

從工業4.0看振動噪音技術在產業的應用

Noise and Vibration Techniques in Industry Application base on Industry 4.0

振動與噪音工程學系

AITA NVH
服務 創新 深耕 傳承

王栢村 教授
Bor-Tsuen Wang

Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Neipu, Pingtung 91201, Taiwan

Tel: +886-8-770-3202 # 7017

Fax: +886-8-774-0142

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw

Homepage: <http://140.127.6.133/lab>



2019年06月22日
第27屆全國振動與噪音工程研討會(CSSV 2019)

國立屏東科技大學
機械工程系
振動噪音實驗室
VIBRATION AND ACOUSTICS LAB

王栢村教授簡歷與研究主題



現職：

- 國立屏東科技大學
 - > 機械工程系教授(1997~)
 - > 振動噪音產業技術聯盟
 - > 聯盟主席(2014~)

學歷：

- 美國維吉尼亞理工工暨州立大學
- 機械碩士(1988)、博士(1991)

經歷：

- 中華民國振動與噪音工程學會
 - > 理事長(2014~2016)
- 研發長(2011-2014)
- 工學院院長(2007-2010)
- 主任秘書(2003-2005)
- 推廣教育中心主任(2001)
- 機械工程系系主任(1997-2000)
- 技術合作處研究發展組長(1994-1997)
- 機械工廠主任(1991-1994)

專長：

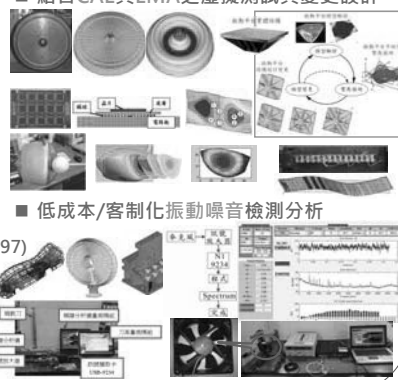
- 結構振動與噪音控制
- 電腦輔助工程分析
- 智慧型材料結構系統
- 車輛動力學

TEL: (08)770-3202轉7017, FAX: (08)774-0142

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw, www: <http://140.127.6.133/lab>

研究主題

- 結合CAE與EMA之虛擬測試與變更設計
- 低成本/客制化振動噪音檢測分析



從工業4.0看振動噪音技術在產業的應用

工業4.0

- Feedback → Solution

振動噪音技術

- 量測 → 分析 → 診斷 → 對策 → MADI

產業

- 車輛、3C產品、工具機、樂器、many more !

應用

- 設計 vs. 製造

• 低振動低噪音之產品設計 → 聲音品質

- 壓縮機、刀具顫振、SRS/ESS

• 預知保養(PM)

- 機器狀態監測

- RD vs. QC

• 產品開發

- 壓縮機(瑞智)、兩刷(山多利)、風扇(元山)、球棒

- 噪音控制 vs. 樂音管理

- 高爾夫球頭(大田)、銅鐘(三希典藏)、和弦琴片

從工業4.0看振動噪音技術在產業的應用

Noise and Vibration Techniques in Industry Application base on Industry 4.0

- 工業4.0為熱門的議題，同時我國已經擬定生產力4.0的推動方案。
 - 諸多產業如車輛、3C產品、工具機等都需要處理振動噪音(N&V)的問題。
- 本報告首先回顧工業4.0之物聯網(IoT)及虛實整合系統(CPS)的兩種重要理念，
 - 並提出對應於IoT及CPS的精神，分別是回饋(Feedback)與對策(Solution)
- 針對振動噪音技術可以從Feedback及Solution角度來探討
 - 在市場面，Feedback的精神在了解消費者對產品的需求。
 - 據以訂定N&V產品規範。
 - 進而回饋到產品設計開發與製造之Solution。
 - 在產品研發面，Feedback精神在建立資訊收集機制。
 - 能瞭解自家產品的N&V現況。
 - 並有能力分析、診斷提出Solution的改善對策。
- 不同產品對N&V技術需求。
 - 可分為基礎知識及不同產品的領域知識，並要結合以建立整合應用技術。
 - 基本上，N&V所需的分析與實驗技術是相通的，處理N&V振動噪音議題，可以概分四個階段：
 - 量測、分析、診斷、及對策 → MADI
- 本報告透過工程實務案例，包括：
 - 銅鐘結構設計、壓縮機N&V改善、風扇噪音品質檢測、及兩刷N&V分級量測系統等，介紹振動噪音技術於產品開發應用。

