

中原大學
工業與系統工程學系

110-1 學期
工業工程總結實踐



華城電機股份有限公司

華城電機

FORTUNE

單位:總經理室

指導老師:劉天倫教授

班級:工業四乙

姓名:羅加澤

中華民國一一〇年十月一日

目錄

圖目錄.....	III
表目錄.....	V
壹、前言.....	1
貳、公司簡介.....	3
2.1 公司介紹.....	3
2.2、公司組織圖.....	7
2.3、營運概況.....	8
參、產品介紹.....	9
3.1、電力變壓器.....	9
3.2、配電變壓器.....	10
3.3、配電盤.....	12
3.4、電動車充電相關設備.....	12
肆、公司空間介紹.....	13
4.1、生產設備配置圖.....	13
伍、實習單位介紹.....	14
5.1、總經理室.....	14
陸、實習內容與進度.....	15
柒、露點溫度研究.....	17
7.1 研究動機.....	17
7.2 研究目標.....	17
7.3、研究方法與步驟.....	19
7.3.1 多項式回歸露點或霜點到蒸氣壓的轉換公式.....	19
7.3.2 線性回歸絕緣物結構的平均表面水含量對應絕緣物溫度與絕緣物環境的蒸氣壓力公式.....	21

7.1.3 比濕公式回推預測飽和蒸氣壓.....	22
7.1.4 內插法.....	23
7.2、實務驗證.....	24
7.3、結論與效益.....	25
捌、繞線機台工作研究.....	27
8.1、研究動機.....	27
8.2、改善計畫.....	27
玖、鐵損研究資料庫整理.....	29
9.1 資料庫數據整合.....	29
拾、露點溫度量測報告.....	30
10.1、目的.....	30
10.2、問題與改善.....	30
10.3、心得與建議.....	31
拾壹、中壢廠、觀音二廠與三廠三生產部設備配置圖.....	32
11.1 中壢廠量測生產空間.....	32
11.2 觀音二廠繪製與量測生產空間.....	33
11.3 觀音三廠量測生產空間.....	35
11.4 台中廠（華城重電）量測生產空間.....	35
拾貳、電機事業處批量變壓器產線優化計畫.....	36
12.1 目的.....	36
12.2 計畫內容.....	36
拾參、實習心得.....	37
拾肆、參考資料.....	38

圖目錄

圖 1 華城電機股份有限公司 LOGO	3
圖 2 公司組織架構圖.....	8
圖 3 530kV-775MVA 外銷美國發電廠用昇壓變壓器	9
圖 4 DTR(Distribution Transformer)油入式配電變壓器	10
圖 5 AMT(Amorphous core Transformer)油入式非晶質鐵心配電變壓器	11
圖 6 油入式台電配電變壓器.....	11
圖 7 低壓盤.....	12
圖 8 直流充電站建置工程 (Tesla 台南奇美博物館超級充電站)	12
圖 9 電機處生產部設備配置圖(中壢廠).....	13
圖 10 電力事業處平面圖(觀音二廠).....	14
圖 11 變壓器絕緣物含水量監測流程圖	18
圖 12 DP to VP Curve 表	19
圖 13 線性回歸露點溫度對應飽和蒸氣壓值公式.....	20
圖 14 Moisture Equilibrium Curve 表	21
圖 15 線性回歸絕緣物結構的平均表面水含量公式.....	22
圖 16 辦公室分析露點溫度工作照.....	26
圖 17 觀察繞線機台工作照.....	27
圖 18 二連式繞線機台脫線情況.....	28
圖 19 原始資料庫.....	29
圖 20 整理分類後資料庫.....	29
圖 21 儀器無法水平擺放固定於變壓器	30
圖 22 露點溫度儀器修改勘測工作照.....	31
圖 23 量測中壢廠區工作照.....	32

圖 24 更新後觀音二廠 Layout 圖	33
圖 25 協同製造課課長比對生產設備.....	34
圖 26 觀音二廠主管與實習生合影.....	35
圖 27 觀察批量變壓器生產過程工作照.....	36



華城電機
FORTUNE

表目錄

表 1 實習內容與進度.....	15
表 2 預測含水量(加固定差值)表.....	23
表 3 西元 2021 年 7 月變壓器量測數據.....	24
表 4 預測含水量誤差分析表.....	25



華城電機
FORTUNE

壹、前言

華城電機以生產變壓器起家，近年跨足太陽能、風電、儲能及電動車充電設備等四大領域，台電、外銷、工業用戶及綠電是華城營運的四大支柱，去年合併營收 84.72 億元，改寫歷史新高，營業毛利 13.54 億元、營業利益 4.74 億元，稅前淨利 5.49 億元，本期淨利 4.58 億元，EPS 為 1.75 元，也締造史上新高。

華城看好電動車大有可為，近十年布局電動車充電樁市場有成，囊括四成市占率，為擴張版圖，再度參加 14 日登場台北國際汽車零配件展，展示自有品牌 EVALUE 電動車充電服務網絡及充電設備，預計在年底前，全台總計建置 15 座電動車快充站、300 座營運 AC 充電樁。

法人預估，華城今年民國 110 年合併營收有機會年成長 15%~20%，挑戰百億元以上，獲利將優於去年，雙雙改寫史上新高。

產能與業務

公司為國內重電產業大廠，產品線廣，產品大致屬建廠投資的設備資本財項目，舉凡有新建工廠、擴充產能或工廠設備汰舊換新時都可用到，因此是屬於產業上游的基礎設備。而所需使用的材料包括矽鋼片、銅線、銅片、絕緣油是屬於上游材料，而其它控制及保護器材則屬中、下游的零件；在電力系統中，除了發電機和電纜沒有生產外，其餘電力相關產品皆有客製化的製造服務。

2019 年產品營收比重為變壓器佔 58.45%，配電工程承包佔 14.09%，配電盤佔 15.26%，配電器材佔 0.84%，售電收入佔 0.17%，其他佔 11.19%。

2020 年，華城首座自營充電站「EValue 充電旗艦站」7 月 1 日正式營運，為全台首座專業電動車充電停車場；公司預計於同年年底於完成全台建置 5 座電動車快充站及拓點 150 座電動車充電站，盼能於 2025 年實現電動車環島不缺電。

公司的充電站目前合作的車廠有：

Mercedes Benz：提供電動車款 EQC 充電服務

Audi：提供電動車款 e-tron 在外充電服務

獎項與榮耀

華城電機於 1987 年即成立 IT 部門，開始執行企業內之電子化，陸續採用 M I S 系統，群組管理系統、K M、WorkFlow 等內部應用系統，供應商採購相關的體系間電子化系統及 P L M 設計鏈協同設計平台、變壓器最佳化設計系統、智慧工廠...等，使公司的管理和製造邁向自動化、無紙化的領域。

從產品設計、原料採購、成品製造、銷售、公司財務會計、售前售後服務乃至供應商鏈的管理，都已電腦網路連線運作，簡化人力，提供顧客迅速確實的服務。

企業 e 化是一條永無止境的路程『將最新技術與管理結合，一直是華城致力於全球化經營的思考重點。』我們將繼續秉持此一宗旨，積極整合企業內部電腦系統及自動化之資訊流程，以期降低營運成本，加快營運速度，提供顧客迅速確實的服務，進而達到提升獲利能力的目標。

為提供顧客最好的服務，華城不斷的致力於產品的品質改善與創新發展，並於 1994 年成為國內第一家通過 ISO9001 及 ISO9002 認證合格之綜合性電機廠，而於 1999 年我們也成為國內第一家通過 ISO14001 認證合格之綜合性電機廠，2004 年中壠廠、觀二廠、觀三廠通過標檢局 OHSAS18001 認證，2011 年中壠廠、觀二廠、觀三廠通過 TAF 財團法人全國認證基金會 ISO/IEC 17025 測試實驗室能力，2012 年成為重電產業第一家通過產品碳足跡查證的公司，2014 年取得 ISO50001 能源管理系統驗證，2019 年取得 ISO45001 的職安衛管理系統驗證，對於我們追求產品品質、測試能力及環境保護之努力可見一般，遠遠超過同業之用心與付出。

貳、公司簡介

2.1 公司介紹



華城電機股份有限公司
FORTUNE ELECTRIC CO., LTD.

圖 1 華城電機股份有限公司 LOGO

華城電機自 1969 年成立以來，秉持品質、參與、福祉、永續的一貫經營理念，為績優之股票上市公司。目前在國內北、高兩地及北美皆設有營業據點外，更有四座工廠分別坐落於桃園縣中壢及觀音工業區、中國大陸武漢。除設備生產外，華城電機也負責機電統包工程，建置完成多所發電廠、變電站、大樓機電工程。華城電機產品線最為齊全，各產品之品質及服務皆深獲國內外顧客一致肯定。

在綠能發展上，華城電機持續推動產品與營運的創新，成為綠能領域的標竿企業，包括：開發多項節能型輸配電設備；發展再生能源，已建置多所 MW 級太陽能電廠，公司持續建太陽能電廠，累積建置容量超過 6MW，並持續增加；智慧電網建置；拓展電動交通工具充電領域。

無論是硬體提供、軟體服務；從單一充電產品到整站建置，華城電機完善的服務都可讓客戶放心、安心。所有充電產品皆可進行客製化的規格設計，可配合不同電池尺寸及充電規格。

華城電機結合累積多年電力系統的能力及統包工程經驗，可有效避免電力供應不穩及電網並聯異常問題，降低顧客建置充電設備之風險，提供顧客最好的保障。

前景與展望

華城電機自 1969 年創立以來以「勤奮、誠懇、務實、追求卓越」的華城精神，正派經營，上下一心，兢兢業業，在重電機事業上，戮力以赴，以博得顧客的信賴與肯定，業績逐年穩定成長。今後我們將以「售前、售後服務」及「緊急復電服務」兩大系統為服務特色。持續開發、創新新產品及新技術，將傳統民族工業之重電業提升為高科技產業，積極落實產品外銷及境外投資之國際化經營策略，逐步達成國內第一大重電廠、國際知名電機廠之願景。

