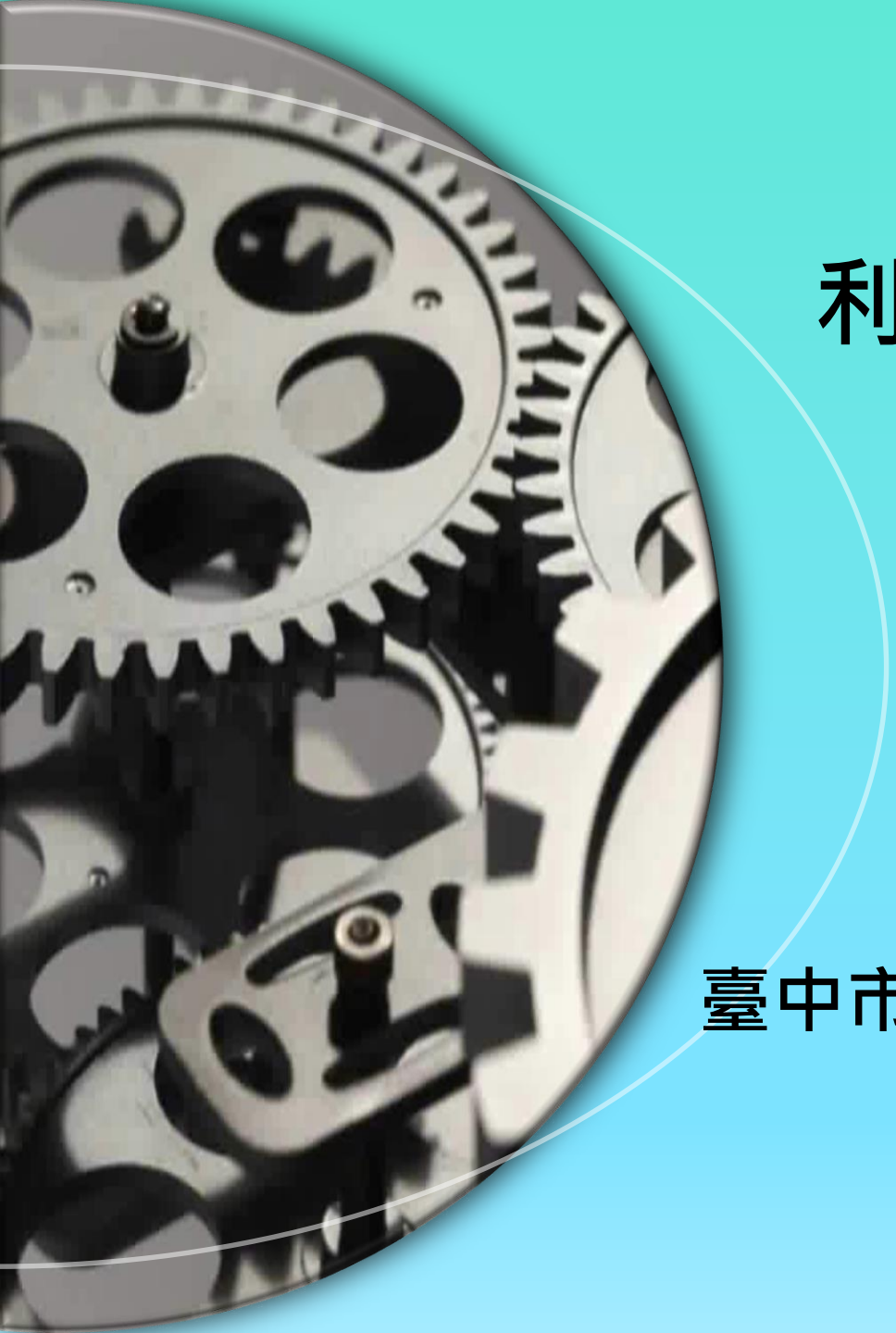


利用大數據分析提升智慧製造之應用

臺中市直轄市機械商業同業公會
理事長 吳忠義

報告日期 : 2021/ 3/20

報告大綱

- 一、 緒論
- 二、 文獻探討
- 三、 研究方法
- 四、 案例分析
- 五、 結論

一、緒 論

研究背景與動機

檢視分析自我的產業，做出策略上的調整而獲利必須更加重視:
創新開發
生產能力

提升產業競爭優勢
使產業能夠永續經營
也提升國內經濟持續發展

期許分析結果可提供製造產業提升技術與品質，面對全球化競爭增加產業競爭力與企業永續經營的目標

睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR)

利欣熱處理(ABOVEHEAT)

睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR)
生產之齒輪相關照片

臺灣傳動齒輪產業現況分析

產品領域	主要供應對象	重要關鍵設備	代表的業者
精密機械齒輪	工具機、紡織機械、印刷機械、橡塑膠機械、 螺絲螺母機械流體泵等。	磨齒機	睦茗、三隆、大同、台穩、僑星、六星、錫昌、永豐、金星、久大、天益、莊福等
車輛用齒輪	二輪車如自行車、機車及四輪車如汽車沙灘車、代步車	滾齒機 磨齒機	睦茗、和大、介隆、華鏞、倉佑、全宏、新恆、廣宏、振昕等。
減速機齒輪	主要產品為蝸輪減速機與齒輪馬達減速機等，用途非常廣泛。	滾齒機，銑牙機與蝸桿磨床	睦茗、臺灣工機、利茗、仁武機械、晃益、成裕、明椿等。
精細小齒輪	齒輪模數在 2.5 以下，此類齒輪大部份材料僅有調質，較少硬化，但是驅動的齒輪軸齒數少，對噪音又特別講究，所以精密的滾齒程序的速度與品質要求較高。	等級高的碳化鎢滾齒刀與德國或瑞士製的高速滾齒機	睦茗、台灣精銳、朝嘉、威逞、祥儀等。
大齒輪	沖床、螺絲螺母、造紙、石化、採 研、水泥、船舶、蔗糖、鋼鐵等工廠的機械 。	高精度成型齒面研磨	台塑重工齒輪廠、三隆齒輪金豐 機械、久大、旭晟、台穩、上和、金星、天益、百象等。

*五力分析-睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR)
外部環境產業分析

潛在競爭者威脅 中

新興國家中小企業印度 ,東南亞國協

對供應商的議價能力 弱

原物料 - 原油,沙烏地,中東國家,中鋼,日本日鐵,美國,鈦合金,德國合金鋼,大陸磁鋼

高階控制器 - 西門子,海德漢, Fanuc,三菱

現有競爭者

高端-日,德,美

同級-台灣,韓國,義大利

低端-中國,印度

來自客戶的議價能力 高

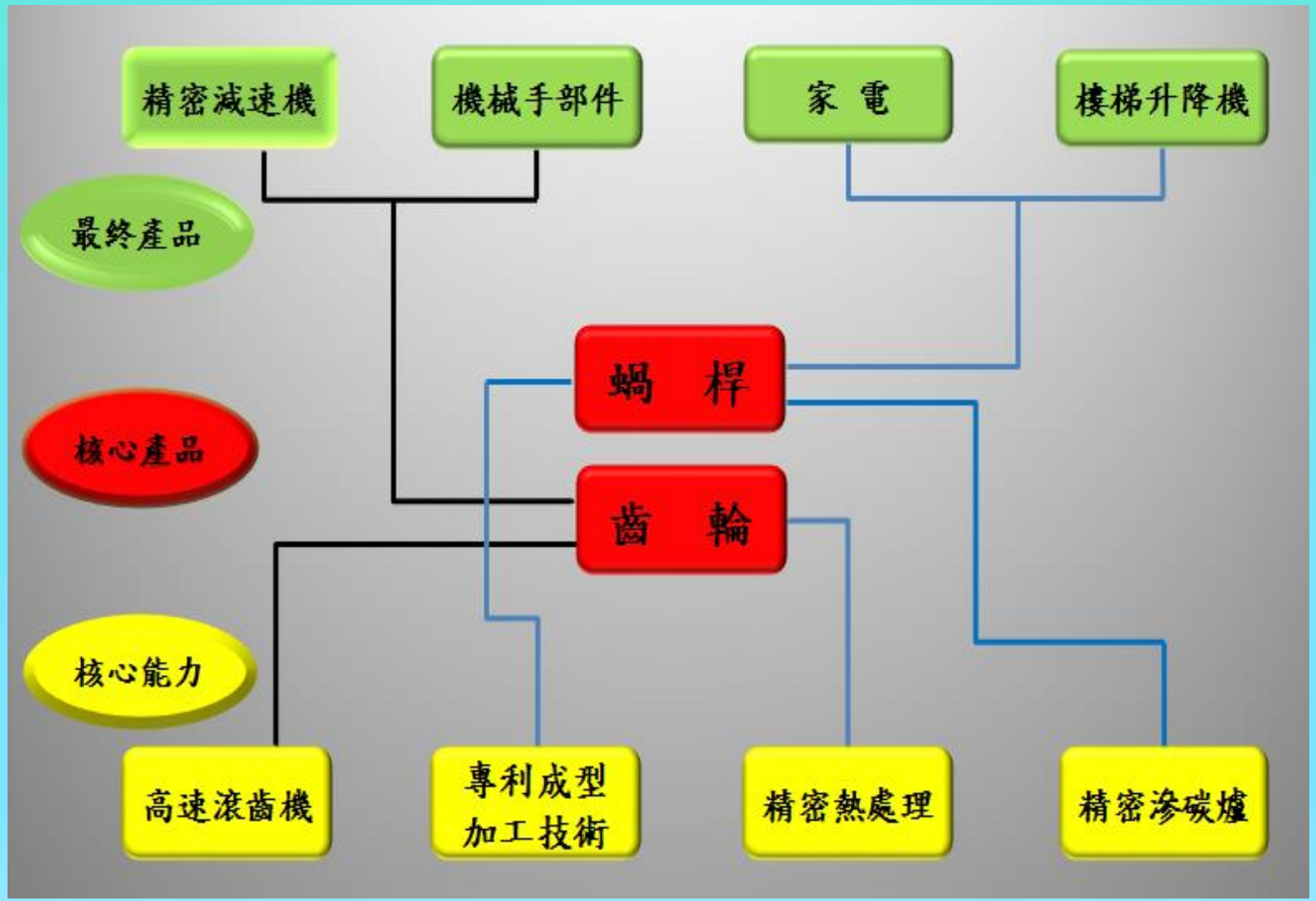
大型通路、
跨國企業、
國內大廠、
政府單位、
大部分是顧客可以輕易取得該產品報價資訊