報告大綱

1. 工業4.0的精神

2. 振動噪音技術

- Fundamental Knowledge & Domain Knowledge

- Feedback 技術 & Solution 技術

- 量測 → 分析 → 診斷 → 對策 → MADI

- F→S(C)→M(A)→I→V/C→I

3. 工程應用案例分享

- 3.1：以SVM對風扇噪音量測與品質檢測之應用(專利)

- 3.2：應用SVM於兩刷噪音與振動量測與品質分級(專利)

- 3.3：應用SVM系統之振動噪音診斷與改善：雙螺桿壓縮機

- 3.4：應用SVM系統之振動噪音診斷與改善：迴轉式壓縮機

4. 結語

1. 工業4.0?



• 德國：

- 工業4.0 (Industry 4.0)

• 美國：

- 「先進製造夥伴計畫」
(Advanced Manufacturing Partnership, AMP)

• 日本：

- 工業4.1J (Industry 4.1 J) → Society 5.0

• 中國：

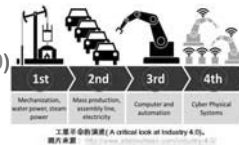
- 中國製造2025 (Made in China 2025)

• 韓國：

- 製造業創新3.0 (Industry Innovation 3.0)

• 台灣：

- 生產力4.0 (Productivity 4.0)

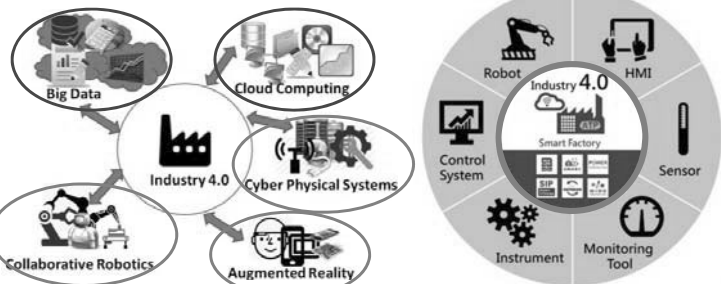


【工業4.0】：兩大議題

(1) Internet of Things (IoT)

(2) Cyber-Physical Systems (CPS)

大體上以【工廠：設計&製造】為出發點



The Era of Industry 4.0

圖片來源：<http://vanlidge.net/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0/>

Automation Industry: Industry 4.0

圖片來源：<http://embedded-computing.com/white-papers/white-0-challenges-solutions-storage-devices/>

(1) Internet of Things (IoT), 物聯網



物聯網(Internet of Things, IoT)

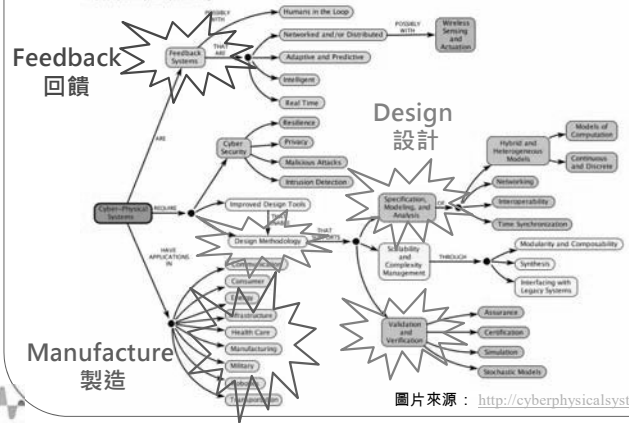
圖片來源：<http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/internet-of-things/>

(2) Cyber-Physical Systems (CPS)

- **Cyber**
 - 網絡：
 - of, relating to, or characteristic of the culture of computers, information technology, and virtual reality.
 - 聯網、網際：
 - relating to electronic communication networks and virtual reality
- **Physical Systems**
 - 物理系統
- **Cyber-Physical Systems**
 - 網宇實體系統
 - 資訊物理系統
 - 虛實整合系統 → my preferred translation !
 - 訊息物理(融合)系統
 - 智慧整合感控系統