核心價值與使命

以品質為中心的經營：「產品」、「服務」的品質及「人」的品質是公司的生命。

鼓勵創新、追求卓越：點子健康自己、創意成就華城，永遠不以現狀為滿足。

善盡企業的社會責任：由小我而大我，環境調和及把工作做好就是直接對社會行善，對社會電力事業做最大的貢獻。

以科技、管理創利造福：以技術為員工、顧客、協力廠商及股東創利造福，更貢獻全人類福祉。

華城電機的經營目標

經營理念：品質、參與、福祉、永續

品質的經營：品質為中心的經營，由作業的品質中做好產品及服務的品質。

參與的經營：全員參與，員工即股東；內部創業，工作和諧；環境調和，社會公益。

福祉的經營：創利造福員工、顧客、股東及協力廠；營造福利的華城，製造品質好，價格合理的產品貢獻社會。

永續的經營：不斷研發新產品開拓新市場，共同為華城人的理想而努力，一切運作為今天更為明天。

品質政策：關心顧客、堅持 6 σ

- 顧客為尊 — 以顧客滿意為導向
- 人人參與 — 不分階層全員參與
- 過程導向 — P D C A 效率提升
- 持續改進 — 以 6 σ 為目標經營
- 創利造福 — 中衛共榮福祉永續

環境政策

承諾減少並預防污染源排放

持續推行廢棄物減量

建立全員環保觀念、節約資源

承諾遵循環保法規及持續改善

職安衛政策：合法、預防、持續、共護

合法(符合法令)：遵守環保、勞工安全衛生、消防等相關法規要求及上級命令，並定期實施檢測，確保廠區周遭安全衛生符合法令標準。

預防(危害預防)：依年度工傷報告，本廠之起重機操作、高處作業及上下班交通意外事故之風險列為本廠管理重點。從危害預防、製程改善著手，研發階段嚴謹選用材料，並積極尋找代用料，執行自動檢查，提昇工作效率，降低各項產品、活動及服務中可能產生之安全衛生衝擊。

持續(持續改善)：運用 PDCA 循環、提案改善制度，持續實施稽核活動與管理審查，以符合安全衛生政策、目標及管理方案之要求，提升安全衛生自主管理能力。

共護(自護人護)：積極參與安衛活動，灌輸員工安衛認知與教育訓練，建立內部共識，並維持良好的溝通管道，使利害相關者均能共同為改善安全衛生而努力。

風險管理政策

創造公司價值：以極大化顧客及投資人利益為目標並符合公司營運方針，預防可能之風險；並在風險與報酬間達到平衡的前提下，創利造福。

追求企業永續：建立及推行風險管理制度，有效辨識、分析、評估及處理公司各項業務所涉及之風險，並監督及檢討其運作成效；使風險落於相關利害關係人可接受之風險胃納內，以達成公司永續經營之使命。

全員風險管理：由上而下的，透過公司承諾及建立風管機制，強化員工風險意識；下而上的，透過教育訓練，培養員工風管能力，進而形塑公司風險管理文化，並讓風險管理實際落實在公司制度以及每位員工日常工作與生活之中。

資訊安全政策

落實資訊安全，強化服務品質

加強風險管理，確保持續營運

短程目標：

◎研發高附加價值及環保節能產品

提升產品經濟性及可靠度，創造附加價值。

◎強化統包工程能力

藉由統包工程承製，提高全套式供應能力。

◎降低成本，提昇競爭力

藉由設計標準化、合理化、製程 JIT 及 TPM 系統管理，降低採購及製造成本。

中程目標：

◎提高經營管理效率

依效率導向整合資訊與管理系統，提高企業經營效率。

◎跨入電機領域

以重電本業基礎，跨足電機相關領域。

◎全球產銷最適化

依銷售計劃擬定全球生產據點產能最適化並據以執行。

長程目標：

◎全球策略代工(ODM)

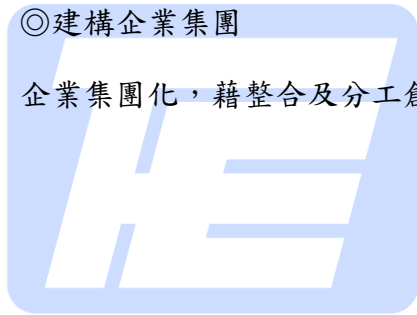
結合技合母廠資源，進行產品代工。

◎多角化經營

以電機業產業為基礎，跨足相關產業，以分散企業經營風險。

◎建構企業集團

企業集團化，藉整合及分工創造集團最佳競爭力。



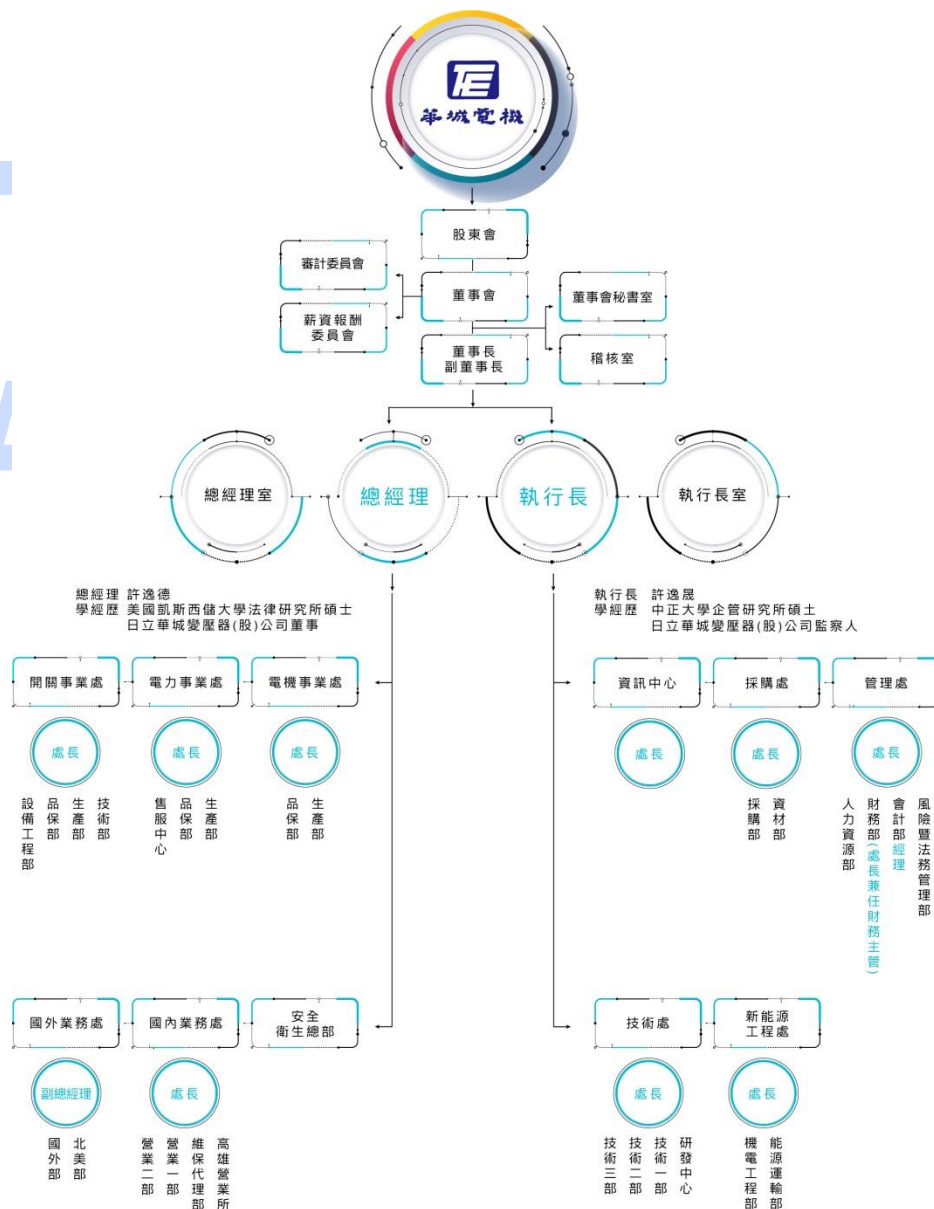
華城電機
FORTUNE

2.2、公司組織圖

組織結構

公司設置董事九人組織董事會，由股東會就有行為能力之人選任之，任期三年，連選得連任，董事成員中，設置獨立董事人數三人。獨立董事之選任採候選人提名制度，由股東會就獨立董事候選人名單中選任之，並依公司法第一九二條之一規定辦理。

董事會主要職責在於健全監督功能及強化管理機能，運作方式依本公司「董事會議事規則」辦理，以確保公司發展及保障股東權益，董事會設置功能性委員會包括「薪資報酬委員會」及「審計委員會」，以健全董事會職能。



2.3、營運概況

華城電機 2021 年第一季營收 15.96 億元，年減 4.81%，為同期次高，主要係去(2020)年同期有工程款挹注。展望後市，法人表示，近年公司布局綠能、電動車有成，且效益持續顯現，預期第二季營收可望較第一季成長，全年拚維持雙位數成長動能。

華城電機生產基地位於台灣中壢廠、觀音二廠、觀音三廠、大陸武漢廠，電力相關產品佔營收比重約 7~8 成，工程及其他則約兩成多。進一步從產品別來看，則以變壓器(包含配電變壓器、電力變壓器等)貢獻最多，約佔營收比重約 5 成，其次則是配電盤約佔 1 成多，配電器材及其他、售電收入則佔個位數。

華城電機 2021 年 3 月營收 7.09 億元，年增 37.31%，創同期新高，第一季營收來到 15.96 億元，年減 4.81%，為同期次高。法人表示，重電業者與客戶多為長約，認列款項時間時有差異，由於去年第一季有較大工程款挹注，導致今年第一季營收小幅下滑，預期第二季起可望逐季成長。

展望後市，華城電機近年持續擴大在綠能及電動車領域的布局，其中綠能方面，華城電機去年 3 月份接獲海能(FORMOSA 2)離岸風力發電風場(376MW)的 161kV 變電站及陸域電力系統，合約金額約 20~30 億元，預計全案在今年完工運轉。此外，華城亦取得台電第一期(109MW)離岸風電工程 21 部日立風機塔內變壓器、電力模組等設備訂單，目前產製中。

