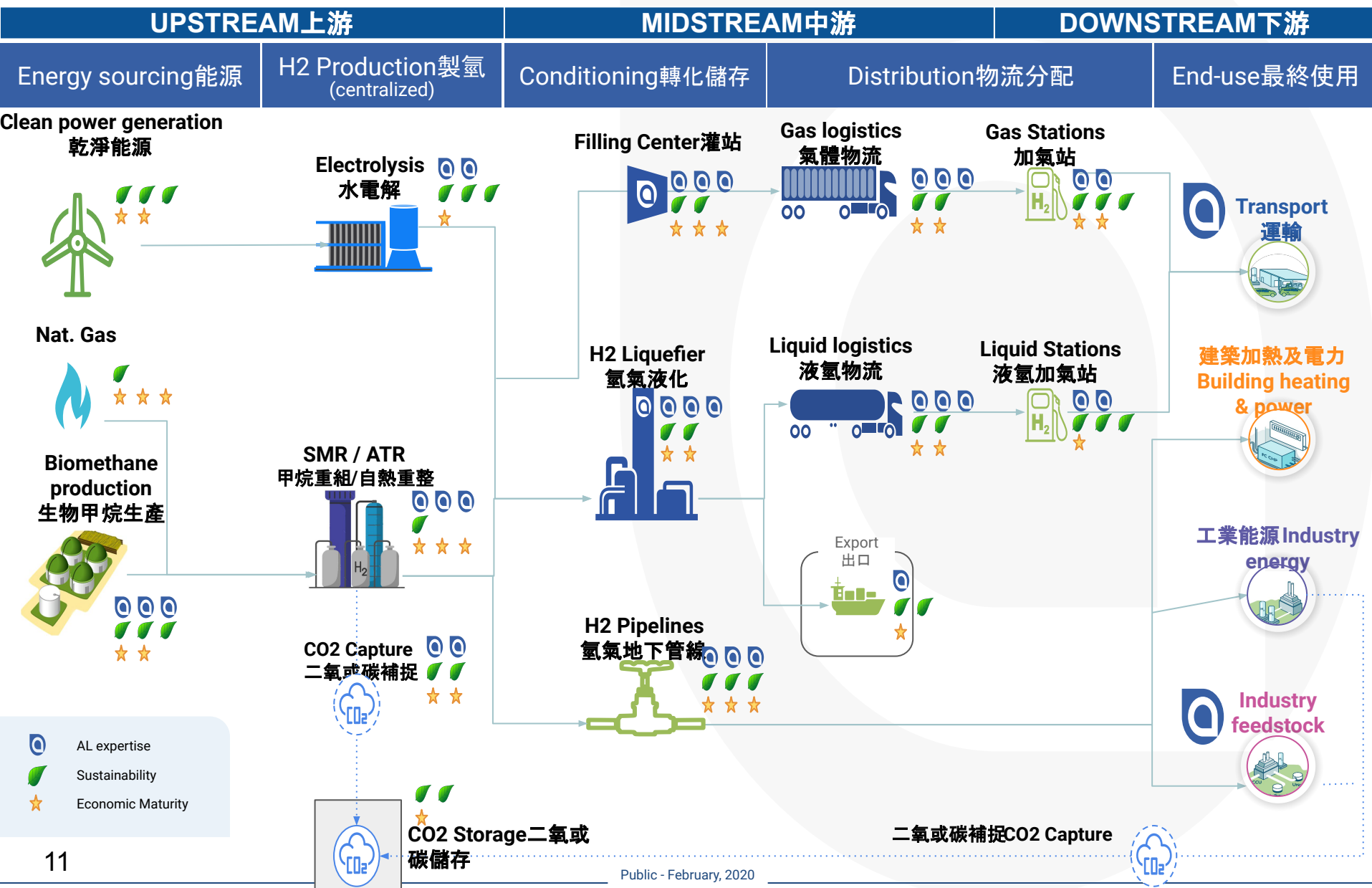
worldwide 全球

- 1000 people dedicated to H<sub>2</sub>  
**1000名員工致力H<sub>2</sub>**
- 3500 tpd, 1.2Mt/year produced  
**氫氣產量, 3500噸/天, 120萬噸/年**
- ~ 45 electrolyzers  
**45個電解裝置**
- 200 HRS delivered  
**200個已交付的加氫站**
- ~2.3 b€ Sales  
**23億歐元銷售額**
- ~ 50 large H<sub>2</sub>/CO plants  
**50家大型H<sub>2</sub>/CO工廠**

Taiwan Seminar 2023

Air Liquide China 液化空氣中國 | Energy Transition 能源轉型

# 我們的優勢: Air Liquide **well positioned** today in the H2 supply-chain





An aerial, top-down view of an airport tarmac. Several large commercial airplanes are parked at gates, with their wings and tails visible. Ground service equipment, including staircases and belt loaders, is positioned around the aircraft. The scene is bathed in a cool blue light, giving it a futuristic or high-tech feel. The text "全球氢能展望" and "Global Hydrogen Energy Outlook" is overlaid in the center in a white, sans-serif font.

# 全球氢能展望

## Global Hydrogen Energy Outlook

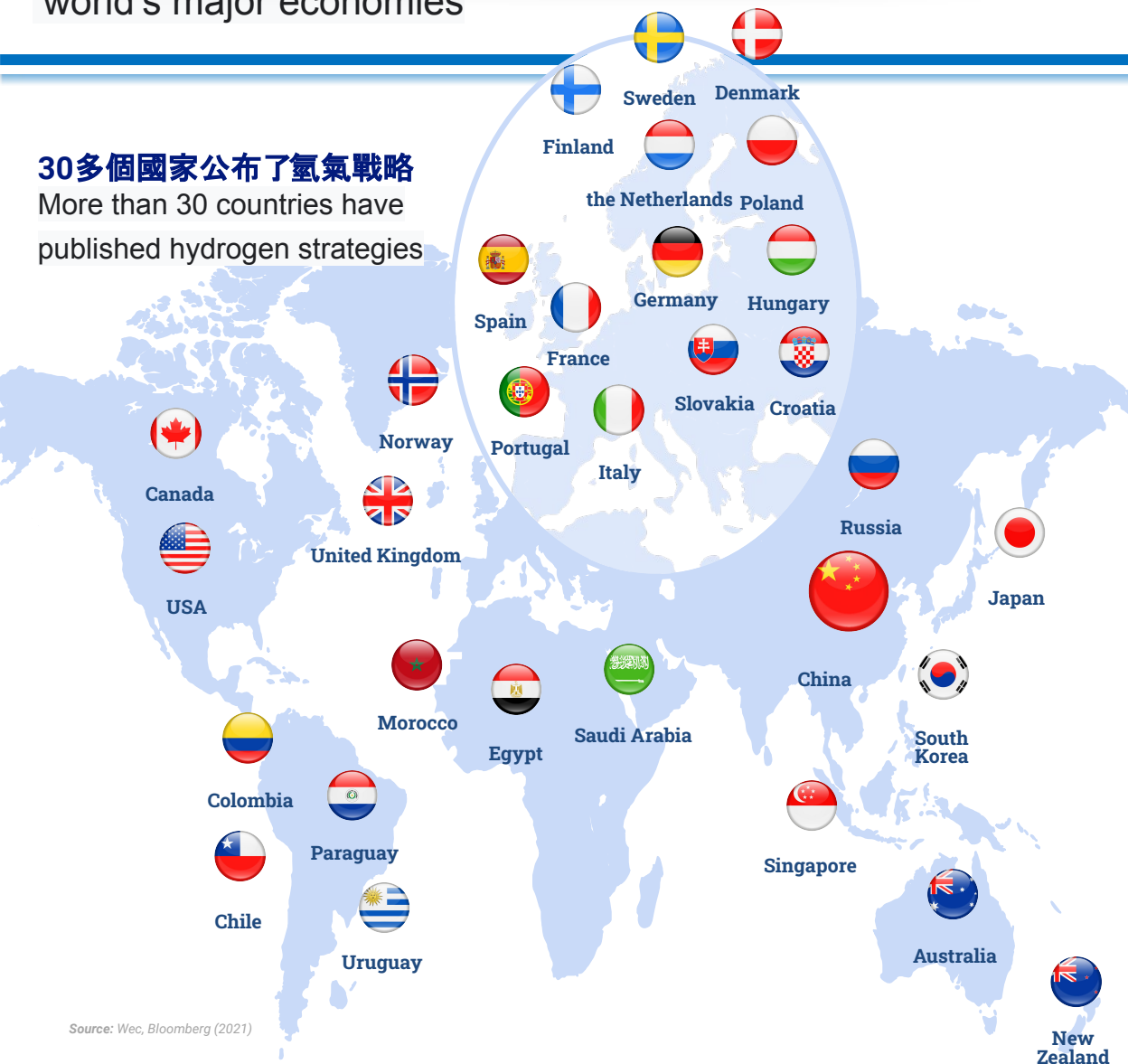


# 氢能成為世界大部分主要經濟體的國家戰略

Hydrogen energy has become a national strategy for most of the world's major economies

## 30多個國家公布了氫氣戰略

More than 30 countries have published hydrogen strategies



Source: Wec, Bloomberg (2021)



將對全球能源格局產生革命性影响

Will have a revolutionary impact the global energy landscape.

- 大部分國家都可以生產氫氣

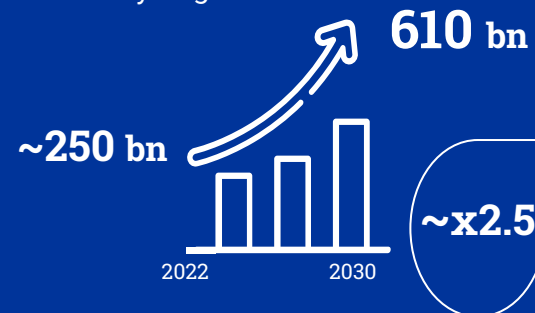
Most country can produce Hydrogen.

- 能源霸權有可能終結

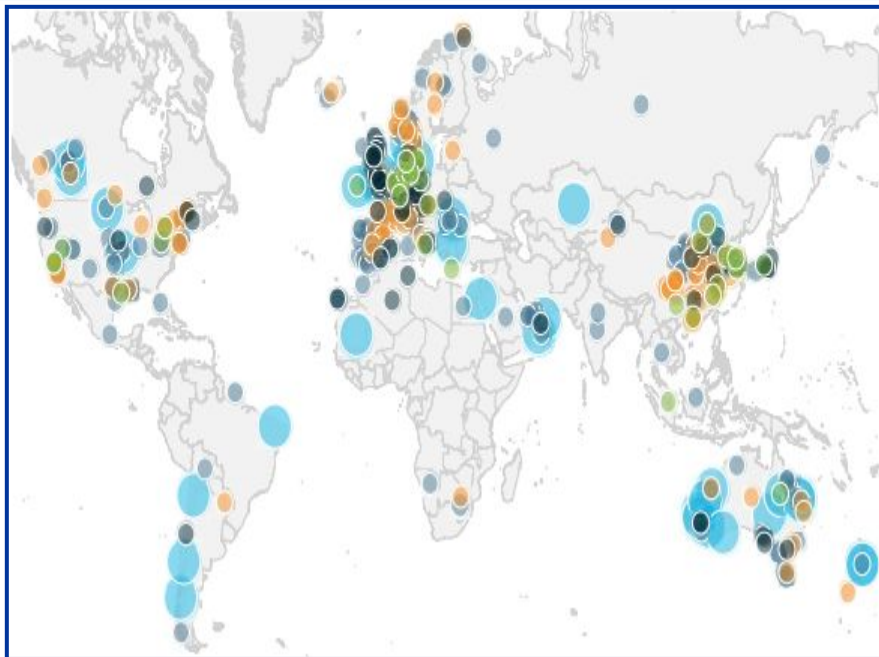
Energy hegemony could end.

- 全球氫能貿易熱潮興起

Global Hydrogen trade boom rises



# Global hydrogen development ascendant 全球氫能發展方興未艾



● **60+** 吉瓦级别的生產 Gigawatt-level production  
(可再生和低碳專案 Renewable and low carbon project)

● **330+** 大规模工業使用 Large scale industrial use  
(煉油廠、合成氨、甲醇、鋼鐵和工業原料)  
Oil refinery, synthetic ammonia, methanol, steel and industrial material

● **150+** 交通 Transportation  
(火車、輪船、卡車、汽車和其他移動應用)  
Train, ship, truck, car and other vehicle application

● **75+** 一體化氫經濟 Integrated Hydrogen economy  
(跨行業、不同應用場景類型專案)  
Cross-industrial, different application and project.

● **60+** 基礎設施 infrastructure  
(氫氣分配、運輸、轉化和儲存)  
Hydrogen distribute, transport, condition and storage.

Global 全球

~700

氫能專案陸續公布建設  
Hydrogen projects

~1.5 trillions(兆)

投資到2030年將達到 to year 2030  
investment will be

5 trillions(兆)

其中 48% 22%

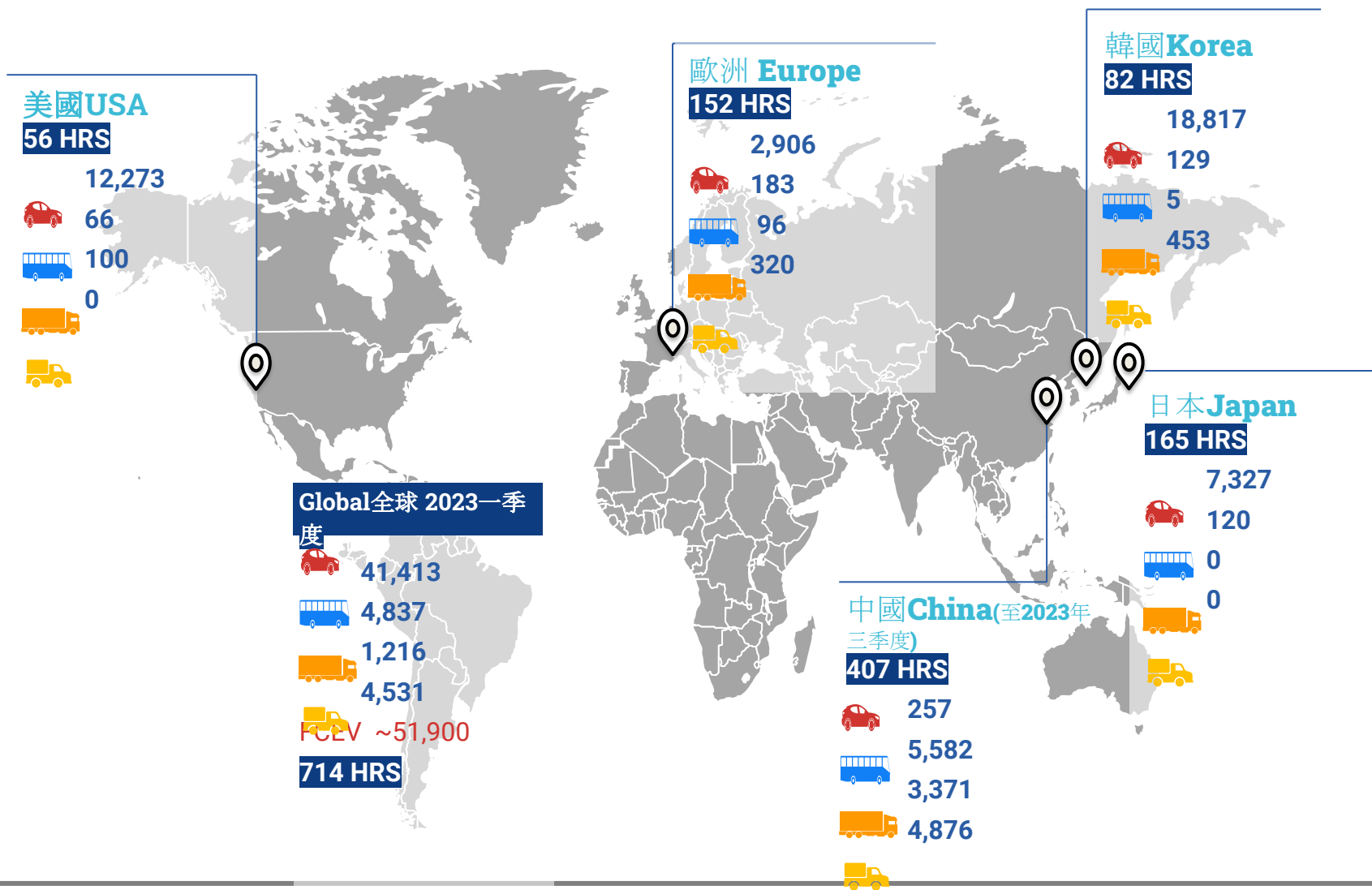
工業  
Industrial

交通  
Transportation

將帶來氫能全球化貿易及基礎設施興起  
(涵蓋海運及管道等) Will bring global  
Hydrogen trade and infrastructure  
development (including pipeline and  
shipping)

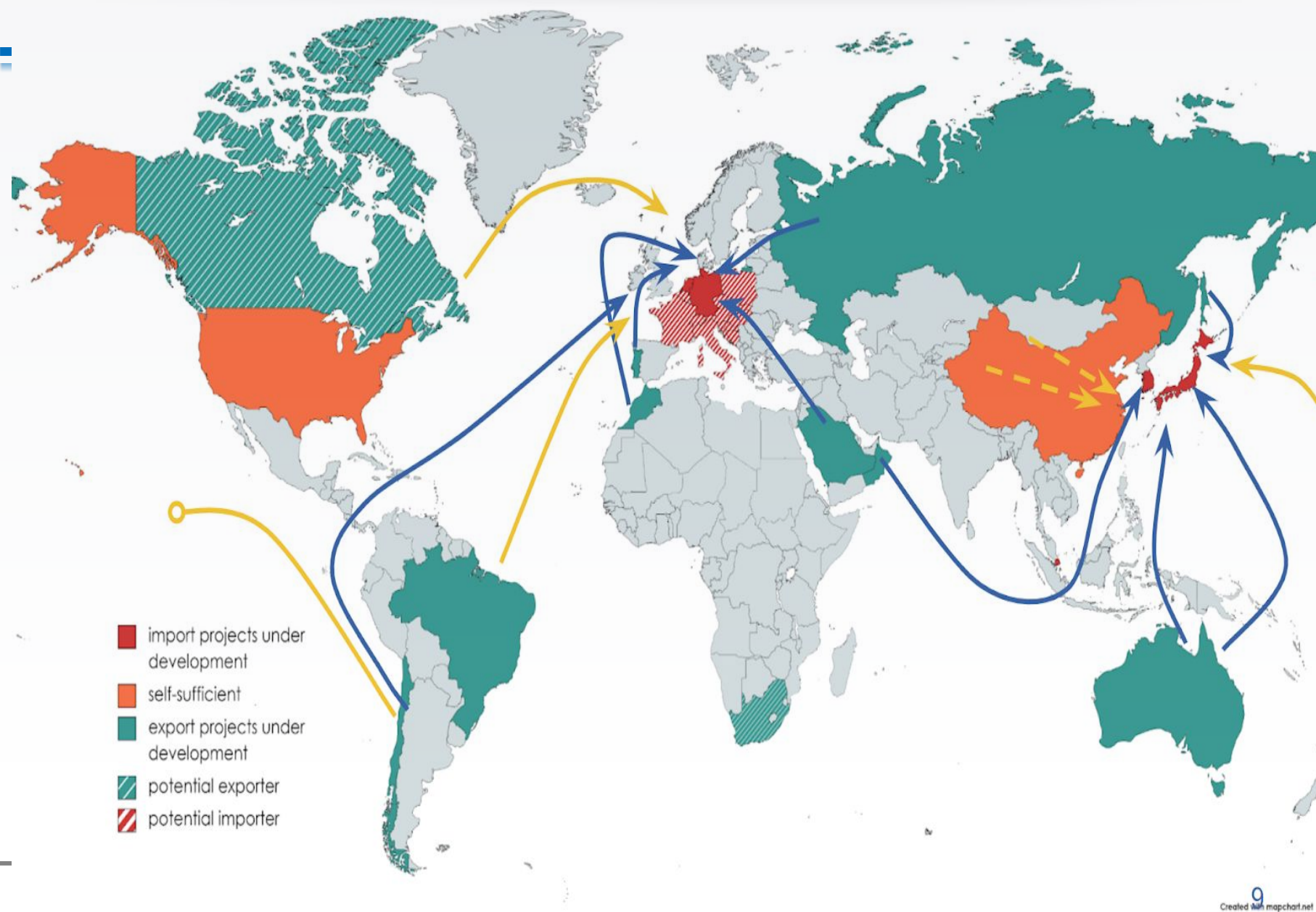
2022年9月預測

# 氫能交通是氫能發展的重要一級Hydrogen energy transportation is an important step in the development of Hydrogen energy



## 氢能發展展的獨特優勢: 可再生資源豐富, 工業基礎雄厚, 應用場景廣泛

The unique advantage of Hydrogen development exhibition: Rich in renewable resources, strong industrial foundation, wide range of application.





# 氫能應用場景:交通領域先行,工業場景厚積薄發

Hydrogen applications scenarios: Transportation first, Industrial accumulation lots but little success



Highway公路

Seaway航海

Railway鐵路

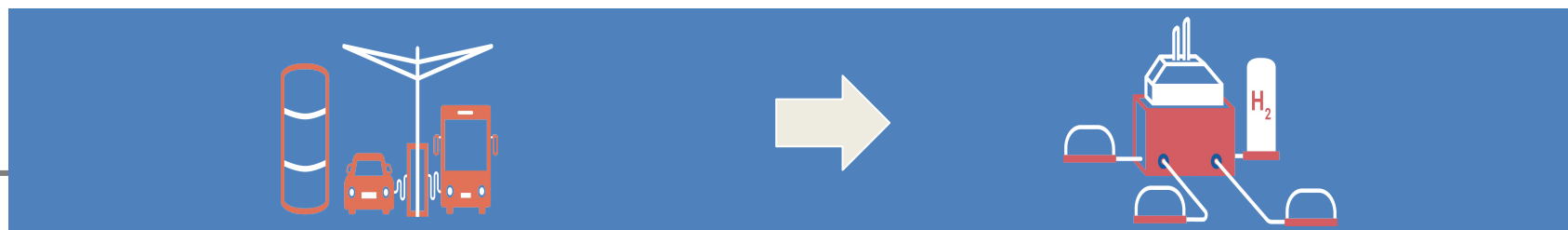
Airway航空



煉油  
Oil refinery

冶金  
Metallurgy

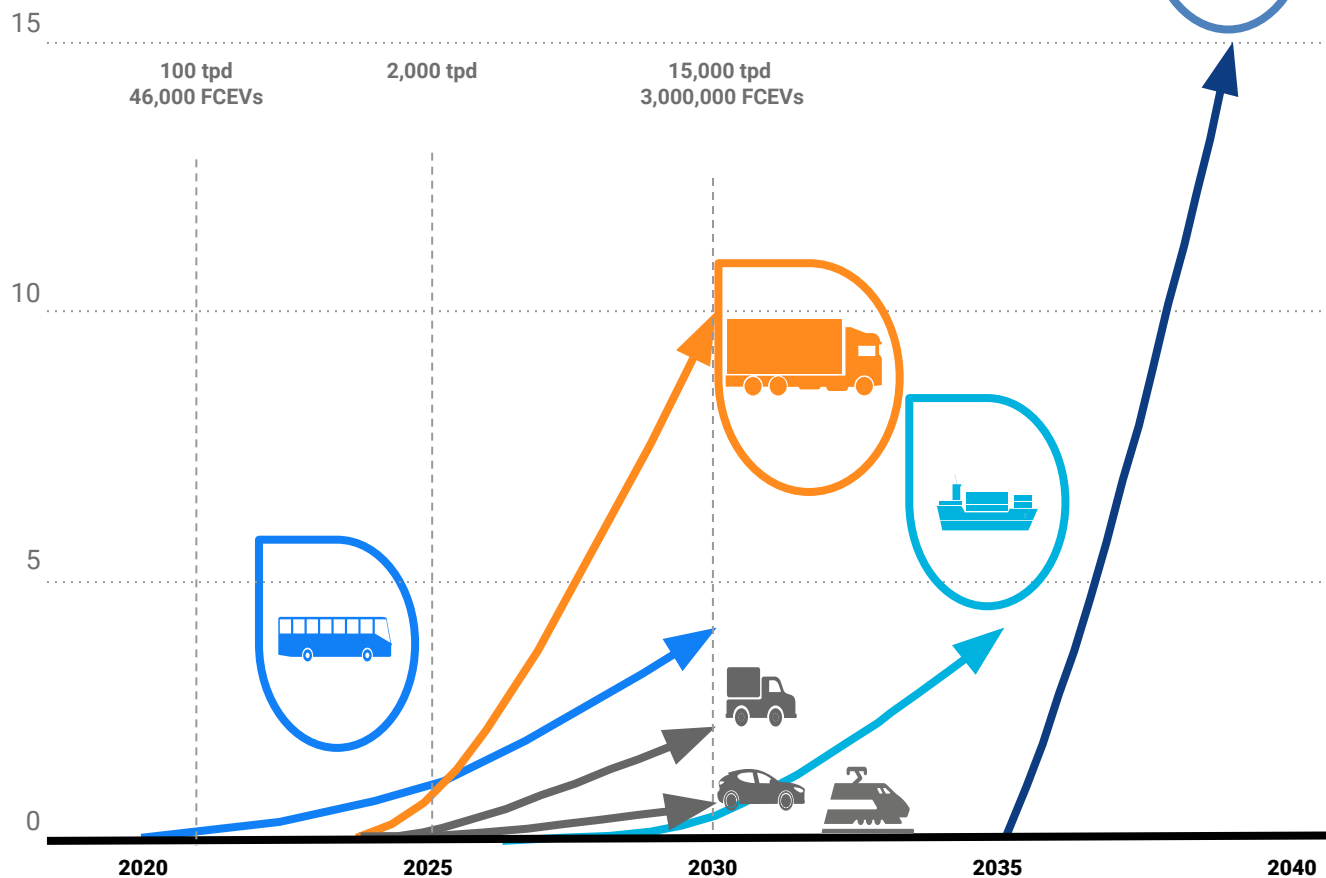
化工  
Chemical industrial



# 氢能重卡: 氢能交通发展的明智选择, 也是全球重点布局方向

## Hydrogen truck: is a wise choice for the development of Hydrogen energy transportation and is also key global layout direction

**Ktpd** PROJECTED H2E MOBILITY MARKET SIZE WORLDWIDE  
全世界氢能车辆市场规模



25%

碳排降低  
Carbon emission  
decrease

400-1000

续航里程(公里)  
Recharge mileage

-40°C

极限温度  
lowest temp.

10分钟

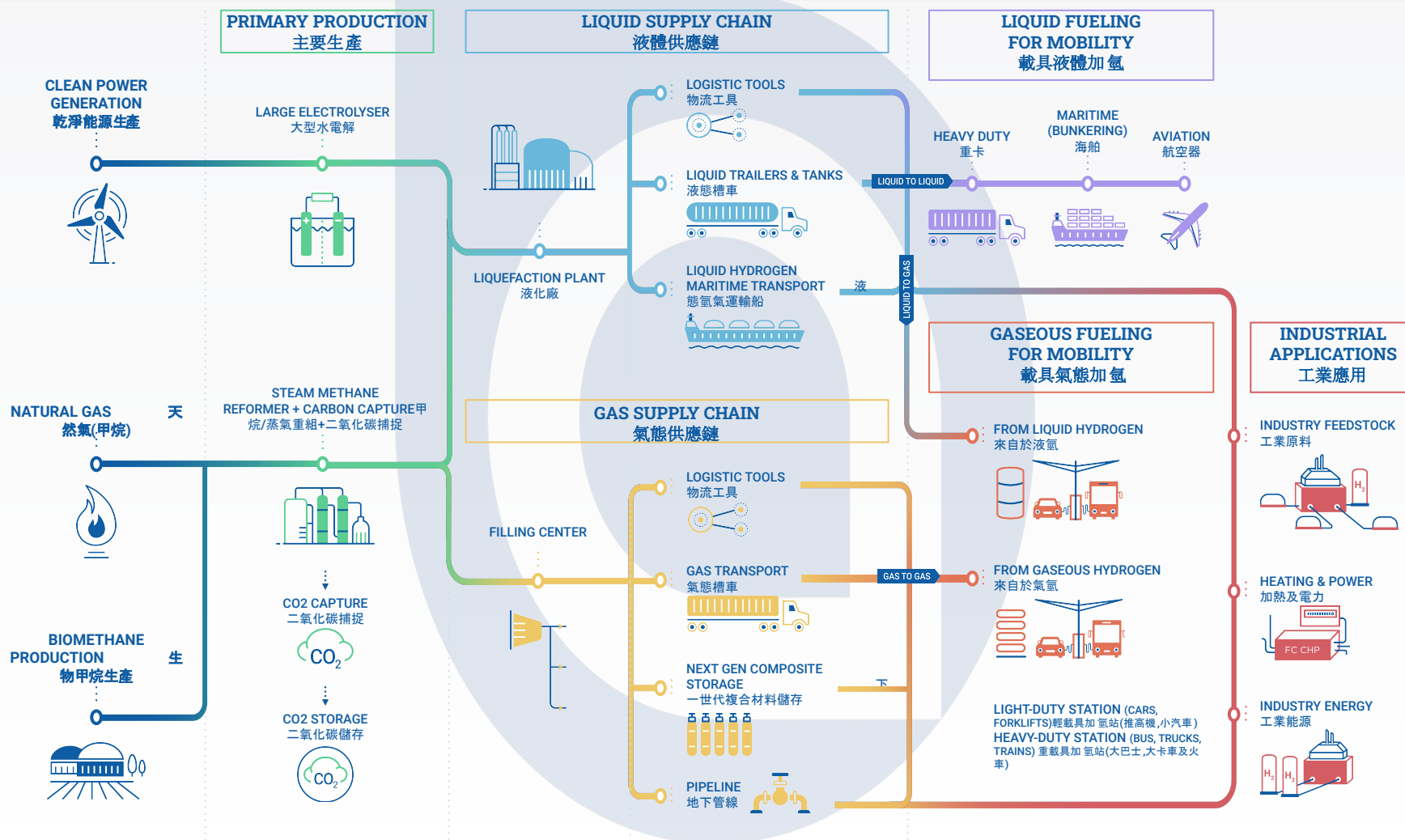
充装速度  
Filling speed

50%

交通领域的需求  
Transportation  
demand

氫能製儲運加價值鏈 (中短期): 多種形式共存 Value chain of  $H_2E$  production, storage, transportation (Short to middle term): Coexistence of Multiple form.