(2) Cyber-Physical Systems (CPS)

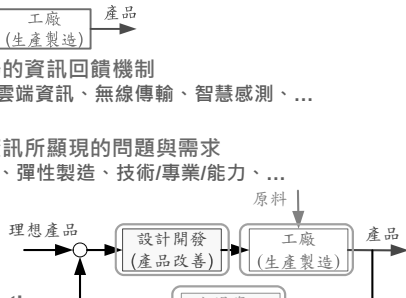
Cyber-Physical Systems – a Concept Map See authors and contributors.
http://CyberPhysicalSystems.org



圖片來源：<http://cyberphysicalsystems.org/>

我的見解：工業4.0的精神？

- **Feedback**：
 - 有能力收集產品在市場的資訊回饋機制
 - Big data、物聯網、雲端資訊、無線傳輸、智慧感測、...
- **Solution**：
 - 有能力解決市場回饋資訊所顯現的問題與需求
 - 產品改善、智慧製造、彈性製造、技術/專業/能力、...
- **Feedback**
 - Data → Information
- **Solution for "Design"**
 - Testing → Virtual Testing
 - CAE → Experimental Verification
 - Verification → Validation
 - Component design → System design
- **Solution for "Manufacturing"**
 - PM, QC

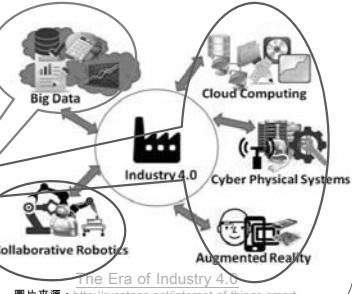


我的見解：工業4.0的精神？

- **Feedback → IoT**：
 - 重要精神在能夠將各類收集的原始數據(raw data)轉換為有用的資訊(useful information)。Data → Information
 - 所謂 big data, smart sensing, cloud info等，就是在此 Feedback 的精神
- **Solution → CPS**：
 - 簡單講就是，因應市場需求的多樣化，解決問題的Solution能力
 - 1. 在產品的设计開發/设计變更：
 - (1) 首重產品試驗(testing)
 - (2) 再能導入虛擬試驗(virtual testing, VT) · 意涵就在CAE
 - (3) 而且還要有實驗之設計驗證(design verification, DV)能力；
 - (4) 進而由驗證到產品認證(product validation, PV)；
 - (5) 並且能由component design，提升到system design全方位能力
 - 2. 在產品的生產線，就有所謂smart/flexible manufacturing等
 - (1) 預知保養(Predictive Maintenance, PM)
 - 智慧狀態監測(Intelligent Condition Monitoring)
 - (2) 品質控制(Quality Control, QC)

My Perspectives of Two Keywords for Spirits of Industry 4.0

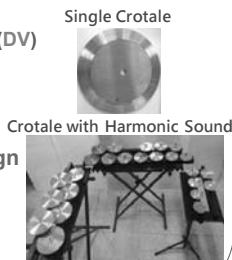
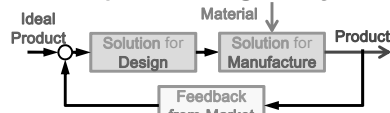
- (1) **IoT → Feedback**
 - Data → Information
 - Data may come from → **KNOW-WHAT** Techniques
 - Market
 - Customer's concerns
 - Design analysis & Testing
 - Design Verification (DV)
 - Product Validation (PV)
 - Manufacturing
 - PM & QC
 - Data need analysis
 - **KNOW-WHY** Techniques



圖片來源：<http://rvantage.net/internet-of-things-smart-manufacturing-the-era-of-industry4-0/>