電動車部分，目前華城電機在國內電動車充電樁市場市占率高達 4 成，至今全台已建置 6 站 DC 直流充電站、AC 交流充電樁營運樁數突破 100 樁，所提供的連線充電樁總功率達 2,025kW。公司則預計，今年年底前全台總計建置 15 座快充站與 300 座營運 AC 樁，服務據點將遍及全台各地飯店旅館、購物商場、科學園區、商辦大樓、娛樂場所以及高速公路沿線。

華城主力產品具有競爭力，預期今年本業收入將維持穩定成長，加上綠能、電動車業務布局效益持續顯現，今年營收有機會拚雙位數成長，挑戰百億元大關。獲利部份，今年毛利率估維持往年正常水位，估落在 16~18%左右，獲利力拼優於去年。

參、產品介紹

3.1、電力變壓器

觀音二廠自 1994 年新建完成，生產特大容量電力變壓器，期間二廠致力於各型電力壓器產品，技術研發與日本日立公司、日本明電舍（株）. 等技術合作。

設有大型直立式繞線機，可繞製超大容量高壓變壓器線圈及提高線圈耐短路能力，並通過世界知名試驗認證公司 KEMA 的短路試驗認證。承製能力最高電壓 400kV，最大容量 三相 775 MVA，單相 400 x 3 MVA，最大產能 18,000MVA/ 年。

台中廠自 2019 年由華城電機取得 100% 股權及經營權，成為台灣第一個具生產 500kV 等級技術實力之變壓器大廠



圖 3 530kV-775MVA 外銷美國發電廠用昇壓變壓器

3.2、配電變壓器

中壢總公司致力於各型配電變壓器與配電盤等產品技術研發，與美國 McGrawEdison 公司，日本明電舍（株）、日本高岳製作所、戶上電機、日本日立公司與美國 G&W 公司等技術合作。

華城電機亦是國內第一家具有非晶質鐵心變壓器設計、製造能力的變壓器廠，使用低磁滯損失高導磁率之非晶質鐵心，鐵損最低，達到效率最高，符合世界節能需求。

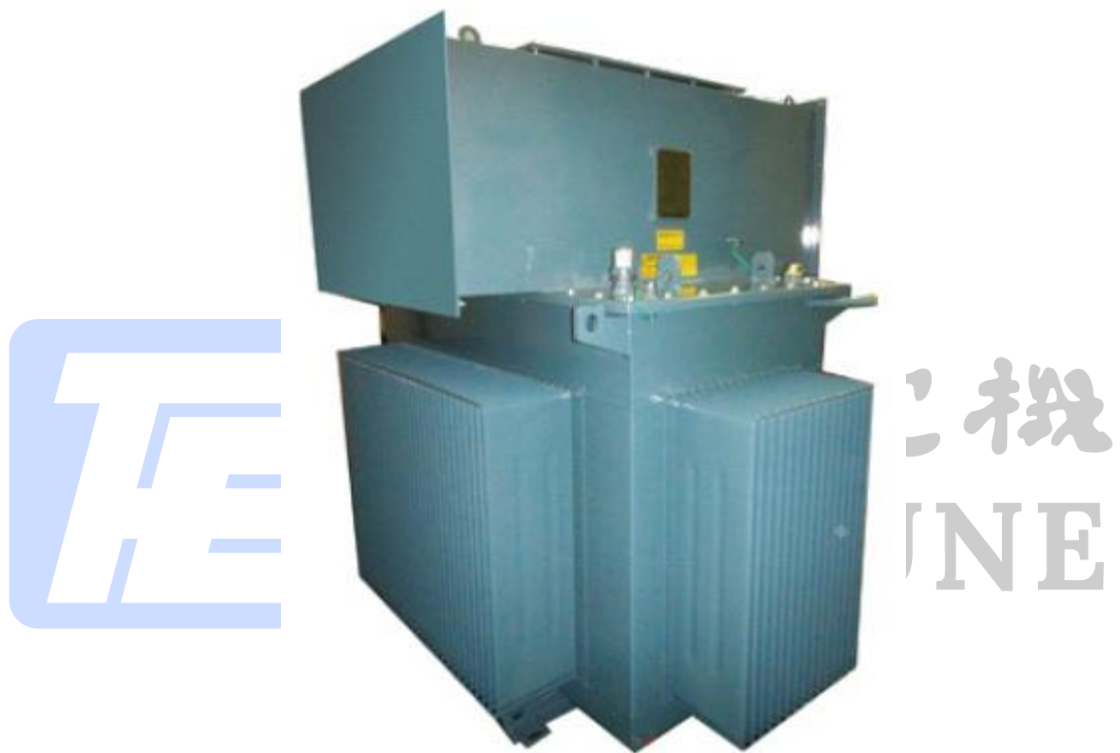


圖 4 DTR(Distribution Transformer)油入式配電變壓器



圖 5 AMT(Amorphous core Transformer)油入式非晶質鐵心配電變壓器

油入式台電配電變壓器，使用雷射矽鋼片，大幅降低鐵損；低壓採用銅片設計，降低短路機械力，高效率、低損失、低噪音，符合節能減碳之環保產品。內含過載熔絲及限流熔絲提供完善保護協調，以確保供電系統之安全運轉，外殼備有接線箱以防止外物碰及帶電部份，提供優良之安全防護。



圖 6 油入式台電配電變壓器

3.3、配電盤

華城電機生產各式配電盤已有數十年的經驗，產品通過 IEC、IEEE、CNS 等標準的型式試驗，廣泛使用在全國各工廠、商業大樓、變電所及發電廠。



圖 7 低壓盤

3.4、電動車充電相關設備

華城電機持續推動產品與營運的創新，成為綠能領域的標竿企業，包括：開發多項節能型輸配電設備；發展再生能源，已建置多所 MW 級太陽能電廠，公司持續建太陽能電廠，累積建置容量超過 6MW，並持續增加；智慧電網建置；拓展電動交通工具充電領域。無論是硬體提供、軟體服務；從單一充電產品到整站建置，華城電機完善的服務都可讓客戶放心、安心。所有充電產品皆可進行客製化的規格設計，可配合不同電池尺寸及充電規格，結合累積多年電力系統的能力及統包工程經驗，可有效避免電力供應不穩及電網並聯異常問題，降低顧客建置充電設備之風險。



圖 8 直流充電站建置工程 (Tesla 台南奇美博物館超級充電站)

肆、公司空間介紹

4.1、生產設備配置圖

華城電機在國內總共有四個廠區(中壢為一廠，觀音為二、三廠)，台中為第四廠，而在中國大陸設有武漢廠。實習期間主要在中壢廠進行現場作業觀察，中壢廠主要批量生產配電變壓器，而觀音廠二廠與台中廠主要負責生產特大容量電力變壓器，觀音三廠主要生產開關、配電盤相關產品，武漢廠負責生產大陸地區電力大型變壓器產品。

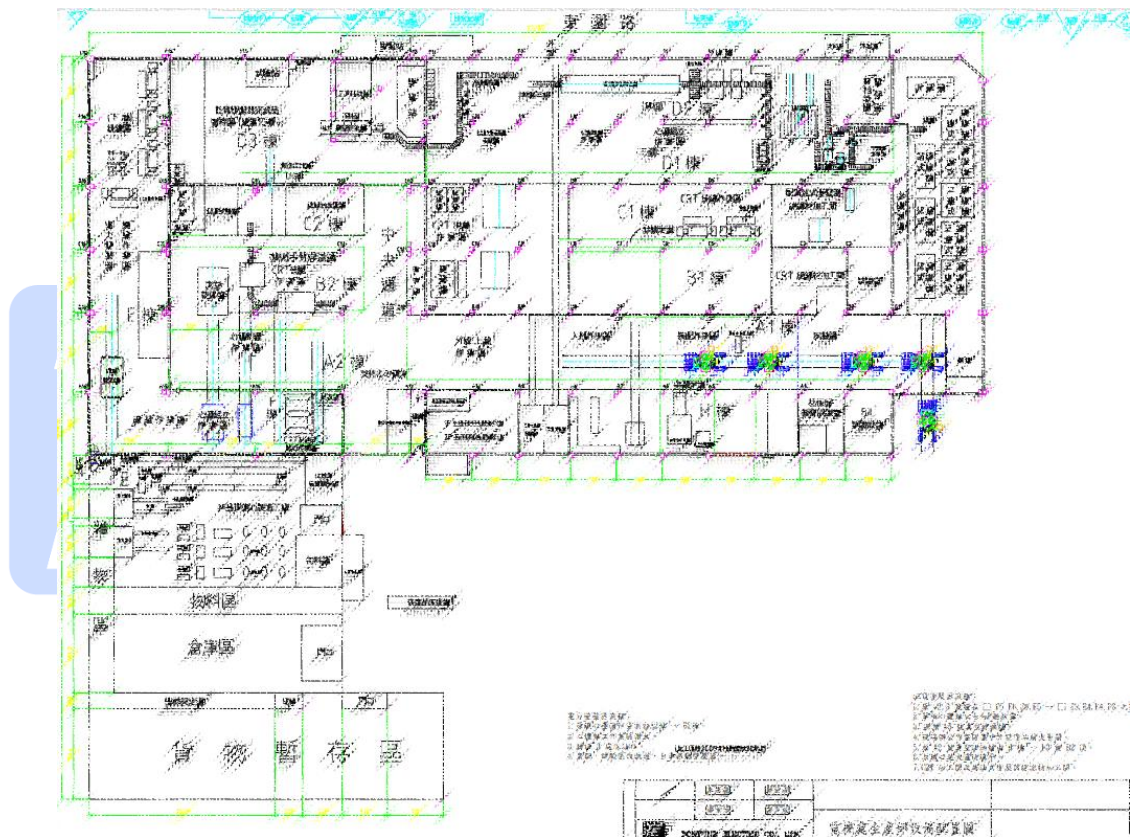


圖 9 電機處生產部設備配置圖(中壢廠)