替代品威脅

AI 人工智慧

智慧機器人

*睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR) 核心能力



*睦茗精密齒輪-國內外專利證書

中華民國專利證書
發明第 I 225432 號

發明名稱：蝸桿之成型刀具及運用該刀具製成該蝸桿之成型方法

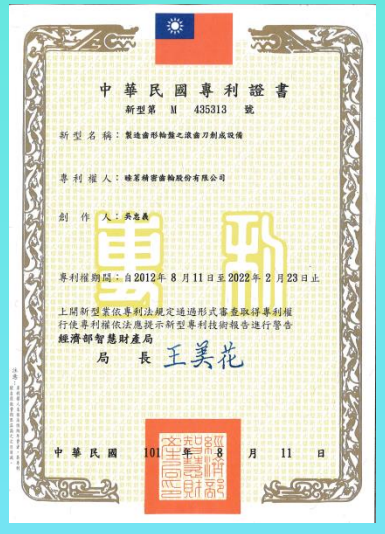
專利權人：睦茗精密齒輪股份有限公司

發明人：吳忠義

專利權期間：自2004年12月21日至2023年7月31日止

上開發明業經專利權人依專利法之規定取得專利權
經濟部智慧財產局
局長 蔡練生

中華民國 94 年 5 月 20 日（補發）



中華民國專利證書
新型第 M 435313 號

新型名稱：製造齒形輪盤之滾齒刀刻成設備

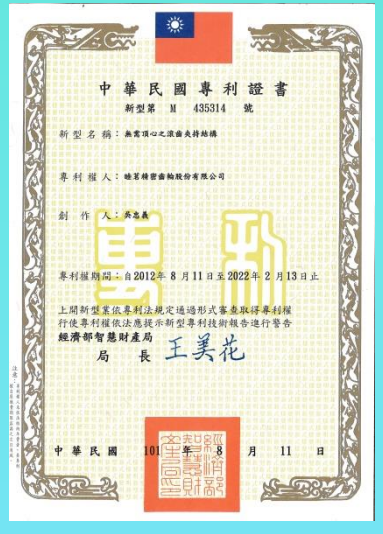
專利權人：睦茗精密齒輪股份有限公司

創作人：吳忠義

專利權期間：自2012年8月11日至2022年2月23日止

上開新型業依專利法規定通過形式審查取得專利權
行使專利權依法應提示新型專利技術報告進行警告
經濟部智慧財產局
局長 王美花

中華民國 101 年 8 月 11 日



中華民國專利證書
新型第 M 435314 號

新型名稱：無需頂心之滾齒夾持結構

專利權人：睦茗精密齒輪股份有限公司

創作人：吳忠義

專利權期間：自2012年8月11日至2022年2月13日止

上開新型業依專利法規定通過形式審查取得專利權
行使專利權依法應提示新型專利技術報告進行警告
經濟部智慧財產局
局長 王美花

中華民國 101 年 8 月 11 日

中華民國專利證書
新型第 M 473895 號

新型名稱：同一工作物可多段同時無心研磨的結構

專利權人：睦茗精密齒輪股份有限公司

新型創作人：吳忠義

專利權期間：自2014年3月11日至2023年9月23日止

上開新型業依專利法規定通過形式審查取得專利權
行使專利權如未提示新型專利技術報告不得進行警告
經濟部智慧財產局
局長 王美花

中華民國 103 年 3 月 11 日

证书号第3541335号

实用新型专利证书

实用新型名称：同一工作物的多段同时无心研磨结构

发明人：吴忠义

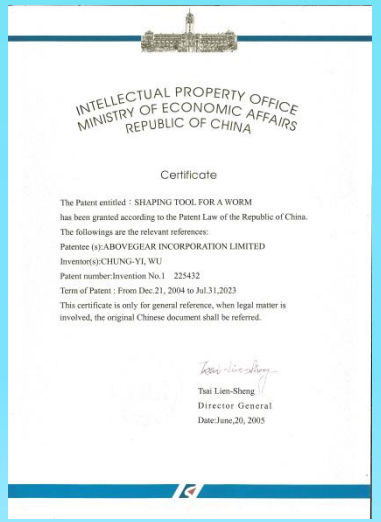
专利号：ZL 2013 2 0598243.0

专利申请日：2013年09月25日

专利权人：睦茗精密齿轮股份有限公司

授权公告日：2014年04月30日

局长 申长雨

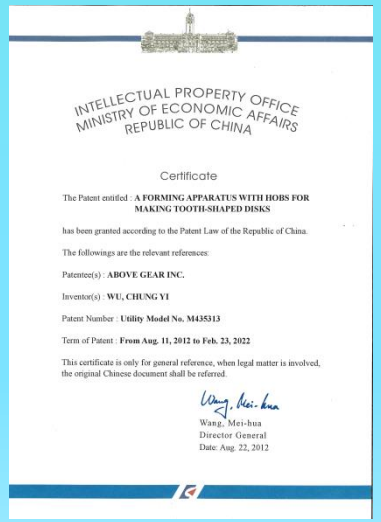


INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

Certificate

The Patent entitled : SHAPING TOOL FOR A WORM
has been granted according to the Patent Law of the Republic of China.
The followings are the relevant references:
Patentee (s):ABOVEGEAR INCORPORATION LIMITED
Inventor(s):CHUNG-YI, WU
Patent number:Invention No.1 225432
Term of Patent : From Dec.21, 2004 to Jul.31,2023
This certificate is only for general reference, when legal matter is involved, the original Chinese document shall be referred.

Tsai Lien-Sheng
Director General
Date:June,20, 2005



INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

Certificate

The Patent entitled : **A FORMING APPARATUS WITH HOBS FOR MAKING TOOTH-SHAPED DISKS**

has been granted according to the Patent Law of the Republic of China.

The followings are the relevant references:

Patentee(s) : **ABOVE GEAR INC.**

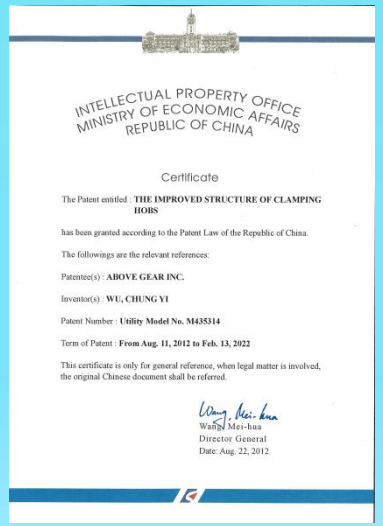
Inventor(s) : **WU, CHUNG YI**

Patent Number : **Utility Model No. M435313**

Term of Patent : **From Aug. 11, 2012 to Feb. 23, 2022**

This certificate is only for general reference, when legal matter is involved, the original Chinese document shall be referred.

Wang, Mei-hua
Director General
Date: Aug. 22, 2012



INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

Certificate

The Patent entitled : **THE IMPROVED STRUCTURE OF CLAMPING HOBS**

has been granted according to the Patent Law of the Republic of China.

The followings are the relevant references:

Patentee(s) : **ABOVE GEAR INC.**

Inventor(s) : **WU, CHUNG YI**

Patent Number : **Utility Model No. M435314**

Term of Patent : **From Aug. 11, 2012 to Feb. 13, 2022**

This certificate is only for general reference, when legal matter is involved, the original Chinese document shall be referred.