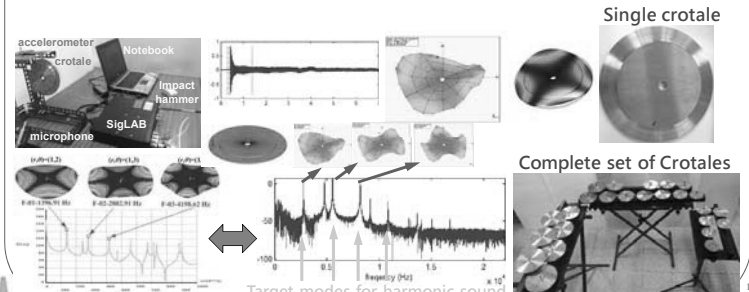
My Perspectives of Two Keywords for Spirits of Industry 4.0

- (2) **CPS → Solution → KNOW-HOW Techniques**
 - Testing → Virtual Testing
 - Product Testing → Product Validation (PV)
 - Virtual Testing (VT) → CAE Application
 - Model Verification (MV) → Design Modification (DM)
 - CAE → Experimental Verification
 - Design Analysis → Design Verification (DV)
 - Experimental techniques → CAT
 - Verification → Validation (V&V)
 - 設計驗證(design verification, DV)
 - 產品認證(product validation, PV)
 - "Component" design → "System" design



Design and Development of Crotales with Harmonic Sound 具簡諧倍頻音古鉦打擊樂器之設計開發

- (2) **CPS → Solution**
 - Testing → Virtual Testing (VT)
 - CAE → Experimental Verification (CAT)
 - Verification (DV) → Validation (PV)
 - Component design → System design



2. NVH Techniques 振動噪音技術

- **Fundamental Knowledge & Domain Knowledge**
 - Application Techniques
- **Feedback & Solution**
 - Feedback → Know What
 - Most importantly → Know Why
 - Solution → Know How
- **Measurement – Analysis – Diagnosis – Improvement**
 - MADI
 - (3K) : Know What → Know Why → Know How
- **F → S(C) → M(A) → I → V/C → I**

【振動噪音產學技術聯盟】推廣核心技術

Fundamental knowledge → Domain knowledge

CAE & EMA 於產品振動噪音改善

振動噪音量測模組(SVM)系統

產品之振動噪音品質檢測系統

CAE & EMA 於產品結構輕量化設計

SVM 於產品振動噪音特性檢測與改善

SVM 於刀具震動SLD預測

產品隨機/掃頻/定頻振動試驗

珍珠琴系列: 8項專利

運動器材

振動噪音量測分析系統

CAE EMA 之工

打響器

二英機

特殊音效之銅鐘結構設計

工業4.0精神應用於產品開發之專案模式

Solution → Know HOW? 工程師/技術/工具 (人/事/物)

理想產品

設計開發 (產品改善)

工廠 (生產製造)

原料

產品

市場資訊回饋

Feedback → Know WHAT? 工程師/技術/工具 (人/事/物)

know what 了解現況

know why 探討原因

know how 進行改善

振動噪音之Feedback及Solution技術

Feedback Know What? 了解現況

Solution Know Why? 探討原因 Know How? 改善對策

量測 Measurement

分析 Analysis

診斷 Diagnosis

對策 Improvement

圖片來源: www.people.com.cn

圖片來源: www.sm-sun.com

圖片來源: http://vanlowe.blogspot.com/2010/10/iv-got-problem.html

圖片來源: https://fr.pnmtree.com/freenp/the-arrow-hit-the-flak-2141989.html

振動噪音之量測-分析-診斷-對策:

Total Solution for Clients

Feedback Know What? 了解現況

Solution Know Why? 探討原因 Know How? 改善對策

量測 Measurement

分析 Analysis

診斷 Diagnosis

對策 Improvement

振動噪音量測模組(SVM)系統

SM聲音量測分析軟體

P-test & P-analysis

改善對策之影響探討

UV車架輕量化設計變更

聲音與振動量測系統(SVM模組)

Sound and Vibration Measurement (SVM) System

SVM系統架構

ME'scopeVES

STFT模組

SVM模組

衝擊錘

加速規

麥克風

各式類型加速規

不同大小型號衝擊錘

精密麥克風

http://aitavnh.blogspot.com/2015/03/blog-post_31.html

UFF介面

USB介面

聲音與振動量測系統(SVM模組)