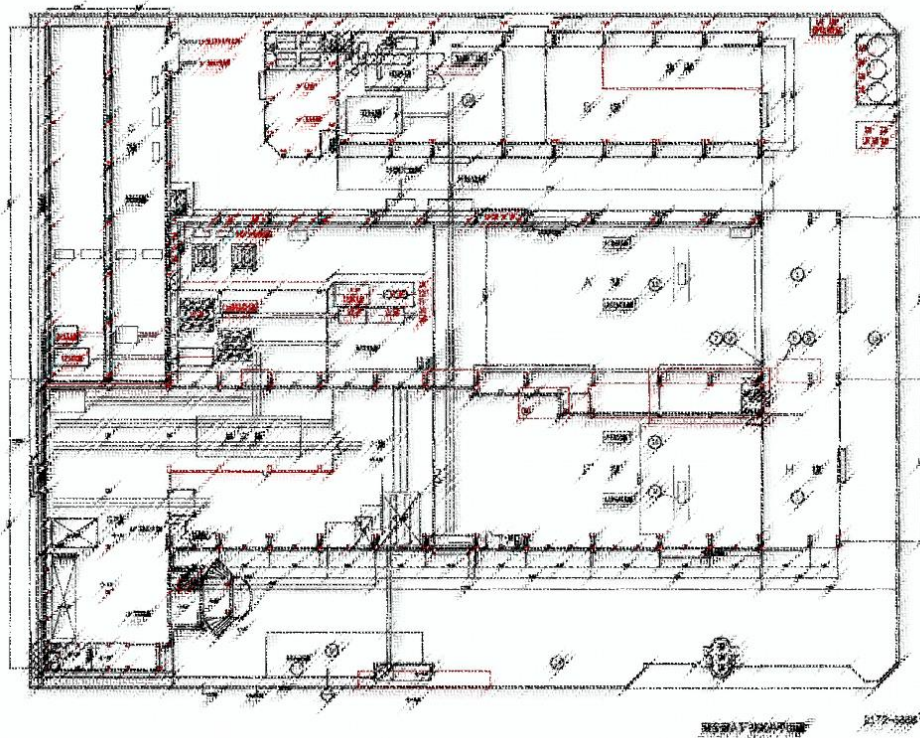


圖 10 電力事業處平面圖(觀音二廠)

伍、實習單位介紹

5.1、總經理室

我在實習期間所待的單位為總經理轄下的總經理室，主要負責提高工廠的生產技術，處理跨部門間問題，主管是「目標任務導向」，首先要充分瞭解專案問題所在，找出問題，針對問題進行改善，切入要點，針對問題進行對症下藥，如果研究過程中，發現需進行跨部門，協調開會，主管就會進行協調溝通。

陸、實習內容與進度

實習期間總共為兩個月的時間，主要規劃安排進行中壢廠電力變壓器品保不通過，露點溫度研究計畫、批量變壓器生產線平衡計畫、新購入二連式繞線機效率提升之工作研究並與另外兩位同事合作繪製中壢廠、觀音二廠與三廠設備配置圖。

表 1 實習內容與進度

第一週	1.生產管制簡報:製作精實生產管理相關內容簡報，針對觀念整理並繪製圖表。 2. 露點溫度研究:將製程上溫度、壓力、露點會影響相對濕度的因子，進行分析與推導公式，並針對公式與實際值進行誤差分析。 3.產線觀察:瞭解現場機台功能與運作
第二週	1.研讀變壓器設計原理:瞭解變壓器製造相關原理與作業標準書，進而針對未來鐵損、銅損進行設計與實測分析。 2.鐵損研究:將影響鐵損值的相關變因進行整理分析，將其做影響因子的權重分析 3.智慧工廠數據整理:將由產線收集的數據進行分類分群，並加以整理相關關係。
第三週	1.露點溫度研究:將研究推導方程式，進行實務驗證，觀察與分析製三課與品保所量測含水量差異。以 110 年 7 月份 3 部變壓器製三課與品保量測數據，進行驗證，發現含水量差異過甚，後續先針對儀器進行量測與精準度檢驗，再探討露點溫度在不同壓力、儀器、環境情況下，需進行那些轉換。 2.鐵損研究:前往觀音二廠與生產、技術部門，討論影響鐵損的因子與廠商提供物料的相關參數。將影響鐵損公式進行推導與線性回歸，並寫入程式進行檢驗。

第四週	1.露點溫度量測:勘測製三課抽真空製程與品保驗收露點溫度量測，記錄各別操作標準作業流程，與校正儀器誤差。發現製三課露點量測儀器設計有問題，無法使露點被精準量測，回報製三課課長，進行儀器管線設計修正。 2.繞線機台工作研究；因生管課反應新購入二連式繞線機效率不高，故進行現場勘查與工作研究。經現場作業員回報，會時常脫線導致停止生產，現場勘查，判斷為壓力幫浦分壓後，煞車無法將銅線煞停，才會導致銅線脫線現象，後續將針對煞車問題，進行研究改善。 3.電機事業處(中壢廠)生產部設備配置圖繪製；將電機處工廠內部空間進行檢查，整理設備異動情況，重新量測與繪製配置圖。
第五週	1.電機事業處生產部設備配置圖修正:配合同事一同量測，修正部分因生產無法量測空間，進行補測。 2.露點溫度研究:利用比濕與理想氣體相關方程式，進行整理回推預測變壓器含水量，並進行誤差分析，與現場製三課驗證本研究，完成實務驗證。
第六週	1.電機事業處批量變壓器產線優化:利用工業工程相關手法，如工作研究、生產管制與設施規劃，進行初步生產線平衡與時間研究規劃。 2.電力事業處(觀音二廠)空間配置圖繪製:進行二廠平面圖比對與量測，檢查設施異動情況，並加以更正。
第七週	1.電機事業處(中壢廠)批量變壓器產線優化計畫:進行工作研究與生產管制中作業分析與時間研究，計算生產線週期，找出瓶頸站。 2.開關事業處(觀音三廠)空間配置圖繪製:進行三廠平面圖重新繪製，因多年未更新，設施異動明顯，並重新繪製加以更正。
第八週	1.電機事業處(中壢廠)批量變壓器產線優化計畫::進行初步生產管制與設施規劃，整理資料庫數據工時，並與生管課合作產線優化。 2.準備桃園市政府 110 年青年職場實習計畫成果分享競賽決賽

柒、露點溫度研究

7.1 研究動機

目前我司製三課抽真空製程中，僅能依據抽真空的時間與真空度，做為製程上標準依據，無法精確得知變壓器心體中絕緣物含水量的程度，無法有效控制製程良率，導致時常出現不良率的問題，增加許多重工或過度製造上的成本。

現行品保單位檢測僅能採用手動輸入計算，效率不佳無法達到即時監測，若要實現在線監測，必須先回歸絕緣物溫度、真空度、露點溫度和含水量相關方程式，才能建立在線的運算程式。

製三課抽真空製程時為負壓，然澳洲顧客分享表單僅能計算正壓，無法於該表單推算出負壓情況下，露點溫度對應含水量，若要能在線監測，必須將負壓情況下，相關方程式回推建立，方能實行此在線管控系統。故希望可以藉本次研究分析，將影響含水量相關因子有效管控，提前於製程上做好管控，減少重工發生、提高品質良率。

7.2 研究目標

本研究目標將表單運算程式，反推回歸得到相關公式，便可針對各因子進行影響分析，亦可在製三課抽真空製程時，得知負壓情況下，露點溫度對應含水量，藉此將製三課與品保測試含水量值取得一致結果，提前於前製程判斷是否品質不良即時補救加強或過度製造等問題如圖二，希望於抽真空製程在線監測，方可減少品保檢驗不通過，而花費過多重工成本。

最後於產線各項製程上安裝偵測器，便能建立在線監測系統，即時反饋各項製程數據，製程當下可以與程式達到資訊串流，將數據可視化，即時反饋含水量等數據監測，以「即時串流分析」、「統計建模查詢」等技術，協助我司實現產線效能即時監控，有效提升變壓器良率。