Wang, Mei-hua
Director General
Date: Aug. 22, 2012

证书号第2738882号

实用新型专利证书

实用新型名称：无需顶心的滚齿夹持结构

发明人：吴忠义

专利号：ZL 2012 2 0287746.1

专利申请日：2012年06月19日

专利权人：睦茗精密齿轮股份有限公司

授权公告日：2013年02月27日

局长 田力普

证书号第2732596号

实用新型专利证书

实用新型名称：制造齿形轮盘的滚齿刀刻制设备

发明人：吴忠义

专利号：ZL 2012 2 0338659.4

专利申请日：2012年07月13日

专利权人：睦茗精密齿轮股份有限公司

授权公告日：2013年02月27日

局长 田力普

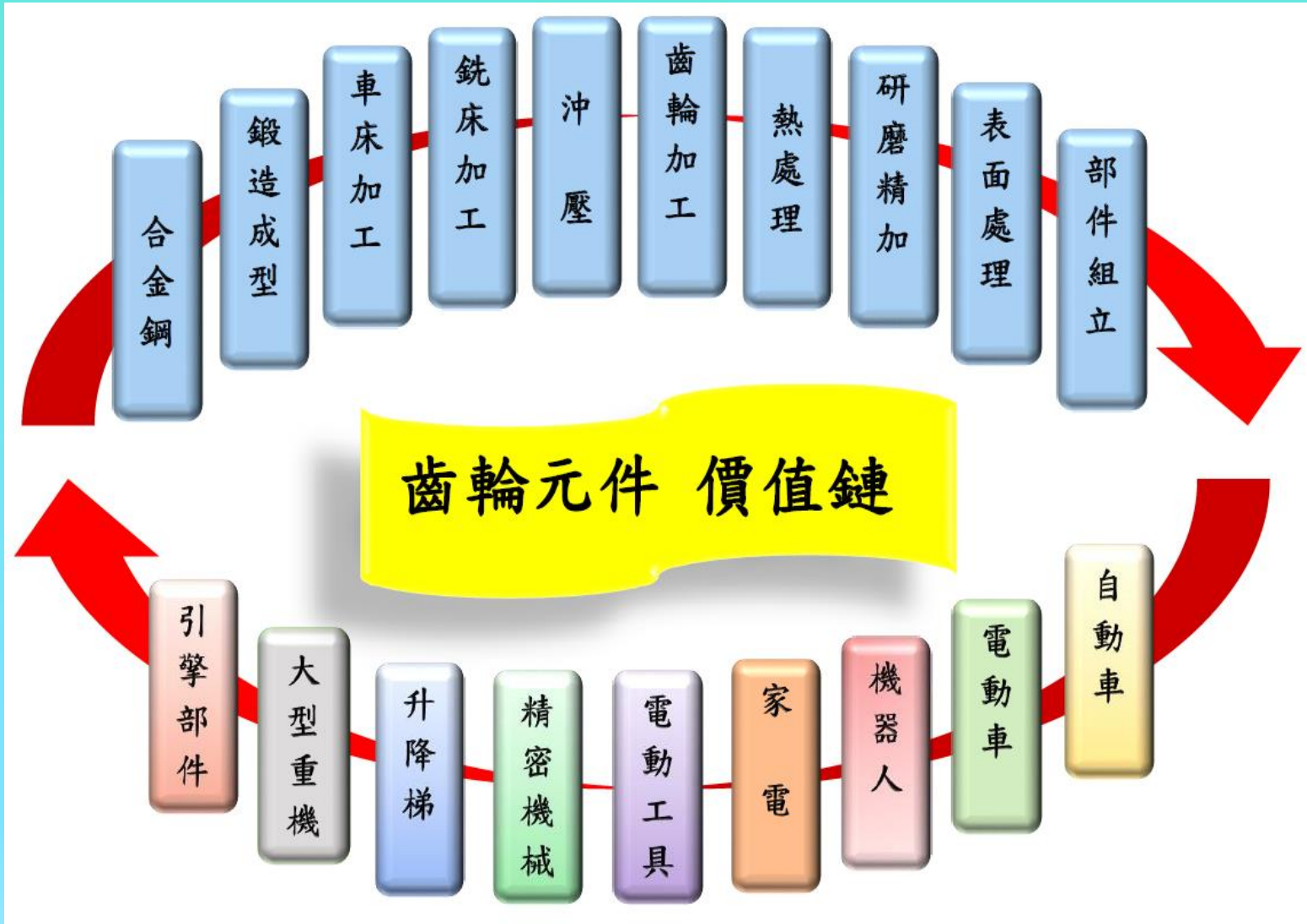
*睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR) - SWOT分析

內部	**優勢 Strength** • 上下游分工完整. • 形成產業群聚. • 技術基礎穩固. • 客戶關係良好. • 製造能力提升. • 品質穩定. • 資金充足, 借貸利率低.	**劣勢 Weakness** • 人力不足. • 人才易流失, 其他產業排擠效應. • 獲利衰退, 不願投資. • 投資不足(製程, 研發, 資訊). • 土地取得困難(貴, 少). • 環保法規嚴格, 成本提高.
外部	**機會 Opportunity** • 中國製作成本大幅提升, 中國中小企業倒閉潮. • 中美貿易戰, 轉單效應. • 產業洗牌效應, 有機會進入供應鏈, 蘋果手機, 特斯拉, 大立光, 和大…等. • 疫情造成國際供應斷鏈. 需要分擔風險, 增加新供應鏈.	**威脅 Threat** • ECFA終止, 關稅大幅提升. • 紅色供應鏈威脅. • 補貼政策, 不公平競爭. • 高端機電整合技術. • 西門子, FANUC壟斷貨源價格. • 東協印度新興國政府扶植並複製台灣中小企業成功模式. • 疫情造成景氣衰退.

*睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR) - SWOT分析

內部	**優勢Strength→發展策略(成長)** • 發展品牌. • 加強行銷預算強度. • 進軍海外設廠設點(全球化). • 新世代的設備投資, 自動化. • IT資訊系統投資. • 規模化經營, 以量制價. • 相關多角化經營. • 併購.	**劣勢Weakness→補足策略** • 建立人才庫, 內部創業. • 績效連結, 分紅入股. • 投資補強研發創新方案. • 汰換耗能污染, 低效率的設備. • 選擇進入重劃新工業區, 符合環保規範. • 銀行資金充足利息低, 貸款更新設備或廠房. • 合資取得市佔或技術.
外部	**機會Opportunity →去除策略** • 去除利潤薄弱之產品服務. • 去除標準化的產品, 進入客制化, 差異化的市場. • 購併適合的公司, 補強技術, 提高市場佔有. • 去除過多的產品線, 集中火力行銷人氣產品線.	**威脅Threat →放棄策略** • 掌握現金流, 放棄收款票期長之客戶. • 放棄大量無利潤的產品, 轉入高毛利小眾市場. • 策略聯盟, 避免惡性競爭. • 面對關稅威脅, 直接到客戶生產基地設廠. • 上下垂直整合. • 以熟知的技術進行企業轉型.

*睦茗精密齒輪(ABOVEGEAR) -價值鏈



* 研究目的

可視化生產
資訊在生產現場
之重要性
幫助人員提高
生產效率
將所有設備
聯網，並取得即
時生產數據進行
分析判斷和決策
之依據
設備進行網路連接
取代以人工統計的
方式，節省人力，
取得數據馬上截取
分析避免資訊落差
的發生

二、文獻探討

工業4.0
Industry 4.0

智慧製造
Smart Manufacturing

精密機械產業
Precision Machinery Industry

工業4.0

Industry 4.0

重點一 雲端的計算能力大幅提升聯網速度

重點二 各種精密的感測器

重點三 收集大數據進行分析

工業4.0 Industry 4.0

工業4.0下台灣智慧家電發展趨勢 (吳冠頤., 2017)

企業談工業4.0拚製造轉型智造 (杜紫宸., 2017)...等

智慧製造
Smart Manufacturing

智慧製造是一個複雜的系統工程，大致上包含下面四大元素

- 製造執行系統 MES
- 融合虛擬生產與現實生產的物聯網系統
- 使用智慧型機器人取代傳統工人的自動化生產線
- 高度智慧化的生產線控制系統等

智慧製造 Smart Manufacturing

智慧製造導入SSD產業之關鍵成功因素分析 (蘇正欣., 2016)

精密機械產業
Precision Machinery Industry

引進大量自動化生產設備、生產效率高、品質穩定，24小時不間斷生產

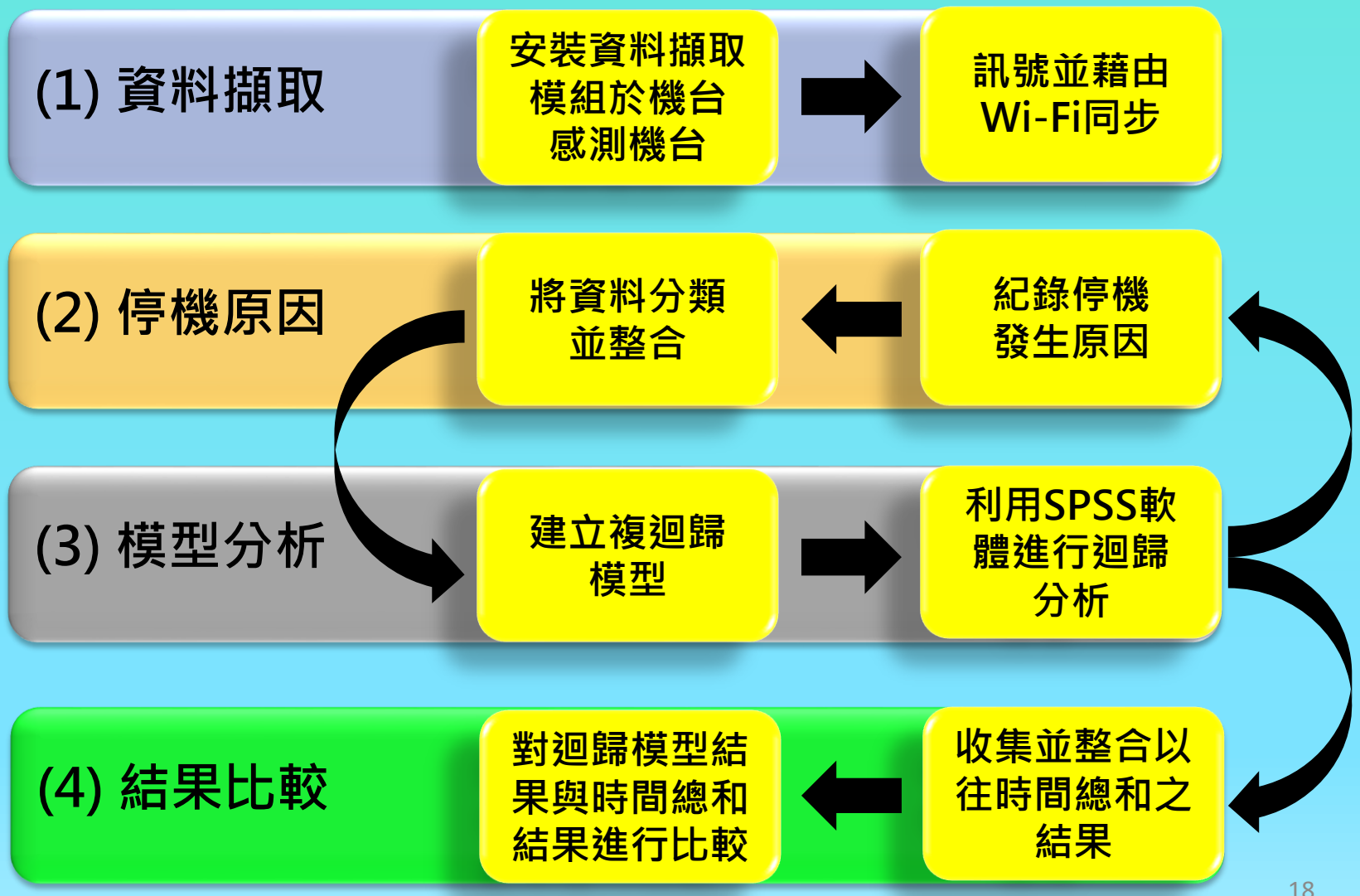
營運規模提高，建置IT基礎設施，提高流程效率

引進智能化生產，利用各生產設備的物理特性，裝置感測器收集全場生產數據，進行聯網收集大數據進行分析，將結果做為決策之參考，並進行優化改善之依據。

精密機械產業 Precision Machinery Industry

探討產業智動化之影響因素-以精密機械產業為例 (曾琮評., 2016)