Sound and Vibration Measurement (SVM) System

以MATLAB軟體開發客制化四通道頻譜分析儀系統·技術轉移提供廠商建立產品之振動噪音量測模式。

系統量測與功能特色

Time: 時間域訊號

Linear Auto PSD: 自身功率頻譜密度函數

FRF: 頻率響應函數

1/3 Octave band: 1/3八音頻帶

Coherence: 關聯性函數

客制化振動噪音量測系統介面 (Sound and Vibration Measurement, SVM)

聲音量測模組(SM模組)

Sound Measurement (SM) Module

聲音訊號分析

- 頻譜分析
- 時間訊號 → 頻譜圖
- 時頻圖分析
- 時頻圖
- 濾波分析
- 衰減率分析
- 衰減率

頻譜分析

Time ways form

spectrogram

時頻圖分析

spectrogram

Auto spectrum

Auto spectrum

Time energy

衰減率分析

Decay rate analysis

濾波分析

原始

濾波

保留

Why to do? What goals? How to do?

SM

http://aitavnh.blogspot.com/2017/10/sm.html

振動噪音之量測-分析-診斷-對策:

具簡諧倍頻音之銅鐘的設計方法及其銅鐘

Feedback Know What? 了解現況

Solution Know Why? 探討原因 Know How? 改善對策

量測 Measurement

分析 Analysis

診斷 Diagnosis

對策 Improvement

振動噪音量測模組(SVM)系統

特殊音效之銅鐘結構設計

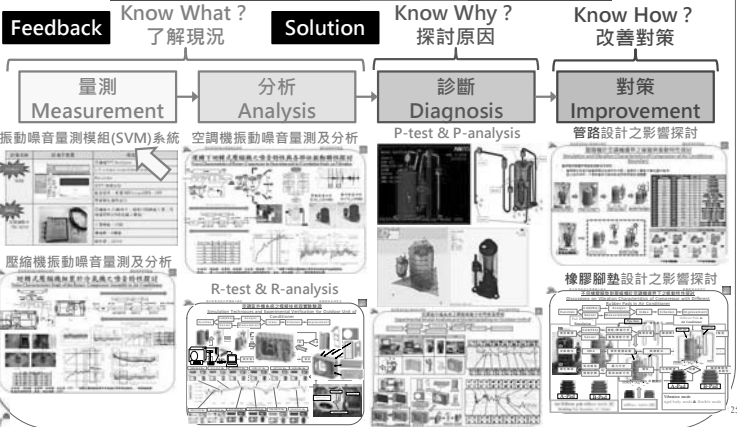
模態振型與頻率響應函數