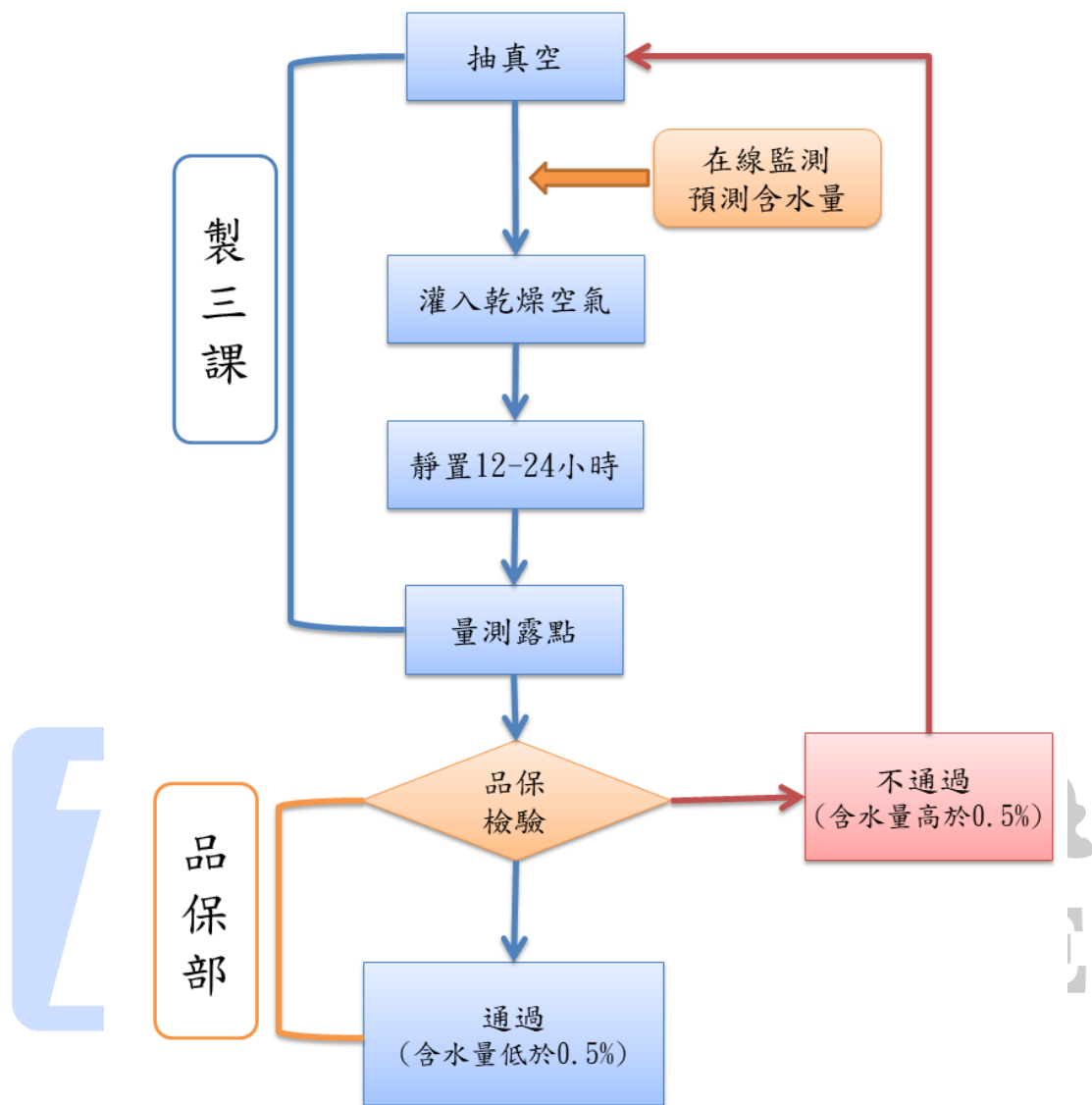


圖 11 變壓器絕緣物含水量監測流程圖

7.3、研究方法與步驟

7.3.1 多項式回歸露點或霜點到蒸氣壓的轉換公式

本次研究先使用查表法，先將如圖十二澳洲顧客分享之加密表單中「DP to VP Curve」表，將表上的各點位對應蒸氣壓與露點溫度進行整理如表一。再者將露點溫度對應蒸氣壓取 LOG10，進行多項式回歸，可如圖十三推導出公式「 $y = -Ax^2 + Bx + C$ 」。

使用露點溫度待入反推公式便可得知露點所對應蒸氣壓值，經過誤差比對，與原先澳洲顧客查表值，誤差百分比介於「0.27%~0.05%」，為可接受誤差。

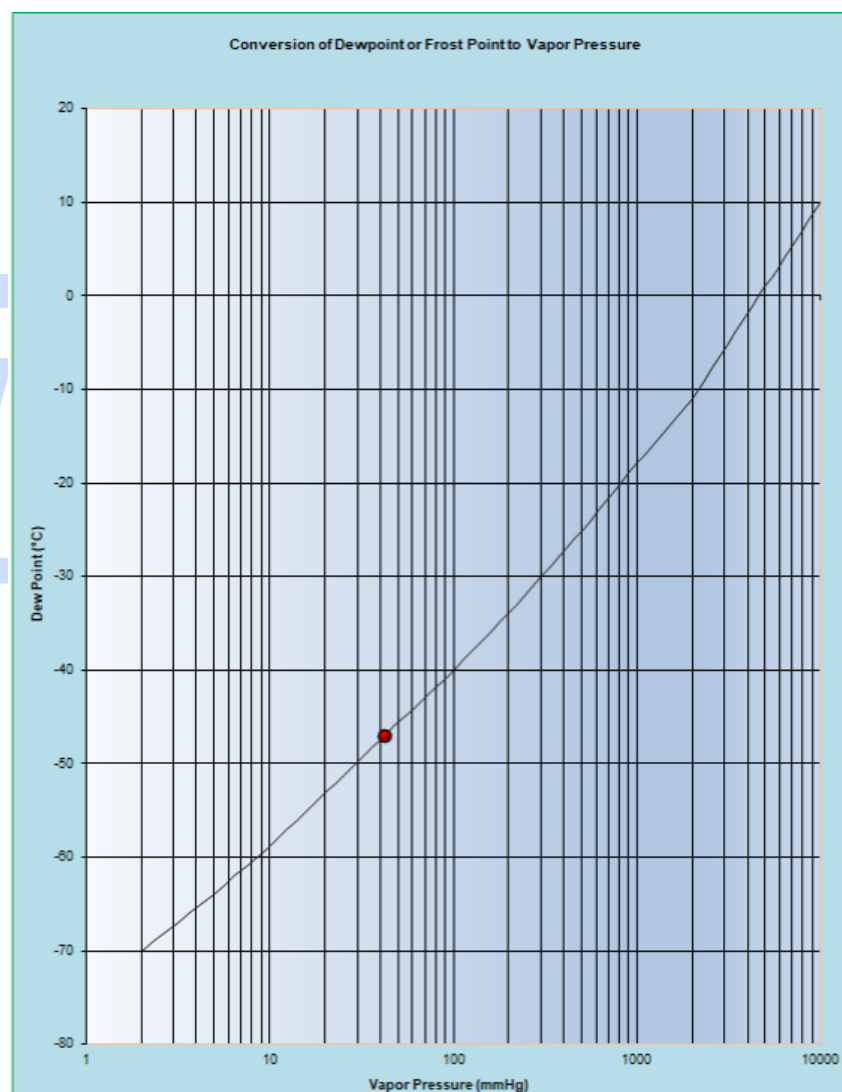


圖 12 DP to VP Curve 表

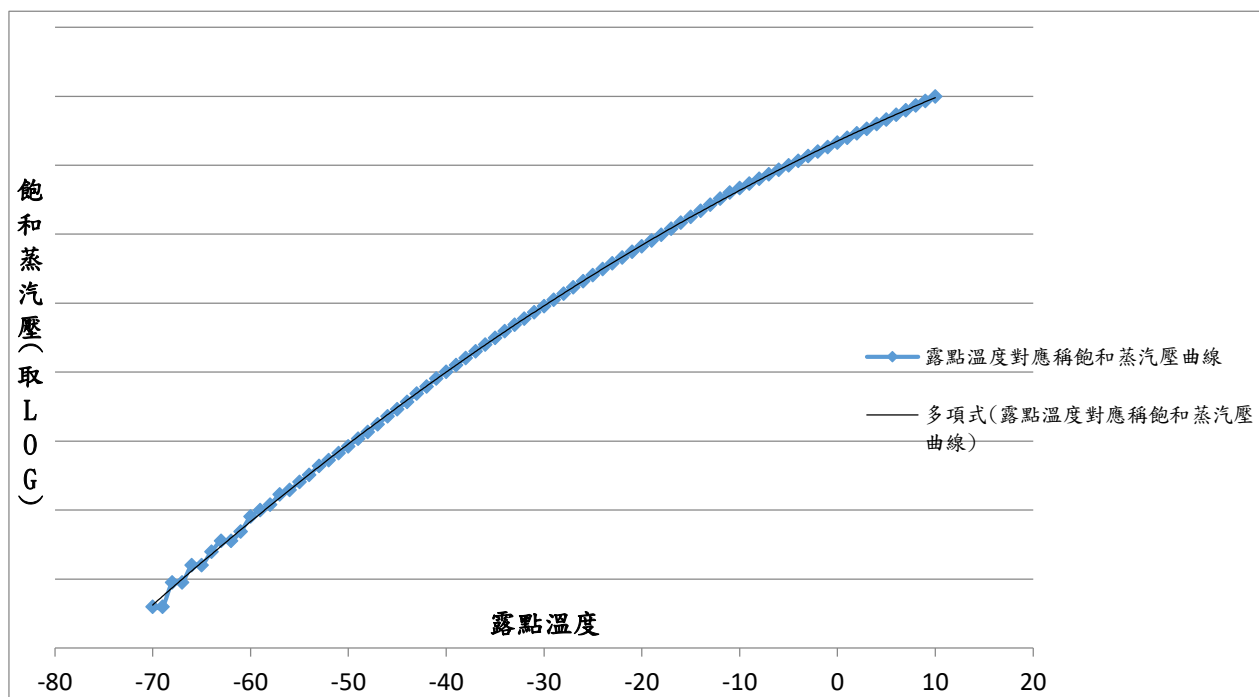


圖 13 線性回歸露點溫度對應飽和蒸氣壓值公式

7.3.2 線性回歸絕緣物結構的平均表面含水量對應絕緣物溫度與絕緣物環境的蒸氣壓力公式

本公式使用查表法，將圖十四澳洲顧客分享之加密表單中「Moisture Equilibrium Curve」表，表上的點位所屬表面含水量對應絕緣物環境的蒸氣壓力與絕緣物溫度進行整理如表二。再者將絕緣物溫度對應蒸氣壓取 LOG10，並且與對應含水量曲線進行整理，分別進行線性回歸，可分別推導出如下 16 條公式如圖十五。