三、研究方法


(1) 資料擷取
安裝資料擷取模組於機台感測機台
訊號並藉由Wi-Fi同步
(2) 停機原因
將資料分類並整合
紀錄停機發生原因
(3) 模型分析
建立複迴歸模型
利用SPSS軟體進行迴歸分析
(4) 結果比較
對迴歸模型結果與時間總和結果進行比較
收集並整合以往時間總和之結果

資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → 結果比較

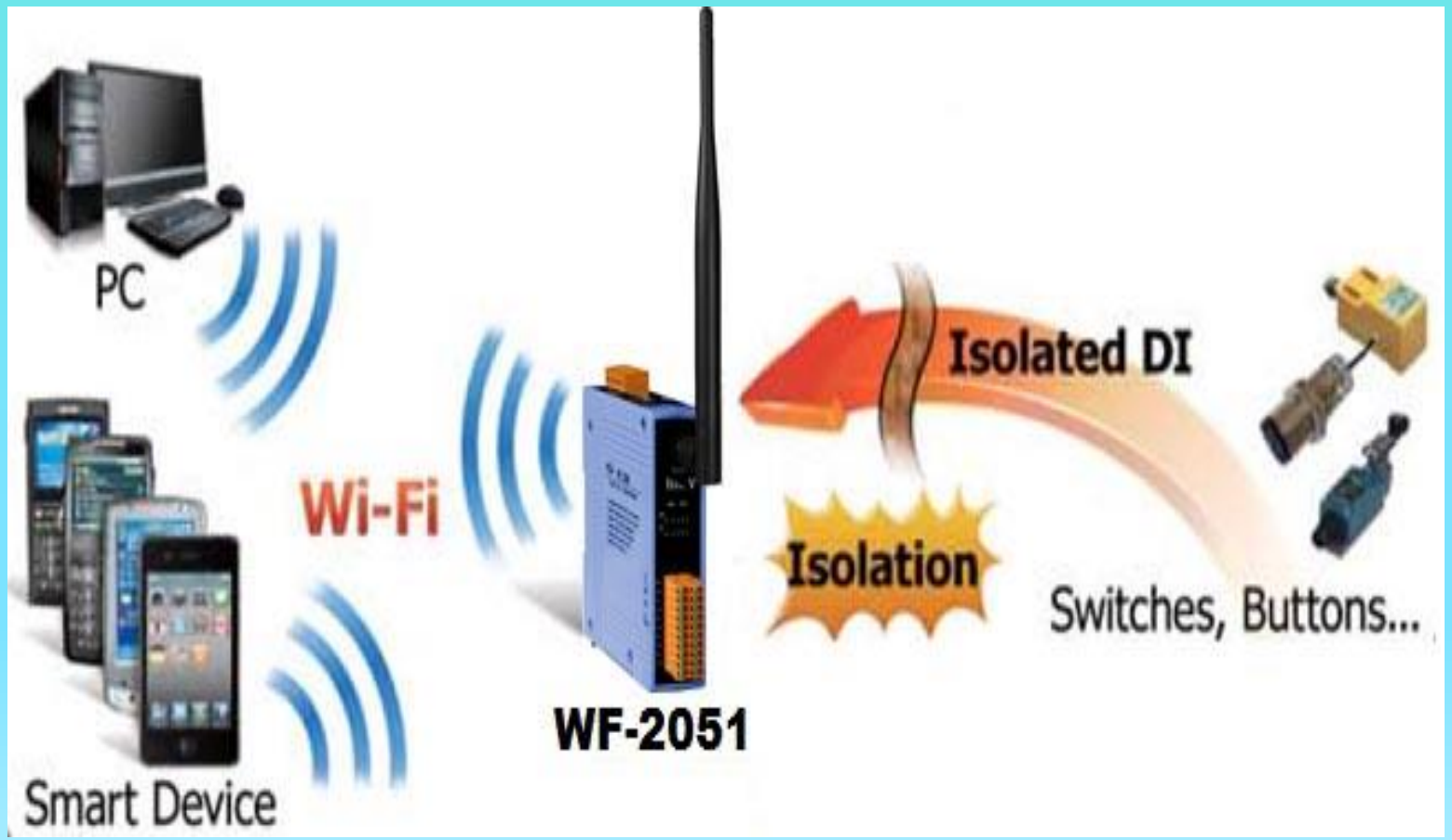
舊有系統只能對停機原因之時間長短進行分析，而無法對於停機原因之次數進行分析。

F設備停止時間 hr.（小時）

項目 / 日期	換件校機 日	換件校機 夜	首件檢驗 日	首件檢驗 夜	刀具更換 日	刀具更換 夜	狀況排除 日	狀況排除 夜	重修 日	重修 夜	機械保養 日	機械保養 夜	開發件 日	開發件 夜	待工作 日	待工作 夜	休息時間 日	休息時間 夜	人力不足 日	人力不足 夜	其他(看刀) 日	其他(看刀) 夜	故障停機 日(E)	故障停機 夜(E)	小計 日	小計 夜	總計
/1六																	0.5	1.5			0.3	0.22			0.8	1.72	2.52
/2日					0.5												1.5	1.5			0.38	0.49			2.38	1.99	4.37
/3																		1			0.32	0.46			0.32	1.46	1.778
/4					1													1			0.45				1.45	1	2.45
/5					0.5													1			0.31	0.18			0.81	1.18	1.992
/6						0.7	0.5											1			0.69	0.19			0.88	1.89	2.88
/7																		1.5			0.74	0.58			0.74	2.08	2.876
/8六				0.5	0.8												1.5	1.5	1		0.35	0.75			4.65	2.75	6.9
/9日						1											1.5	1.5			0.35	0.64			1.85	3.14	4.989
/10																		1			0.4	0.3			0.4	1.3	1.697
/11					1.5													1			0.69	0.75			2.19	1.75	3.44
/12																		1			0.45	0.2			0.45	1.2	1.65
/13					1													1			0.27	0.41			1.27	1.41	2.678
/14					0.8													1			0.26	0.36			1.06	1.36	2.42
/15六	2.75		0.5														1	1.5			0.5	0.56			4.75	2.06	6.308
/16日						0.5											1	1.5			0.53	0.4			1.53	2.4	3.93
/17	5	2.5	1.5	2										2				1.5				0.19			6.5	9.19	15.69
/18	3	2.53	1.5	1									6.7					1		1		0.73			11.2	6.26	17.46
/19	2.5	2	0.8	0.5				3										1		0.5	0.86	0.29			4.16	7.29	11.45
/20	2		1					1.5					7.8					1			0.3	0.5			11.1	3	14.098
/21		3.3		1.5									6.5				1	1		0.5	0.3	0.26			7.8	6.56	14.36
/22六	2.75	1.5	1	1													1.5	1.5			0.54				5.79	4	9.789
/23日																	0.5	1.5			0.53	0.53			1.03	2.03	3.063
/24		2		1.5	0.6													1.5			0.29	0.6			0.89	5.6	6.489
/25	3.5	2	1.5	1.5														1	2		0.52	0.27			7.52	4.77	12.29
/26	2	1.5	0.5	0.5														1	1.5	0.5	0.35	0.45			4.35	3.95	8.3
/27		6		2														1		1	0.61	0.3			0.61	10.3	10.91
/28					1	0.5	1.5	0.5										1			0.62	0.42			3.12	2.42	5.535
/29六		0.5		0.5													1.5	1.5		0.5	0.22	0.5			1.72	3.5	5.22
/30日		1.5															0.5	1.5		4.5	0.34	0.32			0.84	7.82	8.658
/31	4		1.5			1.5	1.6	2										1				0.48			7.1	4.98	12.08
小計	28	26.3	9.8	12.5	7.7	4.2	3.6	7	0	0	0	0	21	2	0	0	12	28	4.5	8.5	12.3	11.3	0	0	98.9	109	208.271