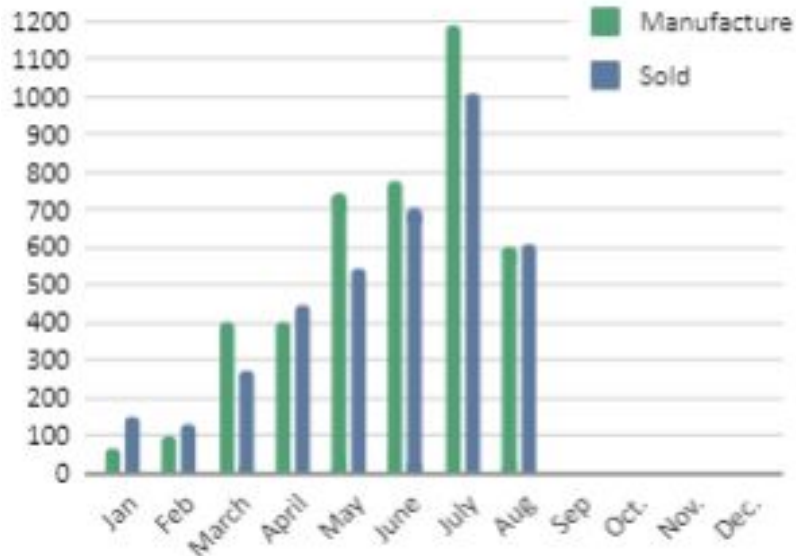
氫能製儲運加價值鏈 (中長期): 高碳 □ 零碳; 氣氫 □ 液氫; 分散 □ 集中; 氫 □ □ 氨 □ □ 醇 Value chain of  $H_2E$  production, storage, transportation (middle to long term): High carbon □ Zero carbon □ Gas Hydrogen □ Liquid Hydrogen: Distribute □ centralize: Hydrogen □ Ammonia □ Alcohol



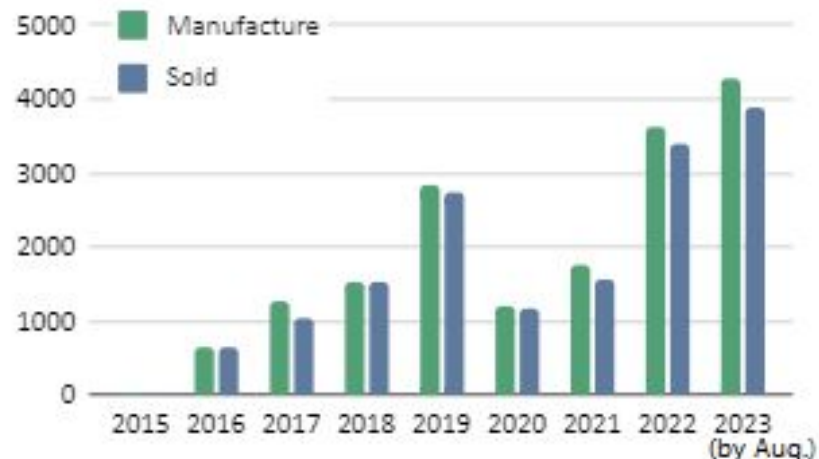
# FCEV sales reaching records year vs previous years

氫能載具銷售量較去年同期創歷史新高

2023 FCEV manufacture and sold (Jan - Aug)



FCEV yearly record of manufacture and sold



Fuel cell electric vehicles (FCEV) deployment: **13,743** FCEVs (24% HD trucks! ) as of Aug.2023.



# Suggestions for Taiwan Development

## 台灣發展建議

---

1. **Further policy development to incentivise low carbon solutions, certification for H2進一步制定政策以激勵低碳解決方案及氫氣認證.**
2. Further Advocacy and RCS work to be done, especially on safety, permitting etc...
3. Energy security, needs to scale up, challenges to tackle around PtoX
4. Blue hydrogen and CCU applications
5. Needs to develop new applications

# Hydrogen policies are getting more attention recently in TW

## 氫能政策最近在台灣受到更多關注

Date 日期	Policy 政策	Ministry 部會	Status 現況	Related project 相關專案
2017	Electricity Act 電立法	MOEA Bureau of Energy 經濟部能源局	In application <i>Nuclear Free Homeland</i> 無核家園 <i>Green Energy liberalization</i> 綠色能源自由化	→ Renewables sourcing (Xifeng) 再生能源
2019	Renewable Energy Development Act 再生能源發展法	MOEA Bureau of Energy 經濟部能源局	In application. → <i>Major Electricity Consumer must take 10% of renewables</i> 大電力用戶必須使用10%再生能源 → <i>Green H2 defined as Renewables</i> 綠氫定義為再生能源	→ Renewables sourcing (Xifeng) 再生能源 → Certification of Origin 能源認證
April 22 2021	Climate Change Act 氣候變遷法 Pledge of Taiwan Net Zero Emission by 2050 台灣2050年淨零排放承諾	NDC leader, EPA regulator, MOEA (BOE/BSMI), MOTC 國家發展委員會主導,環保署監管經濟部能源局,標準局及交通部參與.	Draft version released (Oct 2021). 草案發布 → <i>Carbon Fee: 1~3 USD/tCO2</i> 碳費 → <i>To be debated in Legislative Yuan</i> 力法源辯論中	→ H2E rising new topic新的氫能議題 Power電力 Mobility載具
22			Taiwan Seminar 2023	

# 3 Pillars of Taiwan Energy Transition Regulation

## 台灣能源轉型法規的三大支柱



### Promote Green Energy 推廣綠色能源

- **Renewable Energy:** Up to 70% of Taiwan's power mix by 2050  
再生能源:於2050年提高至70%.
  - Solar & wind energy from 8.7 to 25.6 GW by 2025, total 80-135 GW by 2050.  
太陽能及風能於2025年提高至兩百五十六億瓦,2050年八百至一千三百五十億瓦.
- **Thermal Power plant decarbonization:** use gas-fired with CCUS, import carbon free LNG, coal ammonia co-firing technology, and no new coal-fired electricity generation will be built before 2025.  
火力發電廠脫碳:使用燃氣並碳捕捉再利用或儲存,煤氫或氫混燒技術,2025年前不再興建燃煤電廠.
- **Carbon Free Fuels 無碳燃料**
  - Biomass: local supply by 2030 and global sourcing by 2050;生質燃料:2030年前在地提供,2050年前全球進口.
  - H2: pilot projects by state-owned enterprise (first H2 fuel demo station by CPC by end of 2023); import green H2 and produce blue H2 w/ CCUS. 氫:公營事業示範專案(2023年前中油建造示範加氫站),進口綠氫及碳捕捉,再利用及儲存藍氫.



### Green Growth Creation and regulations

- **Climate Change Response Act announced in Jan 2023:** Net-zero emission by 2050, Carbon surcharge & transaction, emission reporting & certification;2023年1月宣布之氣候變遷因應法案:2050年前實施淨零排放,碳附加費及交易,排放報告及認證.
- **Carbon tax** announced for 2024- awaiting for more information on design and implementation.宣布2024年徵收碳稅-等待有關設計及實施之更多資訊.
- **Create a green energy industry ecosystem:** Port Wind Power Zone, Green Energy Innovation Industry打造綠色能源產業生態圈:港口風電專區,綠色能源創意園區.



### Grid tenacity enhancement construction plan to prevent massive outages caused by a single accident 電網韌性建設方案,防止顛一事故造成大面積停電

- **Short-term:** accelerate resilience projects (enhance the national grids)
- **Mid-term:** build distributed grid system (decentralize power supply) and implement reinforcement projects
- **Long-term:** Complete establishment of 28 substations and related resilience projects

台灣

太

火

# Suggestions for Taiwan Development

---

1. Further policy development to incentivise low carbon solutions, certification for H2
2. **Further Advocacy and RCS work to be done, especially on safety, permitting etc...**

進一步的宣傳和 RCS(回收聲明標準,節能) 的工作還有待完成, 特別是在安全、許可等方面

3. Energy security, needs to scale up, challenges to tackle around PtoX
4. Blue hydrogen and CCU applications
5. Needs to develop new applications

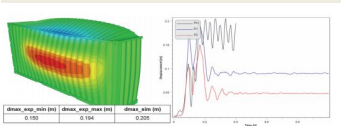
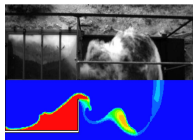


# Air Liquide R&D activities on “Safety” topics

液化空氣研發活動關於「安全」話題

*From molecule production...*

*to end-uses!* 從分子生產...到最終用途！



## Risk EVALUATION風險評估

Tools工具

Good practices好實務

Mitigation assessment & Implementation

削減評估及實施

Numerical simulation (CFD)

量化模擬

## SUPPORT for systems

Design/Deployment

支援系統設計及發展

Advice建議

Operation technical support

操作技術支持

Materials selection材料選用

Codes & Standards法規及標準

## PREVENTION

of asset Ageing

預防資材老化

Defaults early detection

早期偵錯

Smart monitoring自動監視

Predictive methodologies

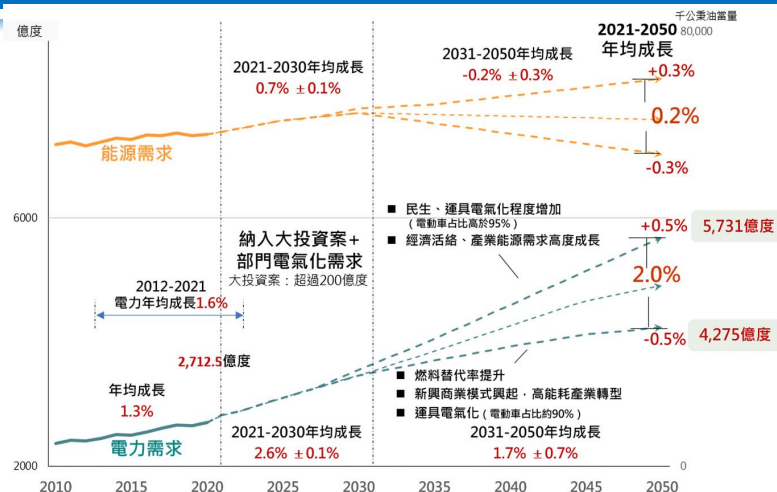
預知技術

# Suggestions for Taiwan Development

---

1. Further policy development to incentivise low carbon solutions, certification for H2
2. Further Advocacy and RCS work to be done, especially on safety, permitting etc...
3. **Energy security, needs to scale up, challenges to tackle around PtoX**  
**能源安全、需要擴大規模、應對 PtoX 的挑戰**
4. Blue hydrogen and CCU applications
5. Needs to develop new applications

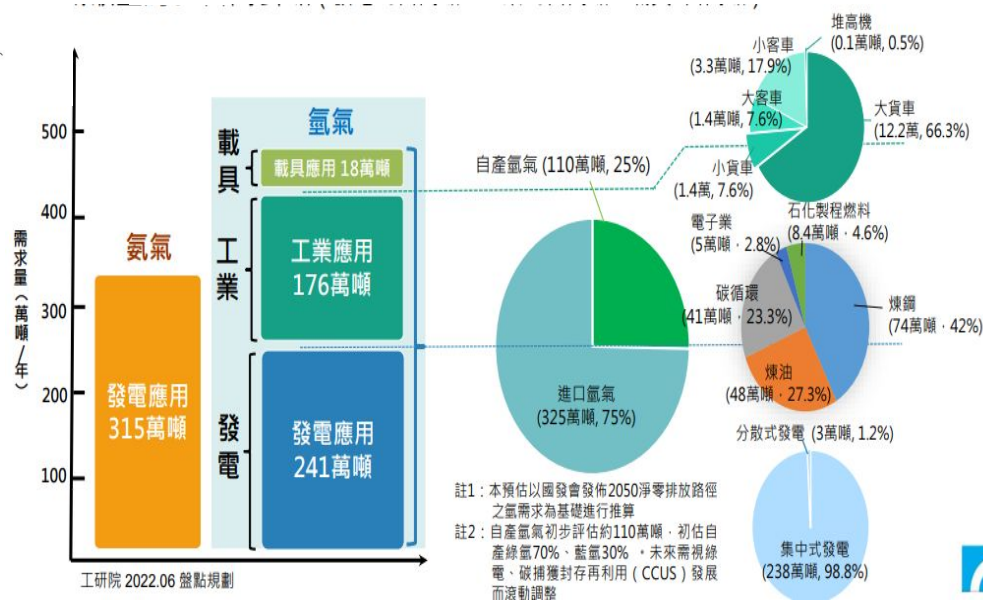
# PtoX => Challenges, is Taiwan condemned to import H2? 挑戰，台灣進口H2是注定的嗎？



註：需求規劃考量經濟成長（包含大投資案持續增加、產業自動化生產與電氣化程度提高）、遠距辦公與智慧商業模式普及、電動運具普及率提高至90%及家庭智慧化提高之推估結果；另，納入節能措施，包含電力成長管理（如：導入智慧能源管理系统）、工業低碳製程導入、生活模式與行為改變等需求抑低趨勢。

Power to H2 can help the REN deployment and help achieve energy security to balance from imports. Power to H2可以幫助REN部署並幫助實現能源安全以平衡進口。

Challenges related to cost and scale up still remain. 與成本和規模擴大相關的挑戰仍然存在



# Air Liquide Electrolyzer scaling up

## 液化空氣電解槽擴大規模

Air Liquide completes the first phase of ultra-high purity low-carbon H<sub>2</sub> electrolyzer plants in Taiwan

**Towards 100+MW scale**

Air Liquide's 200 MW electrolyzer project in the Netherlands enters the final selection round of European Innovation Fund



Air Liquide transforms its network in Germany by connecting a large electrolyzer producing renewable hydrogen

Paris, France, July 29, 2021

2024/5 ●

**NORMAND'HY 200 MW**  
**Largest ELY project**  
**Under Construction**

Air Liquide accelerates its large scale renewable hydrogen production flagship project in France

Paris, France, October 20, 2021



**2021 Partnership to develop Large scale Electrolyzer**

**SIEMENS**  
energy



Air Liquide invests in the world's largest membrane-based electrolyzer to develop its carbon-free hydrogen production

February 25, 2019



With a capacity of  
20 megawatts,

*Taiwan Seminar 2023*

**HYBALANCE 1.25 MW**  
**PEM**  
**In operation**

2018 ●

2019 ●

**BECANCOUR 20 MW**  
**Largest PEM project**  
**In operation**

2020 ●

**25 MW in Taiwan**  
**Start-up**

2023 ●

**OBERHAUSEN**  
**Phase 1 20 MW**  
**Phase 2 10 MW**  
**Siemens PEM**  
**Under execution**

< 2017 ●

**more than 35** electrolyzers in  
operation **worldwide**

usual range: **50 - 100** Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>

Mainly Alkaline technology (<0.5  
MW)

**ONSITE**



# Design and set up of the electrolyser

## 電解槽的設計與安裝

### Large scale electrolyzer partnership for sustainable hydrogen production 大規模電解槽合作以實現永續製氫

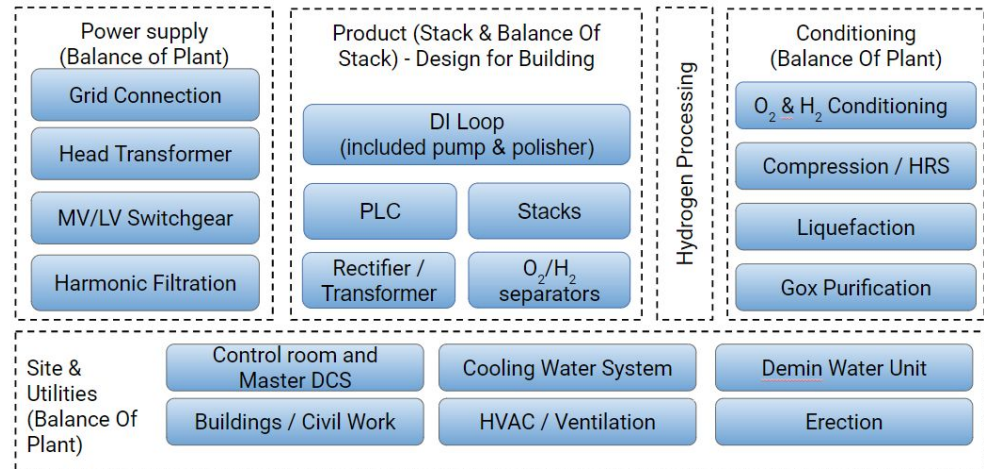
Siemens Energy and Air Liquide to combine their expertise in PEM (Proton Exchange Membrane) electrolysis technology  
西門子能源和液化空氣集團將結合其在PEM(質子交換膜)電解技術方面的專業知識

#### Cooperation Goals

- Co-creation of large industrial-scale hydrogen projects in collaboration with customers
- Laying the ground for mass manufacturing of electrolyzers in Europe, especially in Germany and France
- R&D activities to co-develop next generation electrolyzer technologies
- Initiate a European ecosystem for electrolysis and hydrogen technology

#### First cooperation opportunity

- Air Liquide-H2V Normandy project in France with a capacity of 200 MW
- Joint application for funding under the European Union's Green Deal and joint participation of the German IPCEI-scheme for hydrogen



# Suggestions for Taiwan Development

---

1. Further policy development to incentivise low carbon solutions, certification for H2
2. Further Advocacy and RCS work to be done, especially on safety, permitting etc...
3. Energy security, needs to scale up, challenges to tackle around PtoX
4. **Blue hydrogen and CCU applications**

藍氫和碳補捉單元應用

5. Needs to develop new applications and differentiate H2 vs other solutions

# 各種CO2捕集技術一覽

## Overview of various CO2 capture technologies

### Cryocap™ H<sub>2</sub> Technology

- 99% H<sub>2</sub> Recovery
- Simple add-on possibility enabling
  - with 10-20% H<sub>2</sub> debottlenecking boost or
  - with up to 10% feedstock reduction
- Downsizing Green Field Syngas Plant by 10 - 20%
- CO<sub>2</sub> can be obtained as gaseous or liquid fully water free and no additional dehydration necessary



### 胺 Amine Technology

最先进的State-of-the-art industrial solution (80+ references)

- Simple add-on possibility
- Can address low CO<sub>2</sub> concentrations
- Can make use of low grade heat
- Possibility of heat integration with syngas processes to reduce steam consumption



### Cryocap™ Flue Gas

- CO<sub>2</sub> can be obtained directly as liquid
- Globally a more green setup in case of green power import for machines
- CryoCAP™ Technology has been tailored to high CO<sub>2</sub> containing streams SMR flue gas

### Rectisol Technology

- Air Liquide is market leader - industrial benchmark
- Combined CO<sub>2</sub>, Sulphur and other impurity removal downstream Gasifications Plants
- Optimized for large scale and high pressure

### Recticap™ Technology

- New product addressing large scale CO<sub>2</sub> capture for Low Carbon Hydrogen
- Streamlined and optimized for CO<sub>2</sub> removal
- Lowest carbon capture cost
- Favoured at high pressure and large capacity



## Production + Carbon capture

### 生產和碳捕集

Kairos@C, Belgium

The world's largest cross-border

Carbon Capture and Storage value chain 全球最大跨边境碳捕集和存储价值链

Belgium



### Technology 技術

- Cryocap™ H2 (carbon capture) 碳捕集
- Proprietary Technology 專利技術
- Up to 90% capture 接近90%捕集率
- Increases hydrogen production by up to 10% 增加氫氣生產率到10%

### Hydrogen 氫氣

- Low-carbon hydrogen 低碳氫氣

### Emission reduction 排放减排

- 14.2 million tonnes of CO<sub>2</sub> over the first 10 years 首个十年1.42億噸
- Joint-venture with Sogestran for large scale carbon Sogestran的大型碳合資公司
- management with shipping and storage in Europe歐洲運輸及倉儲管理

### Commissioning 投入使用

- Planned for 2025 计划于2025

an Seminar 2023



**Air Liquide/Lurgi™ is the market leader in gas-based Methanol  
and defines the industry milestones**



**LURGI**

✓ 1960s

Lurgi LP Methanol™ 250...2000 t/d  
Integrated Syngas (SMR) and Methanol reactor System

✓ 1980s

**Combined Reforming** (SMR+ATR) for plants > 2000 t/d

✓ 1990s

Lurgi LP Methanol™ **CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> development**

✓ 2000s

Lurgi **MegaMethanol™** - the world-scale standard size of **5000 t/d**

✓ 2010s/2020s **Pure ATR setup & > 10'000 t/d**

**CO<sub>2</sub> based Methanol industrialization**

Carbon-reduced Methanol

**United States Patent** [19] [11] **Patent Number:** 5,631,302  
König et al. [45] **Date of Patent:** May 20, 1997

[54] **PROCESS OF PRODUCING METHANOL**

OTHER PUBLICATIONS

[75] Inventors: **Peter König**, Frankfurt am Main;  
**Hermann Göhna**, Bad Soden, both of  
Germany

Derwent Abstract, AN 93-186,575, abstract of RO-102382,  
(1993).  
Derwent Abstracts, AN 93-186,574, abstract of  
RO-102381, (1993).

[73] Assignee: **Metallgesellschaft Aktiengesellschaft**,  
Frankfurt am Main, Germany

Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Edition,  
vol. A16, pp. 467-475—1995.

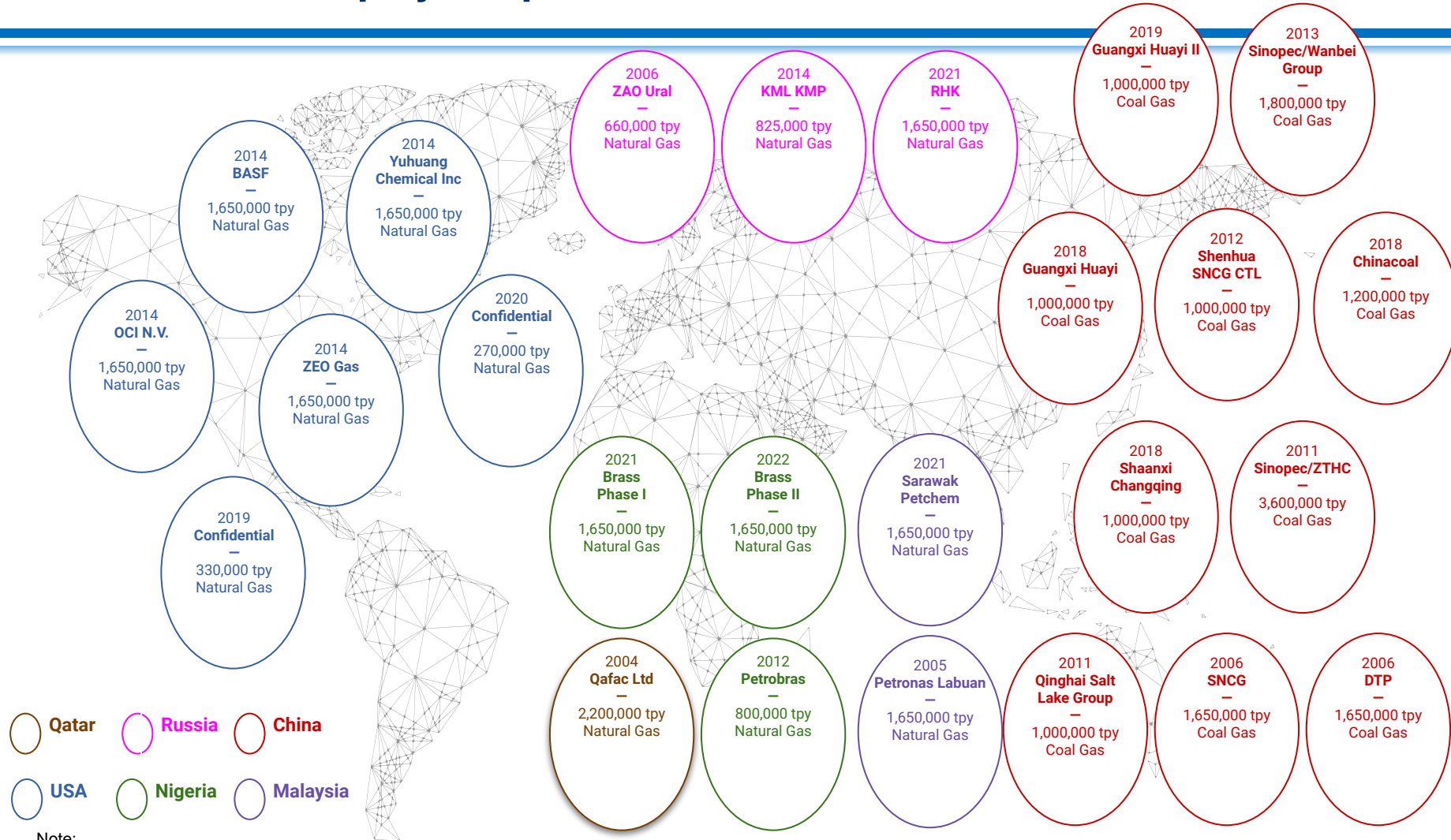
**Nitrogen+Syngas 308** | November-December 2010

**CO<sub>2</sub> based  
methanol ready for  
industrial scale**

To limit the increase of carbon dioxide in the atmosphere, CO<sub>2</sub> has to be captured, sequestered or reused as a replacement for fossil fuels. Following extensive tests for methanol synthesis based on CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>, Air Liquide\* has illustrated the technical feasibility of an energy efficient technology for CO<sub>2</sub> based methanol production.

# 全球重要甲醇專案業績

## Global Methanol projects performance



Note:  
煤電過程中的二氧化碳轉化成甲醇  
液空在甲醇製作上有作為 領導者在全球都有專案

# Maritime market pushing for MeOH

## 海事市場推動甲醇

How to support Evergreen decarbonation and competitive position in a fast changing environment?



ABOUT IMO

07 July 2023

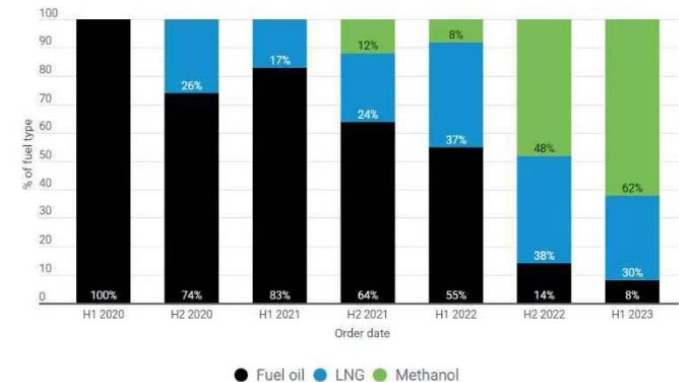
**Revised GHG  
reduction strategy  
for global  
shipping adopted**

Press releases

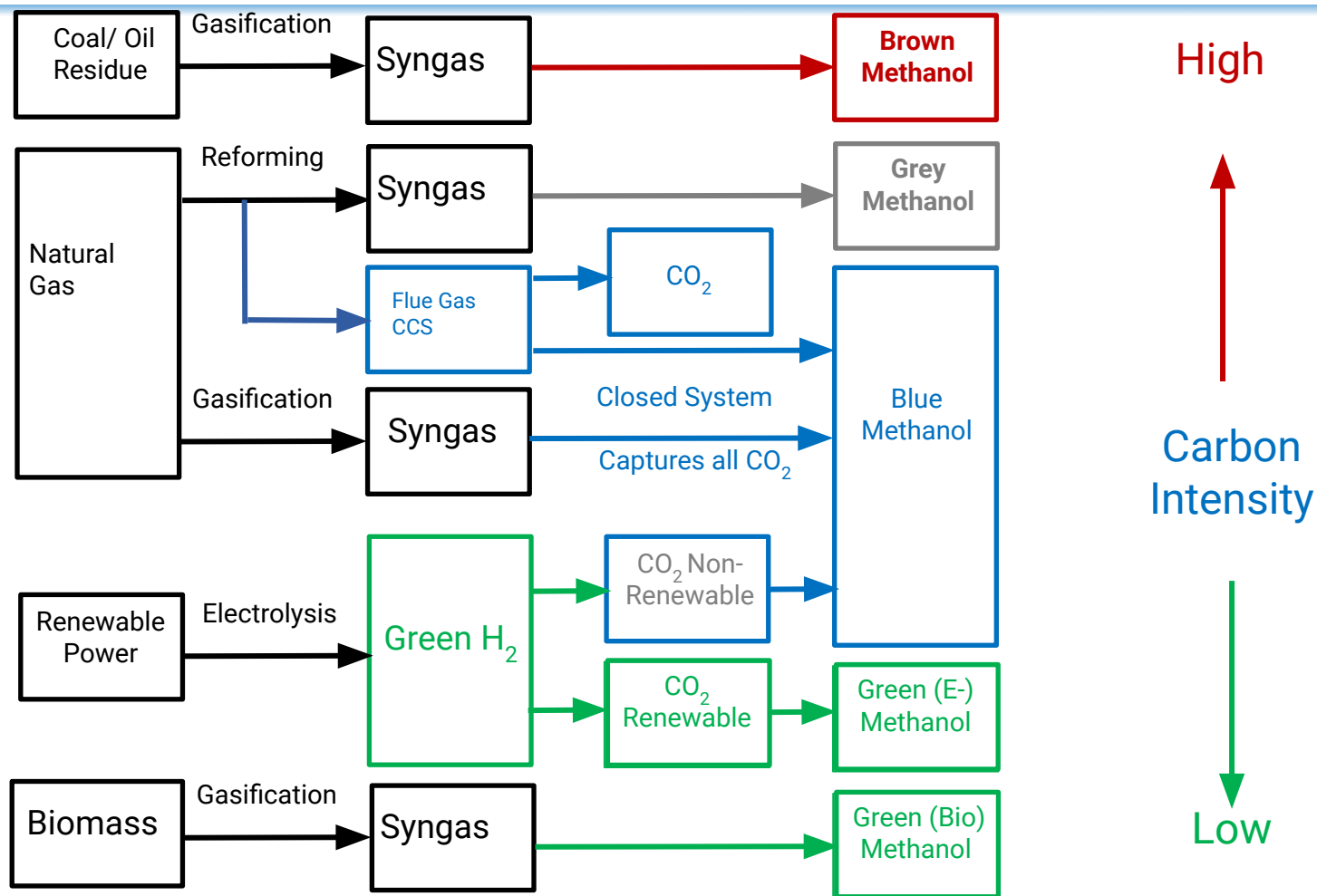
Maersk signs landmark green methanol offtake agreement, significantly de-risking its low-emission operations in this decade

22 November 2023

Containership orderbook % of fuel type by total ship numbers



# 甲醇生產從高碳向低碳轉變



液空能提供绿氢，捕集二氧化碳的技术，用以生成绿色甲醇



# 液化空氣發展CO2基甲醇技術已有優久歷史

Air Liquide has a long history of developing CO<sub>2</sub>-based methanol technology



Research & Development - NGCS 9 Lyon, 30 May - 3 June 2010

## CO<sub>2</sub> Chemical Valorization: CO<sub>2</sub> to Methanol

Marius Hackel, Martin Rothaemel

Air Liquide Forschung & Entwicklung, Gwinnerstraße 27-33,  
60338 Frankfurt (Germany)

Veronika Gronemann

Lurgi GmbH, Lurgiallee 5, 60439 Frankfurt (Germany)

Nitrogen+Syngas 308 | November-December 2010

## CO<sub>2</sub> based methanol ready for industrial scale

To limit the increase of carbon dioxide in the atmosphere, CO<sub>2</sub> has to be captured, sequestered or reused as a replacement for fossil fuels. Following extensive tests for methanol synthesis based on CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>, Air Liquide\* has illustrated the technical feasibility of an energy efficient technology for CO<sub>2</sub> based methanol production.

