

科學圖書大庫

精 工 工 程

譯者 向世彬 校閱 張元敏

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

精 工 工 程

譯者 向世彬 校閱 張元敏

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年五月十日初版

精 工 工 程

基本定價 2.40

譯者 向世彬 中正理工學院副教授
校閱 張元敏 金屬工業發展中心工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尙在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

前言

精工工程，特別在作用要求，製造方法及造形可能性方面，與普通機械完全不同。因而構成精工工程本身之典型設計問題。自發展精工工程以來，雖然已出版許多不同之專書，分別致力於有關精工工程在元件、材料及製造問題上詳細討論，但至今尚缺少一種有關精工工程在設計工作方面，作整個有系統而簡潔討論之專門書籍，本書正可填補此一缺陷。本書之內容為精工工程之基本設計，特別適合大學本科系之學生使用。此外，亦適合自修作為複習課本教本之用。

為使本書之內容完整，形式簡明，故特別引用一種與一般觀點不同之觀念，以達到以下目的：一方面，採用方法學之結構，使讀者對其內容易於了解。另一方面，雖然內容簡短而清晰，但設計工作並非僅限於繪圖板上，而應根據正確觀念，繼續從事實驗研究及經濟問題之處理，尤其是精工工程中的問題。此外設計之活動，本書亦建議，應從擬定題目至交付製造。一切有關設計工作，均納入管理之整個組織內，同時，應提高設計工程師之地位與權責，使其在業務範圍內，能自由發展其才能，並使在學學生亦嚮往日後所擔任工作之重要性。最後，作者認為，除技術問題外，經濟關係亦甚重要它在發展計劃範圍內是作為決定辦法之標準的。為能達到簡明之目的，均採用與應用有關之提要，使讀者一目了然。設計工程師之工作可分為：構思、草圖、造形、註尺寸、圖示法。

至於文獻之選擇，僅限於詳細討論有關專門題目之書籍及專題論文。因鑒於實際上對單位制之處理問題，本書所用之尺寸單位，凡法定之國際單位制及習用之工程單位制，均一併包括在內。

克雷斯特博士對本書原稿作詳盡校閱及有價值之批評與建議，至為感謝。最後，Vogel 出版社對本書編著之鼓勵，並使其出版能達到完美之要求，亦甚感謝。

尚祈海內外先進指正，幸甚。

著者：威烈，林德於西德海爾本
(Werner Linder in Heilbronn)

目 錄

前 言

第一章 概 論 1

- 1-1 何謂精工工程..... 1
- 1-2 精工工程中之設計者 3
- 1-3 精工工程之設計範圍 ... 11

第二章 設計方法學之基本

原理 13

- 2-1 方法學之設計 13
- 2-2 以設計作為學習過程 ... 17
- 2-3 以系統工程作為設計方法
..... 21
- 2-4 設計之工作程序 24

第三章 用於構思之基本原理

- 3-1 產品發展之基本條件 ... 28
- 3-2 解答觀念之分析法 33
- 3-3 作用結構之選擇 37

第四章 草圖所用基本原理.. 41

- 4-1 作用變化之檢討 41
- 4-1-1 初步草圖之完成 41
- 4-1-2 精工工程中，適用之設

計..... 43

4-1-2-1 信號流程鍊之結構 ... 43

4-1-2-2 信號流程鍊之連接
件..... 46

4-1-3 信號之分類..... 47

4-1-3-1 根據任務之信號分
類..... 47

4-1-3-2 根據時間關係之信
號分類..... 49

4-1-3-3 根據物理定理之信
號分類..... 51

4-1-4 信號之特性..... 51

4-1-4-1 信號之傳遞特性..... 51

4-1-4-2 信號之誤差..... 52

4-1-5 精工工程中，正規材料
之設計..... 55

4-1-6 精工工程中之經濟設
計 58

4-2 造形變化之檢討..... 60

4-2-1 第二階段草圖之完成... 60

4-2-2 適合製造之造形..... 62

4-2-2-1 一般造形之基本原
則..... 62

4-2-2-2 切屑成形構件之造形
原則..... 65

4-2-2-3 鑄造零件造形之基本

原則	68
4-2-2-4 粉末金屬沖壓成型件 及燒結件之造形原則	70
4-2-2-5 化學材料沖壓成型零 件之造形原則	71
4-2-2-6 化學材料射出成型零 件之造形原則	75
4-2-2-7 衝壓零件之造形原 則	77
4-2-3 增加強度之造形	81
4-2-4 適合結合之造形	85
4-2-5 適合裝配、保養、修理 之造形	93
4-2-6 適合操作之造形	95
4-2-7 適合運送之造形	97
4-3 達成信號流程鍊之實例	99
4-3-1 作用精度之提高	99
4-3-2 作用靈敏度之增加	102
4-3-3 作用強度之增加	104
4-3-4 調整與補整	104