資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → 結果比較

為了更清楚地獲得停機原因的實際情況，我們於機台上安裝資料擷取I/O模組(WF-2051)，此模組功能為監控機台運作的情況。



資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → 結果比較

安裝資料擷取模組後，不只能得到更精確的停機時間，還能將每次停機的時間點與次數記錄下來。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	停機類	工作	機台	機台名	停機時間起	停機時間迄	停機時間	停機時間(分	停機原因
1688	暖機時間	製一課	P10	P10	2019/12/01 00:55:17	2019/12/01 02:00:16	00:01:04:59	65	休息
1689	紅燈時間	製一課	P03	P03	2019/12/01 00:41:28	2019/12/01 00:43:38	00:00:02:10	2.2	看刀
1690	暖機時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 00:55:18	2019/12/01 02:00:57	00:01:05:39	65.7	休息
1691	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:08:51	2019/12/01 03:24:15	00:00:15:24	15.4	刀具更換
1692	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:24:19	2019/12/01 03:53:03	00:00:28:44	28.7	刀具更換
1693	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:53:16	2019/12/01 03:57:07	00:00:03:51	3.9	刀具更換
1694	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:57:10	2019/12/01 03:57:26	00:00:00:16	0.3	刀具更換
1695	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:57:31	2019/12/01 03:57:33	00:00:00:02	0	刀具更換
1696	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:57:34	2019/12/01 03:57:57	00:00:00:23	0.4	刀具更換
1697	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:57:59	2019/12/01 03:58:15	00:00:00:16	0.3	刀具更換
1698	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:58:19	2019/12/01 03:58:35	00:00:00:16	0.3	刀具更換
1699	暖機時間	製一課	P03	P03	2019/12/01 00:56:04	2019/12/01 01:59:55	00:01:03:51	63.9	休息
1700	紅燈時間	製一課	P04	P04	2019/12/01 00:56:05	2019/12/01 01:59:37	00:01:03:32	63.5	休息
1701	紅燈時間	製一課	P05	P05	2019/12/01 00:46:21	2019/12/01 00:47:52	00:00:01:31	1.5	狀況排解
1702	紅燈時間	製一課	P04	P04	2019/12/01 00:44:02	2019/12/01 00:45:04	00:00:01:02	1	看刀
1703	紅燈時間	製一課	P11	P11	2019/12/01 00:45:48	2019/12/01 00:46:37	00:00:00:49	0.8	看刀
1704	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 00:50:29	2019/12/01 00:51:47	00:00:01:18	1.3	狀況排解
1705	紅燈時間	製一課	P10	P10	2019/12/01 00:48:57	2019/12/01 00:49:56	00:00:00:59	1	看刀
1706	紅燈時間	製一課	P08	P08	2019/12/01 00:52:32	2019/12/01 00:53:22	00:00:00:50	0.8	看刀
1707	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:58:40	2019/12/01 03:58:42	00:00:00:02	0	刀具更換
1708	紅燈時間	製一課	P06	P06	2019/12/01 03:58:44	2019/12/01 03:58:59	00:00:00:15	0.3	刀具更換

資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → 結果比較

自動感測與回傳的功能，擁有資料的即時性。藉由回傳最新的資料，系統能即時地判斷機台運作的狀態，並計算出機台當前運作的效率或停機的時間，甚至能預測之後產品的完成時間，能讓不在現場的管理者能即時了解各機台的運作情況之外，還能針對產品的緊急性、重要性等，進行產品生產之排程

自動化電子看板

資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → 結果比較

除了能讓不在現場的管理者能即時了解各機台的運作情況之外，還能針對產品的特性，例如緊急性、重要性等，進行產品生產之排程。

機台生產狀況表

工作區：製一課　　目前時間：2019/01/17 20:49:40

機台	品號/品名	投入數	已完工數	開始量產時間	預計完工時間	備註
L2	595410000 DP26*43T-LH22.3615	7000	9818	2019/01/11 22:30	2019/01/16 11:56	
L5	T3A-35120-63 GEAR(C)	2700	3595	2019/01/15 09:44	2019/01/17 09:37	
P11	WR_P071_561207 心軸	548	429	2019/01/17 14:26	2019/01/17 22:06	
P06	5WG58R33MW MW58蝸桿	4521	4248	2019/01/15 16:45	2019/01/17 23:46	
P01	5GA12.14-12-DTA-2 太陽齒輪	900	662	2019/01/17 04:11	2019/01/18 05:56	
L4	226671*7 HELICAL GEAR 65	3008	1446	2019/01/16 14:34	2019/01/19 20:45	
P07	7GB19.37-40 SB-62 行星齒輪	7301	3583	2019/01/12 00:58	2019/01/20 05:37	
P04	X94-17582-10 GEAR MIDDLE DRIVE	13741	7513	2019/01/14 18:27	2019/01/20 05:54	
L1	10101-A0045 減速齒輪	21120	10761	2019/01/14 16:50	2019/01/22 06:21	
P08	53Q00048 轉子軸 DP20x3S\RH	168168	81667	2018/12/18 06:29	2019/02/14 21:36	
P02	C 050101542.02 心軸	168168	1772	2019/01/17 11:02	2019/02/17 16:21	
P09	U9836 心軸	168168	37376	2019/01/07 04:44	2019/02/18 15:46	
P03	53Q00048 轉子軸 DP20x3S\RH	999999	81110	2018/12/11 19:01	2019/11/11 15:43	

資料擷取 → **停機原因** → 模型分析 → 結果比較

(1) 人力不足：
組織內所擁有用以製造產品或提服務的人員排休。

(2)治具調整：
機器內部使用治具在運轉一段時間後需適時查看並調整

(3) 人員休息：
每天午、晚餐時段及早上與下午，晚上各休息10分鐘的時間。

(4) 刀具監控：
適時查看刀具磨耗的狀況。

(5) 初品確認：
製造生產前的第一個產品需經由適當的量治具進行檢驗，並由第二人確認。

(6) 刀具更換：
刀具製造生產一段時間後會有整套磨耗現象需適時更換

(7) 狀況排解：
機器製造生產一段時間後，有時會有不可預知的狀況需排除使其正常運行。

(8) 機器設定(Set up)：
針對不同產品使用不同機器、治具、刀具、程式等根據SOP設定機台，準備生產。

(9)開發件：
新的產品首次加工，機器設定費時久。

資料擷取 → 停機原因 → **模型分析** → 結果比較

迴歸分析

探討獨立變數X(自變數)對於解釋變數Y(應變數)之影響效用，並可以藉由獨立變數來**預測應變數**的數值

資料擷取 → 停機原因 → **模型分析** → 結果比較

線性複迴歸分析

在線性複回歸迴歸模型中，應變數Y應為與兩種以上自變數X相關之線性函數，包含**誤差項、常數項**以及對應每一個自變數之相關係數

資料擷取 → 停機原因 → **模型分析** → 結果比較

模式建構

應變數Y應為反應公司實際生產狀況之數值，因此利用**稼動率**作為本研究目標函數之應變數。然而本研究之稼動率為配合實際公司機台之特性，定義上有些許不同。

資料擷取 → 停機原因 → **模型分析** → 結果比較

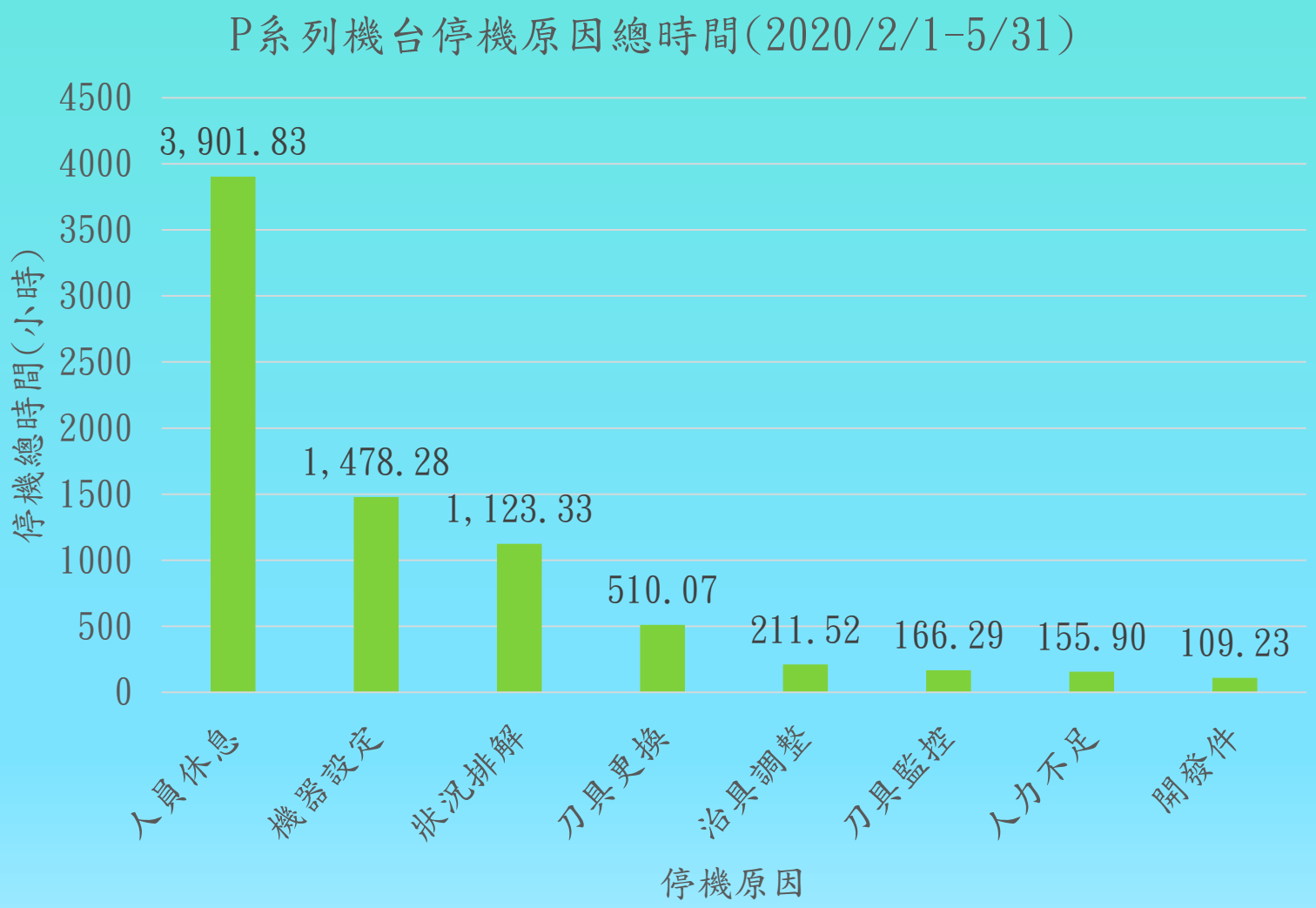
稼動率計算公式

107年7月份					設備編號：		G2
A	設備操作可能時間	24	hr ×	31	日 =	744	hr
B	設備操作時間	(A - E) =	744			(E) 故障停機 =	0
C	設備實稼動時間	(B - F) =	304.9836			(F) 設備停止時間 =	439.0164
D	累計作業時間	304.67					
設備稼動率D / B		304.67	／	744.0	×100 =	40.95%	
生產效能 (實際工時效率)		304.67	／	349.7	×100 =	87.11%	