CO<sub>2</sub> based Methanol  
industrialization  
Since 2010

et  
mo  
men  
Energy turn

Since 1994

## Lurgi LP Methanol™

Adaption to CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> and development of specific process expertise

鲁奇CO<sub>2</sub>加H<sub>2</sub>制甲醇

1969

Lurgi LP  
Methanol™ 1<sup>st</sup>  
commercial plant

## Producing methanol from CO<sub>2</sub>

The keys are a catalyst that can tolerate a high CO<sub>2</sub> concentration and an unusual process configuration.

CHEMTECH, 24, 1994, 36-39

## United States Patent [19]

König et al.

[11] Patent Number: 5,631,302

[45] Date of Patent: May 20, 1997

### [54] PROCESS OF PRODUCING METHANOL

[75] Inventors: Peter König, Frankfurt am Main;  
Hermann Göhna, Bad Soden, both of  
Germany

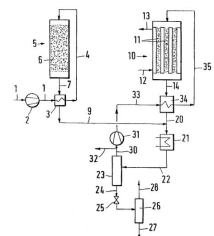
[73] Assignee: Metallgesellschaft Aktiengesellschaft,  
Frankfurt am Main, Germany

### OTHER PUBLICATIONS

Derwent Abstract, AN 93-186,575, abstract of RO-102382, (1993).

Derwent Abstracts, AN 93-186,574, abstract of RO-102381, (1993).

Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5th Edition, vol. A16, pp. 467-475-1995.



# 液空先進的魯奇CO<sub>2</sub>加H<sub>2</sub>製甲醇技術

## Air Liquide's advanced Lurgi CO<sub>2</sub> plus H<sub>2</sub> methanol production technology

- 能實現碳捕捉和氫能利用的優化整合

Optimized integration of carbon capture and hydrogen energy utilization

- 可以減少原料氣中惰性組分及反應過程中產生的水的影響，提高催化劑壽命且降低消耗

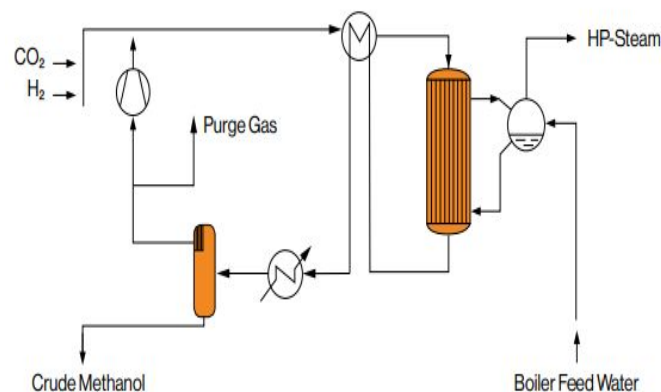
can reduce the influence of inert components in the feed gas and water produced during the reaction, improve the life of the catalyst and reduce consumption.

- 可以副產高品質中壓蒸氣，此等級中壓蒸氣甚至可以用來驅動壓縮機，進一步降低中壓蒸汽消耗，助力減排

can by-produce high-quality medium-pressure steam. This level of medium-pressure steam can even be used to drive compressors, further reducing medium-pressure steam consumption and helping to reduce emissions.

- 如果和水电解綠氫耦合，結合空分技術，能實現對副產綠氧的最佳利用

If coupled with water electrolysis green hydrogen and combined with air separation technology, the best utilization of by-product green oxygen can be achieved



# 液空甲醇全產業鏈一覽

## Air liquide Methanol Industrial Chain

- World leading company on MeOH techno  
甲醇技術世界領先
- Only company with integrated technology portfolio -> CCS, H2, MeOH  
唯一擁有全套碳捕捉 CCS, 製氫和甲醇合成技術方案的公司
- Focus on efficient, safe and reliable technologies  
專注效率、安全和可靠性技術
- Potential investor, depending on location and on our capacity to bring significant synergies  
依據專案地點結合 現有業務開發聯合方案
- Potential customer -> MeOH crackers, MeOH trucks  
潛在甲醇裂解和甲醇卡車的用戶
- Strong access to H2 molecules and customers  
氫氣資源和客戶場景豐富
- Focus on low carbon / clean  
專注低碳/清潔

# Suggestions for Taiwan Development

---

1. Further policy development to incentivise low carbon solutions, certification for H2
2. Further Advocacy and RCS work to be done, especially on safety, permitting etc...
3. Energy security, needs to scale up, challenges to tackle around PtoX
4. Blue hydrogen and CCU applications
5. **Needs to develop new applications**

**必須開發新的應用**



# And we could much more!

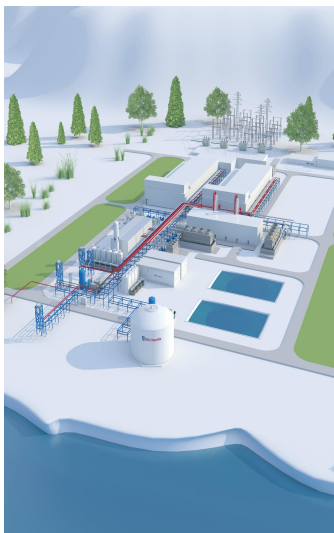
我們還可以做得更多！

**H2 production with Carbon capture and storage**  
碳捕捉儲存之氫氣生產



**Kairos Project** in Belgium, capturing **14.2mt of CO2** in the first 10 years. Using Air Liquide proprietary **Cryocap** Technology for the capture. **CO2 shipped and stored offshore**  
碳捕捉及儲存

**Large scale PEM Electrolyser**  
大規模之質子交換膜水電解



**Normand'Hy** project located in France to develop at least **200MW PEM electrolyser** using Air Liquide /Siemens PEM technology  
大規模之質子交換膜水電解

**Large scale H2 Liquefaction**  
大規模氫氣液化



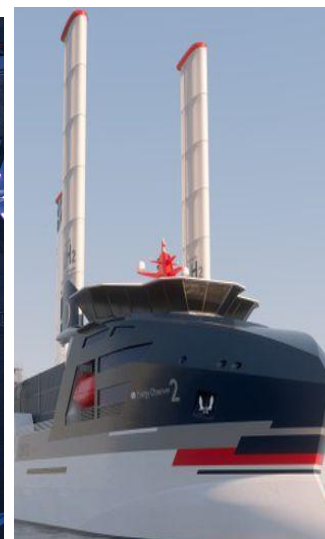
**Nevada** project consist of a **30tpd H2 Liquefier**. Liquid Hydrogen is then transported to **hydrogen refueling stations** across California targeting Heavy duty FC vehicles  
氫氣液化

**Airports & Aviation**  
機場及航空



AL is Partnering with **Airbus** and **ADP** in developing the **low carbon airports** and **airplanes** of tomorrow that will use **liquid hydrogen**.  
低碳機廠及液氫燃料飛機

**Maritime**  
海上



Air Liquide is working with several key **maritime** companies to develop ships using low carbon fuels such as **bio-LNG, green Methanol** and **Liquid Hydrogen** 生物液化天然氣,綠甲醇及液氫

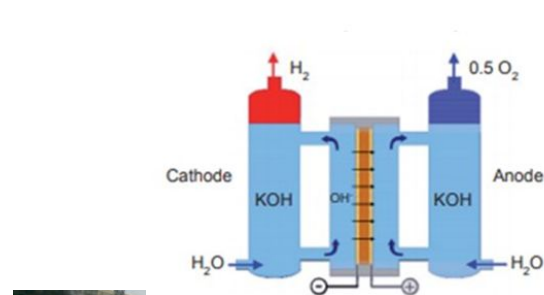
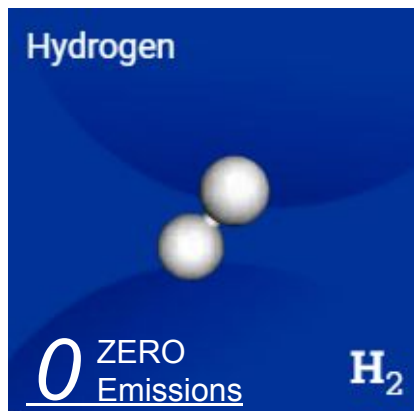
- Technologies are there, but we now need to rapidly scale up if we want to achieve 2050 target and reduce cost.  
技術已經有了，但如果我們想實現2050年的目標並降低成本，我們現在需要快速擴大規模。
- Need to focus on key regulations, ideally harmonized at international level  
需要關注關鍵法規，最好在國際層面上協調一致
- Need to foster future renewable development to re-think energy security and system stability  
需要促進未來再生能源發展，重新思考能源安全和系統穩定性
- Focus on certification is key in convincing companies to do more in the energy transition  
關注認證是說服企業在能源轉型中採取更多行動的關鍵
- Need to develop key ecosystem that are hard to decarbonate: industrial parks, airports, ports.  
需要發展難以脫碳的關鍵生態系：工業區、機場、港口。

## 二、氫氣及綠色能源製程系統簡介

2. Introduction to Hydrogen and Green Energy Process System

# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR

Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



Taiwan High Pressure Gas Industrial  
Association



Asia Industrial Gases  
Association



National Taipei University of  
Technology



# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar

---

## 氫氣及綠色能源製程系統簡介

**Subject: Introduction to Hydrogen and green energy process system**

Speaker 演講者 Chung-Liang (Henry) LIU

## 劉忠良LIU Chung-Liang (Henry)

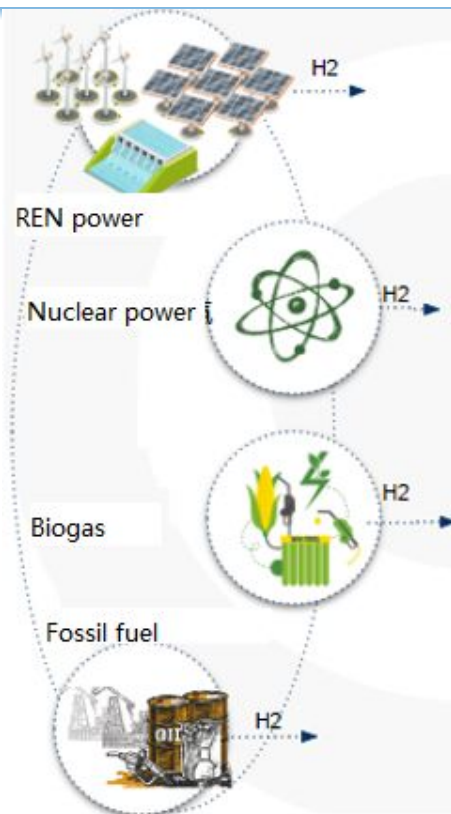
- Employer: Air Liquide Far Eastern Co., Ltd  
工作單位: 亞東工業氣體股份有限公司
- Position: Senior Technical advisor,  
職位: 資深技術顧問
- Expertise Fields in Air Liquide Group: 在液空集團內的專業領域
  - 風險及安全管理
- Chairman of THPGIA: Technical Committee  
高壓氣體公會: 技術委員會輪值主席
- Working Experience: work in Air Liquide Far Eastern for 27 years

工作經歷: 在亞東工業氣體工作 27 年.

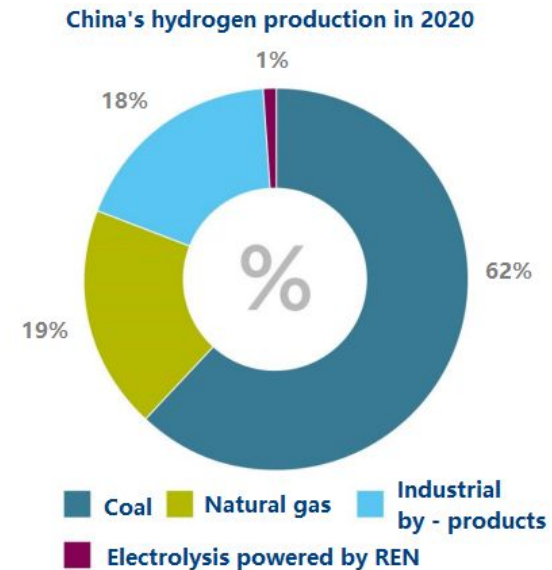
# Contents 目錄

- 氫製造及碳足跡Hydrogen production and carbon footprint
- 材料,成熟,商用化製程比較 Comparison of material, maturity and commercial
- 氫氣製程Hydrogen process
  - ❖ 氣化Gasification
  - ❖ 重組Reforming
    - 蒸氣甲烷Mathen/steam
    - 純水甲醇DIW/methanol
  - ❖ 水電解Electrolysis
    - 質子交換膜Proton exchange membrane
    - 鹼液加壓Alkaline Pressurized
  - ❖ 氨裂解Ammonia Cracking
  - ❖ 氯鹼淨化Chlor-Alkali purification

# H2 Production and carbon footprint 氫氣製造及碳足跡

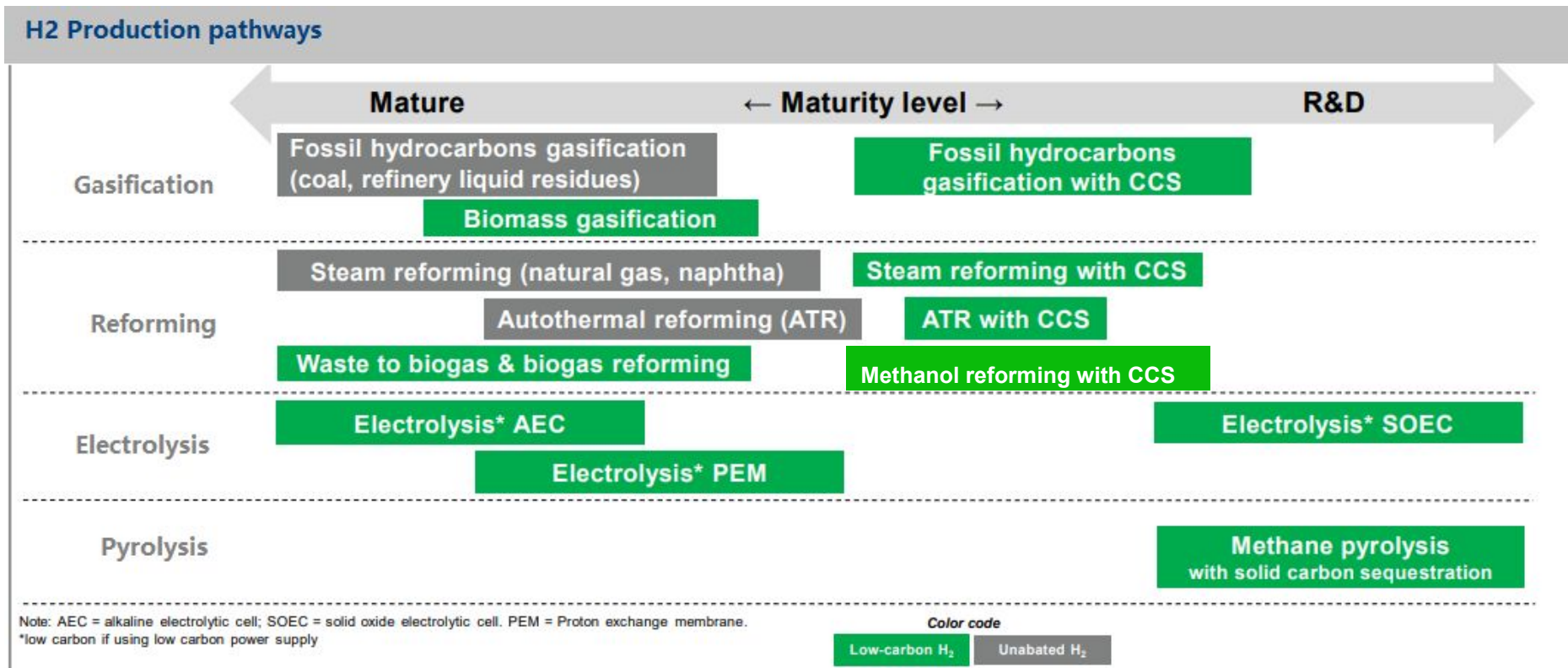


Route 路線	轉換率 kg <sub>CO2</sub> /kg <sub>H</sub> 2	Brand 品牌
Electrolysis - wind power 水電解-風電	0.6	REN H2 再生氫
Electrolysis - Nuclear power 水電解-核能	0.7	LC H2 低碳氫
Electrolysis - Hydro power 水電解-水力電	1.3	REN H2 再生氫
Electrolysis - Solar power 水電解-太陽能電	2.4	REN H2 再生電
SMR with CCS - Natural gas 水蒸氣甲烷重組加泰 捕捉	2.5	LC H2 低碳氫
SMR - Natural gas 水蒸氣 甲烷重組	10.5	FB H2 高碳氫
Electrolysis - NG-based power 水電解-非綠能	24.8	FB H2 高碳氫



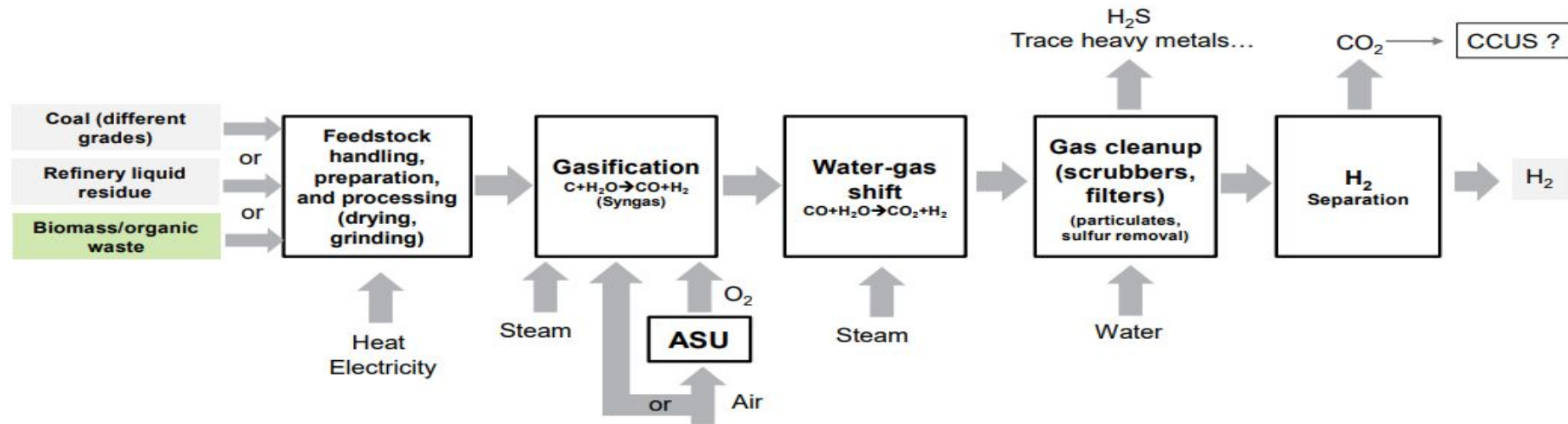


# Various feedstock, scale, commercial availability, maturity, and cost 不同原材料,大小,成熟度,商業可用度及成本

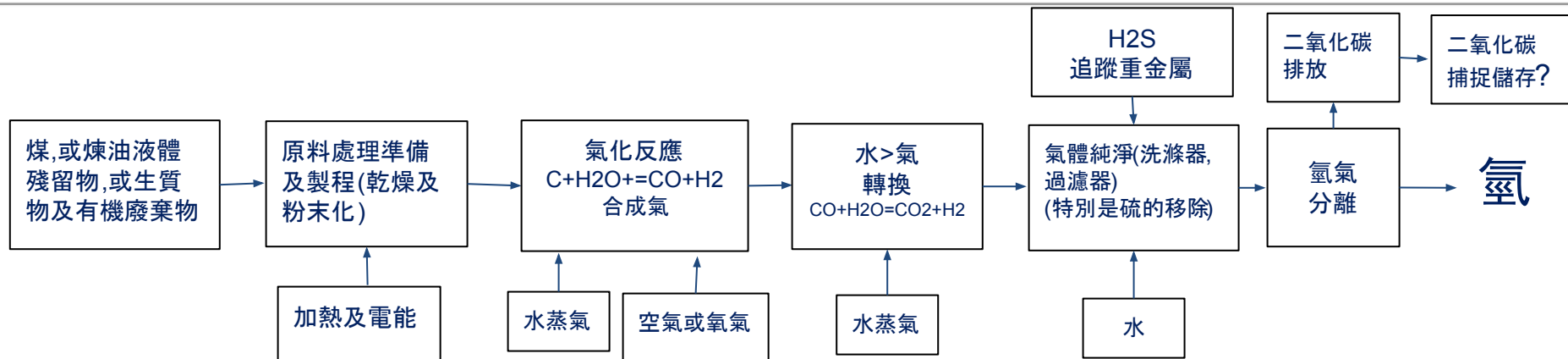


# H2 production \_ Gasification 氫氣生產\_氣化

## Gasification of solid and liquid carbonaceous material



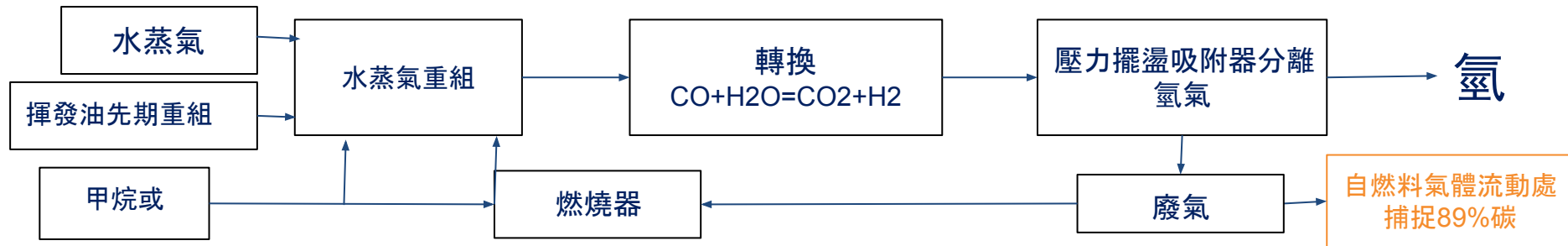
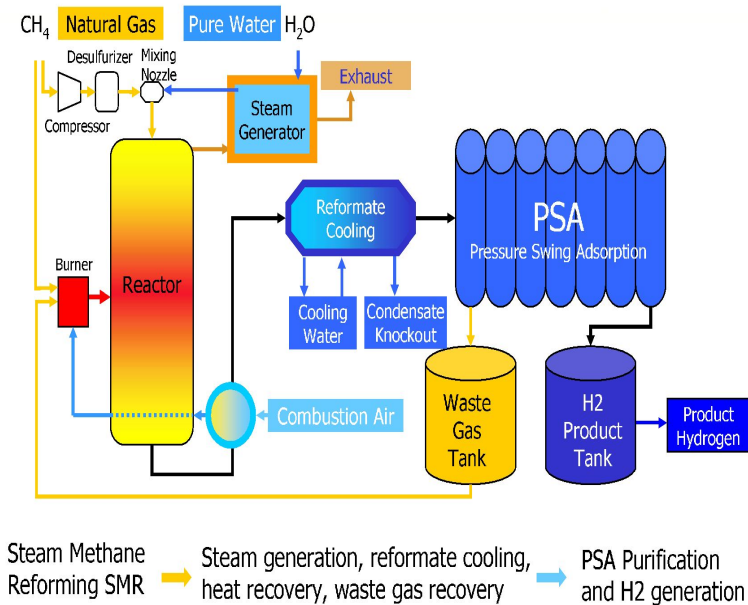
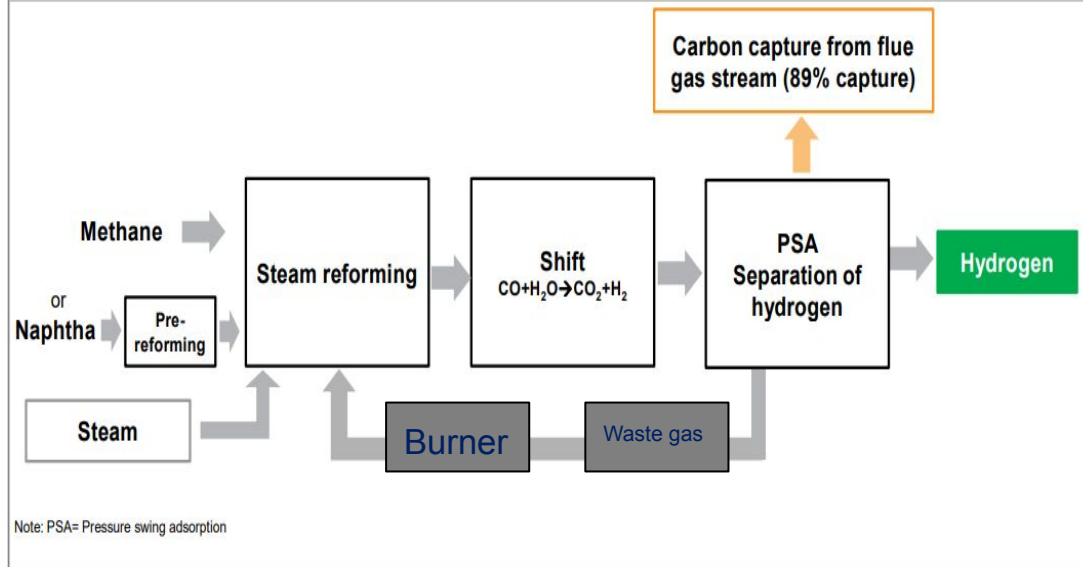
Note: PSA = pressure swing adsorption; ASU = air separation unit.