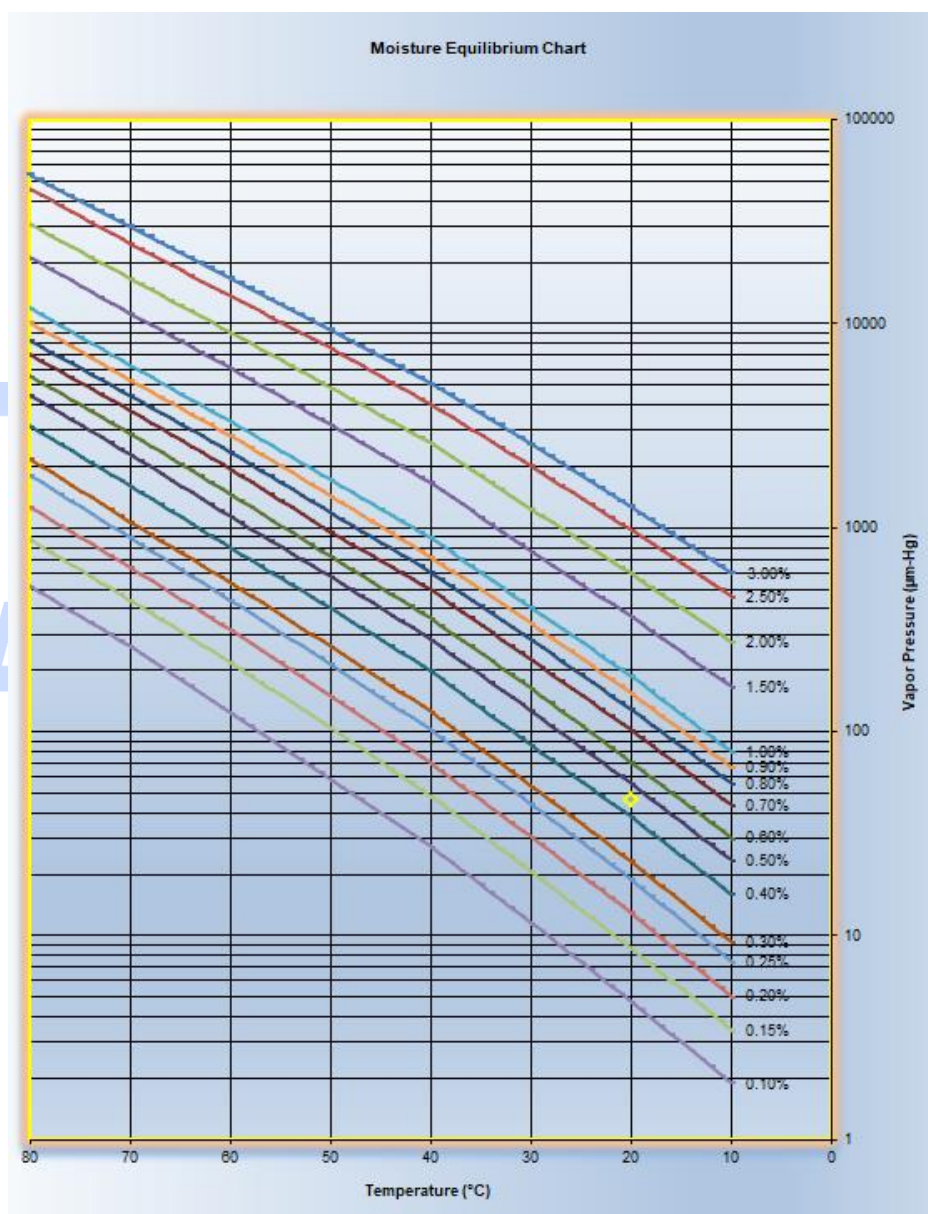


圖 14 Moisture Equilibrium Curve 表

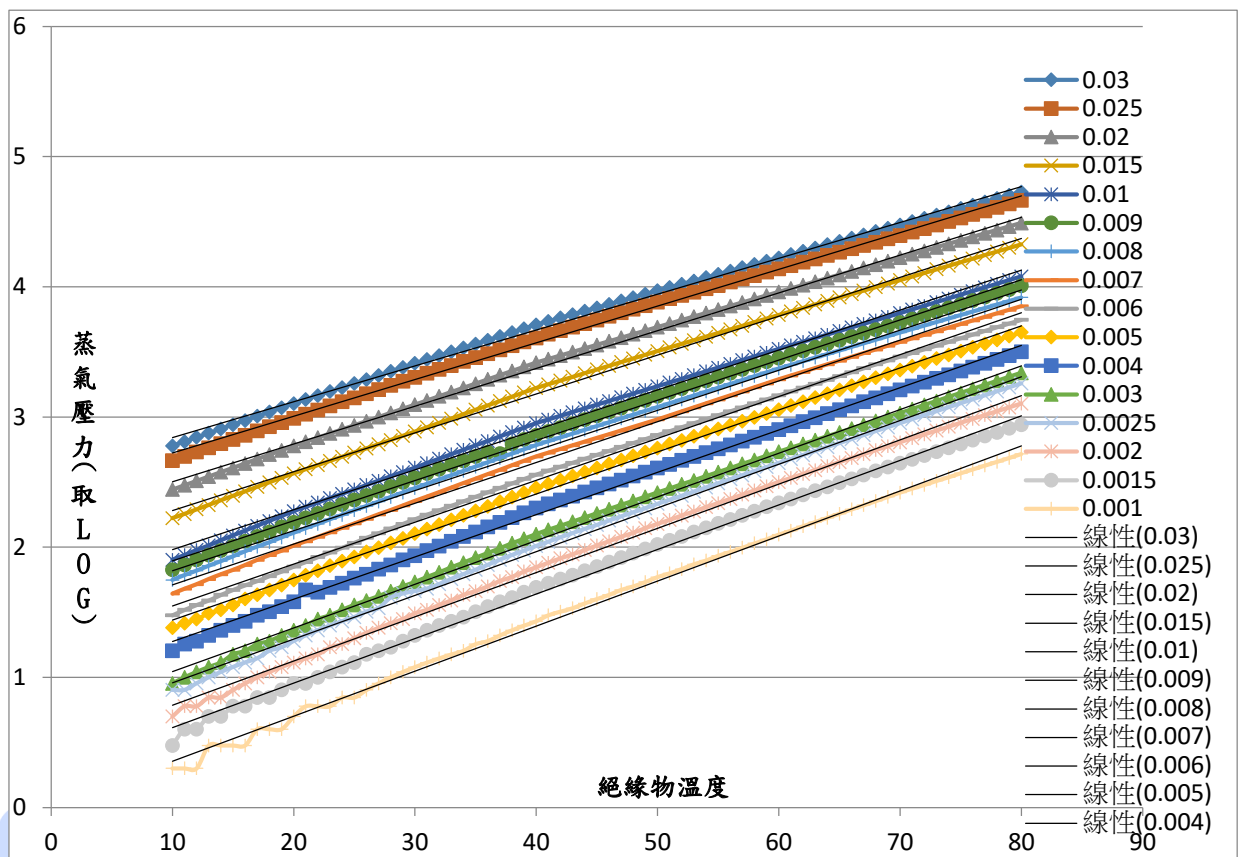


圖 15 線性回歸絕緣物結構的平均表面水含量公式

使用絕緣物溫度代入反推各含水量所屬公式，便可得知所對應絕緣物環境的蒸氣壓力，經過誤差比對，與原先澳洲顧客分享之加密表單中查表值，相對誤差百分比介於「0.404%~0.204%」，為可接受誤差。

7.1.3 比濕公式回推預測飽和蒸氣壓

本公式使用比濕公式進行換算回推，因比濕比溼是汽化在空氣中的水的質量與溼空氣的質量之間的比，且可經由換算得知飽和蒸氣壓，故本研究採用比濕進行運算。先將製三課可採集數據「露點溫度與絕對桶身壓力」代入比濕，而乾燥空氣以氣瓶品質標準，露點溫度-70°C 與製三課灌入 5 psi 乾燥空氣為基礎，分別代入比濕公式，最終利用理想氣體狀態方程式進行移項，便可得到預測飽和蒸氣壓。

加入乾燥空氣後，混合比濕，其中加上 0.0666 為平均比濕修正差值；平均比濕修正差值為，因若僅以比濕公式換算，預測混合比濕與品保實測比濕有所差距，然預測含水量與品保實測含水量，亦有所差距。故假設此差值為因在沒有凝結或蒸發的現象發生的話，一個封閉的空氣在不同的高度下的比溼是相同的，但本製程會灌入乾燥空氣，導致環境並不封閉，然加入修正差值進行混合比濕修正。先以 0.005 為間距，設為固定差值，在混合比濕公式內進行推算，將接近品保值之固定插值如表 3，進行取平均為 0.0666，作為修正差值。

表 2 預測含水量(加固定差值)表

預測含水量(未加固定差值)						
編號	製程	品保	預測含水量	預測混合 比濕	品保實測 比濕	差值
20248	0.05	0.47	0.08	0.0053	0.0765	0.0712
20238	0.05	0.50	0.08	0.0056	0.0810	0.0754
20245	0.05	0.50	0.07	0.0060	0.0929	0.0869
21233	0.04	0.51	0.06	0.0052	0.1112	0.106
21234	0.04	0.52	0.07	0.0052	0.14	0.1348
預測含水量(加固定差值)						
黃底為接近品保值						
編號	比濕 +0.05	比濕 +0.055	比濕 +0.06	比濕 +0.065	比濕 +0.07	比濕 +0.075
20248	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.53
20238	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50
20245	0.37	0.39	0.41	0.42	0.44	0.46
21233	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53
21234	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59

7.1.4 內插法

最終將預測飽和蒸氣壓在各含水量對應絕緣物環境的蒸氣壓力之公式進行內插法，便可得知該變壓器在抽真空製程中，以變壓器之露點溫度與絕緣物溫度，可以預測得知變壓器心體中絕緣物含水量的程度，進而控制製程良率。

7.2、實務驗證

本次實務驗證將 2021 年 7 月所生產四台變壓器，進行公式驗證。在此次實務驗證中，我們依照 IEEE C57.93-2019 版標準書，發現在如果露點儀表的總壓力有別於桶身壓力，則必須通過將測量值乘以絕對桶身壓力與露點儀表的絕對壓力之比值來校正測量的蒸氣壓力。而我司製程單位量測時，為絕對壓力，不須經由換算，即可量測出含水量，以這五台變壓器。變壓器採集數據，進行實際測試比對，測試結果，最終與品保測試之含水量相對誤差百分比介於「0.058%~0.16%」，為可接受誤差，可以有效在製程上管控。

表 3 西元 2021 年 7 月變壓器量測數據

變壓器 編號	測試單位	露點溫度°C	絕對桶身壓力 (psi)	桶內溫度°C
20248	製三課	-63.6 °C	0.0032	30°C
20248	品保	-40.8°C	17.5	30°C
20238	製三課	-62.9°C	0.0025	31°C
20238	品保	-40.3°C	19.7	31°C
20245	製三課	-62.1°C	0.0027	33°C
20245.	品保	-39.1°C	19.7	33°C
21233	製三課	-64.0°C	0.0018	33°C
21233	品保	-37.5°C	19.7	35°C
21234	製三課	-63.8 °C	0.0012	31°C
21234	品保	-35.4°C	16.2	35°C