資料擷取 → 停機原因 → **模型分析** → 結果比較

自變數	停機原因(次數)
X1	人力不足
X2	治具調整 / 調整
X3	人員休息
X4	刀具監控 / 看刀
X5	初品確認 / 首件量測
X6	刀具更換
X7	狀況排解
X8	機器設定(Set up) / 校機
X9	開發件

資料擷取 → 停機原因 → 模型分析 → **結果比較**



四、案例分析

一、案例敘述

二、臥式滾齒機分析結果

三、迴歸分析驗證

四、改善成果說明

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → 迴歸分析驗證 → 改善成果說明

本研究利用**睦茗精密齒輪公司(ABOVEGEAR)**之自動化機台資訊作為研究目標。除了擁有多年機台操作經驗，公司內部多台自動化機台都能得到更加準確與即時性的資料.
由於公司還保有部分人工放料機台(非自動化機台)，再加上擁有不同系列之機台型號，其停機的原因能也不太一樣，因此我們將機台特性與停機原因較相似的機台分成一類進行迴歸分析，將有助於得到更合適之迴歸模型，因為擁有類似特性的機台，其停機原因之次數對於稼動率的相關性也比較相似。因此本研究將針對公司製造一課之機台進行分析，而研究機台以臥式滾齒機台為主，將針對此部門之P系列臥式滾齒機台，一共十一台進行迴歸分析。來避免不同機型所造成之停機差異影響研究結果。

案例敘述 → **臥式滾齒機分析結果** → 迴歸分析驗證 → 改善成果說明

P系列臥式滾齒機系列機台擷取四個月十一部機台共1120筆數據，進行複迴歸分析範例。

		稼動率	人力不足	調整	休息	看刀	首見量測	刀具更換	狀況排解	校機	開發件
2020/2/1	P01	71.85	0	0	5	5	0	52	21	35	0
	P02	85.52	0	0	6	7	0	0	9	0	0
	P03	84.28	0	0	6	4	0	0	7	0	0
	P04	86.15	0	0	6	6	0	0	4	0	0
	P05	80.96	0	10	6	2	1	14	6	0	0
	P06	81.3	0	0	6	7	0	7	28	0	0
	P07	38.74	0	0	4	2	0	38	66	248	0
	P08	75.97	0	0	6	6	0	25	29	74	0
	P09	76.53	0	0	2	5	0	121	58	0	0
	P10	80.83	0	0	5	8	1	9	6	13	0
	P11	83.31	0	0	7	6	0	7	10	1	0
2020/2/2	P02	78.1	0	0	8	2	0	17	10	0	0
	P03	84.47	0	0	8	4	0	0	5	0	0
	P04	82.9	0	3	7	7	1	10	4	0	0
	P05	83.83	0	0	8	3	0	0	10	0	0
	P06	83.54	0	0	8	3	0	0	4	0	0
	P07	52.29	0	0	5	3	11	0	30	64	0
	P09	83.82	0	0	4	6	1	0	6	0	0
	P10	78.76	0	0	8	4	1	26	7	0	0

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

利用SPSS軟體進行部分相關分析，結果如下圖。

	零階	部分
（常數）		
人力不足	-.364	-.371
調整	-.181	-.124
休息	-.038	-.152
看刀	.188	.066
首件量測	-.152	-.033
刀具更換	-.117	-.154
狀況排解	-.213	-.150
校機	-.532	-.472
開發件	-.172	-.132

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

在SPSS中得到部分相關數值後，還需要再對此數值進行平方，才會等於各自變數之單獨解釋力。例如「人力不足」根據SPSS分析結果其零階相關為-0.364，部分相關值為-0.371，而其單獨解釋力應為-0.371的平方，即等於0.138，以此類推得到以下資料。

停機原因	部分相關	單獨解釋力
人力不足	-0.371	0.138
調整	-0.124	0.015
休息	-0.152	0.023
看刀	0.066	0.004
首件量測	-0.033	0.001
刀具更換	-0.154	0.024
狀況排解	-0.150	0.023
校機	-0.472	0.223
開發件	-0.132	0.017

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

經過上述步驟將所有自變數加入複迴歸模型並觀察顯著水準後，其中只有「初品確認」這項停機原因未達顯著水準(P-value > 0.05)，因此我們刪除此自變數後，再進行一次複迴歸分析。最後根據分析結果，剩餘之自變數均達顯著水準(P-value < 0.05)，即完成自變數選擇，如下圖。

係數[a]

模型		非標準化係數 B	非標準化係數 標準錯誤	標準化係數 β	T	顯著性
1	（常數）	86.357	.662		130.452	.000
	人力不足	-6.099	.342	-.374	-17.836	.000
	調整	-.099	.017	-.125	-5.955	.000
	休息	-.799	.109	-.154	-7.308	.000
	看刀	.317	.100	.067	3.158	.002
	首件量測	-.079	.050	-.034	-1.575	.116
	刀具更換	-.087	.012	-.156	-7.419	.000
	狀況排解	-.069	.010	-.153	-7.203	.000
	校機	-.134	.006	-.496	-22.702	.000
	開發件	-.130	.021	-.133	-6.331	.000

a. 應變數: 稼動率

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

迴歸模型顯著性檢定(F test)

首先，我們須先檢定此複迴歸模型之顯著性。利用SPSS軟體，將已挑選好的自變數與應變數輸入後，進行複迴歸分析，即可得到分析結果如下，證明此迴歸模型是顯著的，具有預測能力。

變異數分析[a]

模型		平方和	自由度	均方	F	顯著性
1	迴歸	107863.910	8	13482.989	149.901	.000[b]
	殘差	99929.971	1111	89.946		
	總計	207793.881	1119			

a. 應變數: 稼動率

b. 解釋變數：（常數），開發件, 人力不足, 調整, 刀具更換, 休息, 看刀, 狀況排解, 校機

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

迴歸係數的邊際檢定(t test)

在驗證完迴歸模型的顯著性後，我們利用邊際檢定來檢驗每個自變數之β係數是否為零，因為當某個自變數之β係數為零，則代表此自變數沒有釋解力。這八項停機原因(自變數)的顯著性P-value均小於0.001，均拒絕虛無假說，代表這八項自變數對此迴歸模型的應變數均有一定的解釋力。

係數[a]

模型		非標準化係數 B	非標準化係數 標準錯誤	標準化係數 β	T	顯著性
1	（常數）	86.299	.661		130.482	.000
	人力不足	-6.094	.342	-.374	-17.812	.000
	調整	-.099	.017	-.126	-5.972	.000
	休息	-.798	.109	-.154	-7.292	.000
	看刀	.320	.100	.068	3.189	.001
	刀具更換	-.089	.012	-.158	-7.555	.000
	狀況排解	-.069	.010	-.153	-7.175	.000
	校機	-.136	.006	-.503	-23.558	.000
	開發件	-.129	.021	-.132	-6.293	.000

a. 應變數: 稼動率

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

判定係數修正的R平方(Adjusted R-square)

迴歸分析中R平方可以作為此模型能解釋比例的判斷依據，R平方越大代表此迴歸模型能解釋變數關係的比例越高，因此模型適配度也會越高。

模型摘要[b]

模型	R	R 平方	調整後 R 平方	標準標準誤	Durbin-Watson
1	.720[a]	.519	.516	9.48398	2.048

a. 解釋變數：（常數），開發件, 人力不足, 調整, 刀具更換, 休息, 看刀, 狀況排解, 校機

b. 應變數: 稼動率

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

共線性檢定

在複迴歸分析中，自變數之間如果不互相獨立，很有可能發生共線性的問題。如果自變數之間發生共線問題，會大大影響迴歸模型的準確度。本研究中所分析的八項停機原因中，每一項之變異膨脹因子均小於10，表示這些停機原因彼此之間的共線性並不嚴重。

係數[a]