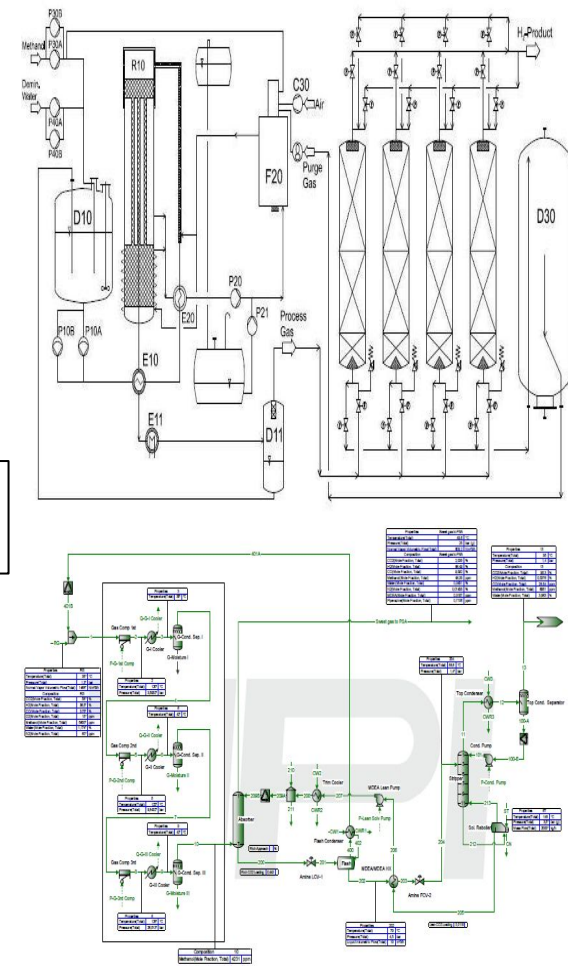
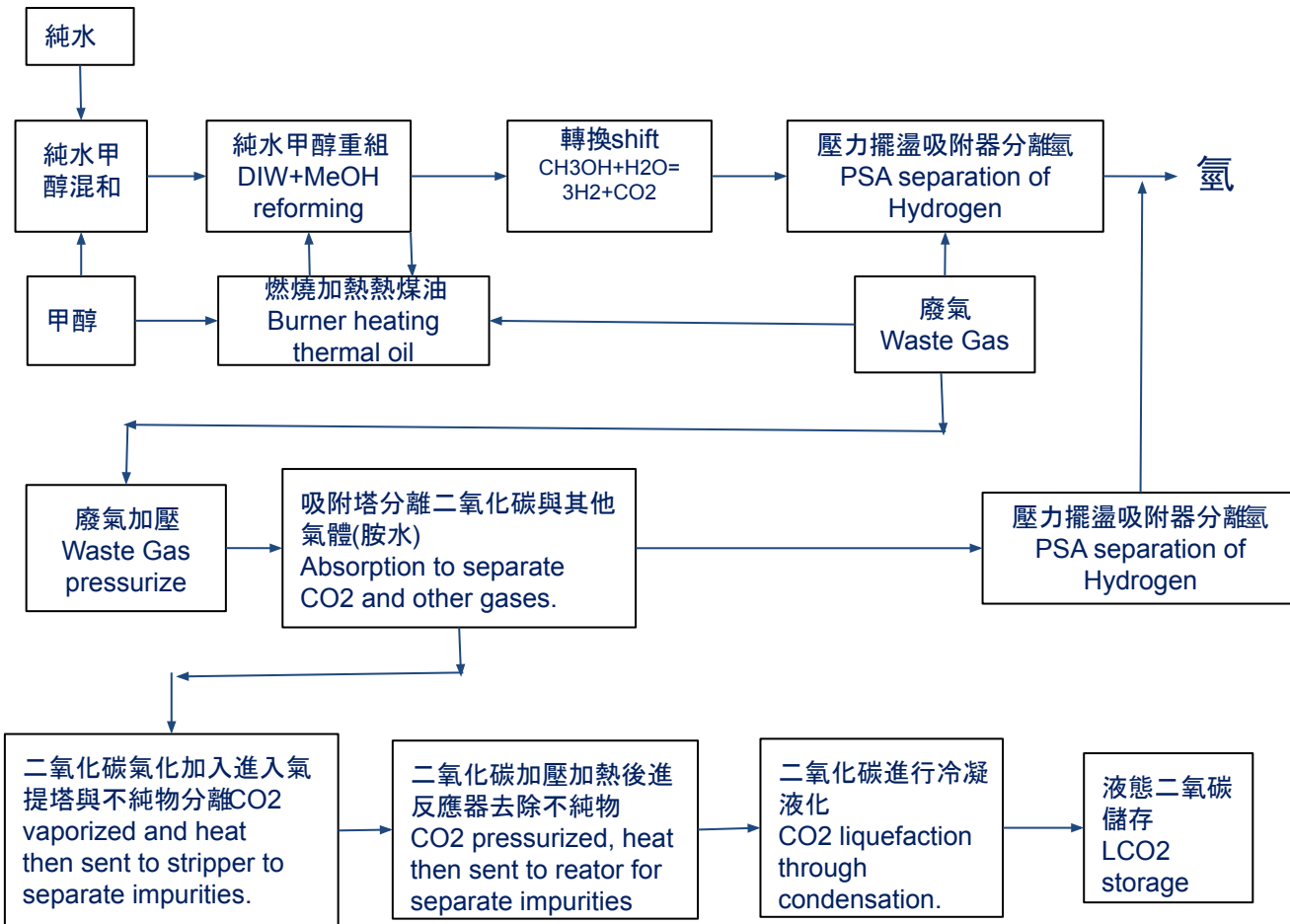
# H2 production \_ Steam Methane Reforming (SMR)

## 氫氣生產\_水蒸氣甲烷重組

SMR and carbon captured process (simplified)



# 甲醇純水裂解重組及碳捕捉 Methanol Reformer with CCS

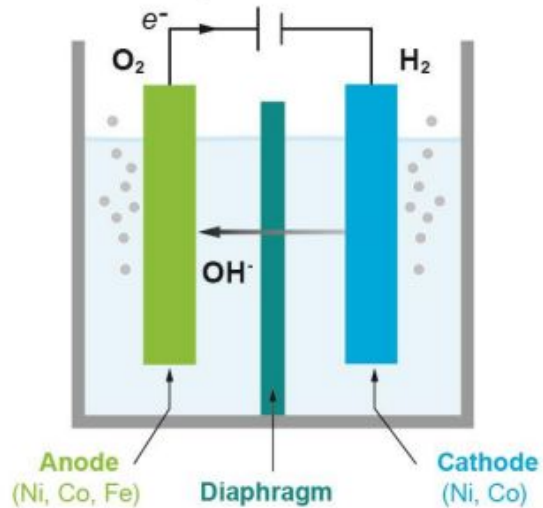


# H2 production \_ electrolyzers (two are commercial)

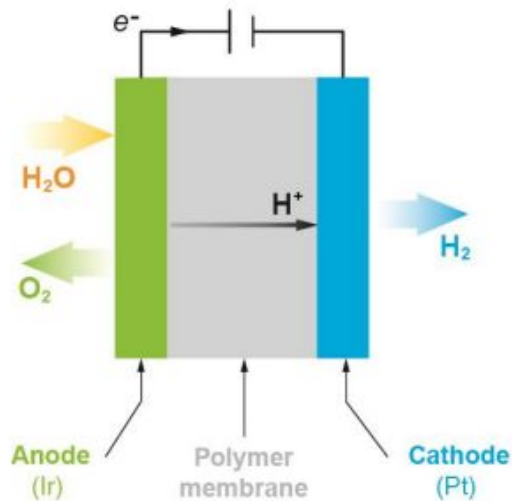
## 氫氣生產\_水電解(兩種已商業化)

### Three main technologies for electrolyzers

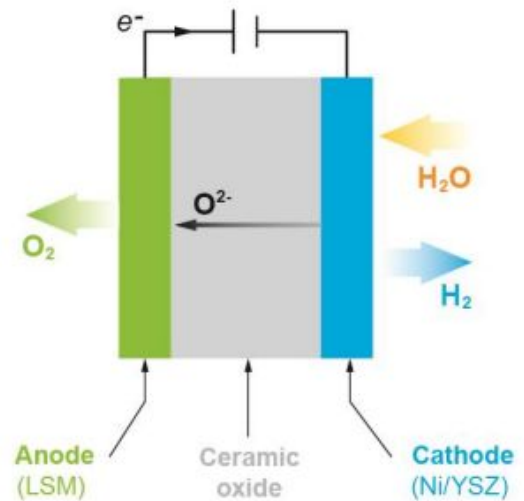
#### Alkaline electrolysis



#### PEM electrolysis



#### Solid oxide electrolysis



© 2018 IHS Markit/1724911



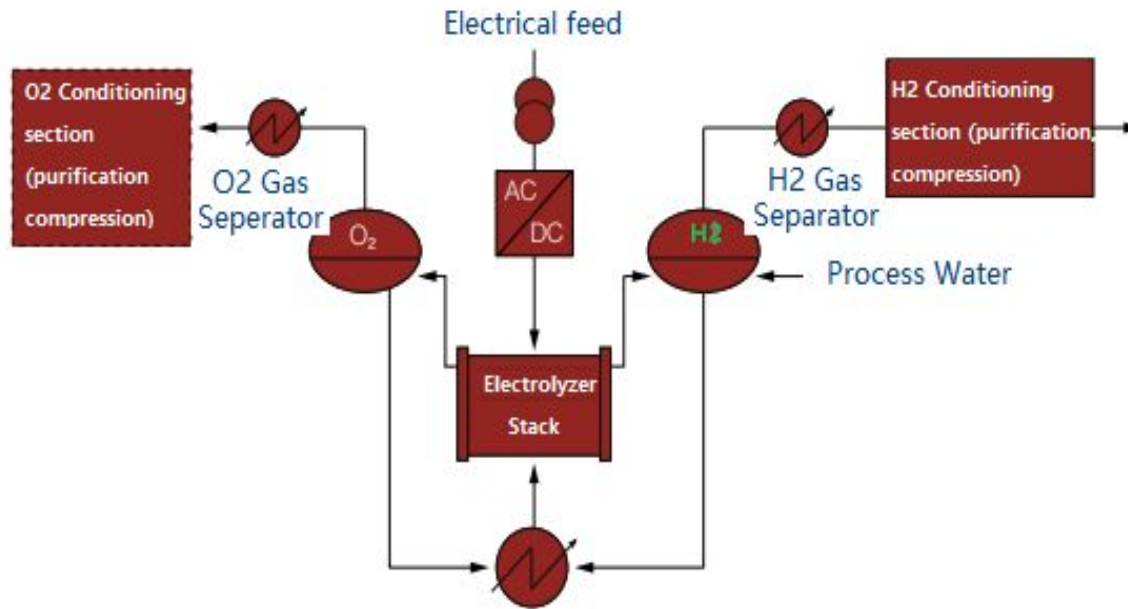
# Key features of electrolyser technologies

## 電解槽技術的主要特點

### Key characteristics of electrolysis technology

Feature	AEC	PEM	SOEC
<b>Commercial status</b>	Mass market	Commercial, rapid growth	Demonstration
<b>Capital cost, (per kWe input)</b>	Low—common cheap materials e.g. Ni, Fe, KOH	Moderate, falling fast—but expensive noble metals e.g. Pt	High. Expected to drop
<b>Efficiency (electrical)</b>	~ 70%	Approaching AEC, expected to reach 80%	Expected to reach 80-90%, but needs heat input
<b>Stack life</b>	Good stability. Life increases from 75,000 hours today to 80,000 at maturity	Life increases from 57,000 hours today to 75,000 at maturity	Life increases from 48,000 hours today to 70,000 at maturity
<b>Temperature</b>	Low: <100 deg C	Low: Typically <100 deg C (up to 200 deg C)	High: 500 - 1000 deg C
<b>Pressure</b>	Can operate at 30 bar	Can operate at differential pressures	
<b>Minimum load</b>	20%-40%	3%-10%	-
<b>Startup time</b>	30-60 min	5-15 minutes	-
<b>Strengths</b>	Low cost materials	Best suited to provide flexibility to power grid. Sub-second response	Suited to high temperature industry. Potential integration with power-to-liquids

# Large PEM electrolyzer 大產能質子交換膜水電解







Air Liquide invested built and operated the world's largest PEM (Proton Exchange Membrane) electrolyzer operating in the world today. 液化空氣集團投資建造並運作了當今世界上最大的PEM(質子交換膜)電解槽。

# Large PEM electrolyzer specification

## 大產能質子交換膜水電解 規格

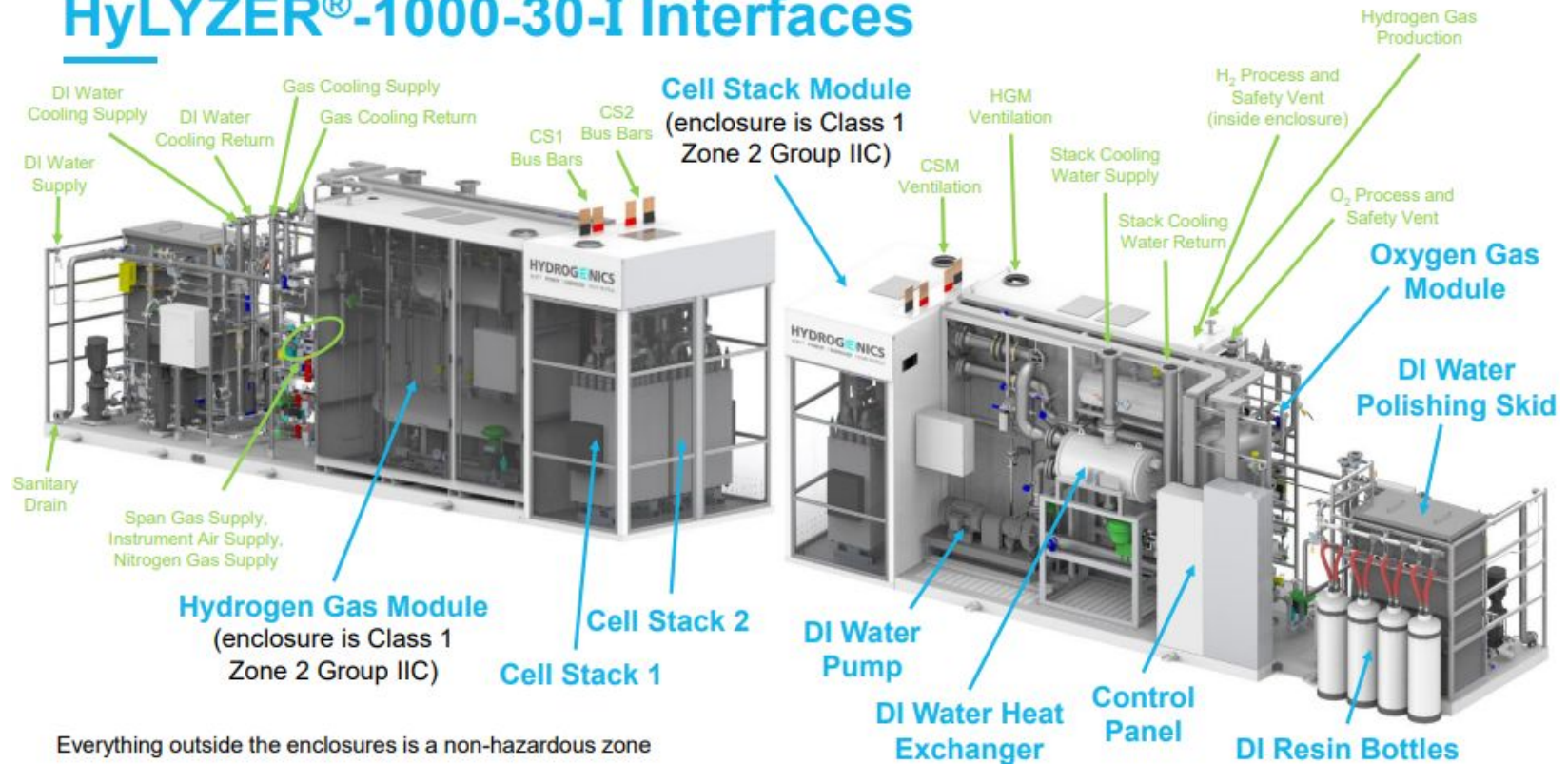
### Cummins PEM Product Lineup

Parameter	Very Small Systems ( $\leq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ )	Small Systems (200 to 500 $\text{Nm}^3/\text{h}$ )	Medium Systems (500 to 1000 $\text{Nm}^3/\text{h}$ )	Large Systems ( $\geq 1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ )
Product Name	HyLYZER® 10 to 100	HyLYZER® 200 to 500	HyLYZER® 500 to 1000	HyLYZER® 1000
Stack(s)	1 x 450E	1 or 2 x 1500E	1 x 1500E	2 x 1500E
Balance of Stack				
Nameplate $\text{H}_2$ Flow	10, 50 or 100 $\text{Nm}^3/\text{h}$	200, 250, 300, 350, 400, 450 or 500 $\text{Nm}^3/\text{h}$	500 – 1000 $\text{Nm}^3/\text{h}$	As much as required in multiples of 1000 $\text{Nm}^3/\text{h}$
Operating Window	5% to 100% nameplate	5% to 100% nameplate	5% to 100% nameplate	5% to 125% nameplate (50 to 1250 $\text{Nm}^3/\text{h}$ per skid)
Hydrogen Dryer	Included	Included	Optional	Designed to Plant Scale
Balance of Plant	Included	Included	Optional	Optional (up to max 5000 $\text{Nm}^3/\text{h}$ )
Installation	Indoor (skidded assembly)	Outdoor (2 x 40' ISO Containers)	Indoor (skidded assembly) Optional Outdoor, turnkey	Indoor (skidded assemblies)
Hydrogen Purity	99.998% ( $\text{O}_2 < 2\text{ppm}$ , $\text{N}_2 < 12\text{ppm}$ , higher purities optional)		>99.99% fully saturated with water ( $\text{O}_2 < 20\text{ppm}$ ) With optional dryer: same as smaller systems	
DC Power Consumption	4.3 $\text{kWh}/\text{Nm}^3 \pm 0.1$ (at nameplate flow)			4.3 $\text{kWh}/\text{Nm}^3$ @ 1000 $\text{Nm}^3/\text{h}$ (3.6 to 4.5 over operating range)
Water consumption	Tap water: < 1.4 liters / $\text{Nm}^3$ of $\text{H}_2$ (RO + process)		De-ionized Water: ~ 0.8 liter / $\text{Nm}^3$ of $\text{H}_2$ (peak flow 80 L/min)	

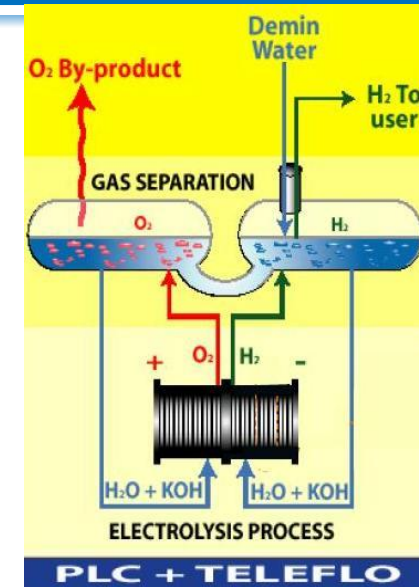
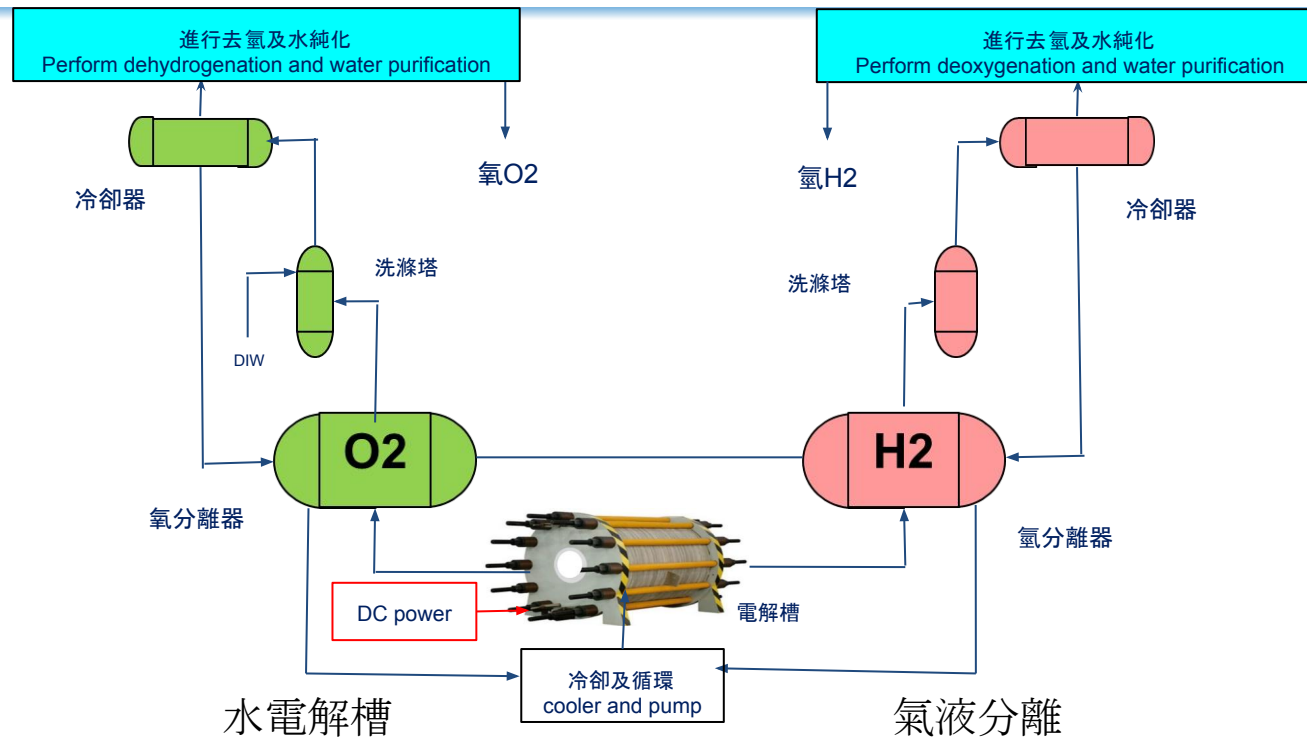


# Large PEM electrolyzer (Interfaces) 大產能質子交換膜水電解 (介面)

## HyLYZER®-1000-30-I Interfaces



# 水電解系統Electrolysis - Alkaline Pressurized 鹼液加壓製程



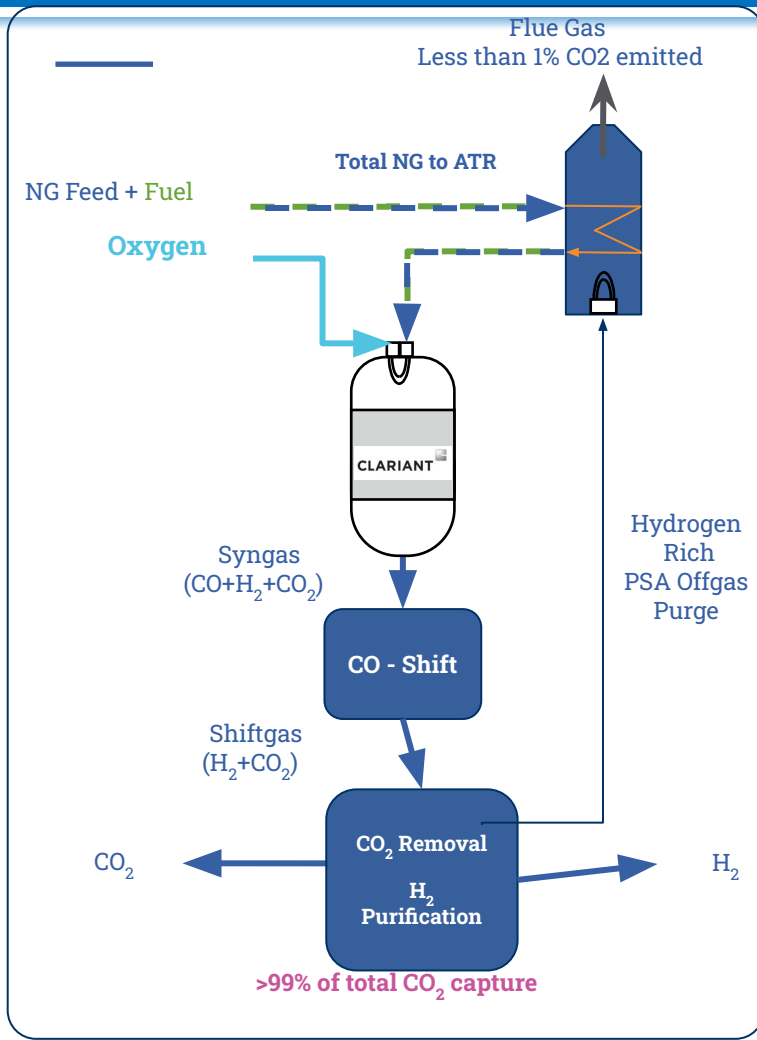
氣體純化





# H2 production \_ Autothermal Reforming (ATR)

## 氫氣生產\_自熱重整



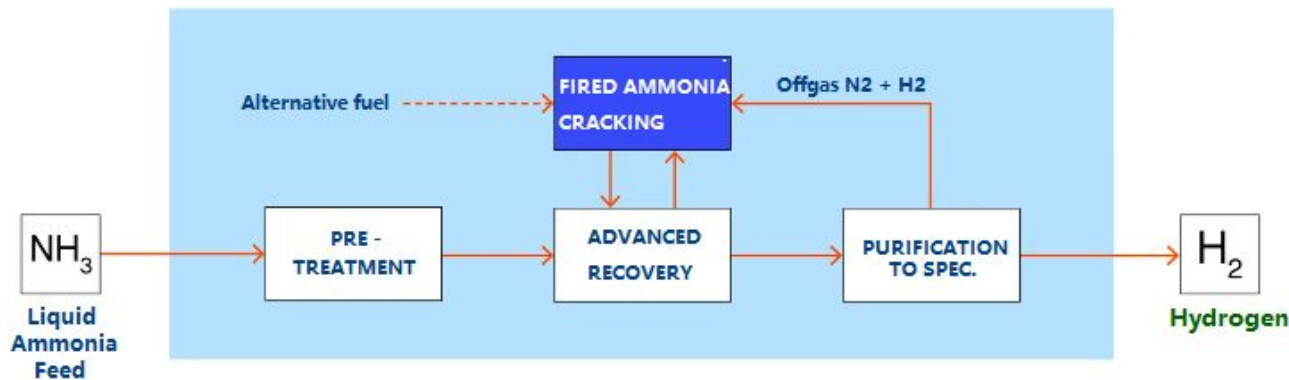
**Combined with carbon capture**, ATR enables industrial scale **low-carbon hydrogen production**, with key advantages:

- **No Flue Gas CO<sub>2</sub> capture unit** required by reduction of fired heater
- Partial combustion inside a **Single Reactor** enables “full” CO<sub>2</sub> capture with a **Single Capture unit**
- **Highest CO<sub>2</sub> capture rates** achievable **without additional hydrogen firing**

**>95-99% Global Scope 1 capture rate with ATR is achievable without CO<sub>2</sub> capture from flue gas**

# Industrial by - products \_ Ammonia cracking

## 工業副產品\_氨裂解



### Ammonia Cracking

Ammonia + Energy  $\rightarrow$  **Hydrogen** + Nitrogen

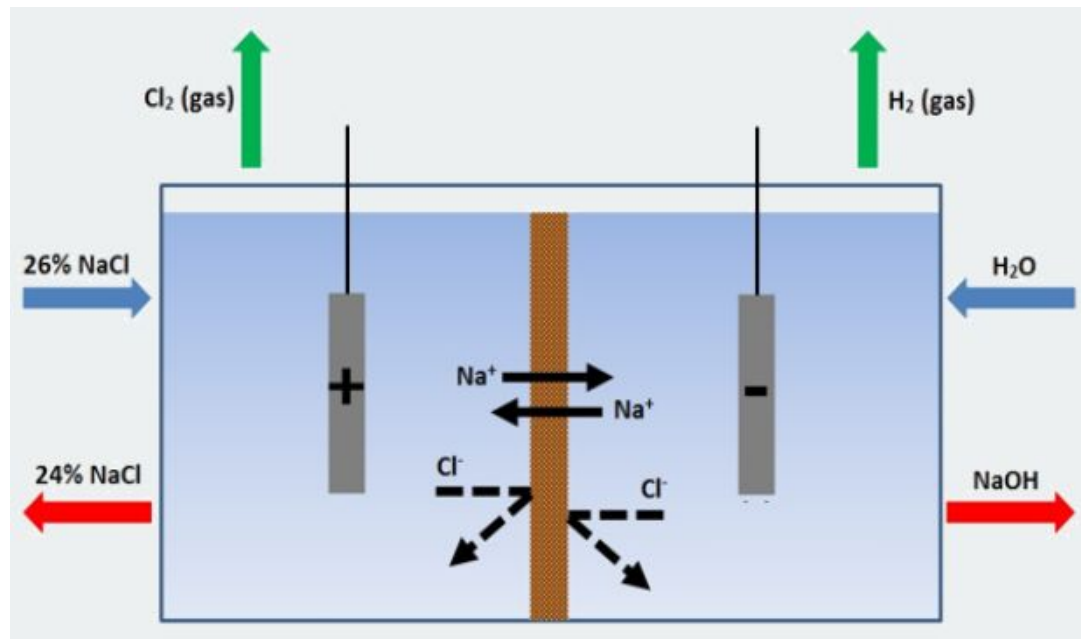
Hydrogen from ammonia can be produced without emitting a single  $\text{CO}_2$  molecule.