發明專利

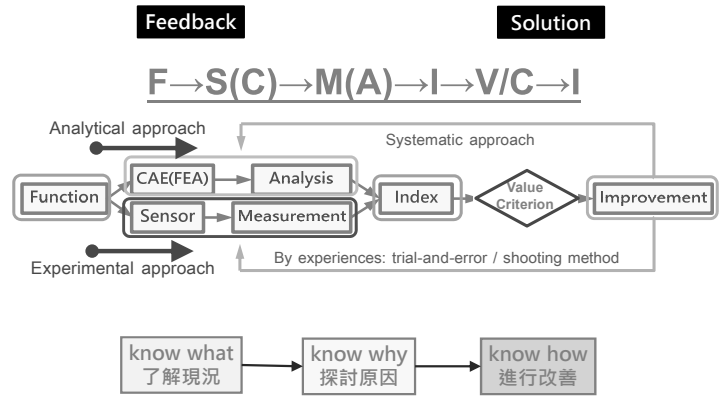
SM聲音量測分析軟體

2018發明展·銀牌獎

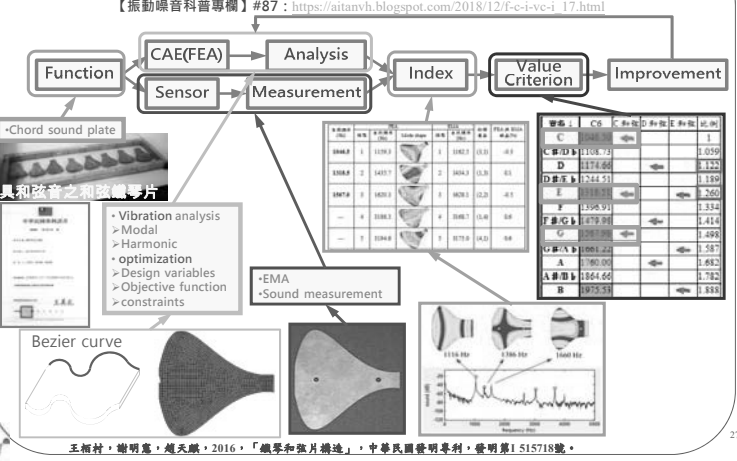
振動噪音之量測-分析-診斷-對策： 低振動低噪音之壓縮機設計開發



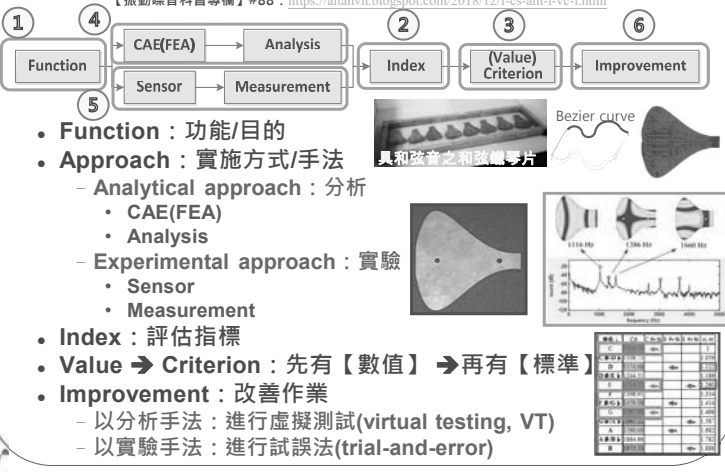
振動噪音之Feedback及Solution技術



應用【F-C-A-I-V/C-I】思維程序於 和弦鐵琴片之開發設計分析與聲音特性



工程設計的新思維：F-C(S)-A(M)-I-V/C-I



3. 工程應用案例分享

- 3.1: 以SVM對風扇噪音量測與品質檢測之應用(專利)
- 3.2: 應用SVM於兩刷噪音與振動量測與品質分級(專利)
- 3.3: 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善：雙螺桿壓縮機
- 3.4: 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善：迴轉式壓縮機

3.1：以SVM對風扇噪音量測與品質檢測之應用(專利)

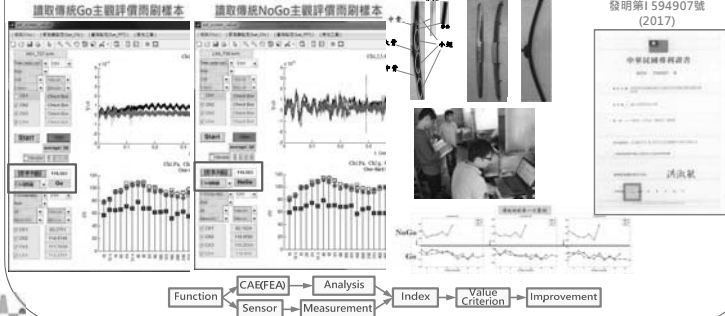
3.2：應用SVM於兩刷噪音與振動量測與品質分級(專利)

- 建立低成本、客製化之風扇噪音量測系統於實際風扇聲音品質檢驗並能方便安裝於個人電腦執行檢測分析。
- 完成風扇聲音品質指標檢驗規範建立之自動化分析模組開發。

- 導入低成本、客制化四通道振動噪音量測系統，並以MATLAB軟體進行後處理工具程式設計與開發
- 擁有Recorder功能
- 擁有時頻圖功能
- 後處理找客觀指標

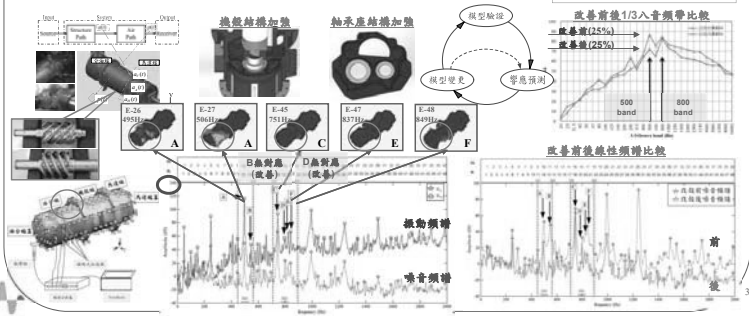
3.2 : 應用SVM於兩刷噪音與振動量測與品質分級(專利)