模型		非標準化係數 B	非標準化係數 標準錯誤	標準化係數 β	T	顯著性	共線性統計量 允差	共線性統計量 VIF
1	（常數）	86.299	.661		130.482	.000		
	人力不足	-6.094	.342	-.374	-17.812	.000	.983	1.017
	調整	-.099	.017	-.126	-5.972	.000	.976	1.024
	休息	-.798	.109	-.154	-7.292	.000	.970	1.031
	看刀	.320	.100	.068	3.189	.001	.959	1.043
	刀具更換	-.089	.012	-.158	-7.555	.000	.985	1.015
	狀況排解	-.069	.010	-.153	-7.175	.000	.952	1.050
	校機	-.136	.006	-.503	-23.558	.000	.948	1.054
	開發件	-.129	.021	-.132	-6.293	.000	.987	1.013

a. 應變數: 稼動率

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

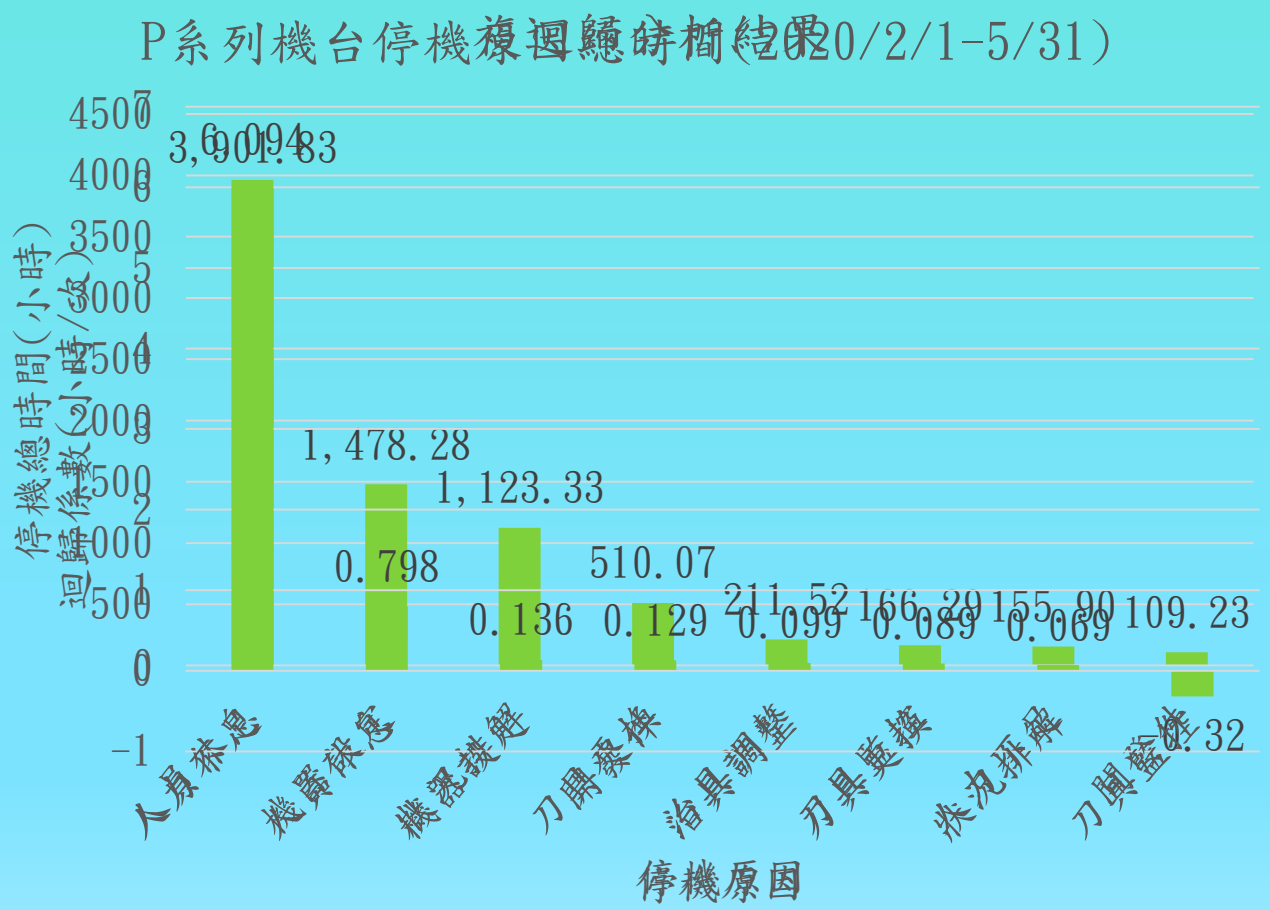
P系列臥式滾齒機系列機台資料迴歸模型結果

$$Y = 86.299 - 6.094X_1 - 0.099X_2 - 0.798X_3 + 0.320X_4 - 0.089X_6 - 0.069X_7 - 0.136X_8 - 0.129X_9$$

X_1: 人力不足
X_2: 治具調整
X_3: 人員休息
X_4: 刀具監控
X_6: 刀具更換
X_7: 狀況排解
X_8: 機器設定
X_9: 開發件

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

以往資料與迴歸模型結果比較



案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

據上一節分析結果來看，利用本研究設計之模型能有效地看出不同停機原因之次數確實與機台的稼動率呈現明顯負相關。換句話說，當停機次數增加時，稼動率會隨之下降。

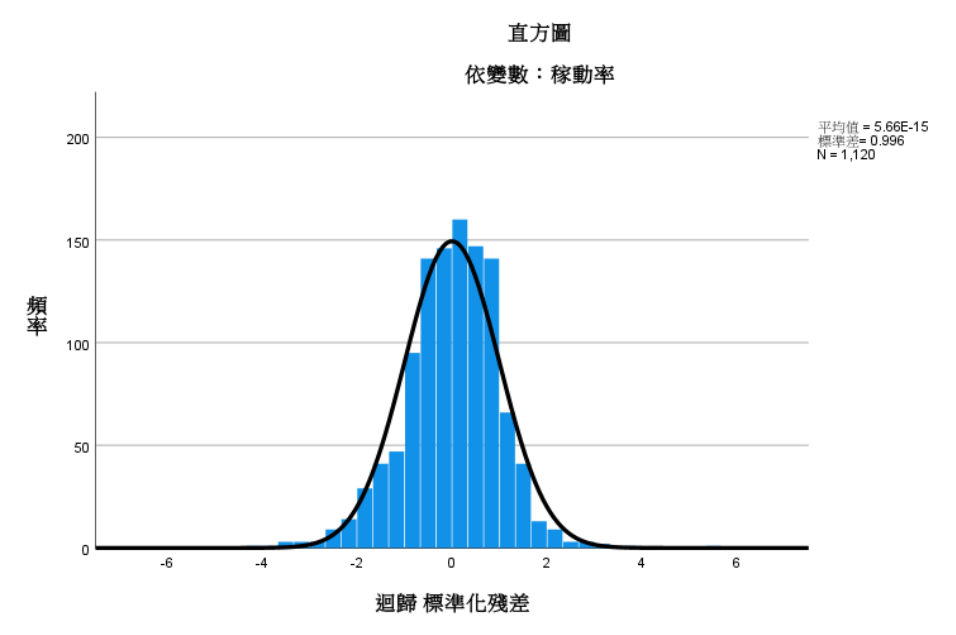
另外，利用此複迴歸模型也可以判斷個別停機原因發生時，對稼動率也有不同的影響。而根據本研究所述，雖然此複迴歸模型分析結果顯示變數之間有著顯著的相關性，但是此分析結果仍須通過模型建立時的三項前提假設，即誤差項須符合

(1)常態性、(2)獨立性以及(3)變異數同質性。

案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

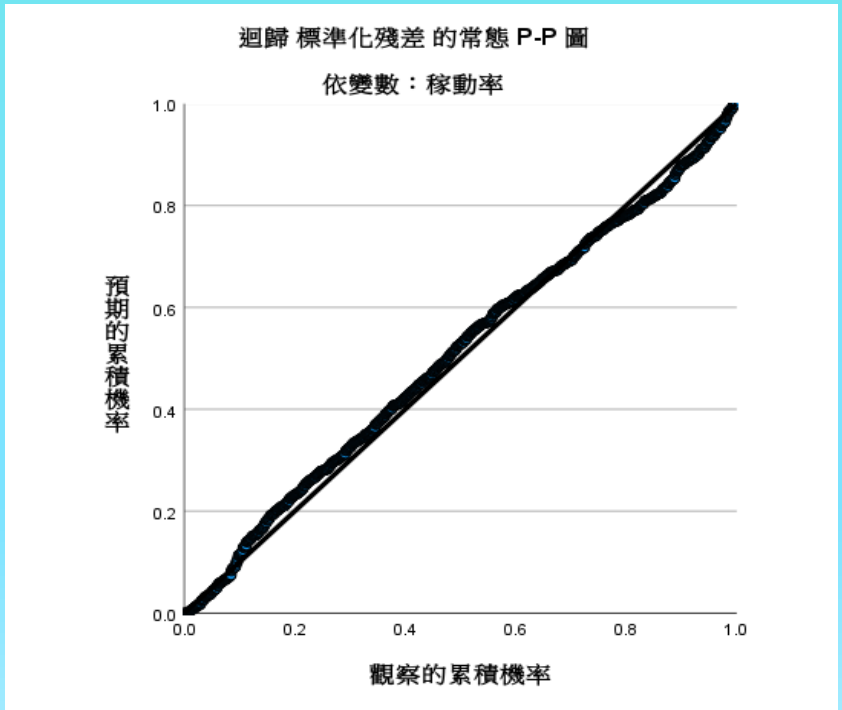
誤差項常態性

首先探討將樣本資料帶入模型後，得到之預測稼動率與實際稼動率比較，並將兩個數值的差整合成誤差資料，在對這群誤差資料進行迴歸標準化，得到一迴歸標準化殘差與頻率的直方圖，下圖由直方圖可以得知，迴歸模型預測出來的結果，其殘差呈現標準鐘形，大致符合常態分布，表示此迴歸模型之誤差項是符合常態分布的。