第五章 用於完成圖上之基

本原理

5-1 確定斷面之尺寸	105
5-1-1 強度計算	105
5-1-1-1 一般之假定	105
5-1-1-2 應力	109
5-1-1-3 變形	114
5-1-1-4 受力之種類	118
5-1-1-5 負荷諸情況	138
5-1-1-6 活力強度在疲勞及	

時間受力上	140
5-1-1-7 造形強度	142
5-1-1-8 溫度改變與材料特 性	145
5-1-2 試驗	149
5-1-2-1 測量工程之試驗	149
5-1-2-2 試驗報告	157
5-1-3 標準	158
5-1-3-1 以標準促進合理化	158
5-1-3-2 標準數字	161
5-1-3-3 標準尺寸	164
5-1-4 表面	164
5-1-5 公差與配合	169
5-1-5-1 尺寸公差	172
5-1-5-2 公差計算	173
5-1-5-3 ISO公差制度(國 際公差制度)	178
5-1-5-4 製造圖上之公差規 格	182
5-1-5-5 形狀偏差及位置偏 差之公差	185
5-1-5-6 材料公差	186
5-1-5-7 配合	186
5-2 圖示法	195
5-2-1 圖示法之種類	195
5-2-1-1 集中式透視法	196
5-2-1-2 平行透視法	198
5-2-1-3 垂直投影	200
5-2-1-4 工程圖	200
5-2-1-5 平面圖、圖解圖、 尺寸圖	202
5-2-1-6 圖表	205
5-2-2 工程圖之規範	208

V

5-2-2-1 工程圖之分類 (按 DIN 199)	208
5-2-2-2 圖樣分類系統學...	209
5-2-2-3 圖紙大小, 比例尺 ，書法, 線條.....	211
5-2-2-4 視圖及剖面圖之位 置.....	212

5-2-2-5 標註尺寸 (按DIN 406)	213
5-2-2-6 特別圖類及其尺寸 之註法	214
5-2-2-7 簡化圖之習用符號	215
索引	217

第一章 概 論

1-1 何謂精工工程

“在工程科學中，精工工程為其中之一部門。與其他部門間之分界可能性尚待討論。精工工程工業之生產量已略具規模。”

工程科學在其範疇內可分為製造工程、機械工程及電機工程，而在分類上，又可分為理論及實際兩大類。最近，始由工程科學中分出另一新部門，稱之為精工工程，因其自成一典型之知識特徵，而與機械工程有所分別，並具有本身不斷成長之經濟意義。

約在十九世紀末期，由於工程發展神速，在物理上之測定工程已逐漸推廣，可應用在機械及電機之製造，控制及性能之估計方面。為測定物理數值，必需使用適當之測量儀器。當製造儀器時——從設計至生產——却發生其本身之型式問題，但以前是採用手工製造法，故未將精工工程之操作特別分開。直到工業製造之過度時期，精工工程始形成一最新之工業部門，自此以後，在各大學之工學院及工業專科學校中，也逐漸開設有關於此類之專門科系。

現在，因許多精工工程之產品，均以大量生產為主要之特色。因此，乃採用特別之製造方法，將所發展而成之新材料，作為精密零件之大量生產。此外，在精工工程之特別外形上，更加上接合樣式及導動樣式。一般而言：

“精工工程範圍由其特別之設計及製造方法而定。”

從產品之機能方面，不可能將精密機械作一嚴格而明確之劃分，而且亦不必要：

“一般而言，在構造及機能上，精工工程之器具為機械、電學及光學構件之組合體。”

此種不同分件組合產生之共同作用，在精工工程中同時提供了設計工作上之問題及創造性之刺激。

精工工程與其他工程範圍之間無一定之界限，茲舉下例子以說明：一方面，精工工程之產品，為機械製造所需要，或電機工業之產品，亦可採用精

工工程之設計及製造方法製造；而另一方面，精工工程中，亦採用機器之觀念（例如，打字機）。

根據庫氏（Kuhlenkamp）之解釋，一機器中能量流動之效率特徵，屬於機械工程，而其符號流程則屬於精工工程。此種區別法具有正確分界之優點；然而，亦有許多工程上之產品常作錯誤之分類：例如，教堂之鐘或交通標誌燈歸屬於精工工程，一彈簧傳動之手錶其驅動方面屬於機械製造。