表 4 預測含水量誤差分析表

變壓器 編號	品保量測 含水量(%)	預測含水量(%)	相對誤差%
20248	0.47	0.48	0.021
20238	0.50	0.46	-0.080
20245	0.50	0.42	-0.160
21233	0.51	0.50	-0.0196
21234	0.52	0.55	0.058

7.3、結論與效益

本研究經由統計多項式回歸、線性回歸與比濕公式回推等手法，並經由方程式整理，可成功將製三課收集「露點溫度、變壓器桶身壓力和變壓器桶身溫度」，此三項數據分析預測含水量。然本研究經由實務驗證，本方程式為可接受誤差範圍，可有效預測含水量。

進而可將本研究之程式撰寫成在線系統，提前於抽真空製程管控，避免品保檢驗不通過，而耗費再製造之成本，可有效減省諸多人力與耗材相關成本。

尚待與在線偵測系統進行量化效益，初步預計可有效降低 90% 不良品產生，可大幅減少重工耗費人力成本、電費、乾燥空氣氣瓶和延遲出貨風險等相關成本。

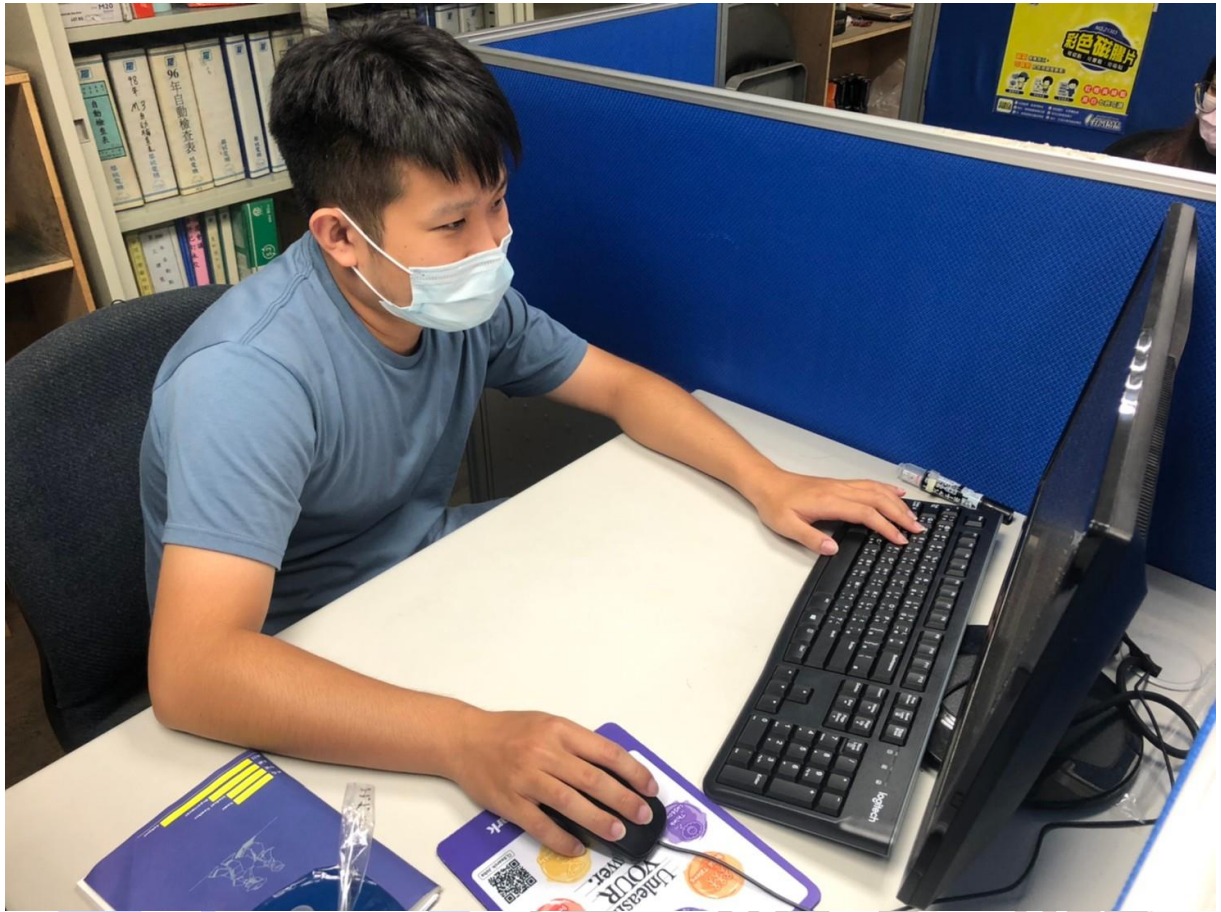


圖 16 辦公室分析露點溫度工作照

捌、繞線機台工作研究

8.1、研究動機

因生管課反應新購入二連式繞線機效率不高，故進行現場勘查與工作研究。

8.2、改善計畫

經現場作業員回報，會時常脫線導致停止生產，現場勘查，初步判斷為壓力幫浦分壓後，煞車無法將銅線煞停，才會導致銅線脫線現象，然脫線後整理會耗費過多時間，故影響生產效率，後續將針對煞車問題，進行回報改善。

並會將此問題納入後續電機事業處批量變壓器產線優化計畫改善研究，進行設施規劃與人員工作環境等整合規劃。



圖 17 觀察繞線機台工作照



圖 18 二連式繞線機台脫線情況



華城電機
FORTUNE

29

拾、露點溫度量測報告

10.1、目的

因變壓器露點溫度研究中，將研究公式進行實務驗證，以西元 2021 年 7 月所生產三台變壓器進行驗證。我司製三課量測時，為絕對壓力，不須經由換算，即可經由公式計算出含水量，然品保測得數據皆接近在標準含水量 0.5%，與製三課量測數據相差過甚，故針對露點量測儀器進行比對校正。

10.2、問題與改善

本次實驗中，發現量測前管線並無清理標準，也無標準制定須將閥門開啟多少，為多少蒸氣壓下量測，故鋼瓶量測時露點溫度於 -59°C 時，無法繼續下降，故操作人員將鋼瓶閥門轉大，此時露點溫度下降至 -70°C 。但此舉會影響蒸氣壓，然蒸氣壓與露點溫度具有絕對正相關，故本次實驗數據採用 -59°C ，作為量測結果。



圖 21 儀器無法水平擺放固定於變壓器

變壓器量測時，管線因儀器無法有效固定於變壓器上，故儀器與變壓器無法保持水平狀態。量測時，亦發現與鋼瓶量測時相同問題，量測前管線並無清理標準，也無標準制定須將閥門開啟多少，為多少蒸氣壓下量測，且量測儀器位於封閉管線，此會導致無法量測到精準露點溫度數據，影響最為嚴重。

