

應用三維空間套圖在科技廠房機電工程施工之研究

研究生：黃志豪

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學工學院工程技術與管理學程

中文摘要

近年來電子產業規模日趨龐大，且工程的時效性、複雜度及專業性的要求不斷增加。又原物料的上漲及同業競爭下，工程單價面臨嚴格的考驗，現今的工程施工僅能靠有效的管理才能創造獲利。機電系統由於其種類複雜、施工多樣與工期限制之關係，在施工階段常常因為缺乏事前完整之空間整合，以致施工程序紊亂造成變更設計及工期延宕，使整體工期與品質受到影響。

常見 2D 機電施工圖還是存在相當多的視覺死角，所以國外軟體廠商為改善此種情形，也積極開發 3D 製圖軟體，除製作各式機電常用的圖塊，也在學習便利性做指令上的精簡。所以本研究將探討應用 3D 製圖在機電工程施工整合之方式，經由專家訪談及工地調查，透過人力計算方式做比較，並以一實際之案例做驗證，進行機電系統人力及成本分析。在過去的觀念裡。機電業承包商常會以過去傳統人力社會的觀念，以前能做為什麼要多花費成本去製作 3D 施工圖，在獲利降低的情形下，就拒絕新產品的引入。這就是為什麼隨著數位化科技時代的來臨，電腦化已普及深入各階層領域，但是 3D 製圖確只能存在設計單位或甲方，作初步的規劃及美觀的運用。確無法發揮對實際施工最大的功效，讓人甚感惋惜。

關鍵字：空間整合、工程管理、施工整合、3D 製圖

Study of application of 3D mapping integration of mechanical and electrical construction projects

Student : Chih-hao Huang

Advisor : Dr. Shih-Lin Hung

Master Degree Program of Engineering Technology and Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

ABSTRACT

Recently, the scale of electronic-industry factories is getting larger. Also, the timeliness of completing projects, the complexity of projects, and the demands of related professional knowledge increase. Meanwhile, construction companies face stringent circumstances, due to rise of raw-materials and increasing of competition among same traders. Therefore, the resulting-profit for construction projects comes from effective management presently. Because of the restriction of diverse in species, complicated in construction, and limitation of constructing-time, the constructing quality and overall construction time of electromechanical systems are highly affected if lack of comprehensive spatial conformity complete in advance. There are many shortcomings of common used 2D drawing system in mechanical and electrical construction drawings as lack of ability for representing the complicated spatial relationship among various components. Advanced 3D drawing system has been energetically developed and applied in many fields nowadays. The aim of this work is to investigate and utilize 3D drawing system in 3D mapping integration of mechanical and electrical construction projects. A real electromechanical project is employed as studying case herein and required man-hours are compared between use of 2D and 3D systems. The simulated results reveal that 3D drawing system is feasible for complicated electromechanical systems in constructing level. Also, some constructing conflicts can be detect and solve in advance.

Keywords : Spatial conformity, Project management, Construction integrating, 3D drawing

致謝辭

本論文能順利完成，首先要感謝指導教授洪士林 老師，在學生求學階段提供了自由學習與發揮的空間，並指導有關三維套圖技術的相關計劃，對於研究的進行能有更進一步深入了解。過程中因為工作忙碌幾次有過放棄的念頭，感謝老師的鼓勵，讓我能克服壓力與研究歷程的困難。另外感謝葉日漢同學，在論文研究方面的過程中，彼此互相鼓勵，並提供論文寫作技巧，使本論文的研究得以順利進行。

在求學的這段期間，學生要感謝曾經一起工作支持我的同事張添富，雖然現在已經在不同的公司上班，但仍提供學生一些實用的製圖軟體訊息，及 3D製圖技術的教學，讓學生可以製作更深入的論文研究。還有一直支持學生在工程上的施工商鐸銖機械配管有限公司，這家公司是目前少數會將 3D製圖應用於工程上的施工商，他們秉持著優良的施工品質及快速的施工進度，讓業主在下一個建廠，都會指定這家公司。也因為這樣讓學生覺得 3D製圖應用於施工，做適當的工序調整是值得研究推廣的。尤其在研究階段上網找文獻時，發現許多大陸的網站都在推廣這項技術幾分享成功的案例，相對我國的相關文獻確寥寥無幾，讓人甚感惋惜。