- 建立兩刷噪音振動之量化診斷評估流程，應用於所收集的三類型兩刷包含傳統、複合式及無刷兩刷振動量測樣本進行主觀評價之連結
- 最後評估可能連結主觀評價之客觀指標，確認客觀指標可對應判斷進行Go與NoGo主觀評價之連結

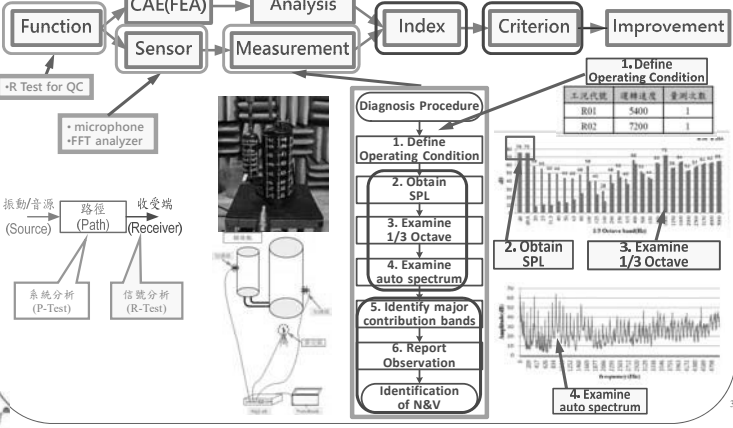


3.3 : 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善 雙螺桿壓縮機

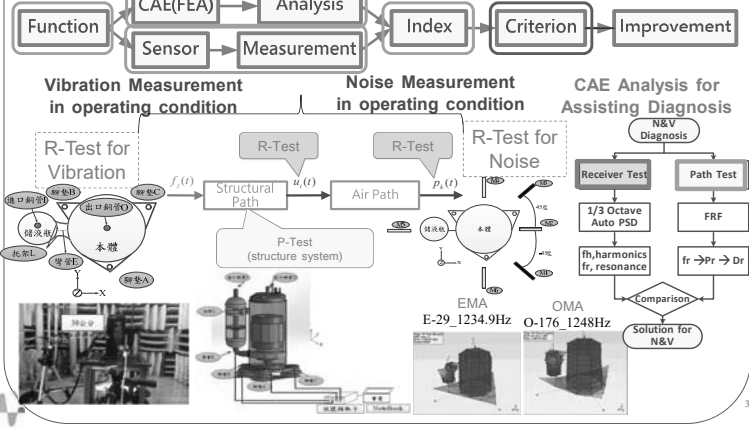
- 提供廠商噪音振動診斷流程案例應用，經由傳遞路徑診斷得知有結構共振之處
- 經機構改善後獲得噪音量由89dBa降至84dBa，成功改善噪音問題，進而作為結構設計之參考依據。
- 本案例特點：發展客制化後處理分析模組→分析/診斷工具



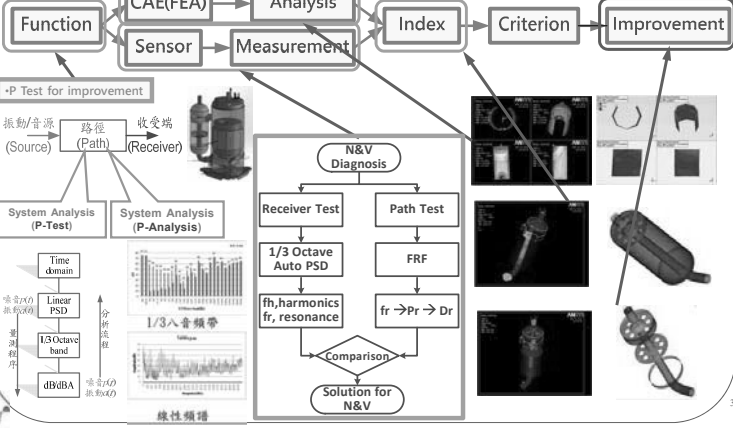
3.4 : 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善 迴轉式壓縮機Rotary Compressor