故將此問題提供給予製三課課長，課長回覆會進行儀器管路重新設計，並針對儀器擺放定位進行修改。



圖 22 露點溫度儀器修改勘測工作照

10.3、心得與建議

本次實驗發現我司並無制定量測前管線清理標準，且無法有效去確認量測時，需在多少壓力情況下，以上便會嚴重影響露點溫度量測的準確性。

故建議訂定露點溫度儀器量測標準與使用相關監測壓力儀器，方能提高品保量測精確度。

拾壹、中壢廠、觀音二廠與三廠三生產部設備配置圖

11.1 中壢廠量測生產空間

配合繪製配置圖同事，進行現場空間量測，並針對變更位置之設備進行註記。



圖 23 量測中壢廠區工作照

11.2 觀音二廠繪製與量測生產空間

先進行觀音二廠實地比對，相關空間配置與設施異動狀況，並協同同事進行量測記錄，最後由我負責繪製更新後的生產空間設備配置圖。

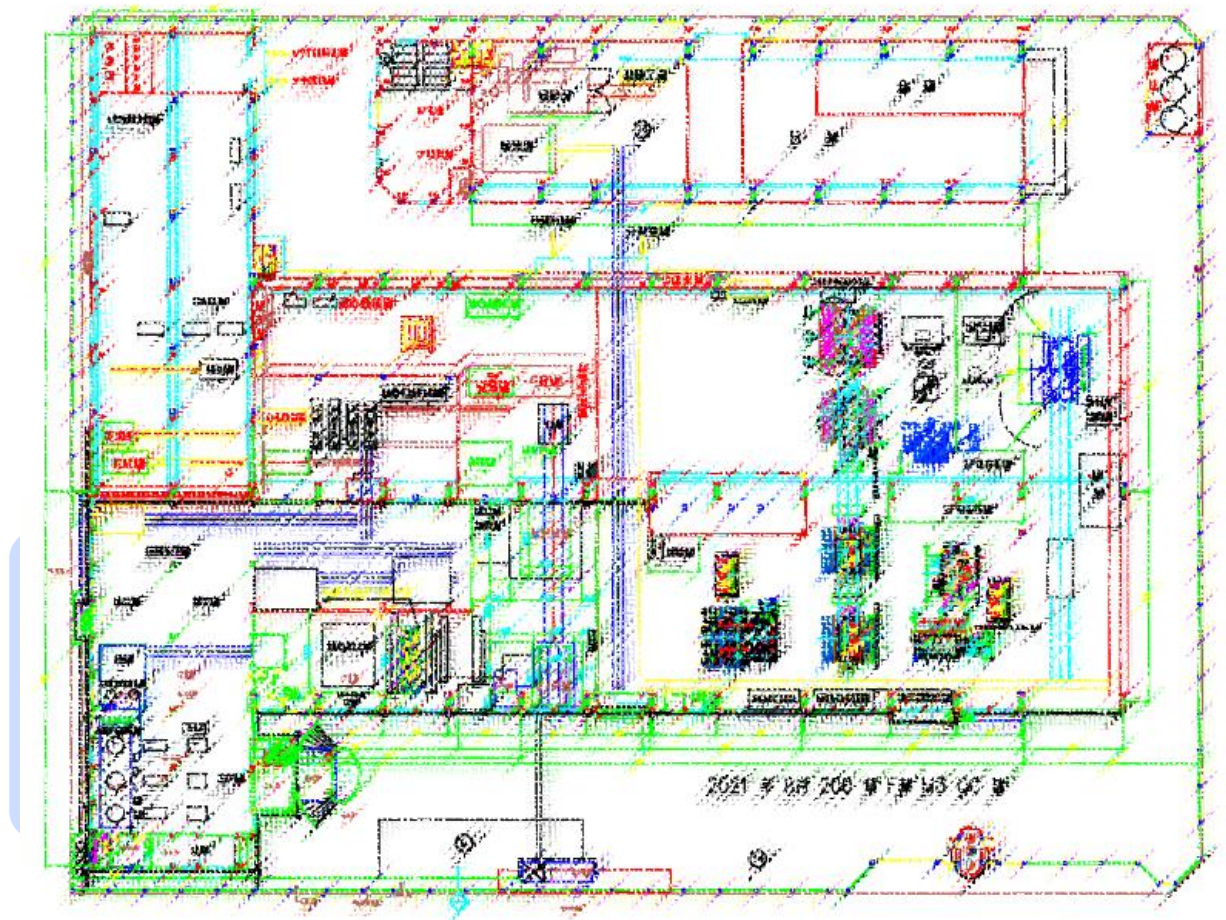


圖 24 更新後觀音二廠 Layout 圖



圖 25 協同製造課課長比對生產設備



圖 26 觀音二廠主管與實習生合影

11.3 觀音三廠量測生產空間

配合繪製配置圖同事，進行廠區初步瞭解，因觀音三廠第一次前往，需先進行設施比對檢查，再針對變動設施進行重新量測繪圖。

11.4 台中廠（華城重電）量測生產空間

配合繪製配置圖同事，進行廠區初步瞭解，由各單位課長帶領先進行設施比對檢查，再針對變動設施進行重新量測繪圖。

拾貳、電機事業處批量變壓器產線優化計畫

12.1 目的

因我司電機事業處批量變壓器產線規劃不夠順暢，導致工作站間無法有效配合，以致生產工序出現等待停歇現象，使生產過程是不完全連續。且我司變壓器生產非一般傳統產業產線，因變壓器部分體積過大，故產線規劃空間配置而外重要。

故本次規劃欲進行生產線平衡、工作研究與設施規劃，進而提高中壢廠產線優化與提升產能，減少過多在製品等待問題。

12.2 計畫內容

本計畫利用工業工程相關手法，如工作研究、生產管制與設施規劃，進行生產線平衡與時間研究，整理中壢廠工時資料庫數據，並進行初步生產管制，進行工時整理規劃，後續交接給生管課做後續研究。

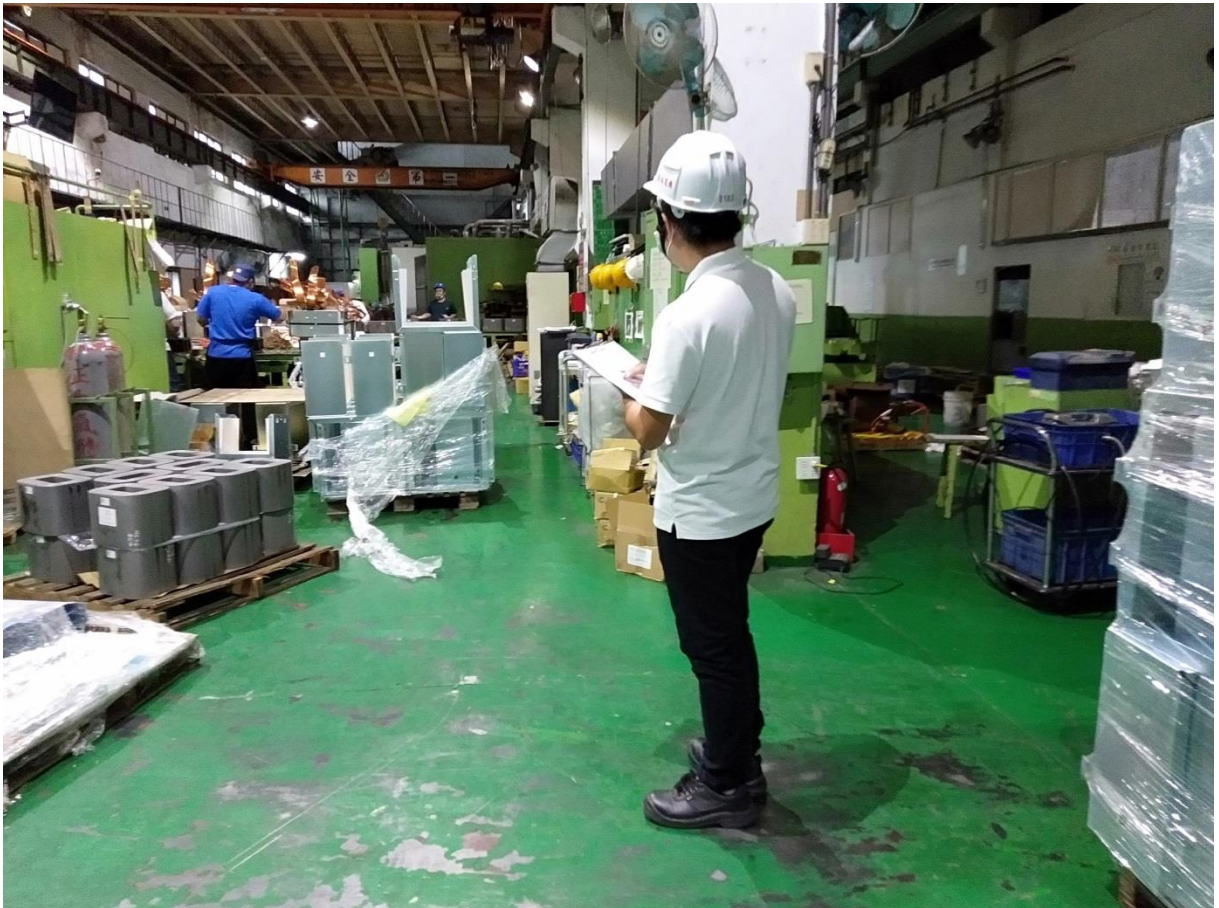


圖 27 觀察批量變壓器生產過程工作照

拾參、實習心得

首先感謝系上提供這個實習職缺，也感謝桃園市政府與華城電機股份有限公司，提供本次實習機會，使我能提前為踏入職場做充分的準備，培養職場倫理、工作態度、溝通協調力、團隊合作力、環境應變力及執行力等這些職場必備能力。

感謝我的主管，在實習過程中，給予許多提點協助，我想對於一個尚未進入過職場的我，不論是職場的倫理能力，或專業技術能力，我肯定還有做得不夠之處，但是主管都能夠諒解並給予反饋，讓我得以改進並學習到更多的經驗，我很感激，這都有賴于主管與同事的每一份支持和包容。

在實習過程中各項研究上使用許多學校統計學的概念，這些概念有助於我分析，但我體會到許多業界常用統計分析軟體，如 SPSS、Minitab、R 軟體和 Python，我個人使用的經驗不足，以往在學校僅較常使用 EXCEL，在這次實習機會，瞭解到自己這方面的不足，日後會更加精進加強這方面的知識，在下學期的選課規劃，我會安排「迴歸分析、統計程式 R、Python、供應鏈管理和製造資訊系統」等課程，加強自我的專業能力，未來遇到挑戰可以更熟練得面對。且實習中，許多研究進行實務與數據驗證，發現不僅公式與原理的問題，許多問題為現場施作上，所導致而成的。理論與實務整合，以前在學校較少機會可以碰到，藉由這次實習，瞭解許多現實面需要考量的地方，對我未來學術相關研究或職場工作，皆是十分難得可貴的經驗。

最為深刻為在研究上運用許多在學校所學工業工程的手法，如「生產計劃與管制、工作研究、機率與統計、設施規劃和作業研究」，進行理論與實務的相互驗證及配合，利用這些研究的機會，習得許多實務經驗，不論在繪製 Layout 圖中，或許多計畫，培養許多團隊合作上，溝通與配合的能力，減少一些容易過度耗費時間的過程，都是以往在學校較難獲取的寶貴經驗。

拾肆、參考資料

百科知識中文資訊網

<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E6%AF%94%E6%BF%95>

理想氣體狀態方程式-維基百科，自由的百科全書

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%90%86%E6%83%B3%E6%B0%94%E4%BD%93%E7%8A%B6%E6%80%81%E6%96%B9%E7%A8%8B>

《電機股》華城去年 EPS 達 1.75 元 擬配息 1.3 元【時報-台北電】

<https://tw.stock.yahoo.com/news/%E9%9B%BB%E6%A9%9F%E8%82%A1-%E8%8F%AF%E5%9F%8E%E5%8E%BB%E5%B9%B4eps%E9%81%941-75%E5%85%83-%E6%93%AC%E9%85%8D%E6%81%AF1-3%E5%85%83-040235484.html>

《電機股》華城 今年營收戰百億【時報-台北電】

<https://tw.stock.yahoo.com/news/%E9%9B%BB%E6%A9%9F%E8%82%A1-%E8%8F%AF%E5%9F%8E-%E4%BB%8A%E5%B9%B4%E7%87%9F%E6%94%B6%E6%88%B0%E7%99%BE%E5%84%84-233631307.html>

華城產能滿載訂單無虞 法人估明年業績衝新高【經濟日報】

<https://money.udn.com/money/story/5612/5073170>

華城電機股份有限公司-MoneyDJ 理財網

<https://www.moneydj.com/kmdj/wiki/wikiviewer.aspx?keyid=b78a3bff-de24-4b13-bf61-cd9d930c51e7>

華城電機股份有限公司

https://www.fortune.com.tw/tech_certification_01.html

綠能、電動車雙引擎，華城今年拚雙位數成長 - MoneyDJ 理財網

<https://www.moneydj.com/kmdj/news/newsviewer.aspx?a=5d656411-4a66-492a-b312-8c14b1a5b467>

(IEEE C57.93-2019) Guide for Installation of Liquid-Immersed Power Transformers

電氣協同研究第 53 捲第 4 號—絕緣物中水分量(樣本測試為絕緣物，非氣體)

華城電機股份有限公司 2W1222 露點測試之判定標準