Visualization of Airliquide's industrial scale pilot plant for Ammonia Cracking

# Industrial by - products \_ chlor-alkali purification 工業副產品氯鹼淨化

The process makes use of brine and a membrane cell with positive and negatively charged electrodes. 該過程使用鹽水和帶有正電和負電電極的膜電池

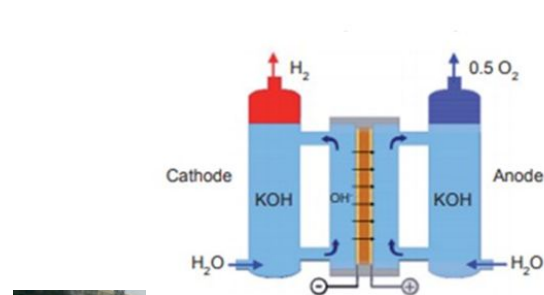
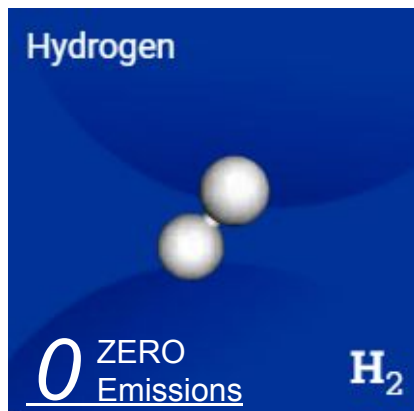


### 三、氫氣加氫站安全設置標準及實務

#### 3. Hydrogen Refueling Station Safety Setting Standards and Practices

# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR

Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



Taiwan High Pressure Gas Industrial  
Association



Asia Industrial Gases  
Association



National Taipei University of  
Technology



# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar

---

## 氫氣加氫站安全設置標準及實務

## Hydrogen Refueling Station Safety Standard and Practices

Speaker 演講者: 陳高明 協理  
聯華氣體工業股份有限公司 LLH

# 陳高明 Stephen Chen

- Company Employer: Linde LienHwa  
工作單位: 聯華氣體工業股份有限公司
- Position: Technical Director  
職位: 協理
- Expertise Fields in LLH: 在聯華集團內的專業領域
  - International Expert LLH 氫氣專家
- Working Experience: work in LLH for 25 years  
工作經歷: 在台灣聯華工作 25 年

**Speaker  
Picture**

# Contents

## 目錄

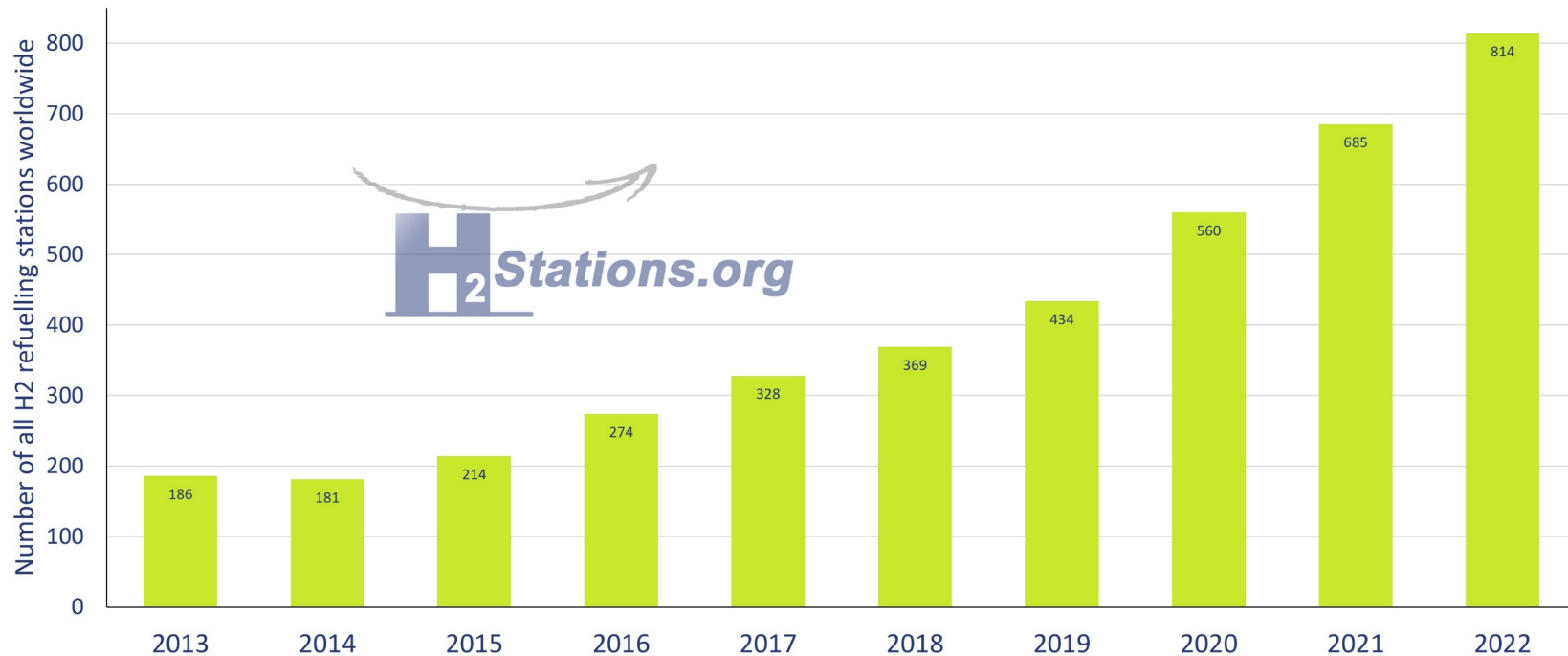
---

- 加氫站 Hydrogen Refueling Station
- 加氫站基本流程 Basic process of hydrogen refueling station
- 事故分享 Lesson learn
- ISO 19880 & CNS 19880
- 商轉之加氫站 Commercial hydrogen refueling station

# 氫氣加氫站

## Hydrogen Refueling Station

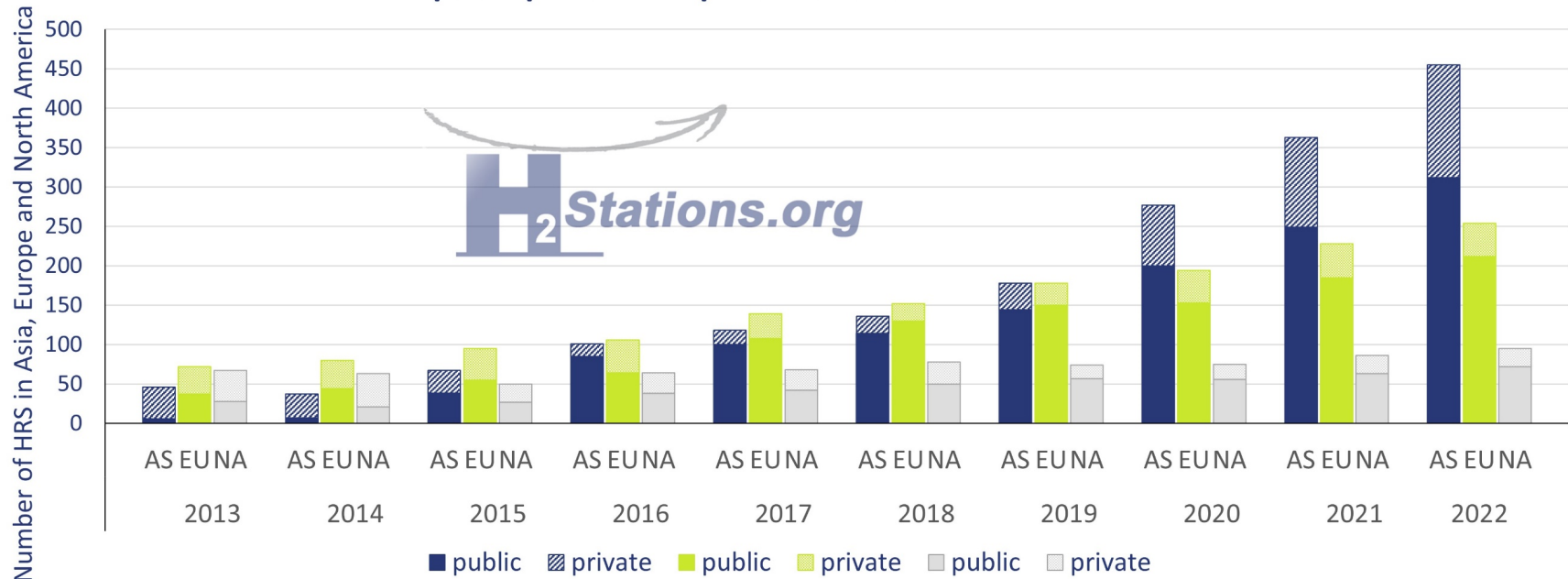
Development of H2 refuelling infrastructure worldwide



# 氫氣加氫站

## Hydrogen Refueling Station

Development of H2 refuelling infrastructure in Asia, Europe, North America  
split in private and public stations





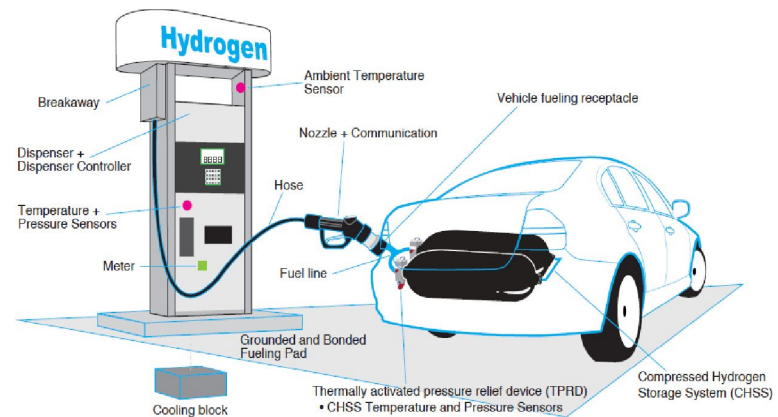
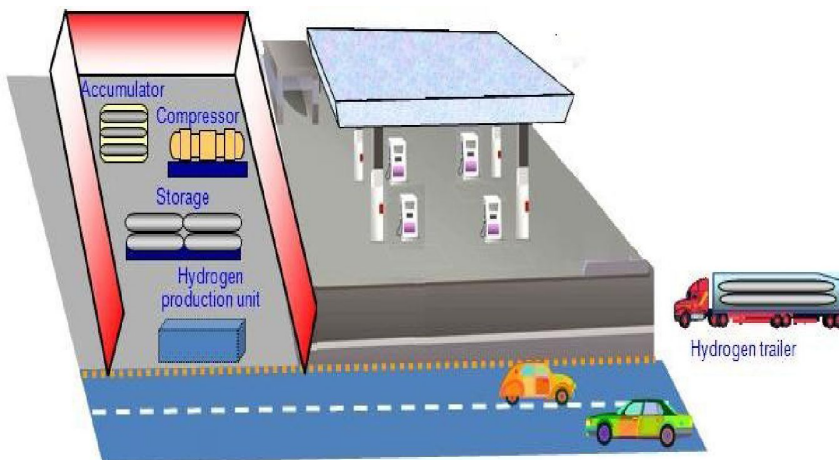
# 加氫站基本流程

## Basic process of hydrogen refueling station

氫氣集束組或氫氣管式槽車由氫氣生產工廠灌充後至 $150\text{kg}/\text{cm}^2$ 至 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 經運載至加氣站後固定於地表(氫氣管式槽車)作為氫氣供應源,依實際氫氣加氣需求做定期更換

氫氣直接由氫氣壓縮機壓縮灌充至高壓氫氣容器(高壓氣體特定設備),氫氣壓縮機出口之背壓將直接回流至氫氣壓縮機入口.此氫氣高壓集束組將作為加入氢能載具之氫氣來源,此作業為批作業依高壓儲氫集束組之最低壓力控制啟動氫氣壓縮機氫氣進行灌充.高壓氫氣容器(高壓氣體特定設備)為 $500$  至  $900\text{kg}/\text{cm}^2$ .

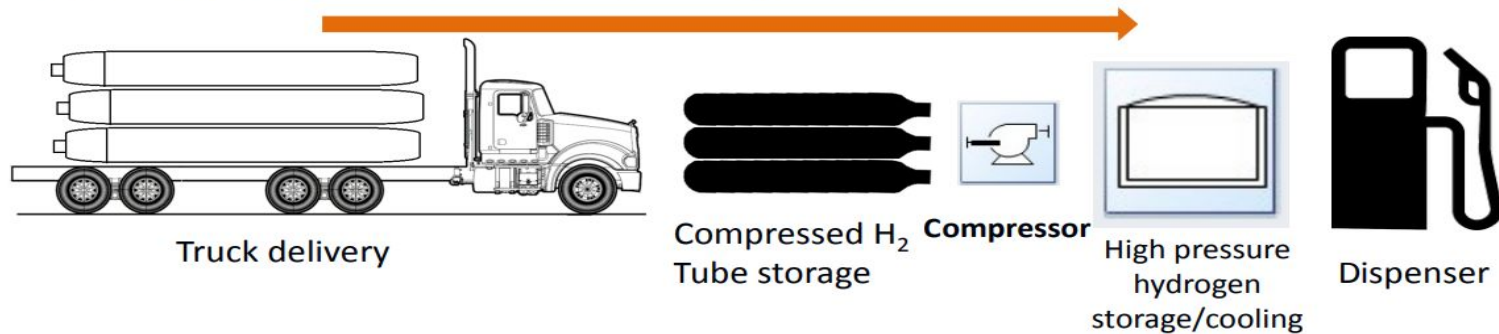
當有氢能載具之氫氣灌充需求,為避免氫氣灌充產生之壓縮熱,造成設備損傷或危害,高壓氫氣容器(高壓氣體特定設備)經熱交換器將溫度降至攝氏零下四十度後經由氫氣加氣槍以平衡壓力之方式灌充至氢能載具鋼瓶內(壓力為 $350\sim 700\text{kg}/\text{cm}^2$ ).



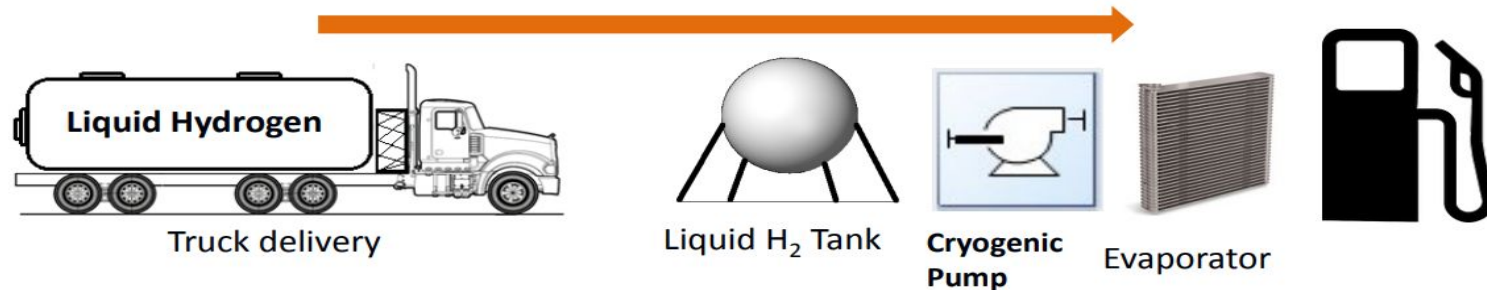
# 加氫站基本流程

Basic process of hydrogen refueling station

## 1. Hydrogen station with gaseous hydrogen delivery

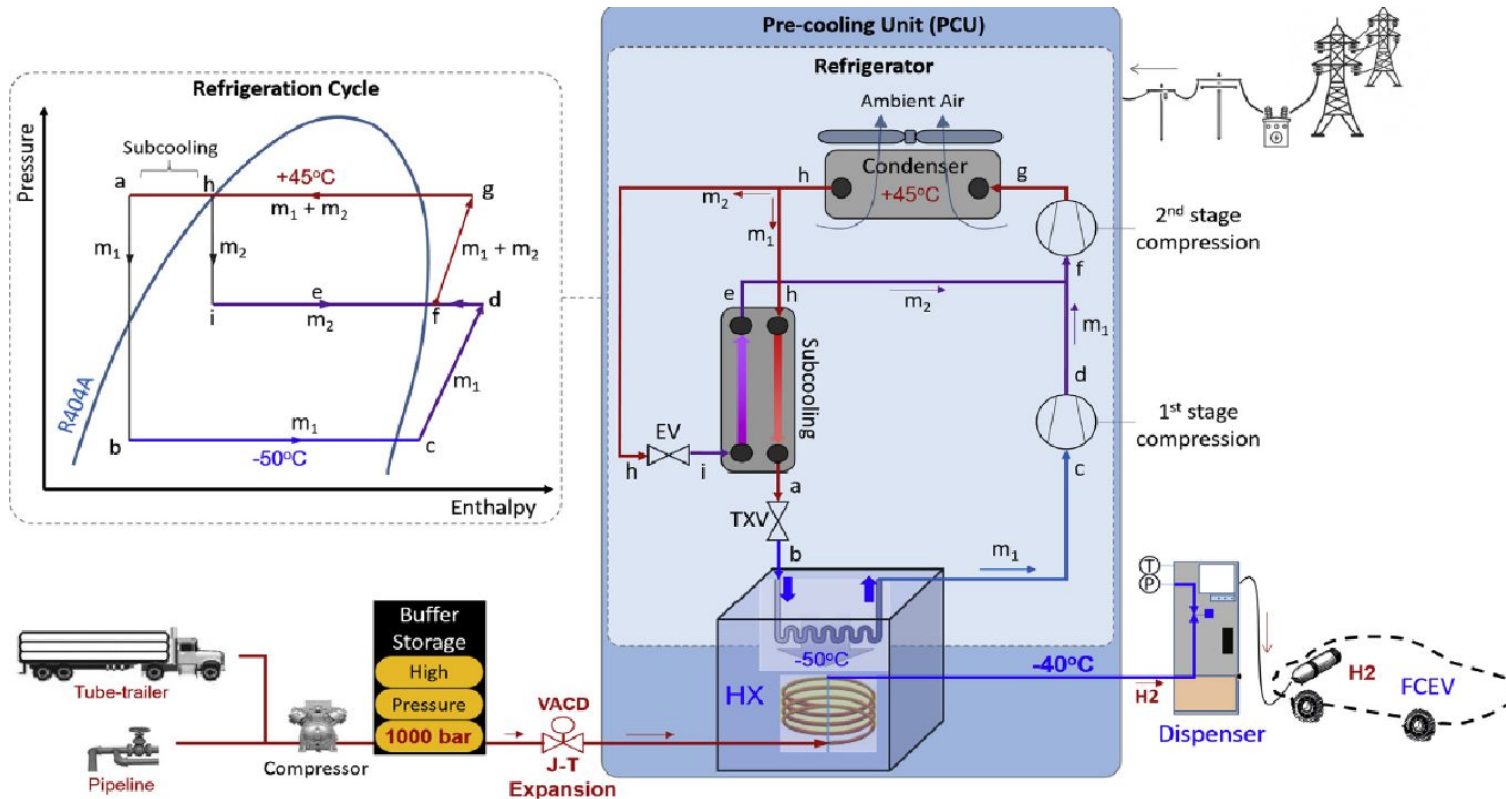


## 2. Hydrogen station with liquid hydrogen delivery



# 加氫站基本流程

Basic process of hydrogen refueling station



# 事故分享

## Lesson learn

職業災害案例	災害經過概述	可能之發生原因	建議之改善措施
○公司氫氣槽車火災事故	<p>氫氣槽車灌充人員於槽車灌充至需求壓力，灌充人員切換至其他槽車灌充時，於距離事故槽車約20公尺處聽到事故槽車有氣體洩漏聲，幾秒後隨即聽到氣爆聲及槽車操作盤冒出火焰。操作人員立即停止氫氣工廠生產並聯絡消防隊協助，通報廠內人員支援灑水冷卻事故車輛及周邊其他氫氣集合裝置。費時約40分鐘火勢熄滅，經消防隊以氫氣偵測器確認現場無氫氣殘留及以紅外線熱感應器確認現場無熱源存在，消防水車撤離，消防局鑑識課入廠鑑識火場並帶回相關物證做進一步調查。</p>	<p>1. 客戶氫氣槽車布登管破裂造成氫氣洩漏。 2. 布登管破裂洩漏時，可能因布登管、壓力錶之金屬碎片因急速衝擊其他部分金屬引致火花而著火燃燒。</p>	<p>要求客戶/同業簽署保證遵守法令及安全規定。 增訂客戶自備容器之安全要求。 增訂壓力錶定期校正及更換的頻率。 灌充盤面與槽車間設置防爆牆。 槽車灌充區上方設置灑水裝置。 灌充前高壓氣體灌裝作業檢點(6S) 槽車入廠檢查項目及規定。</p>
○公司氫氣外洩發生爆炸事故	<p>灌充人員進行灌充作業時，突然聽見氫氣外洩聲音隨即發生爆炸起火，其火勢引燃停在西面之氫氣(H<sub>2</sub>)槽車輪胎，且氫氣(H<sub>2</sub>)灌充管線(銅管)因被火焰燒斷，漏氣處噴出高壓氫氣引起之強烈火焰直接對鋼瓶燃燒，氫氣(H<sub>2</sub>)廠人員隨即啟動洒水系統與警報系統，及打開消防噴淋設備接水帶滅火，氫氣(H<sub>2</sub>)槽車#1/#3鋼瓶因直接接受強烈火焰之熱量，鋼瓶材質迅速變化，強度降低，氫氣(H<sub>2</sub>)受高溫壓力急速上升，鋼瓶本體即先爆炸。因受高溫高熱影響引發連續爆炸，人員並無受傷，立即退至安全區域，隨即架設移動式噴淋設備與消防水帶，縣消防局十多輛消防車及化學泡沫車前往灌救，火勢在上午八時二十二分控制，一名員工在搶救設備時右腳遭二度灼傷，送醫院急救後，沒有生命危險，火勢在上午九時十五分被撲滅，事故原因待相關單位深入調查原因。</p>	<p>氫氣灌裝管線洩漏，高壓的氫氣外洩，與空氣摩擦生熱後自燃再爆炸。</p>	<p>增訂手動閥組更換頻率 增加灑水降溫裝置 增訂緊急應變SOP 增訂灌充作業SOP(相關點檢項目) 增設氫氣偵測器 增設自動灑水系統 增設安全連鎖裝置 灌充區與槽車停放區與槽車停放區防護牆隔離 訂定管線及閥件定期檢查程序及方法、頻率。</p>

# 事故分享

## Lesson learn

職業災害案例	災害經過概述	可能之發生原因	建議之改善措施
XX公司氫氣廠進料過熱器出口端蓋板洩漏火災	<p>(1) 氫氣廠停車維修後再啟機程序中，進料過熱器的管線端板螺絲鬆，導致進料氣洩漏燃燒並延燒到周遭的儀表線路，造成停車</p> <p>(2)</p>	<p>(1) 因屬高溫製程其管線操作溫度在500°C以上，管線與端蓋板材質非一般材質，而螺絲僅採用高張力螺絲導致熱脹冷縮比例不同發生鬆脫現象導致洩漏。</p> <p>(2) 因開車時間操作預熱過快，當系統壓力達25kg/cm<sup>2</sup>發生大量洩漏。</p> <p>(3)</p> <p>(4)</p> <p>(5)</p>	<p>螺絲採用與管線相同材質避免發生熱漲冷縮不同導致洩漏。</p> <p>修正啟機程序的SOP，嚴格管控升溫曲線由原150°C/hr改成80°C/hr</p> <p>端蓋板相關保溫移除，改成人員隔離接觸網，使端蓋板露於大氣，於啟機預熱程序之進料前進行熱鎖確認。</p> <p>開車前檢查及審查</p> <p>設計、設備審查及採購管理。</p>
XX公司氫氣廠PSA分子篩移除作業發生閃燃事件	<p>氫氣純化系統PSA因分子篩粉碎導致系統純度不足，停車更換，其清除作業已經過N2置換氫氣與O2置換N2程序，符合開槽及人員侷限空間要求，人員穿戴外部供氣式防護面具，於早上09:30後進入移除作業，中午休息一小時候，13:00後經工安人員檢查O2含量確認後，放行作業，因桶壁有其結垢分子篩以工具將其清除過程發生閃燃現象，導致入槽人員一員燒傷及工作平台上外部防護警戒人員一員，過於緊張由高處跳下發生雙腳骨折現象。</p>	<p>(1) 雖然經過置換程序初步檢查已符合作業安全，但因其系統為吸附純化物質會因為時間的關係繼續釋放可燃物質。</p> <p>(2) 人員清除桶壁上的結垢分子篩使用非無火花工具可能產生</p> <p>(3) 人員穿著服裝可能產生靜電。</p> <p>(4) 因侷限空間員應強制送風，但因粉塵關係而取消導致可燃性氣體濃度上升</p> <p>(5)</p> <p>(6)</p> <p>(7)</p> <p>(8)</p> <p>(9)</p>	<p>(1) 確實進行系統置換程序以防止可燃性物質移除不足。</p> <p>(2) 採真空抽除作業取代人工移除作業。若無法避免人工作業，其入槽前進行O2、可燃性氣體之檢測，並修正檢測頻率改成每2小時皆檢測。</p> <p>(3) 人員入槽須配置O2及可燃性氣體偵測器。</p> <p>(4) 人員服裝壓求穿著棉質衣物防止進電產生。</p> <p>(5) 工具強制採用無火花工具</p> <p>(6) 局限空間強制送風口改成由底部處強制送風及2HR進行一次強制頂部送風作業。</p> <p>(7) 局限入槽及重新入槽之作業程序及檢點規定。</p> <p>(8) 監視及入槽作業許可。</p>



# 事故分享

## Lesson learn

職業災害 案例	災害經過概述	可能之發生原因	建議之改善措施
A 公司氫氣灌站手閥組漏氣起火將 A 公司槽車燒毀	<p>上午 07:40 分, 於手閥組處發生第一次洩漏火警。該火勢引燃停在西面之 A 公司氫氣槽車輪胎, 且氫氣鋼管因被火焰燒斷, 氫氣開始噴向槽車鋼瓶燃燒, 氫氣廠人員隨即啟動洒水系統與警報系統, 及打開消防噴淋設備接水帶滅火, 並以廣播通知全廠作應變支援。</p> <p>A 公司氫氣槽車 #1/#3 鋼瓶頭部(即槽車尾部), 因受高溫高熱影響引發連續爆裂釋出氫氣燃燒, 人員並無受傷, 立即退至安全區域, 隨即架設移動式噴淋設備與消防水帶。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 材料使用錯誤或外部腐蝕造成 氫脆化洩漏。</li> <li>2. 維護保養失誤(未定期實施高壓氣密測試)。</li> </ol>	<p>改善措施:</p> <p>灌充管線必須使用不銹鋼(最好是 316L, 其次是 304 L...)。</p> <p>必須定期實施高壓氣密試驗。</p> <p>灌充區與其他區域以防爆牆區隔。</p> <p>灌充區設置火焰偵測器, 若偵測到火燄立即連鎖關斷製程及槽車之緊急關斷閥撲滅火災。</p> <p>灌充區設置可遠端 啟動之撒水降溫系統。</p>
B 公司氫氣消費場所, 系統與槽車銜接管斷裂漏氣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 供應商入廠進行 氫氣槽車更換(殘壓 57kg), TGM &amp; 值班人員現場陪同更換。</li> <li>2. 於更新高壓氣體檢查合格證時, 氫氣槽車銜接館於未受外力下瞬間斷裂彈開。</li> <li>3. 槽車司機立即關閉槽車出口閥, 避免 Trailer 殘餘 H<sub>2</sub> 持續洩漏。</li> <li>4. ERC 通知 GMS H<sub>2</sub> detector 偵測到讀值2,000 ppm(max..)。</li> <li>5. TGM 人員立即切換至 Bundle 供應, 同時請值班人員監控 PH<sub>2</sub> 供應品質及壓力。</li> <li>6. ISEP 銘展立即取 portable gas detector 至現場監測, 讀值已降為 0 ppm。</li> </ol>	<p>基本原因:</p> <p>銜接管焊接品質不良。</p>	<p>改善措施</p> <p>重新安裝銜接管。</p> <p>由第三者全檢所有具潛在風險之 氫氣及氫氣銜接管。</p> <p>訂定銜接管之使用壽命。</p> <p>加強焊接人員之資格認證, 第三者取樣認證。</p> <p>焊接檢核表中增加“厚度檢查”。</p>

# 事故分享

## Lesson learn

職業災害 案例	災害經過概述	可能之發生原因	建議之改善措施
C 公司氫氣槽車於客戶端使用時，主閥破裂漏氣起火燃燒	<p>事故描述</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. C 公司依約定送交氫氣槽車至客戶端。</li> <li>2. 會同客戶點收，依氫氣拖車更換檢點表，雙方逐項確認點收完成。</li> <li>3. 司機離開客戶端。</li> <li>4. 發生爆裂聲，隨即著火，客戶於第一時間通知 C 公司福運輸處主管（主管先以電話告知，需先以消防水噴灑槽車降溫，不可滅火），客戶人員立即通報消防隊並啟動應變小組，以消防水持續噴灑槽車降溫。</li> <li>5. 氫氣拖槽車總閥出口火勢轉為微量，決定停止消防水降溫，以滅火器滅火，再經以紅外線溫度偵測儀測溫，著火點 42°C，鋼瓶外部 26°C，並持續環境測試及警戒。</li> <li>6. 氫氣站設備、氫氣拖車週遭環境持續偵測、監控氫氣濃度至安全值，作好安全隔離後，人員才撤離。</li> </ol>	<p>事故原因初步判定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氣拖車總閥與軟管銜接之銅製接頭因材質疲勞劣化，無法承受高壓而破裂脫離，以致高壓氫氣外洩起火燃燒。</li> <li>2. 由軟管接頭殘留的銅環可以看出是六角螺帽的後端，螺牙部分殘留在總閥出口，可以確定本次意外事故的主要原因在六角螺帽爆裂。</li> </ol>	<p>改善措施</p> <p>出貨前檢查程序必須涵蓋槽車之相關接頭。</p> <p>接頭材質最好使用不銹鋼。</p> <p>槽車出口閥前安裝緊急關斷閥，氣源管使用塑膠管，若洩漏著火燒斷氣源管，可關斷氫氣源。</p>