案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

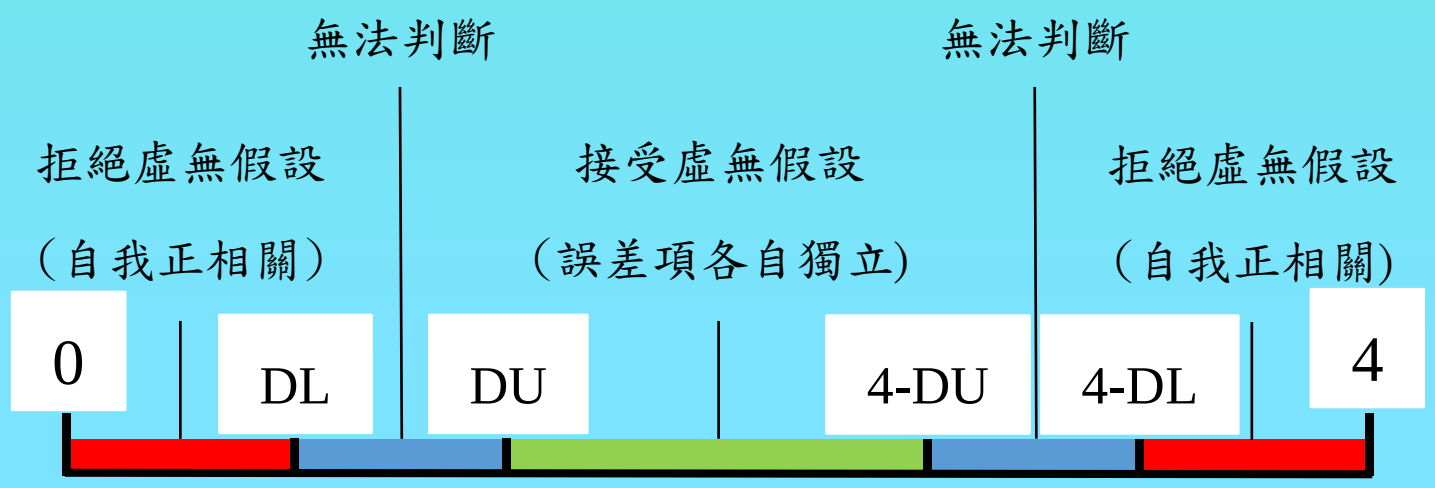
另外，還可以利用SPSS來做出殘差的常態機率圖來判斷誤差是否呈現常態性。根據下圖來看，橫軸為觀察值(實際上的稼動率)的累積機率，縱軸為預測(模型預測的稼動率)的累積機率，因此當資料分布愈趨近如圖中的45度的斜線時，代表此模型的殘差愈呈現常態性。而此模型所呈現的圖形確實大致呈現45度斜線，符合殘差的常態性。



案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

誤差項獨立性

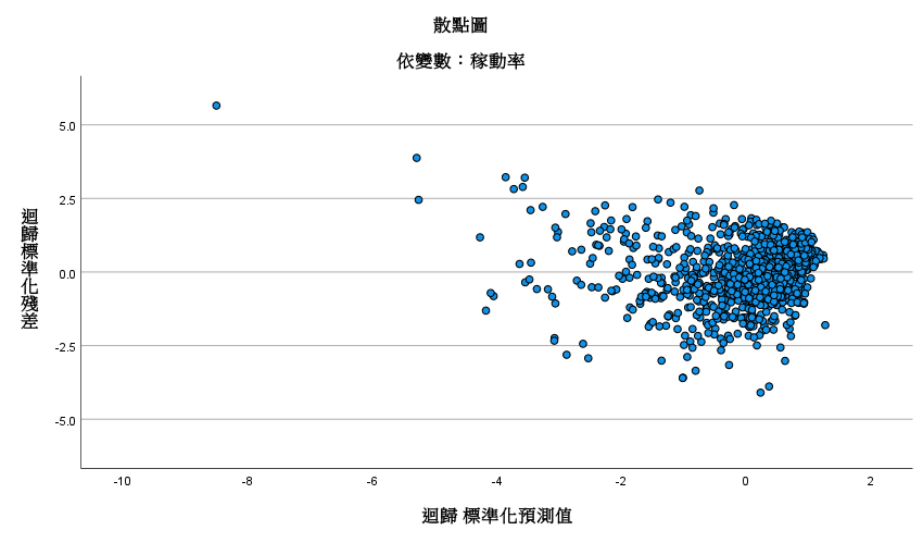
杜賓-瓦特森統計量(Durbin-Watson)可以來判斷迴歸模型的殘差是否獨立，而本研究將利用此統計量來作為獨立性指標。杜賓-瓦特森統計量判斷範圍可由下圖所示。



案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → **迴歸分析驗證** → 改善成果說明

變異數同質性

為了檢驗變異數是否有同質性，我們利用迴歸標準化之預測值與迴歸標準化之殘差關係圖來判斷。當資料點沿著迴歸標準化之殘差為0的水平線上下平均地跳動時，我們可以判斷其變異數是呈同質性的。如下圖所示。我們可以發現，雖然有少數幾筆資料點偏離迴歸標準化之殘差為0的水平線較遠，但大部分之資料點還是密集地沿著此水平線分布，因此本研究之複迴歸模型符合變異數同質性。



案例敘述 → 臥式滾齒機分析結果 → 迴歸分析驗證 → **改善成果說明**

改善成果 (訪談)				
	改善項目	改善前	改善後	成效
1	統計人力	60小時/月	5小時/月	⬇ 低減 55小時/月
2	直接人員效率(每人)	15小時/月	5小時/月	⬆ 提升300%
3	稼働率	70%	78%	⬆ 提升8%
4	統計誤差率	90% (人工)	99% (機對機)	⬆ 提升9%
5	生產達成率	80%	90%	⬆ 提升10%
6	管理項目(決策判斷)	5項	15項	⬆ 提升10項
7	資料查詢效率	2小時/次	10分/次	⬆ 提升12倍
8	單位溝通效率(資訊落差)	24小時/月	8小時/月	⬆ 提升16小時
9	物流效率	1.2小時/物件	0.6小時/物件	⬇ 低減 0.6小時/月

五、結論

經過以上之案例敘述與研究分析，從複迴歸模型分析中證明機台發生停機時，大部分停機的次數對**稼動率**是有顯著的相關。此外，利用迴歸模型分析還能利用其自變數之相關係數，來了解那些停機原因對於稼動率的影響是巨大的，哪些停機原因的影響力是輕微的。

根據結果來看，**「人力不足」**作為影響力最大的停機原因，與影響力排名第二的**「休息」**差距非常大，是符合現實中的情況。因為根據以往資料顯示，當公司發生人力不足時，每發生一次通常機台都會使機台停機數個小時不等，尤其當特殊節日時，人力不足往往因機台停機時間拉長至十幾個小時而造成稼動率大幅下降。

因此，經過本研究分析後，公司目前最需要應徵更多員工來補足人力不足的問題，以此最有效率地提高機台產出。

相較於「人力不足」與「休息」為公司較難控制與改變之因素，公司可以藉由對現場員工進行職能訓練或熟練工作內容等方式來降低因其他停機原因而造成稼動率下降。而影響力排名第三的**「機器監控」**與排名第四的**「開發件」**是很關鍵的因素，公司可以藉由加強員工在機器設定與開發件的訓練，使其未來在遇到類似的停機問題時能減少機器設定與開發件的次數，以減低對稼動率的影響。

最後，**「治具調整」**、**「刀具更換」**與**「狀況排除」**雖然也對稼動率有一定的影響，相較於**「機器設定」**與**「開發件」**，前三者對於公司整體稼動率影響而言還不是當務之急，可以等到公司員工對於這兩項問題都有效改善後，再來考慮後續的停機原因。

對於公司以往只利用稼動率與個別停機原因之總時間來判斷停機原因的影響性，本研究藉由資料擷取模組，獲得較龐大與精確的數據進行迴歸分析，提供管理者一個更加可信的評估方式，解決決策者希望**降低停機時間**來**提高公司生產**，卻不知從何著手進行的困境。

此外主管還能利用資料**即時回傳與分析**的方式，隨時了解改善的成效，以便即時地改變公司**營運的策略**。因此，對於邁向**工業4.0**的公司而言，本研究利用複迴歸模型來分析即時擷取且龐大的機台資料，提供公司決策者一個有根據且有效之改善方案，對於公司在未來增進生產效能是有絕對的**正向效益**。

研究期望

雖然研究分析的結果顯著，但此研究所分析的資料皆為公司較初期擷取的資料，因此有許多缺陷以及不合理的資料。此外，本研究為了增加資料數，將十一台同系列的機台同時進行迴歸分析。然而，即使是性能與停機原因均相似的機台，在細部可能還是有些許的不同。因此後續將可利用以下方式來探討未來可能改善與接續研究的方向。

一. 增加不同系列機台數據

二. 確立停機原因認定標準

三. 新增其他停機原因或修正稼動率公式

一. 增加不同系列機台數據

本研究主要只針對P系列機台進行迴歸分析，而公司仍有多種不同系列的機台。未來可以加入不同系列之機台進行個別分析，並探討不同機台對於稼動率影響之差別，另外還可以更加廣泛地探討這些不同性能之機台對於公司整體營運的影響。

二. 確立停機原因認定標準

目前本研究之停機原因之認定是由現場工程師來判斷，然而不同工程師對於停機原因之認定也有所不同，可能相同的狀況有些工程師認為是狀況排解，但有些卻認為是機器設定。因此建立一套統一的認定標準與系統將有助於迴歸模型精度的提升。

三. 新增其他停機原因或修正稼動率公式

本研究中只對造成機台停機的九大原因進行分析，然而實際上還有其他停機原因尚未加入模型中探討，而這些未探討的原因對於迴歸模型仍會造成分析誤差。

另一方面，如果把一些發生次數極少的停機原因加入模型分析，不只無法準確分析該停機原因所造成的影響，還有可能降低模型的準確度。因此當出現這些稀少的停機原因時，我們也可以研究新的稼動率修正公式來相對地降低稼動率，以改善這些模型中未考慮這些停機原因而造成的誤差。

謝謝聆聽