學生最感謝的是同開科技工程股份有限公司的同事們，在學生論文研究階段最忙的時候，將學生的工作分配開，讓學生得以有時間找教授開會討論，才能讓研究論文順利完成。

黃志豪

謹誌於國立交通大學工學院 2010.8.12

目 錄

中文摘要	i
英文摘要.....	ii
目 錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 緒論	1
1-1 研究動機	1
1-2 研究目的	2
1-3 研究方法與流程	3
1-4 論文架構	5
第二章 文獻回顧	6
2-1 CAD 功能探討	6
2-2 工程施工階段常見問題探討	8
2-3 工程施工圖應用三維空間製圖面臨問題	12
2-3-1 工程設計三維空間製圖所面臨之管理問題	12
2-3-2 施工圖三維空間化內部層面問題	13
2-4 相關文獻及出處	14
第三章 機電工程施工圖整合方式探討	16
3-1 施工圖	16
3-2 施工圖製作現況	17
3-3 施工套圖架構及規劃說明	19
3-3-1 工程範圍區分	19
3-3-2 作業通則	20
3-3-3 系統套圖流程	22
3-3-4 文件管理規則	28
3-3-5 套圖進度管制	28
3-4 施工套圖常見問題探討	30
第四章 機電生命週期及人力分析	31
4-1 設計階段工期與人力預估說明	31
4-2 傳統製圖製作施工用圖面及 3D 製作施工用圖面比較	33
4-2-1 傳統施工的拆圖方式	36

4-2-2 運用 3D 套圖施工模式	38
4-3 施工階段-傳統人力控制模式	42
4-3-1 施工承攬商組織介紹	42
4-3-2 傳統製圖方式人力及成本計算方式	43
4-4 運用 3D 製圖做管線預製分析	45
4-5 趕工成本比較	51
4-6 小結	52
第五章 運用 3D 製圖解決空間常見問題分析	54
5-1 製圖常見問題	54
5-1-1 兩垂直管線的交集	55
5-1-2 兩同軸向管線的交集	56
5-1-3 兩垂直軸向管線的投影交集	57
5-1-4 兩平行管線未保留適當操作空間	57
5-2 案例說明	58
5-2-1 管線及設備空間交集搜尋	58
5-2-2 管道間排列及出管判斷	60
5-2-3 隔間阻礙視覺判斷	61
5-2-4 忽略維修動線	66
5-3 應用 3D 製圖優勢介紹	67
5-3-1 軟體應用優勢	67
5-3-2 人力應用優勢	69
5-4 3D 製圖應用不足檢討	70
第六章 結論與建議	71
6-1 結論	71
6-2 建議	73
參考文獻	74
附件一	76

表目錄

表 3-1 各系統代號範例	19
表 4-1 傳統製圖及 3D 製圖比較表	41
表 4-2 施工承攬商人員職務說明	42
表 4-3 案例數量計算書	44
表 4-4 工廠預製進度表	49
表 4-5 出工狀況比較表	53
表 5-1 各式製圖軟體檔名格式	67
表 5-2 應用 3D 製圖於施工的優勢	69



圖目錄

圖 1-1 機電工程週進度表	2
圖 1-2 研究方法流程圖	4
圖 3-1 冰水機房流程圖	17
圖 3-2 剖面圖	18
圖 3-3 ISO 圖範例	18
圖 3-4 定義各式管另件符號名稱	21
圖 3-5 CSD 套圖流程	23
圖 3-6 SEM 套圖流程	24
圖 3-7 找出平面圖主要管路通道(如斜線區)	25
圖 3-8 依據平面圖主要區域，放置剖面圖(縱向剖面)	26
圖 3-9 依據平面圖主要區域，放置剖面圖(橫向剖面)	27
圖 3-10 圖面文件管制流程	29
圖 4-1 工程 milestone	31
圖 4-2 依據工程 milestone 做人力數量分配	32
圖 4-3 傳統施工製圖流程	34
圖 4-4 運用 3D 製圖流程	35
圖 4-5 初步空間規劃	36
圖 4-6 區分系統流程圖	37
圖 4-7 空調機房平面圖	37
圖 4-8 依系統分類繪製 ISO 圖	38
圖 4-9 3D 機房施工圖	39
圖 4-10 3D ISO 圖	40
圖 4-11 3D ISO 圖	40
圖 4-12 施工承攬商組織表	42
圖 4-13 冰水機房	46
圖 4-14 空調機房	46
圖 4-15 機房分解圖-1	47
圖 4-16 機房分解圖-2	48
圖 4-17 空調機房配管圖-3	48
圖 5-1 管線衝突向量表示範例	55
圖 5-2 垂直管線交集	56

圖 5-3 同軸向具斜率管線範例	56
圖 5-4 管線向量投影交集	57
圖 5-5 兩平行管線空間不足範例	57
圖 5-6 衝突實例操作檢討-01	58
圖 5-7 衝突實例操作檢討-02	59
圖 5-8 衝突實例操作檢討-03	59
圖 5-9 管道間實例操作檢討-01	60
圖 5-10 管道間實例操作檢討-02	61
圖 5-11 隔間阻礙視覺判斷實例操作-01	62
圖 5-12 隔間阻礙視覺判斷實例操作-02	63
圖 5-13 隔間阻礙視覺判斷實例操作-03	63
圖 5-14 隔間阻礙視覺判斷實例操作-04	64
圖 5-15 隔間阻礙視覺判斷實例操作-05	65
圖 5-16 隔間阻礙視覺判斷實例操作-06	65
圖 5-17 維修動線	66
圖 5-18 管線連結失誤範例	70