# 事故分享

## Lesson learn

職業災害 案例	災害經過概述	可能之發生原因	建議之改善措施
D 公司氫氣廠發生之維護保養後開機隻閃火	<p>1. 本意外發生於由A公司操作之 100bar 之氫氣管路計量站，於維護後之試車期間。雙重阻絕及排放閥系統用來阻絕計量站。此一雙重阻絕及排放閥系統由以下三部份組成：</p> <p>(1) 一組上游自動管線組絕閥</p> <p>(2) 一組下游手動管線組絕閥及</p> <p>(3) 於這兩組組絕閥中間一組手動排放閥排放至大氣</p> <p>1. 計量站於維護完成後之試車期間，一道火燄由排放管出口發生。因為手動排放閥沒有關上。當上游之自動阻絕閥打開後導致高壓氫氣經由排氣管排放至大氣，再加上立即點燃，最後結果是產生一道三十米之噴射火燄。排放閥及排放管設置於離地 2.1 米，排放口水平朝向計量站之建築物。水平之噴射火燄損壞了計量站的設備及位於二十公尺外之控制建築物之外牆。當火焰發生時，操作人員在控制室內。當他們聽到燃燒爆炸聲音後立即按下緊急停止開關將氫氣計量站之管路隔離。此一動作關閉了進口之自動隔離閥。氫氣火焰立即被撲滅但是二次火災如電線及儀表仍持續燃燒，最後被操作人員撲滅。</p>	<p>本次意外之基本原因被界定為當從事計量站之試車未將排放閥關閉，操作員認為已經關閉</p> <p>試車程序未完全執行(未檢查手動排放閥之位置)</p> <p>因阻絕及排放系統設計及施工不良之因素</p> <p>排放管之出口設計成水平且未朝向空曠區域，排放口之高度也不夠。</p> <p>計量站上游之管路隔離閥是自動的 在DBB系統前快速建壓，當它一開啟大流量之氫氣流經排放管。</p> <p>這兩個設計和建造因素增加了最初由操作者錯誤所引起的事件的嚴重性。</p>	<p>改善措施</p> <p>操作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 操作氫氣系統必須由經過訓練及被資格認證之人員為之。</li> <li>- 設備之標示上鎖之管理系統必須確實執行以確保操作及維護人員適實遵守試車及試車前審查程序。</li> <li>- 所有操作人員包括承攬商被充分告知任何不正常之操作狀況，同時可取得所有相關之安全資訊及熟悉緊急應變程序。</li> </ul> <p>管道網路的吹淨</p> <p>氫氣管路之吹淨作業應視為一特殊作業並應完成作業前之特定操作風險分析。經由風險分析而發展之作業程序可能建議使用臨時性之設備。如此，排放之流速應依排放管之高低與其他設備之距離而調整。若實際距離過小則下列程序必須遵守：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 當洩壓操作進行時一位操作員必須固定待在排放控制閥附近區域。</li> <li>* 位於安全距離內可能被影響之區域於操作期間必須明確界定、公告及監控</li> <li>* 操作區域必須設置隨手可得之消防滅火設備。</li> </ul> <p>排放口設計標準</p> <p>排氣口的設計和地點</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 排放口應垂直並朝向安全區域。</li> <li>- 排放口應設計防止雨水進入及蓄積之機制。</li> <li>- 與排放管口之安全距離應考慮以減低對下列區域之熱輻射影響。</li> </ul> <p>雙重阻絕排放閥系統</p> <p>DBB為手動閥則應設置於上游，下游設置手動或自動均可。</p>

# ISO 19880 & CNS 19880

風險管理  
Risk management

## **5.1加氫站安全建議**

加氫站宜設置在對使用者、作業人員、資產及環境可接受之風險等級最低的場址。加氫站應考量以下潛在危害源的要素：—現場產氫單元，若適用。—氫輸送系統，包括移動式儲氫及遠端充填位置，若適用。—壓縮機。—儲存。—管路接頭(無銲接)。—加氫機。加氫站應包括因著火、爆燃、爆轟及爆炸波(blastwave)之風險，減少至可接受水準的措施。減輕策略之範例，大部分詳述參照5.3及5.4。亦應說明非氫氣著火對加氫站的危害(若適用)，範例列表參照5.5。

### **5.3.2.1一般**

應設計並操作加氫站使得正常操作期間之預期或非預期發生可燃氣體逸散的情況下，防止、最少化、偵測或控制形成可燃混合物。更多可用的詳細資訊參照CNS3376系列標準或IEC60079系列標準。如何降低可能形成可燃混合物之範例參照附錄B。

### **5.3.2.2安全及緊急關斷系統**

為最小化非預期逸散之量，或最小化可燃混合物之滯留期間，應設置能關斷來自儲氫之氫來源至加氫站其他區域的隔離閥(參照11.2)。喪失電力或氣壓之事件中，氫管路上自動閥移動之位置宜依風險評鑑規定並實施。

# ISO 19880 & CNS 19880

風險管理  
Risk management

## **5.3.2.3氣態氫系統之釋壓裝置**

有要求時，加壓之氣態氫系統及設備應保護防止超壓，例：使用一或多個PRD或其他適合的措施。超壓保護應設定在其保護之壓力系統MAWP或之下，系統之MAWP不得大於系統中最低組件壓力定額。PRD可為復閉型，如彈簧負載壓力致動安全閥(PSV)，或為非復閉型壓力致動安全裝置(PSD)，如破裂片及膜片(參照7.2.2)。結合非復閉型PRD之風險，宜在加氫站設計及布局時考量(參照7.8)。宜全時防護設備超壓。宜規定在設置之設計時考量，以便於PRD之定期測試及維護(參照15.4)。備考：EN764-7提供對於釋壓安全系統之隔離指引。

## **5.3.3圍阻物內形成可燃混合物之減輕措施**

在可行時，圍阻物內來自預期的氫洩漏或逸散導致形成危害環境宜最少化。附錄B提供如何達成的範例，相關的要求參照7.11。

備考1.不可行時，參照7.4之指引劃分危害區域並管制危害區域之內的引燃源。

備考2.若容器及管路設計已周詳考量失效防護時，則本分析不需考量容器或管路系統之突然及災難性失效。依7.4決定區域分類並針對設備在危害區域之保護建議，可考慮調整現行通風及可燃氣體偵測的措施。在所有的狀況下，接近潛在逸散源(洩漏點)之稀釋空間內存在的電氣及機械裝置，宜依7.4保護。圍阻物設計，宜使可能蓄積氫之高點(或局部高點)最少化。來自洩氣或安全釋放設備之氣流，應用管路輸送至適當的區域。進一步資訊參照5.4.2。



# ISO 19880 & CNS 19880

風險管理  
Risk management

## **5.3.4頂蓬下形成可燃混合物之減輕措施**

可行時，頂蓬之下來自預期的氫洩漏或逸散導致形成危害環境宜最少化。備考：不可行時，參照10.2危害區域劃分指引並管制危害區域內之引燃源。依10.2.2決定區域分類並針對危害區域內設備的保護建議，可考慮調整可用之現行通風及可燃氣體偵測的措施。在所有的狀況下，接近潛在逸散源(洩漏點)之稀釋空間內存在的電氣及機械裝置，宜依10.2.2保護。除非已採取其他保護措施，否則加氫機或其他氫設備之上方至頂蓬之危害區域，頂蓬設計應防止氫蓄積於死角或頂蓬之天花板與屋頂之間。頂蓬設計，宜使可能蓄積氫之高點最少化。

## **5.3.7.5消防系統**

消防設備之位置及數量應依加氫站之規模並諮詢當地消防權責機關後決定。消防設備需要水的情況下，應有足夠的水量和壓力足以用於消防(消防設備影響火災之滅火及冷卻)視諮詢當地消防權責機關後決定。為滅火目的，適宜的滅火器具應設置於危害區域附近隨時可取得。細節與當地消防權責機關協調。氫容許持續洩漏時，宜絕不熄滅該氫著火。氫洩漏宜儘可能地關閉。氫氣源無法自洩漏處隔離，氫著火宜容許燃燒至氫燃料完全耗盡。氫燃料完全耗盡之前，熄滅氫著火會產生可燃混合物。消防設備宜僅用於防止氫著火的散佈，例：冷卻周圍設備或冷卻儲氫以避免容器破裂。來自消防系統之水，宜不直接或導入氫系統排氣豎管。滅火後，氫系統排氣豎管宜排出所有蓄積的水並於重新使用前檢驗損壞。

# ISO 19880 & CNS 19880

風險管理  
Risk management

## 5.4.1一般

加氫站之布局應結合適當的安全距離。安全距離為危害源與標的(人、設備或環境)間之可接受風險等級或風險告知最小分離的距離，以減輕可能可預見的事故影響，並防止小事故擴大為大事故(考量實施所有減輕措施及安全措施)。此包括來自加氫站邊界之外危害源的影響。不同的規則及產業實務中，用語“安全距離”經常包括諸多類型之距離，例：保護距離、淨空距離、設備布局距離、至外部風險源的距離及限制應用之內的距離(限制距離)。備考1.安全距離定義之範例規定在A.5。此等安全距離不提供災難性事件的完全防護，事件由其他要求或透過緊急反應計畫提供基本防護。針對標準設備及事件，安全距離能依國家規則規定，及/或透過一般設計之定量風險評鑑決定。對於任一規定之加氫站，某些亦可執行定量風險評鑑，其能用於了解風險及加氫站特定影響之減輕措施，分析結果可導致重新計算安全距離，產生加氫站特定安全距離。若安全距離太大，宜考量新增減輕措施或預防措施，且可使用定量分析重新計算安全距離。備考2.執行定量分析之效益係為產生所分析的特定加氫站/場址的安全距離。備考3.定量分析用於指明加氫站不會對特定目標構成不可接受之風險，同時考量實際安裝之設計及減輕措施特性。可接受的定量技術包括定量風險評鑑(QRA)及後果模型(即無量化情境機率之QRA)。分析使用相關加氫站設計與操作的資訊組合及數據、確證實體模型及符合本節其餘討論之準則機率模型。建議使用常見的工具套件，優先對氫進行確證。備考4.安全距離工具套件提供於附錄A。此工具套件已用於準備系列之範例風險評鑑，反覆地決定安全距離，例：加氫站隨不同國家的特定輸入(參照A.6)。

# ISO 19880 & CNS 19880

風險管理  
Risk management

## **5.4.2關於氫排氣豎管出口的安全距離**

考量不利的預期風力狀況，在任一可預見的排氣狀態下，出口位置(高度、暴露距離)應使得引燃的排氣不超過熱輻射及超壓影響的限制。液態氫系統排氣之安全距離，應考量氣體密度。引燃排氣之熱輻射及超壓影響(立即或延遲引燃)，應針對預期排放的氣體考量。在窗口、開口、空氣吸入口及人或人員區域可能出現之氫濃度，在空氣中(100%LFL)宜不超過4%，除非依風險評鑑要求之空氣中的氫濃度較低。備考1.可依A.4詳細的風險評鑑工具套件執行計算。備考2.關於氫排氣豎管之進一步要求參照7.8。

## **5.3.6.2火焰或火災偵測系統**

藉加氫站風險評鑑鑑別時，宜提供直接或間接之氫火災偵測措施，採取適當的行動以避免因火焰擴大蔓延至鄰近的設備。使用偵測設備時，應能以容易檢驗其功能性之方法設置。

# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## **7.2.1一般**

在加氫站用於輸送氫之管路，應符合ISO15649或國家標準，且宜適合於預期的循環壽命，參照8.3針對加氫系統及加氫機加氫總成中管路的操作要求。管路應相容於氫使用之材料製作(參照7.1.2)。要求時，高壓系統應依ISO15649(或選擇的管路標準)，藉PRD或相當的措施(如儀表安全防護措施系統具有適當的SIL等級)防護超壓。參照第5節關於超壓風險之識別、7.2.1針對氣態氫系統之PRD選擇及7.8對PRD排氣系統之設計。架設高壓組件應嚴謹地符合供應商說明書，依循良好的總成程序。高壓管路應依ISO15649或國家標準進行銲接，此包括銲接者資格、銲接程序等。管路設置時宜不發生意外踩踏於管路上或作為槓桿使用，且使用者或使用人員不發生絆倒。可暴露於腐蝕環境之管路(例：地下管路或管路在溝渠中)，應藉適宜的措施防護腐蝕。

## **7.2.2關於氣態氫之管路、連接管件、閥及軟管**

加氫站氣態氫系統之管路連接管件、閥及軟管的定額，應與其在管路系統中所使用一致(依7.2規定)，加氫系統及加氫機加氫總成之操作要求參照8.3，材料應相容於氫使用(參照7.1.2)。PSV宜符合ISO4126-1或相當之國家標準的要求。非復閉安全裝置宜符合ISO4126-2或相當之國家標準的要求。高壓氫使用之合格組件指引，參照以下標準：一閥及軟管脫離裝置為CNS19880-3。一加氫軟管為CNS19880-5。組件有足夠的證據針對使用依ISO15649(或選擇用於管路的標準)，可免除上述標準中規定之測試。閥組合應符合7.4.2。極低溫使用之管路、連接管件及調整器應符合6.2.2.6。

# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## **7.3.3.4.1一般**

產氫機、壓縮機、氣態暫存容器、管路系統及其相關連接管件之處，應位在建築物或頂蓬頂部，設備宜符合7.3.3.4建議。設備設置的高度宜有走道及作業平台，以協助作業人員進入並易於檢驗及維護。說明作業高度危害之措施，應採取保護作業人員免於自屋頂落下，並保護低於設備/升高掉落物體的人員。進入建築物或頂蓬屋頂，符合CNS15193規定。

## **7.3.3.4.2屋頂結構建議**

因考量設備新增其他靜態及動態負載之前提下，支撐氫設備及容器之屋頂結構依相關建築法規建造。

## **7.3.3.4.3氣態氫儲存架設**

氣態氫暫存容器應依製造商說明書架設，其宜個別用支架或類似結構支撐，或於提供個別容器支撐之架子內。容器架設結構應穩定地固定於屋頂。



# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## **7.4.1一般**

危害區域應依IEC60079-10-1識別並分類，或其他當地接受之方法論。可能逸散氫及/或其他可燃流體之位置適用的危害區域，包括來自圍阻物或建築物之使用氫或處理設備排放廢氣中潛在可燃混合物。參照5.3.2，確認關於潛在形成氫及/或其他可燃混合物的議題，並達到危害最小化。使用平頂之遮蔽或頂蓬且側邊充分開放，容許空氣自由通過穿越所有的部分，宜視為通風良好且可當作戶外處理(即“中等”程度且“良好”可用)。若頂蓬在危害區域之高度內，危害區域宜擴大到頂蓬的側邊。由於在頂蓬下可形成可燃混合物，參照5.3.4以減輕危害。設置在氫設備周圍之以容納及/或管制危害區域的圍阻物處，此等宜依5.3.6.3及7.11。來自圍阻物因自然或主動排放廢氣之可能逸散的可燃流體，宜在風險評鑑及危害區域分類之內考量，若適用。因圍阻物低於排放廢氣，可從考量中排除。宜考量可於圍阻物之內限制氫量逸散的措施，例：氫供應至圍阻物中使用自動隔離閥。可燃氣體自圍阻物內之一隔室洩漏至(圍阻物之內)其他鄰近隔室的可能性，若適宜，應在風險評鑑及危害區域分類之內考量(參照7.11.4)。區域分類周圍排氣系統出口，在正常操作條件下，宜依可預見之流率規定，且亦考量依7.8.3規定合理的潛在失控或故障條件，排除使用於火災狀況及自願性、手動促動響應緊急狀況。

# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件  
Equipment and Components

## 7.4.2在危害區域之設備

點燃氫之混合物所需的能量及空氣極少(參照IEC60079-20-1)。若未使用正確的保護，所有的電氣設備幾乎可以是點燃氫/空氣混合物的來源。設備之搭接及接地、電氣設備之選擇及設置、以及因靜電放電點燃可燃物之保護，參照10.2。除電氣引燃源，機械設備亦能點燃氫及其他可燃流體。此引燃源之範例如下：一因旋轉葉片之火花，或一熱表面。設置在危害區域內之機械設備及電氣設備的機械部件，若此部件未依IEC60079系列標準之要求保護，應依ISO/IEC80079系列標準保護。備考：作為範例，電扇依IEC60079-0符合電氣機械之要求，其足以防爆。



# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件  
Equipment and Components

## **7.5.1一般**

各壓縮機應配備PRD或同等安全儀表系統以防止超壓。全部的設備應符合7.4.2。壓縮機外殼應符合5.3.2.3及5.3.6.3。可適用壓縮機及輔助系統處，應與7.2敘述用於管路系統一致。宜針對壓縮機之潛在振動或移動提供充分補償，使得管路系統不損壞且不發生洩漏。壓縮機設計宜特別依氫使用並最小化污染的導入。應在全時間避免壓縮機入口之空氣進入，以防止形成可燃混合物。關於壓縮機之設置、維護及操作的風險應評估，並應規定對策並實施，以保護設備並預防發生潛在危害事件。各壓縮機宜針對維護目的，系統之所有部件配備完全的卸壓措施。壓縮機系統之風險減輕檢視建議使用惰性氣體排淨時，維護操作之前，應提供使用惰性氣體排淨壓縮機之措施，包括書面程序，使能夠有效的惰性化。

## **7.5.2振動及移動**

針對振動及移動，在加氫站互連系統之間，以及氫氣供應管路及壓縮機吸入管路之間，宜提供充分的補償，以避免振動及移動造成洩漏。可影響管路、連接管件及組件強度之任一振動，不得傳送至管路系統。

## **7.5.3.1一般**

應設置安全控制以確保不超過溫度及壓力等級，或落在低於設定操作等級，例：入口壓力、排放溫度及壓力，具觸發警報及/或依適當停機或適當替代措施之控制系統。氣體壓縮系統除提供儀表及正常控制之外，宜考量以下關於氫之特定安全防護措施。

# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## **7.5.3.2入口壓力**

壓縮機入口應全時間避免空氣進入，以防止形成可燃混合物。若無法保證此狀況，壓縮機應停機。例：宜藉壓力指示器/開關監視入口壓力，具觸發警報及/或依適當停機之控制系統，以避免入口管路真空及空氣進入的結果。入口壓力達到大氣壓之前，此壓力指示器/開關宜促使壓縮機停機。因低於入口壓力，在正常操作條件下若有氧污染之可能性，風險評鑑期間依減輕措施，能考量氫中氧含量的量測。例：宜在氧含量達到1%體積分率時，壓縮機能自動停機。可採取替代措施，以防止危害狀況。

## **7.5.3.3排放溫度**

壓縮最後階段之後的溫度，或冷卻器之後的溫度，於適合處，應使用控制系統藉溫度指示器/開關監視，進行警報及/或依適當的預定最高溫度停機。

# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## 7.8.1一般

氫排氣在加氫站為典型，且應採取確保因排氣產生的危害最小化之措施。7.1及7.2之要求應適用於排氣系統之承壓管路。應設計排氣排放管路系統，在系統中點燃可燃之氫-空氣混合物的情況不破裂。排氣系統應針對排放噴射之推力設計，應亦說明對於PRD管嘴施力及慣性推力的反應，確保PRD正確地支撐及高壓管路系統與排氣管維持完整。排氣豎管應依10.1.3搭接及接地。除非有其他保護(參照10.1.4)，排氣豎管設計宜能夠傳送雷擊電流而無不利影響。氫排氣管路及關聯的閥/裝置/系統，應依IEC60204-1要求電氣接地及搭接，以提供電荷、雜散電流、靜電及雷擊產生之危害的防護。氫排氣系統應依7.8.2至7.8.4設計並按尺寸製作。可連接來自高壓系統之排氣，只要依7.8.2考量可能來自更多來源的流量，正確地按尺寸製作。備考1.氫來自液態氫系統之排放，參照6.2.2.10。氫排氣豎管之位置應考量設備的部署，且應使得排氣可用於操作、維護並容許緊急狀態時的卸壓[例：附近有火災時(參照5.3.6.4)]，而不產生危害狀況。應提供氫排放溫度的考量，及排放氣體之密度的影響。應安排排氣出口場所，以排放至開放空間且不產生對人、鄰近結構或人員區域的危害，且宜考量至電線及其他引燃源、空氣吸入、建築物開口之安全距離。排氣豎管不得排放至會發生氫蓄積處，諸如建築物的屋簷下。應進行氫散佈及輻射熱計算，以確立既存場所及排氣豎管高度。更多細節提供於5.4.2。排氣系統依本標準不需要阻火器。備考2.阻火器通常用於燃燒系統，如預混空氣燃料供應至火把之間。阻火器能應用背壓增加“火焰檢查”的速度。具氣體回收或大氣排除系統之氫排氣系統所使用之背壓裝置，宜針對特定氫排氣建議建造。備考3.EIGA211/17及CGAG-5.5提供更多指引。



# ISO 19880 & CNS 19880

設備及組件

Equipment and Components

## **7.8.2排氣出口**

出口可垂直向上、水平或兩者之間的任一方向，不宜使用蓋子。排氣豎管應設計以避免水(冰)及有機物碎片集中，其可妨礙或削弱排氣過程。排水系統及水蓄積位置，應保護免於凍結，以避免排氣豎管堵塞或破裂。應提供加氫站風險評鑑考量，以預防水蓄積於排氣豎管出口(或防護凍結之其他設備)，包括免於凝結。風險評鑑適宜處，尤其具有垂直出口之排氣系統，應在排氣豎管底部配備排水閥。氫排氣系統應防護碎片、動物及/其他昆蟲進入排氣管內部導致潛在的阻塞，而造成危害。選擇配備金屬篩網之排氣保護器(例：泥漿塗抹器連接管件)可使用提供的正確篩孔，以避免流動阻塞或堵塞。對於水平出口(T-排氣或單一出口排氣)，若由截面方向決定之逸散方向的出口速度足夠高，則截面應不朝下。若採取朝下以避免汲取或噴出之措施，管道出口可稍微的傾斜朝下以避免水進入，例：透過低速逸散，或者針對由截面方向決定之逸散方向的出口速度足夠高，使用截面朝上。備考1.針對垂直排氣，排氣速度越高，排氣周圍需要的安全距離越小，因較高的動量，可燃物煙流受側風彎向側邊或地面影響則較低。備考2.針對T-排氣，排氣速度越低，則建議的軸向排氣安全距離越小，因較低動量降低潛在可燃物煙流的投射範圍。

# ISO 19880 & CNS 19880

氫氣品質  
Hydrogen quality

## 9.1一般

在加氫管嘴之氫品質，應符合CNS15122之等級D的要求，確保符合此等要求的措施，應依據CNS19880-8。氫品質查證視為加氫站允收測試及持續營運之一部分，應參照CNS19880-8依氫品質計畫執行。

若加氫站無法符合上述的品質要求，應於其他車輛許可加氫之前採取修正行動。宜提出恰當的修正措施，並執行氫品質評鑑，直到氫品質再次符合規格。氫取樣要求包括於12.6。

# ISO 19880 & CNS 19880

電氣  
Electrical

## **10.2.2危害區域內之電氣設備的保護要求**

在危害區域之全部電氣設備，應依IEC60079系列保護，即IEC60079-0及針對保護類型使用之IEC60079系列標準適當的其他各部。例：本質安全電氣系統宜符合IEC60079-0、IEC60079-11及IEC60079-25。在危害區域之全部電氣設備，應依製造商之說明書並使用IEC60079-14或相當標準設置。氫設備周圍之危害區域內的新或既有電氣設備，應亦可適宜氫(例：IEC60079-0規定之氣體群IIC或IIB+H<sub>2</sub>)。備考：既有加氫設備不適宜氫時，關係到整合型的加氫站。在危害區域之全部電氣設備，應依製造商之說明書並使用IEC60079-14或相當標準檢驗及維護。在危害區域之全部電氣設備，應依製造商之說明書並使用IEC60079-19或相當標準維修、修理、全面檢修及回收利用。

# ISO 19880 & CNS 19880

儀表及控制系統

Instrumentation and control system

## 11.1一般

針對系統安全及安全管制，本節規定最低要求及建議。加氫站應配備能在製造商之規定限制內自動操作的控制系統，控制系統應維持在安全限制之內的操作條件，達到此等限制並響應所有的異常狀態時，藉視為緊急停機一部分適當地進程序停機，自動地致動減輕措施。電氣控制系統、加氫站之組件，及由製造商決定之安全相關控制系統，應符合IEC60204-1或相當的國家標準。風險評鑑應決定對於程序控制或安全系統有系統故障時做什麼。製造商之風險評鑑要求使用提高可靠度響應，免於控制系統異常狀態(故障)，加氫站應新增安全系統或保護層的配備。此安全系統之規格、設計、測試、操作及維護，能使用IEC61508及IEC61511。安全系統可包含手動或自動致動之數個安全功能。程序控制及安全系統之架構應文件化(參照第14節)。應限制控制及安全系統相關的進入，例如使用密碼保護。要求安全系統無作用之特定操作處，操作開始之前，宜執行風險評鑑並文件化。作為安全系統之一部份，可實施警報警示系統。若事件，加氫站宜預設安全狀態，不倚賴警報警示系統。警報警示系統宜僅用於作為提供加氫站狀態的通知。備考1. 控制電路及控制功能參照IEC60204-1:2016第9節，操作者介面及架設於機器之控制介面參照IEC60204-1:2016第10節。備考2. IEC60204-1包括針對經常忽略之安全相關控制的必要要求，包括：一停止類別。一緊急操作(緊急停機等)。一保護互鎖。一失效試驗中的控制功能，包括依：一IEC62061。一CNS16068-1。一CNS16068-2。一防護因接地故障、電壓中斷並失去電氣連續性的誤操作。隔離之後，所有保持壓力下之元件依程序控制或安全系統停機，或免於失去電氣供應，宜提供使用清楚地識別排氣系統，並於對設備單元設定或執行維護活動時，仔細地注意元件需要的卸壓，宜包括在設備手冊中，參照14.9。

# ISO 19880 & CNS 19880

儀表及控制系統

Instrumentation and control system

## **11.2.3 氫偵測系統**

用於氫感測及監視系統之氫偵測裝置，宜符合並符合ISO26142之準確度要求。氫偵測裝置及/或氫偵測系統，透過控制或安全系統用於啟動響應，應有針對濃度設定值之適宜範圍。適當的響應宜依加氫站製造商之風險評鑑決定，可包括不同致動限制，例如：一較低的致動限制，最大值設定為25%LFL，其進行更多減輕措施並通知加氫站業者及其他使用者。警報設定值低於25%LFL，可適當地依加氫站風險評鑑而定，例：對封閉區域使用較高的擁擠等級。一較高的致動限制，最大值設定為50%LFL，其進行緊急停機並通知加氫站業者及其他使用者。警報設定值低於50%LFL，可適當地依加氫站風險評鑑而定，例：對封閉區域使用較高的擁擠等級。可採取更多適當的減輕措施於可燃氣體的偵測，高於較低致動限制包括但不限於：一從容器之隔離點位置外部的圍阻物內，關斷氫供應至設備。一圍阻物之內氫設備卸壓至安全場所。一於可燃環境中使用之電氣設備，不故意斷電。一增加通風。由氫偵測系統觸發之可聽及可目視信號期間，宜依加氫站製造商之風險評鑑決定。在安全的情況下，建議宜維持可目視信號，直到警報狀態已修正且加氫站控制或安全系統以手動重置。規定時間週期之後或控制系統手動重置時，氫濃度掉到低於規定的設定點後，可聽到的信號可自動地重設。



# ISO 19880 & CNS 19880

技術文件

Technical documentation

## 14.4.1一般

針對加氫站設備(包括試營運)設立之預備作業, 設置文件應提供全部需要的資訊。在複雜的案例中, 其可能需要依照詳細的總成藍圖。在現場供應管路的設置, 建議宜清楚地標示位置、類型、截面積。數據所需選擇之類型、特性、額定電流及供電導體至機械電氣設備的過電流保護設定宜加以說明(參照IEC60204-1:2016之7.2.2供電導體)。在必要時, 由加氫站業者宜詳細提供基座中所有管道(ducts)的尺寸、目的及位置。

加氫站業者宜詳細提供管道、電纜槽或機械與關聯設備間之電纜支撐的尺寸、目的及位置。在必要時, 圖表宜指明加氫站設備移動或維修需要的空間。備考1.設置圖之範例參照IEC61082-4。另外, 在適當時, 宜提供互連的圖表或表。圖表或表宜提供關於全部外部連接之所有資訊。電氣設備欲由一個以上的電源供應操作時, 互連之圖表或表宜指明各電源使用的改變或互連。備考2.互連圖/表之範例參照IEC61082-3。設置文件的指引宜亦包括: (a)設備開箱。(b)基座之場所及設計。(c)設置及互連。(d)通風建議。(e)免於氣候危害的保護。(f)關於基準淹水高度的建議高度。(g)海拔高度。(h)安全外殼。(i)免於暴露之可接受距離。及(j)免於車輛衝擊的保護。設置文件宜規定使用及效用, 例: 加氫站營運要求之排水及廢水。

# ISO 19880 & CNS 19880

技術文件

Technical documentation

## **14.9維護及維修手冊**

預期加氫站業者進行維護或維修的狀況下，技術文件應包含維護及維修手冊，詳述調整、維修、預防檢驗、耗材更換及修理之正確的程序，在適當的情況下，包括鎖定和標記程序的要求。此手冊宜包含清楚地規定、易讀及針對加氫站之起動、停機與維修的完整說明。針對卸壓、排淨及惰性化與隔離(例：在需要的狀況下正確或保證隔離，參照3.56及3.61)，在適當的狀況下，應包括在維修手冊中。加氫站製造商或整合商應針對容器之重新檢驗及測試建議安全概念，此概念宜起作用，人無須進入容器內。維護說明書宜亦包括針對指定設置在危害區域之加氫站正確維護的特定說明，以確保符合IEC60079-0及IEC60079系列標準之任一其他部，保護的使用依IEC60079-17。對於維護及維修間隔與紀錄之建議，宜為手冊的一部分。提供正確操作之查證方法的狀況下(例：軟體測試計畫)，宜詳述使用的方法。設備操作能程式化的狀況下，宜提供對於程式化、要求的設備、程式查證及新增安全程序(有要求的狀況下)之方法的詳述資訊。若提供加氫站遠端監視及數據傳輸、遠端操作或遠端控制碼修正的能力，參照11.3，加氫站製造商或整合商宜提供業者說明書及程序，能夠遠端監視加氫站、自加氫站接收數據，及/或允許從無人值守的加氫站加氫。備考：不要求提供加氫站業者維護及維修手冊，除非加氫站業者預期對加氫站設備執行維護或維修。