3.4 : 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善 迴轉式壓縮機Rotary Compressor



3.4 : 應用SVM系統之振動噪音診斷與改善 迴轉式壓縮機Rotary Compressor

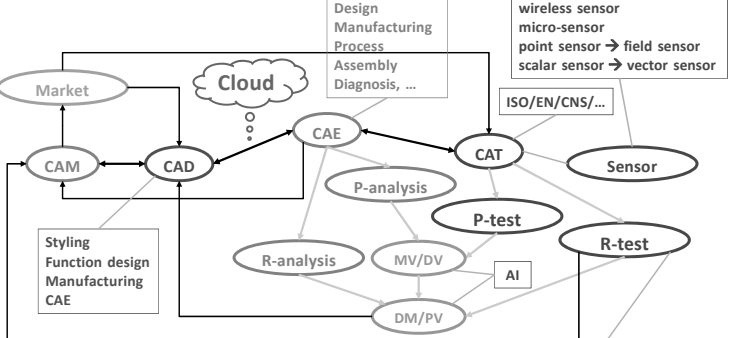


IoT + CPS → 產品開發設計 & 生產製造

- IoT = Feedback : 物聯網
 - IT : information technology : 資訊科技/訊息技術
 - Computer/Communication : 電腦/通訊
 - Cloud/Network : 雲端/網際網路
 - Computation/Control : 計算分析/模擬仿真/控制
- CPS = Solution : 虛實整合系統
 - VT : virtual testing 虛擬測試
 - CAD : computer aided design 電腦輔助設計
 - CAE : computer aided engineering 電腦輔助工程分析
 - CAT : computer assisted testing 電腦輔助測試
 - EMA : experimental modal analysis 實驗模態分析
 - MV : model verification 模型驗證
 - DV : design verification 設計驗證
 - RP : response prediction 響應預測
 - DM : design modification 設計變更
 - PV : product validation 產品認證
 - PM : predictive maintenance 預知保養
 - QC : quality control 品質控制

Think : 我司，有IoT的Feedback、CPS的Solution嗎？

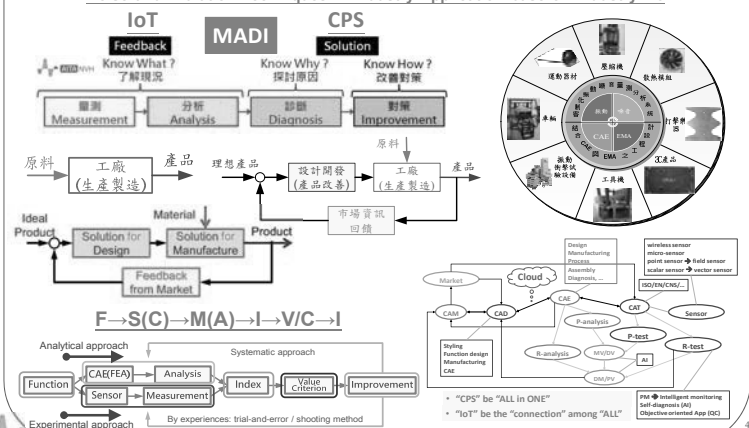
4. NVH Techniques Future Development base on Industry 4.0 Spirits



- "CPS" be "ALL in ONE"
- "IoT" be the "connection" among "ALL"
- PM → Intelligent monitoring Self-diagnosis (AI)
- Objective oriented App (QC)

從工業4.0看振動噪音技術在產業的應用

Noise and Vibration Techniques in Industry Application base on Industry 4.0





Thank you for your attention.



AITA/NVH

Service – Innovation – Cultivation – Inheritance

「振動噪音產學技術聯盟」

Academia Industry Technology Alliance for Noise, Vibration and Harshness (AITA/NVH)



服務 創新 深耕 傳承

服務：深入業界專業服務
創新：創意發想如山壯大
深耕：組織堅固信賴深耕
傳承：振動波股永續傳承