# ISO 19880 & CNS 19880

檢驗及維護

Inspection and maintenance

## **15.1檢驗及維護計畫**

加氫站應有替代的文件化檢驗及維護計畫。加氫站業者宜考量特定加氫站設計、環境條件、加氫負載、操作時間、及其他衝擊設備使用與損耗因子，決定維護計畫。依加氫站經歷及檢驗要求，維護計畫宜包括安全維護間隔。設備之各部分的維護，應依製造商之說明書。表4查檢表提供對於加氫站定期檢驗及測試之指引。加氫站組件之修理或直接更換，宜要求依12.7適當地查證及確證。修正及修理宜在適當的變更管理及管制系統之下進行。備考：系統變更之管理指引，參照CNS12681、CNS14001、OSHAS18001及OSHAS18002。氫氣設備在維護期間運行，應依據維護程序/風險評估酌情使用積極的或經過驗證的隔離(參照3.56及3.61)。加氫站之維護紀錄宜視需要可用於相關的檢驗。設置之前，組件包裝及儲存方式宜依製造商之說明書。若適用，應貼上製造商之保固期。

## **15.6加氫站及相關設備修正**

針對程序安全衝擊應評估全部的修正並注意變更程序的管理。

# H2 Mobility

Linde Hydrogen Refueling Station - enable H<sub>2</sub> mobility projects worldwide



## About Linde HRS

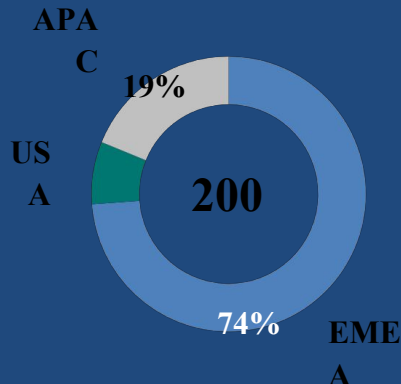
**Experience:** +15 years of technology development

**Products:** H<sub>2</sub>-refueling systems (HRS) & services

**Scope of work:** Development of key components, process & system design, manufacturing, installation & commissioning, after sales services

**Manufacturing Locations:** Germany, Austria, China

### Number of Linde HRS installed



## Hydrogen mobility projects by Linde

### aSarwak, Malaysia

IC90 for busses and passenger vehicle refueling

*Joint project w. LG Malaysia*



Emeryville CA, US



### Jeonju, Korea

Twin IC90 for Hyundai for commercial vehicle refueling

*Customer EMS; 7 HRS delivered in 2020*



Toyota City, Japan

### Fountain Valley CA, US

CP90 for passenger vehicle refueling, first with four fuel points

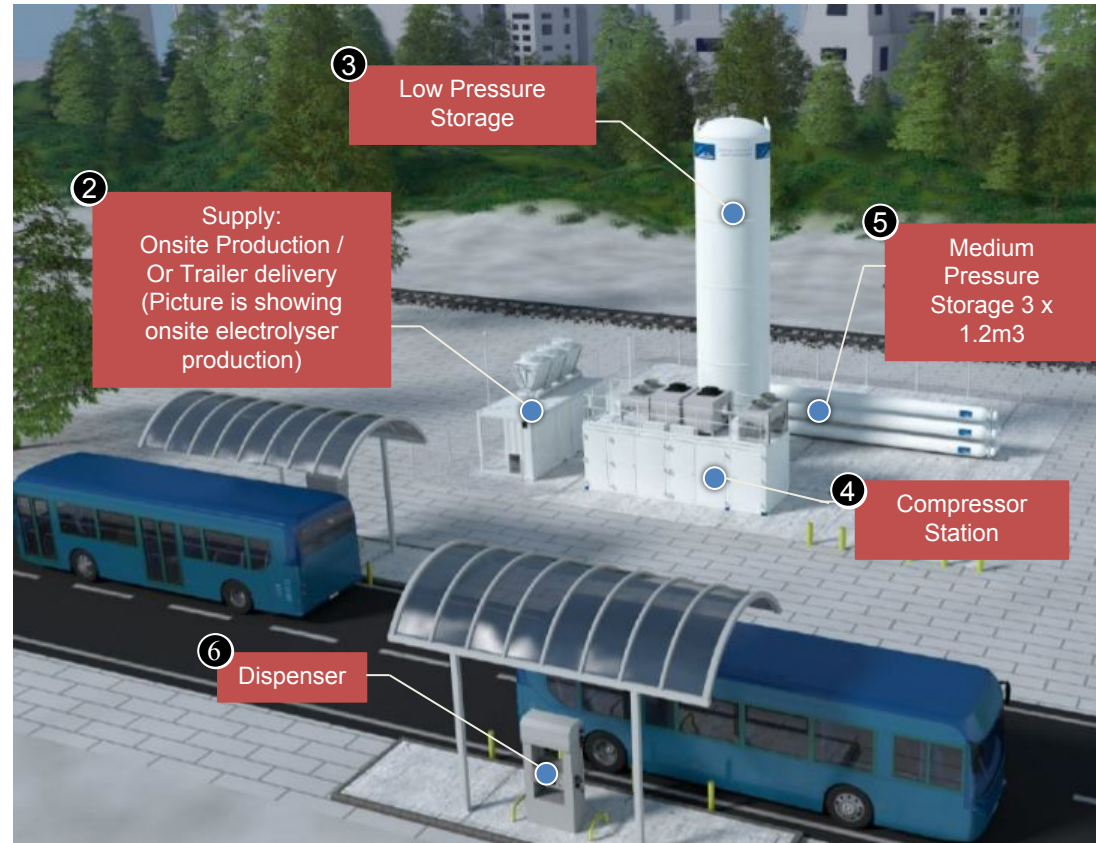
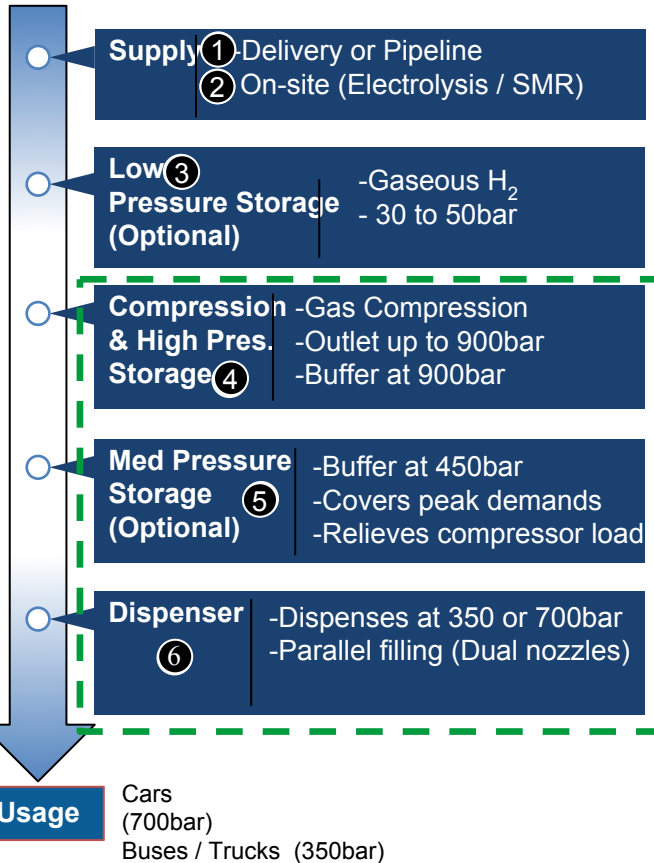
*Customer FirstElement Fuel, 8 HRS delivered 2020*



Aberdeen Scotland

# Components of a Hydrogen Refueling Station

(1)/(2)/(3) are options of H<sub>2</sub> supply. For example, HRS can be supplied with (1) only. Or it can be supply with (2) + (3). The supply option is depending on H<sub>2</sub> consumption and station location

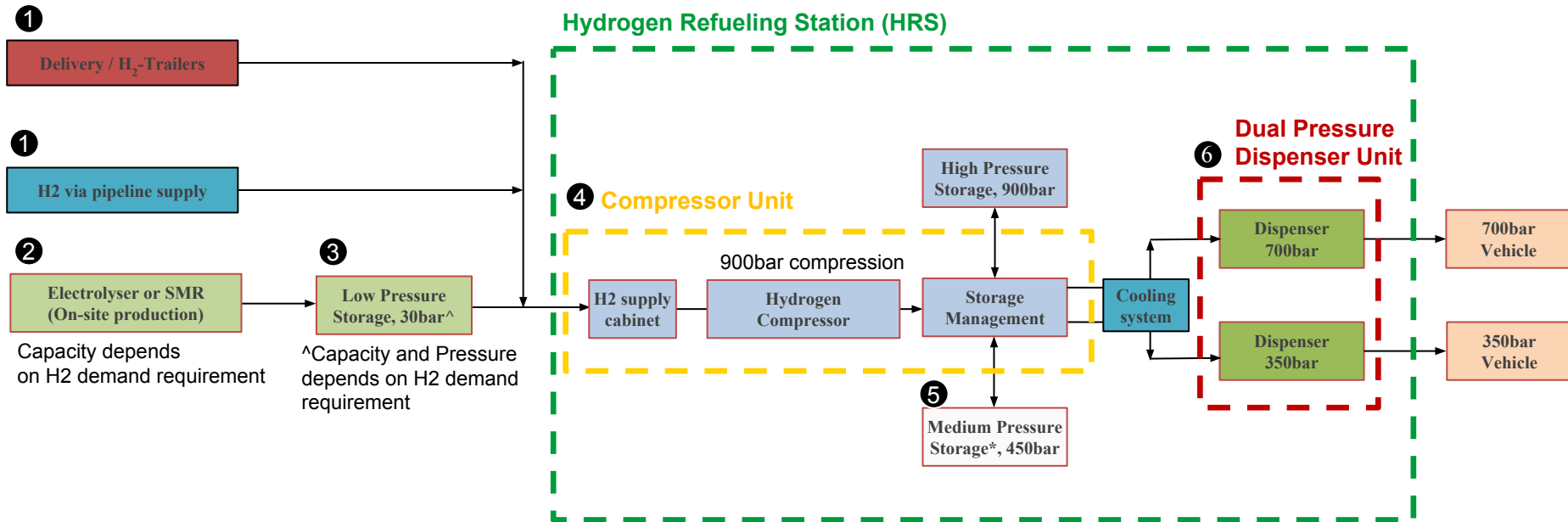




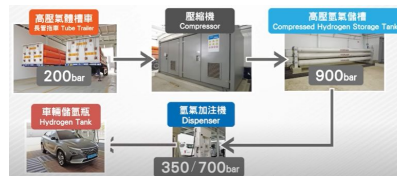
# Block Diagram of HRS Process

## LLH HSR

### H2 Supply Options



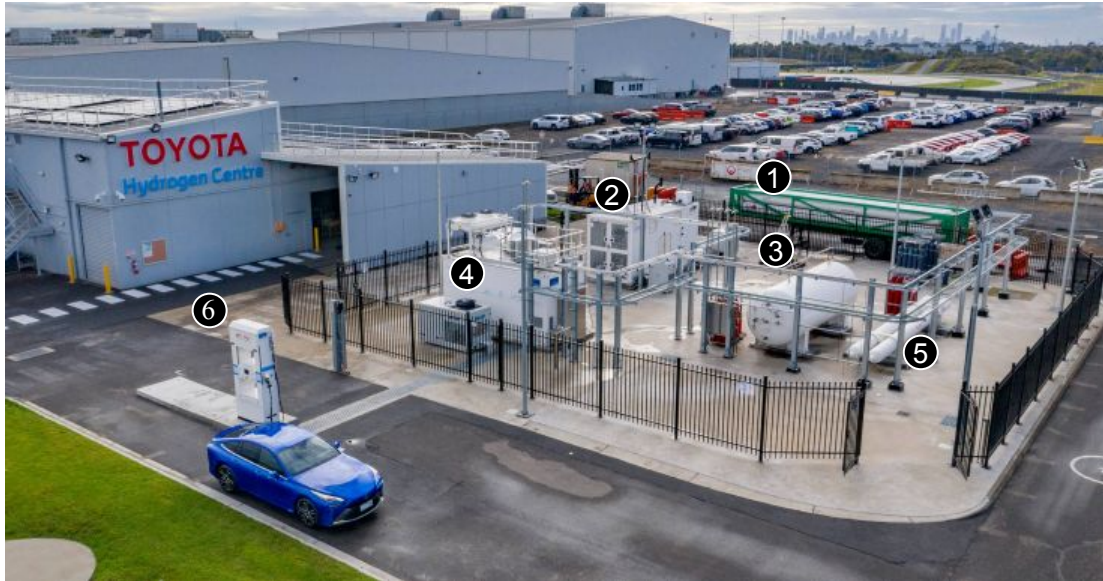
氫燃料電池車 加氫1kg要花多少錢？當你還在想「氫能實用嗎」  
在這裡加氫已經是日常！Bob前進韓國實證終端售價！僅4年就  
直追日本的氫能生態系！完州加氫站、Hyundai 商用車工廠  
| U-CAR 專題企劃 - YouTube



[Video: Linde standard hydrogen filling station with IC90 compressor - YouTube](#)

# Toyota Australia Melbourne

## HRS and H2 system supplied by Linde

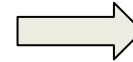
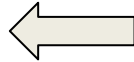
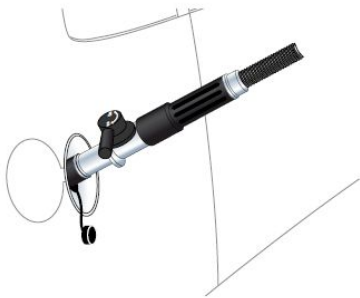


- ① H2 delivery (backup)
- ② Onsite electrolysis for green hydrogen
- ③ Low pressure buffer storage (30 bar) (to storage Green H2 product)
- ④ H2 ionic compressor (28kg/h) and integrated high pressure storage (HRS)
- ⑤ Medium pressure storage tubes (500 bar)
- ⑥ Dual Dispenser 350 / 700 bar

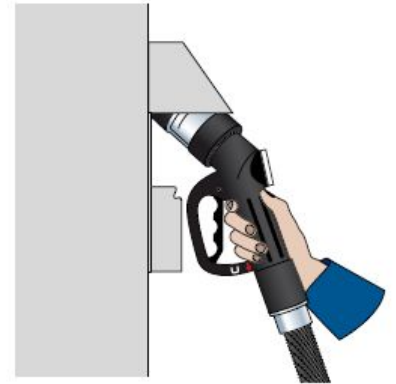


# LLH Tainan Dispenser: Dual Pressures 350bar (35Mpa) & 700bar (70Mpa) refueling

TK16 H2 35Mpa



TK17 H2 70Mpa





The power of hydrogen and fuel cell technology Due to the technical facts, hydrogen is inevitable for decarbonizing truck mobility



Truck refueling station  
by Linde at MPreis, Austria





The power of hydrogen and fuel cell technology Due to the technical facts, hydrogen is inevitable for decarbonizing truck mobility

基於現實，氫能和燃料電池技術，用於卡車運輸的脫碳，使用氫是不可避免的。

### FCEV

- **Range**  
500 km (also in winter times)  
@ 350 bar;  
for 700 bar: >1.000 km
- **Refueling time**  
10 minutes
- **Weight**  
Significantly less than BEV

**SUPER  
EFFICIENT  
ZERO  
EMISSION  
SOLUTION**

### HRS

- **Connecting power**  
<250 kW for 30 Trucks per  
day & 12 Trucks back-to-back
- **Footprint**  
<200 m<sup>2</sup>
- **Flexibility**

Truck refueling station  
by Linde at MPreis, Austria



# Linde supplies full-fledged HRS solutions

## Leading HRS technology maximizes end customer acceptance and satisfaction



### Industry benchmark for reliability

Availability of >98%



### Minimized Total Costs of Ownership

- Unique service concept
- Low energy consumption (<230 kW)



### Leading by performance

- 1,7 kWh / kg\*
- High flow rate also at low inlet pressures of > 5 bar



### Highest Safety Standards

Zero incidents!

\* > 100 bar inlet pressure

**ESWE**  
Wiesbaden, Germany

## Twin IC 50/60-L

for eight busses (350 bar)  
in eight hours



Supplied with  
green H<sub>2</sub> from  
Linde

**RVK**  
Cologne, Germany

## 2x Twin IC 90/60-L

for 20 busses (350 bar) per day;  
10 buses back-to-back



Largest FC bus  
fleet in Europe

**Sarawak Energy**  
Jalan Belian, Malaysia

## Twin IC 90/60-L

for >15 busses (350 bar) per day  
and passenger cars (700 bar)



Integrated onsite  
H<sub>2</sub> production



**EMS**  
Jeonju, Korea

## Twin IC 90/60-L

first HRS for trucks (350 bar)  
and commercial vehicles such  
as garbage trucks



**MPREIS**  
Völs, Austria

## Twin IC 90/60-L

for > 10 trucks (350 bar) back-to-back in 3  
hours;  
Europe's most powerful HRS and the first with  
new CEP fueling protocol (A-Map with  
B-Map as fallback)



**FirstElement Fuel**  
Fountain Valley, USA

## CP 90/100-L

for passenger vehicle refueling;  
four fueling points for parallel fueling



**SK Group & LG Korea**  
Daejeon, Korea

## IC 90/30-S

for 700 bar passenger cars  
and 700 bar bus refueling



**Customer: Eni**  
Venice, Italy

## IC 90/30-S

for 700 bar passenger  
cars and 350 bar bus  
refueling





**Alstom**  
Bremervörde, Germany

## 3x Twin IC 50/60-L

for 14 passenger trains (1.800  
kg/day)



**Daimler**  
Düsseldorf, Germany

## IC 90/30-S

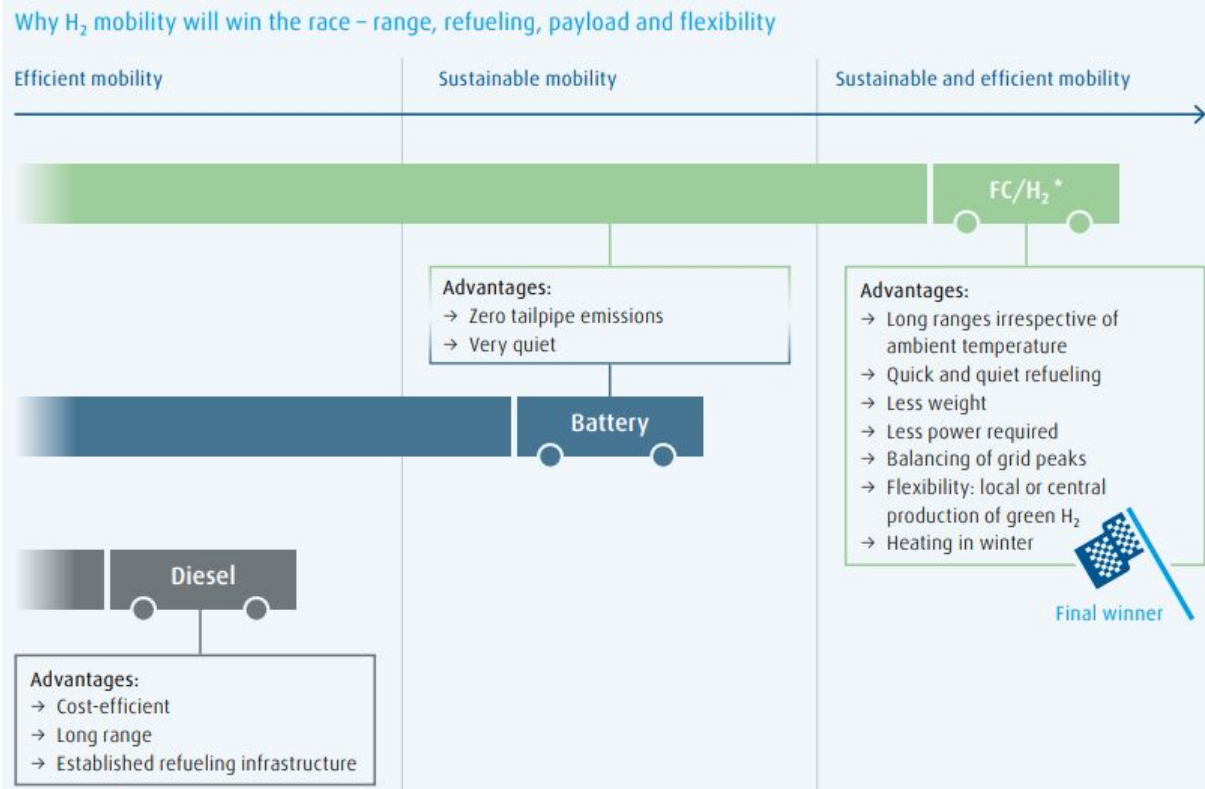
for 30 forklifts (350 bar);  
refueling of passenger cars  
also possible;  
highly flexible as dispensers  
can be installed at two different  
locations



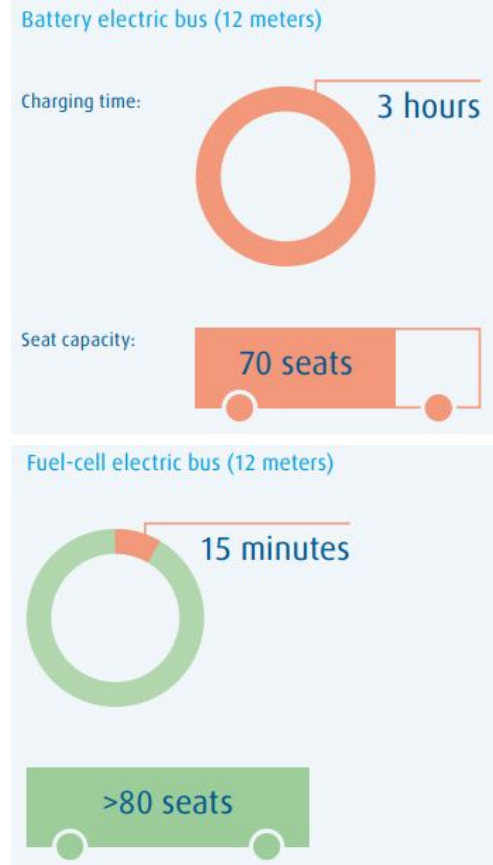
Indoor refueling  
possible






# Advantage of H2 FCEV for Public Transportation



Source: [LE\\_LHF\\_Flyer\\_Bus\\_2022\\_DIN\\_A4\\_51047\\_2023\\_tcm19-673276.pdf \(linde-engineering.com\)](#)



# Efficient scalability of capacity

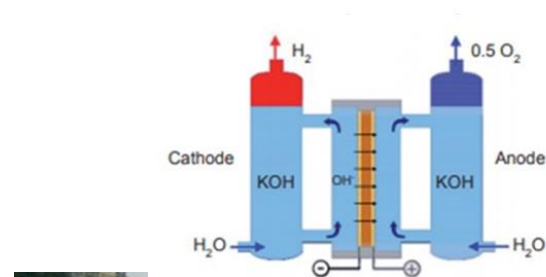
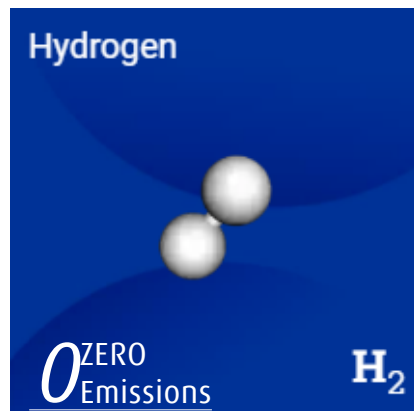
	Capacity	Specifaications
	450 or 900 kg / day	<ul style="list-style-type: none"><li>- 1× single compressor container (8.1 m<sup>2</sup>)</li><li>- 1× electric container (8.1 m<sup>2</sup>)</li><li>- 3× 550-bar tubes (each 1,200 l)</li><li>- 1× dual dispenser</li></ul>
	900 or 1,800 kg / day	<ul style="list-style-type: none"><li>- 2× single compressor container (8.1 m<sup>2</sup> each)</li><li>- 1× electric container (8.1 m<sup>2</sup>)</li><li>- 9× 550-bar tubes (each 1,200 l)</li><li>- 2× dual dispenser</li></ul>
	1.350 or 2,700 kg / day	<ul style="list-style-type: none"><li>- 3× single compressor container (8.1 m<sup>2</sup> each)</li><li>- 2× electric container (8.1 m<sup>2</sup> each)</li><li>- 9× 550-bar tubes (each 1,200 l)</li><li>- 2× dual dispenser</li></ul>

#### 四、液氫儲存、處理和分配的安全性

##### 4. Safety in Storage Handling and Distribution of Liquid Hydrogen

# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 Hydrogen production, Hydrogen Energy Development and Application Safety Seminar



勞動部職業安全衛生署  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY OF LABOR

Occupational Safety and Health  
Administration, Ministry of Labor



Taiwan High Pressure Gas Industrial  
Association



Asia Industrial Gases  
Association



National Taipei University of  
Technology

# 2023 氫氣製造、氫能發展及使用安全研討會

2023 HYDROGEN PRODUCTION, HYDROGEN ENERGY DEVELOPMENT AND APPLICATION  
SAFETY SEMINAR

液氫儲存、處理和分配的安全性

**Safety in Storage Handling and Distribution of Liquid Hydrogen**

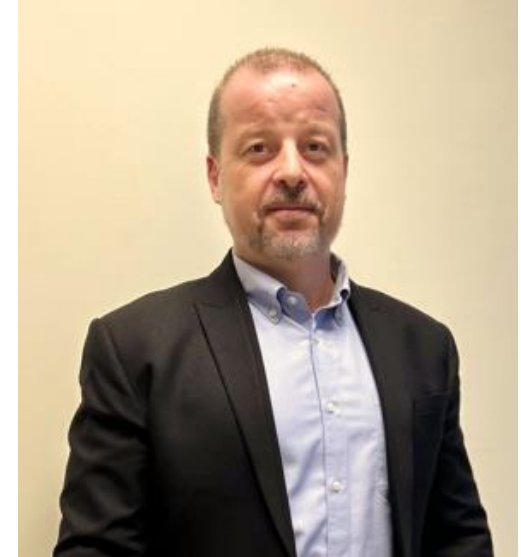
**Doc 06/19**

**Revision of Doc 06/02**

Speaker : Bertrand Le Faou



Presently based in Taiwan with Linde Electronics.  
目前服務於林德電子部門在台灣上班



**Bertrand Le Faou** holds the position of Linde Electronics Regional Business Development Manager. He is responsible for the development of large on-site and pipeline investment project for customer in Semiconductor, Solar, TFT and LED production sectors.

職位是中國地區業務發展經理.負責半導體,太陽能光電,薄膜電晶體及發光二極體生產客戶之大型駐廠及配管專案

# Hydrogen Property

## 氫氣性質

I am  
taking the lead.



### HYDROGEN: 氫氣

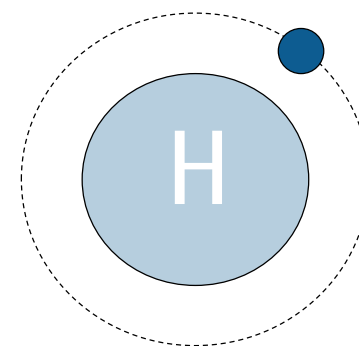
Colorless, Odorless, tasteless, not toxic but can be an asphyxiant  
無色、無味、無臭、非毒但可能成為窒息劑

Boiling point 沸點: - 423 F (-252 C)

Freezing point 冰點: -435 F (-259 C)

Combustion produces water : Non polluting fuel

燃燒後產生水：非污染性燃料



**Hydrogen is the lightest of all the elements / 氫氣是所有元素中最輕者**

**Specific Gravity 比重 (air=1) : 0.069**

14 times lighter than air 比空氣輕14倍

Accumulates in the upper section of the enclosed places / 累積在密閉空間的上方

Disperses quickly and will not pool on ground / 快速分散並且不會沈積於地面

(Gasoline and diesel vapours are heavier than air and will not disperse readily / 汽油及柴油蒸氣比空氣重並且不會快速分散)

## Limits of Flammability / 燃燒下限：

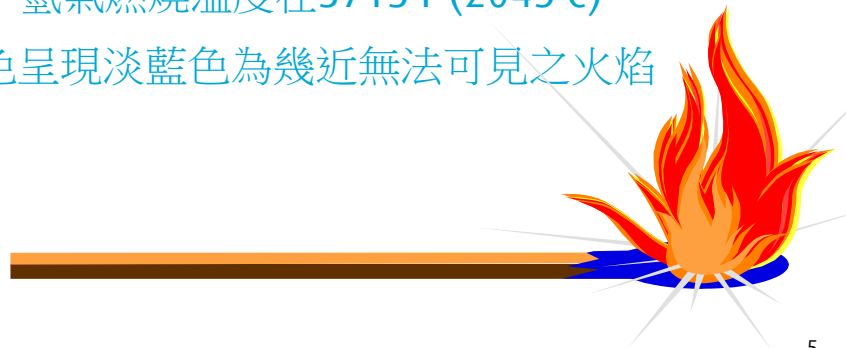
- 4- 75 %
- Wide flammability range - extremely flammable 寬廣之燃燒範圍一極度可燃

## Auto ignition Temp 自動點火溫度: 1085°F (585 C)

- High pressure gas vented to atmosphere can ignite / 高壓氣體排放至大氣時可能會引起燃燒
- Steam injection, snuffing nitrogen to vent stacks / 蒸氣注入後加入氫氣至排氣管排放

## Energy required for ignition : 0.02 mj 引起燃燒的能量為0.002mj

- Easily ignited in air compared to gasoline 相對於汽油在空氣中容易燃燒
- Hydrogen burns at a flame temp of 3713 F (2045 C) / 氫氣燃燒溫度在3713 F (2045 C)
- Burns with pale blue, nearly visible flame / 燃燒顏色呈現淡藍色為幾近無法可見之火焰



# Flame is Virtually Invisible

火焰實際上是無法看見的

*I am*  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

*Linde*



# Physical and Chemical Properties

## 物理及化學性質

I am  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

Linde

Energy Content: 60,958 Btu/lb or 39.4 kwhr/kg

能量為60958 Btu/lb或39.4kwhr/kg

- highest energy content of all fuels on a weight basis  
在重量基礎上是所有燃料中最高能量

This is why space agencies uses hydrogen

這就是為何太空總署使用氫氣的緣故

- they care a lot more about weight than volume  
他們關注重量的態度超過體積



Energy content is about three times higher than gasoline, natural gas, and propane on a weight basis 在重量的基礎上約是汽油、天然氣及丙烷三倍的能量

Energy content is only about one third that of natural gas and about an eighth that of propane on a volume basis 在體積的基礎上，只約是天然氣能量的三分之一，且約為丙烷的八分之一

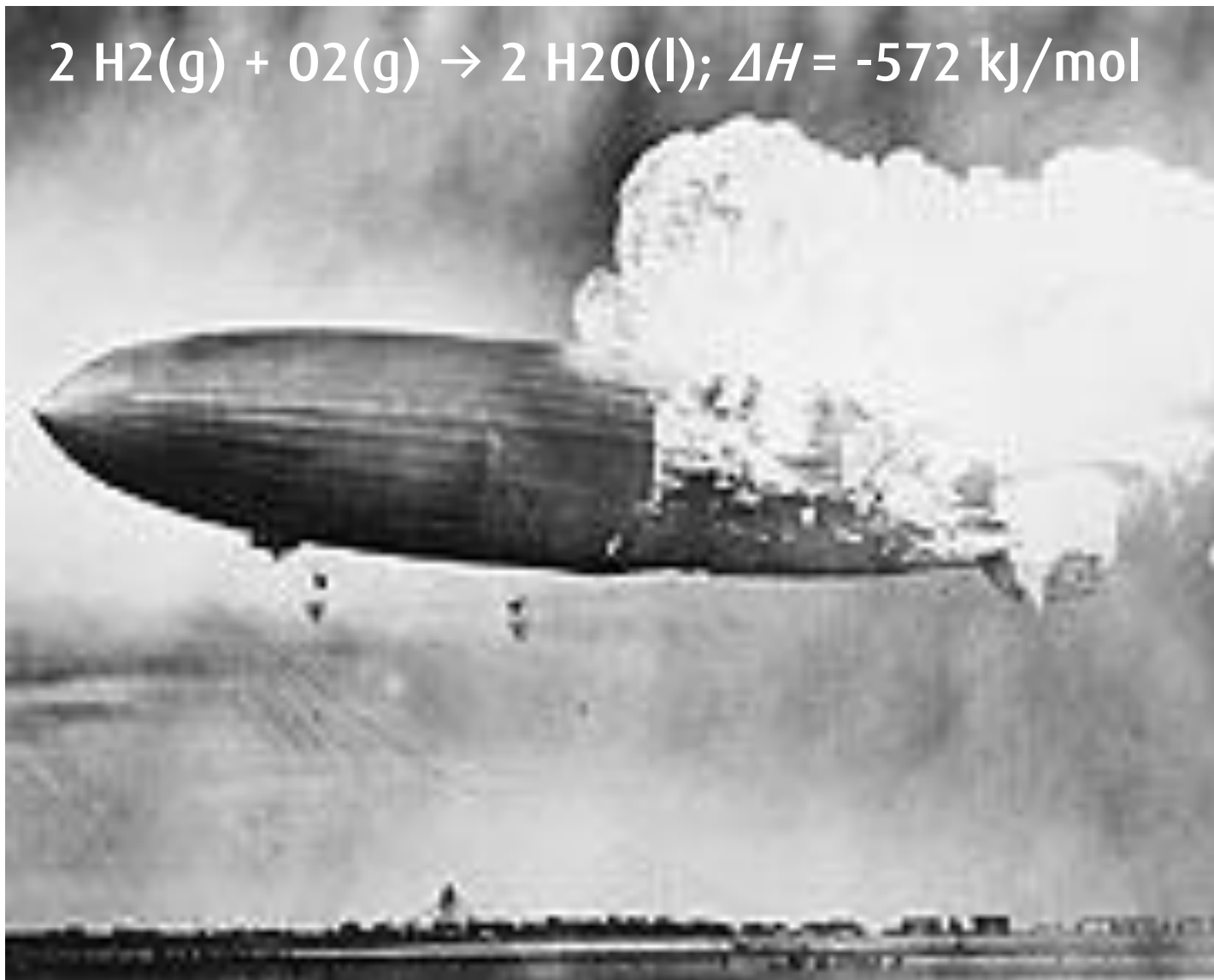


# The Hindenburg / 興登堡飛船 (1)

*I am*  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

*Linde*



# The Hindenburg / 興登堡飛船 (2)

*I am*  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

*Linde*



### The Useful Properties of H<sub>2</sub> to remember 記住氫氣有用的性質

- ✓ At high temperature H<sub>2</sub> reacts catalytically with many hydrocarbon based material

高溫氫氣在催化劑下，可以與許多碳氫化物之物質反應

- ✓ Burns with an almost invisible flame. Flammability range 4%-75%

可支持所有可見火焰的燃燒，燃燒範圍為4%-75%

- ✓ It has a very high thermal conductivity which is used to aid heat transfer in a number of applications 有非常高的熱傳導性，可做為協助許多熱傳導的應用

- ✓ H<sub>2</sub> is a hypergolic fuel, ie. It burns in its liquid form spontaneously on contact with liquid O<sub>2</sub>. An example of this is its use as a rocket fuel. 氫氣是一種自燃性的燃料，當它以液態形式與液態氧接觸時立即燃燒。一個範例就是使用作為火箭的燃料

- ✓ Is a highly diffuse gas that will diffuse through many materials including some metals. 它是高速擴散的氣體，可在許多物質內擴散，包括一些金屬

# MG site Hanau 1991

## 1991年在Hanau MG廠區事故

*I am*  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

*Linde*



Hydrogen (HP gas) causes “embrittlement”; valves, tanks, pressure vessels, regulator diaphragms etc... need to be carefully designed, and/or regular inspection, replacement.  
氫氣(高純度氣體)造成脆裂，閥門、儲槽、壓力容器，調壓器膜片等，需要小心的設計，並且/或定期檢查、更新



# 1991 incident 1991年事故

I am  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

Linde

## Sachschaden durch Behälterzerknall 1991

Hydrogen (HP gas) causes “embrittlement”; valves, tanks, pressure vessels, regulator diaphragms etc... need to be carefully designed, and/or regular inspection, replacement.

氫氣(高純度氣體)造成脆裂，閥門、儲槽、壓力容器，調壓器膜片等，需要小心的設計，並且/或定期檢查、更新



# SAFE BEHAVIORS!

## 安全行為

I am  
taking the lead.



The Majority of accidents at work (>95%) are caused by unsafe acts or unsafe behaviors – rather than by unsafe conditions 工作中事故的大部份(>95%)是由不安全動作或不安全行為造成，遠超過不安全狀況

The only way to reduce and then eliminate all work related incidents is to make sure that everyone knows and practices the right behaviors 降低及排除所有與工作相關的事故唯一方法是確保每個人知道並執行正確的行為

Training sessions play a major part in improving our understanding of risk  
訓練課程在改進我們瞭解風險上，扮演一個重要的角色

訓

But – much more importantly – is how we behave on the plants, and how we plan for and then react to hazardous situations 但是更重要的是---在工廠中如何作業以及面對危險情況時我們如何計畫去反應

Most hazards CAN be foreseen – therefore we always need to be thinking and planning ahead. RISK ASSESSMENT is a key tool in the right behaviors 大部分的危害是可以預見的---所以我們通常需要預先思考及規畫，風險評估是正確行為的一項關鍵工具

# Supply System 供應系統

I am  
taking the lead.

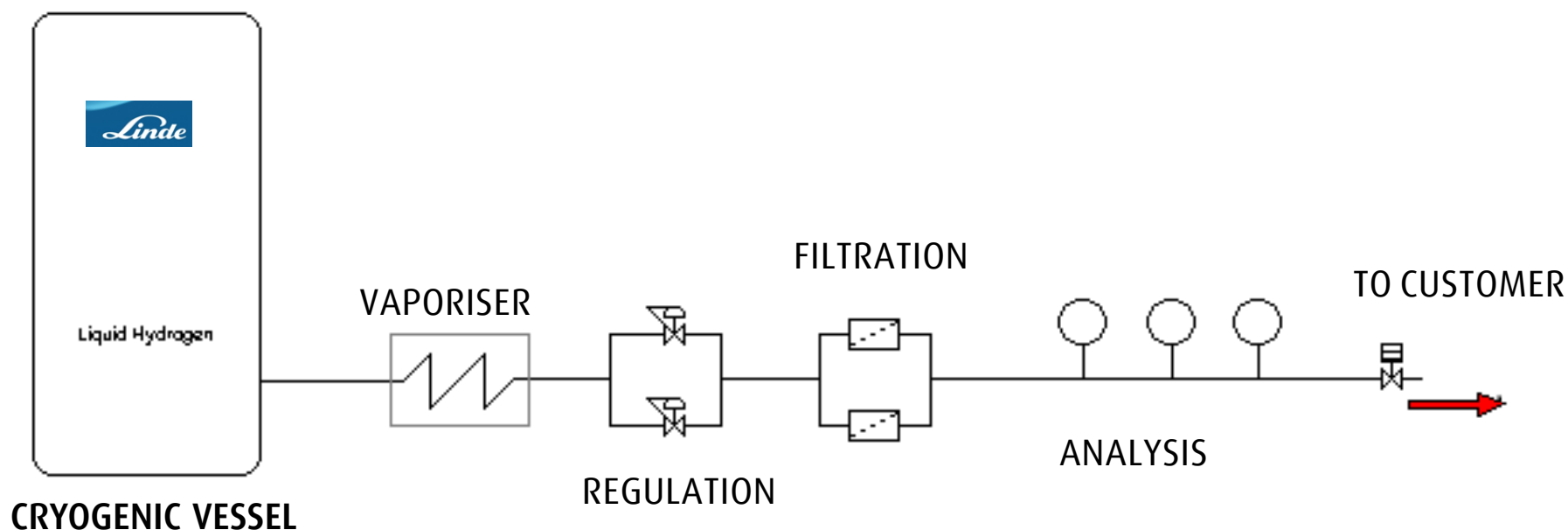


ALMOST ALL IMPURITIES ARE FROZEN SOLID IN THE LIQUID PHASE.

**Specific Internal-pressure raising** (to avoid solid-contaminants evaporation)

**PURGE:**

- Use Nitrogen as purge gas **ONLY** on warm gaseous hydrogen systems (or nitrogen will freeze)
- Use helium as a purge gas **ONLY** on cold gas, or liquid hydrogen (expensive!!!)



# Supply System 供應系統

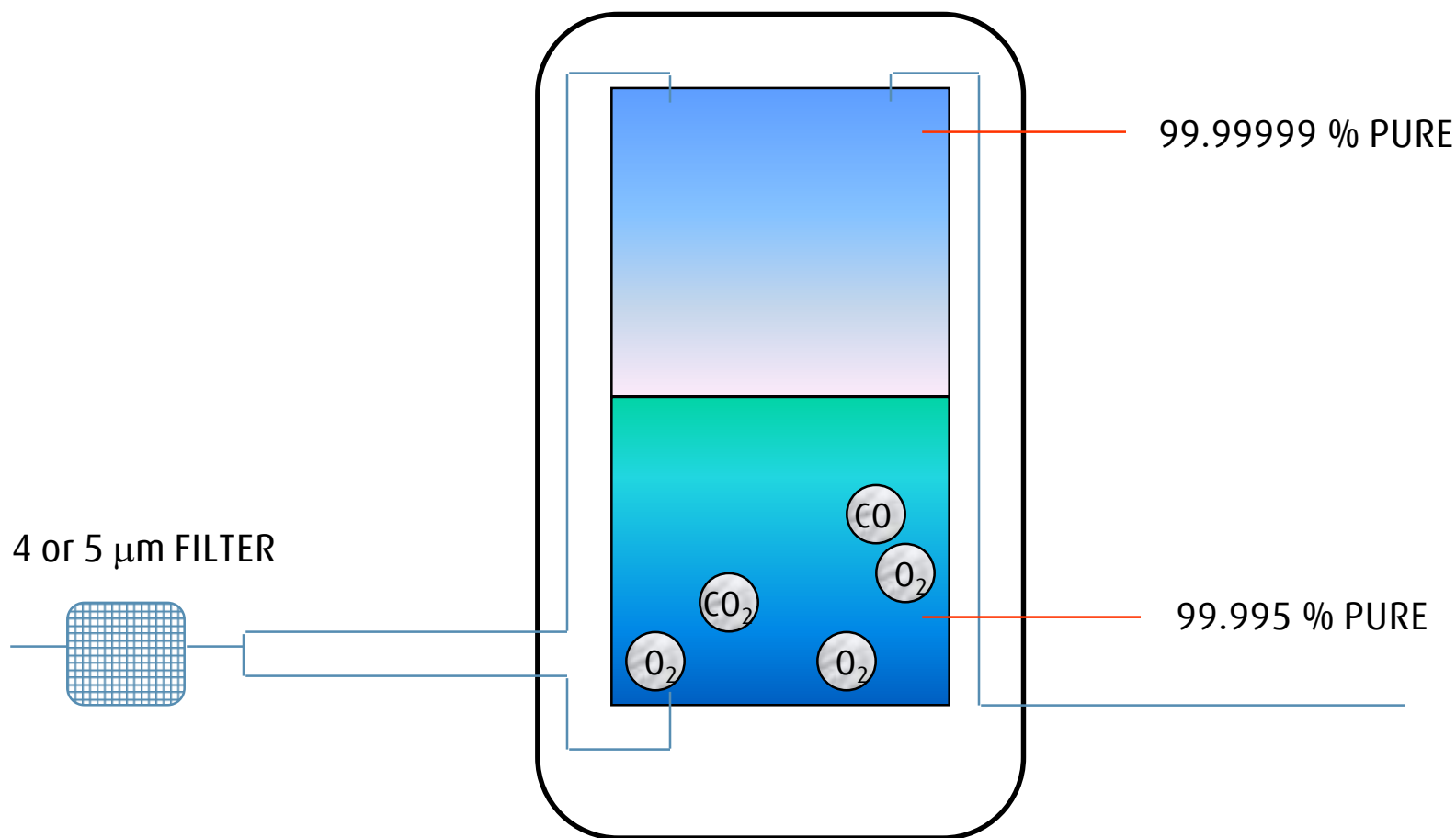
I am  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

Linde

■ ALMOST ALL IMPURITIES ARE FROZEN SOLID IN THE LIQUID PHASE

■ Oxygen Crystals and CO<sub>2</sub>-Solids to be present in Liquid H<sub>2</sub>.

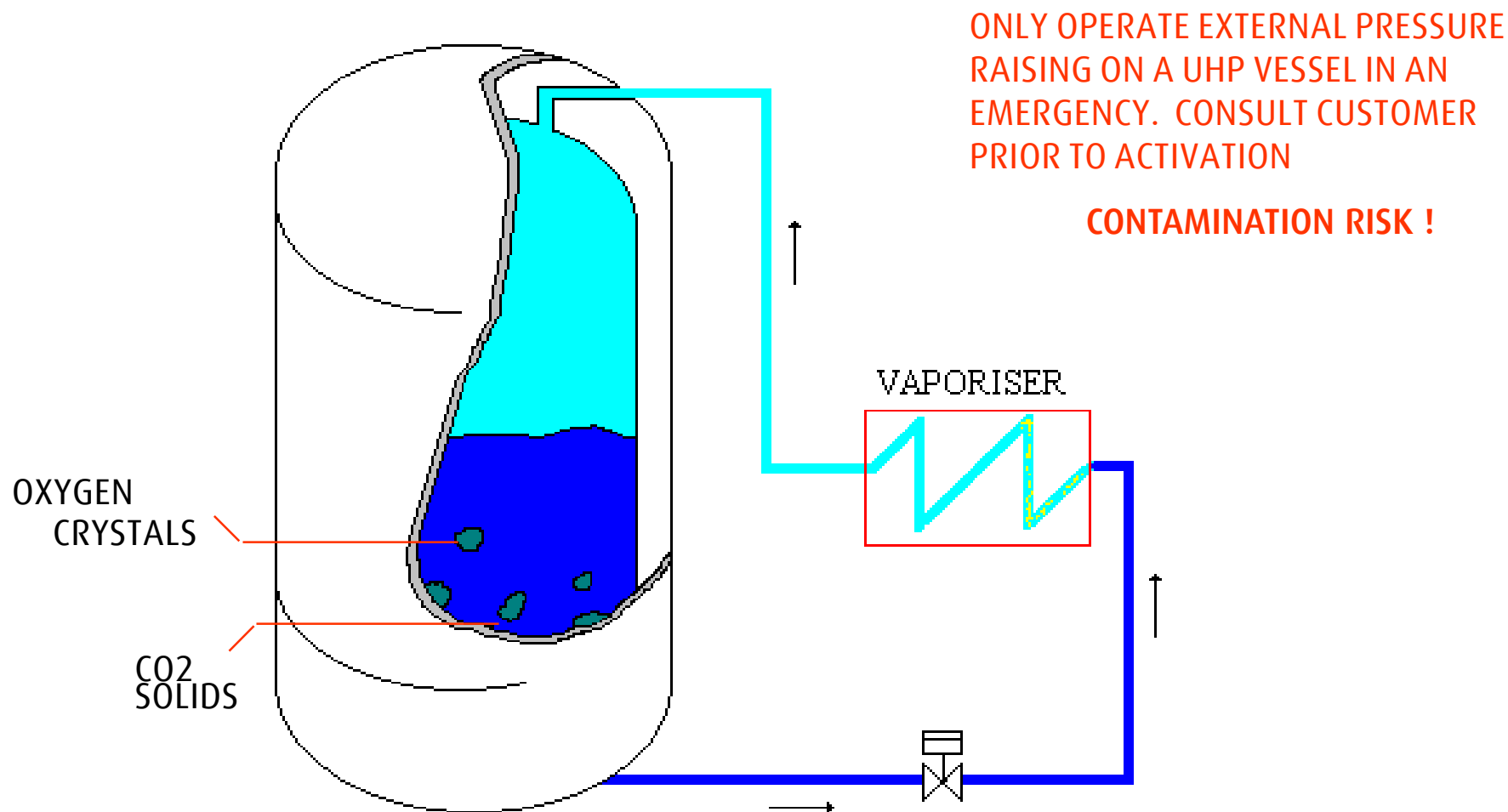


# Pressure raising system

I am  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

Linde

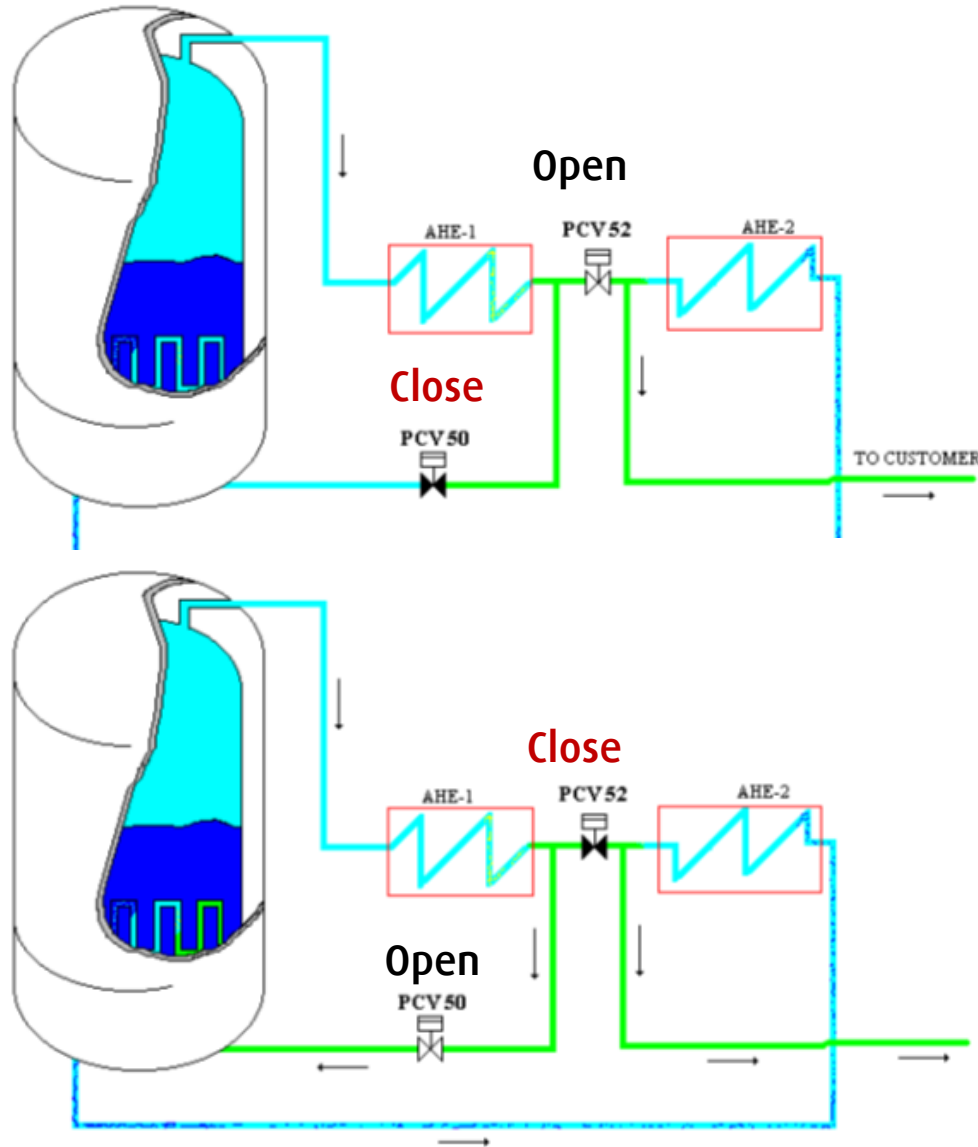


# Pressure raising system

*I am*  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

*Linde*



## Operation

In normal operation pressure will be maintained by switching between PCV-52 and PCV-50 (when reaching ~7.5 Bar GH2 in headspace)

No direct vaporization from Liquid Phase to prevent CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> contamination in Gas H<sub>2</sub>.



## Periodic inspection and maintenance

### Site

On a scheduled basis, authorized persons shall ensure that the system is maintained in a proper condition and that safety distances are respected.

定期，授權人員應確保系統保持良好狀態，並確保遵守安全距離



## Tank

The periodic inspection or testing of the inner vessel is not considered necessary and should be avoided as long as national regulations allow this. There are sound technical reasons for not exposing the inner vessel to ambient air or to the risk of contamination. Other reasons are listed in EIGA Technical Bulletin TB27, The Pressure Equipment Directive. Periodic Inspection and Reassessment of Static Cryogenic Vessels for use in the European Union [8].

When a tank is taken out of service for modification or maintenance, an authorized person should examine the accessible areas of the tank immediately prior to re commissioning.

對內部容器進行定期檢查或測試通常不被認為是必要的，只要國家法規允許。有充分的技術原因不將內部容器暴露於周圍空氣或受到污染的風險。其他原因載於EIGA Technical Bulletin TB27《壓力設備指令。用於歐盟中的靜態低溫儲罐的定期檢查和重新評估》[8]。

當儲罐被停用進行修改或維護時，應由授權人員在重新投入運營之前立即檢查儲罐的可訪問區域。



## Installation 設施

Periodic and planned maintenance of the installed equipment shall be carried out.

An annual external visual examination shall be carried out to confirm the satisfactory condition of the outer vessel, exposed pipework and controls. A check on the vacuum shall be made if an abnormal pressure increase occurs or other signs of vacuum degradation occur.

應進行已安裝設備的定期和計劃的維護。

應進行年度外部目視檢查，以確認外部容器、暴露的管道和控制裝置的滿意狀態。如果發生異常的壓力增加或真空降解的其他跡象，應檢查真空。

## Vaporisers 蒸發器

The ambient air vaporisers should be inspected on a periodic basis for excessive ice formation. This is commonly carried out during deliveries.

When a water bath or steam heated vaporiser is used the system should be inspected periodically by visual examination of shell and external tube surfaces for signs of damage and excessive frosting. Any defects should be reported to the supplier.

應定期檢查周圍空氣蒸發器，以查看是否存在過多的冰凍現象。這通常在送貨時進行。

當使用水浴或蒸汽加熱的蒸發器時，應定期檢查外殼和外管表面，通過目視檢查，查看是否有損壞和過度結霜的跡象。應將任何缺陷報告給供應商。

# Liquid-H2 Customer installations

I am  
taking the lead.

THE LINDE GROUP

Linde

## ■ Periodic inspection and maintenance 定期檢查和維護

## ■ Pressure relief devices 壓力釋放裝置

Regular visual inspections of the devices shall be carried out during periodic inspections.

A regular test of each relief valve shall be carried out to demonstrate its fitness for a further period of service. Pressure relief valves shall be tested or changed out in accordance with EIGA Doc 24 [6] unless unusual conditions of service dictate more stringent requirements.

Bursting disc elements can deteriorate due to aggressive environments resulting in their relief pressure rating being reduced. It may, therefore, be necessary to replace disc elements in such environments on a more frequent basis.



應在定期檢查期間進行這些裝置的定期目視檢查。

應對每個壓力釋放閥進行定期測試，以展示其對進一步運行的適應性。壓力釋放閥應按照EIGA Doc 24 [6]進行測試或更換，除非服務條件不同需要更嚴格的要求。

爆裂片元件可能因侵蝕性環境而惡化，從而降低其釋放壓力評級。因此，在這種環境中可能需要更頻繁地更換片元件。

## ■ Periodic inspection and maintenance 定期檢查和維護

## ■ Ancillary equipment 附屬設備

Ancillary equipment other than previously detailed, for example, pressure/temperature gauges, should be maintained in accordance with either manufacturers recommendations or national codes, whichever is the more stringent.

附屬設備，除了之前詳細說明的設備，例如壓力/溫度計，應按照製造商的建議或國家標準進行維護，以更嚴格的那一個為準。





**Hydrogen is colourless, odourless & tasteless** 氫氣無色、無臭、無味

**An extremely flammable gas** 是一種極度易燃性氣體

**The lightest gas known** 也是質量最輕氣體

**Leaks may “fire” & are invisible** 漏氣可能造成火災並且無法看見

**PPE must be worn** 必須穿戴個人防護具

**Fire-fighting training is essential** 滅火訓練是很重要的

**Procedures must be in place** 操作程序必須放在現場

**All installations should be assessed for risk** 各種設施應執行風險評估

**Permit to work systems should be evident** 工作許可系統必須明顯實行

**Material compatibility is crucial** 物質之相容性應嚴格執行

**Regular checks should be carried out** 應該執行定期查核

**Work to standards** 遵循標準而工作

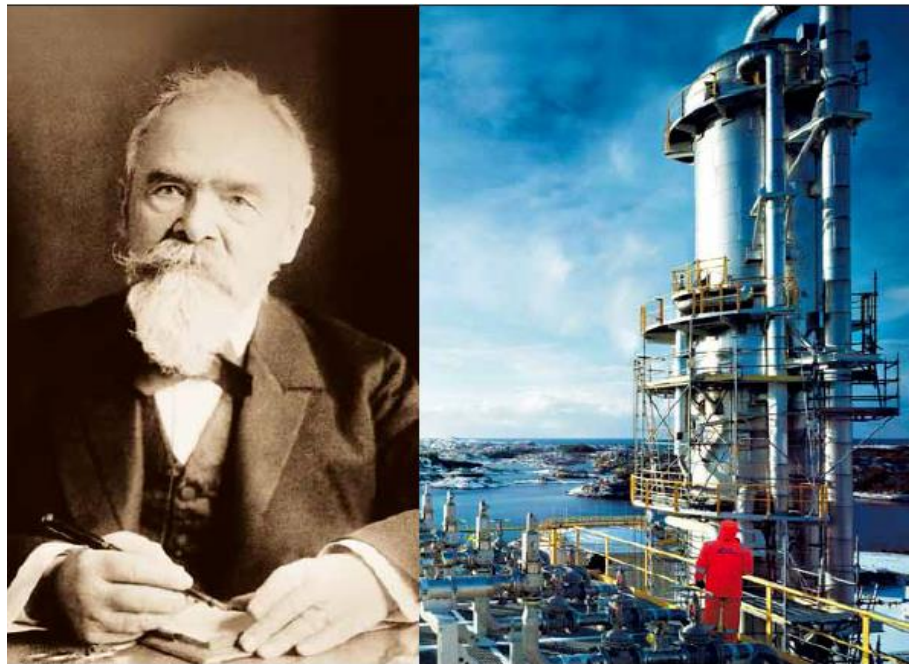
**Think Safety !!!!! 隨時想到安全!!!!!!**

*I am  
taking the lead.*

THE LINDE GROUP

*Linde*

# Thanks for your attention...



*Linde*  
LeadIng.