根據希氏（Sieker）之解釋，可對精工工程之問題提供一綜合觀念，凡採用測量工程之儀器，使人類自然之感官或其代用品之機能達到增強之目的者，均為精工工程中之任務。

因此，儀器乃為此類知識範圍內之典型組件。在精工工程上之產品，即使是相當小的測定，當其他特性能予確定之前，亦尚不能論及儀器之大小。

是故，目前一般公認之定義為：

“一般機械製造之產品使人類之體力增強；精工工程之產品可減輕人類精力（腦力）之負擔，增進人類之感官（視覺與聽覺）機能。”

人類之體力可用動力機或工作機，發揮作用，超過人類規定界限之外，其設計標準可用效率 η 表示：即輸出能量與輸入能量之比。機器能量之流程符號可用能量流程鍊表示（圖1）。在每一能量流程中，均發生能量損失。

人類之腦力可用感官器（助聽器、眼鏡）或理解機加以改善。一般稱為儀器或測量儀，使用此類儀器，可將人類之感官機能擴大至自然界限之外（例如，顯微鏡）。此外，凡可減輕人類腦力負擔之機械（例如，計算機）或傳送人類思想之器械（例如，長途電話）均屬此類。

精工產品之設計標準，與一般機械之效率相當者，稱為準確率：即傳送資料（符號或作用值）之輸出實際值與輸出應有值之比。其符號或作用值之流程可用流程鍊表示（圖2）。在流程中擴大器之能量消耗或損失，可以由外面補充新能量加以平衡。顯然，在輸出符號與輸入符號之間傳送作用是否真實，應以其精確性、敏感性或持久性作評判標準。

因此，精工工業生產品可分為以下各種儀器及器具：

1. 機器的、光學的、電力的測量儀及調節機關。
2. 控制器、鐘表、鐘表之轉動機構。
3. 放映及錄製器具。
4. 光學器具。
5. 實驗及應用物理用之儀器。

6. 測量的及氣象的儀器。
7. 電報機、電話機及電視機。
8. 打字機及計算機。
9. 醫療器具。

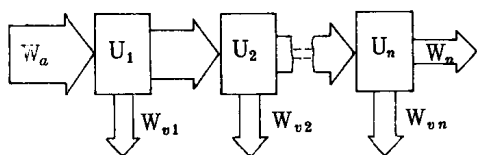


圖 1 機械工程中能量流程之作用鍊

$U_1 \cdots U_n$ = 能量變換機，例如，發電機、變壓器、馬達。

W_a = 變換能量

W_n = 有效能量

W_v = 損失能量

$\eta = W_n / W_a$ = 效率

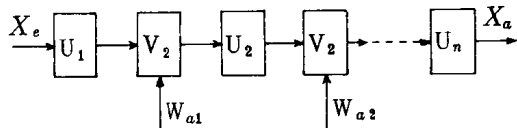


圖 2 精工工程中符號流程或作用鍊

X_e = 輸入符號或作用值

X_a = 輸出符號或作用值

$V_1 \cdots V_n$ = 放大器

$U_1 \cdots U_n$ = 能量變換器，例如，旋轉線圈。

$W_{a1} \cdots W_{an}$ = 輸送能量

1-2 精工工程中之設計者

“先將發展、設計、構思、草圖、完工之觀念下一定義。設計應為藝術或科學？在精工工程中，設計者之工作範圍要予表明。

設計之定義為何？是將人類有創造性之思想，表達其可能性之一種方式。現代之業務經理亦需要具有藝術家之創作力。即應放棄傳統之處理業務方式，而另以新思想，新作風代替之創造精神。設計者之創造力是表現在產品上，與藝術家之作品略有不同：設計工程之任務，是使其設計之產品能發生一定之作用，並具有一合理之目的。在設計之特性方面，用比一劃分之可能性亦不完全肯定：一設計題目應以合理方法求其解答之途徑——從這方面着眼，設計應屬於科學之範圍——，就個別而論，所求出之解答結果，常需要能適應突發性及不合理之現象——在這方面着想，設計又屬於藝術之範圍。

一般而言，設計是否為藝術性或科學性，應以實際工作範圍為基礎，再從分析結果所含之意義而定。每一設計者之任務及其工作方向，應從其設計之產品是否有貢獻而定。當他在解決問題時，是否能採用合理方法，或其觀

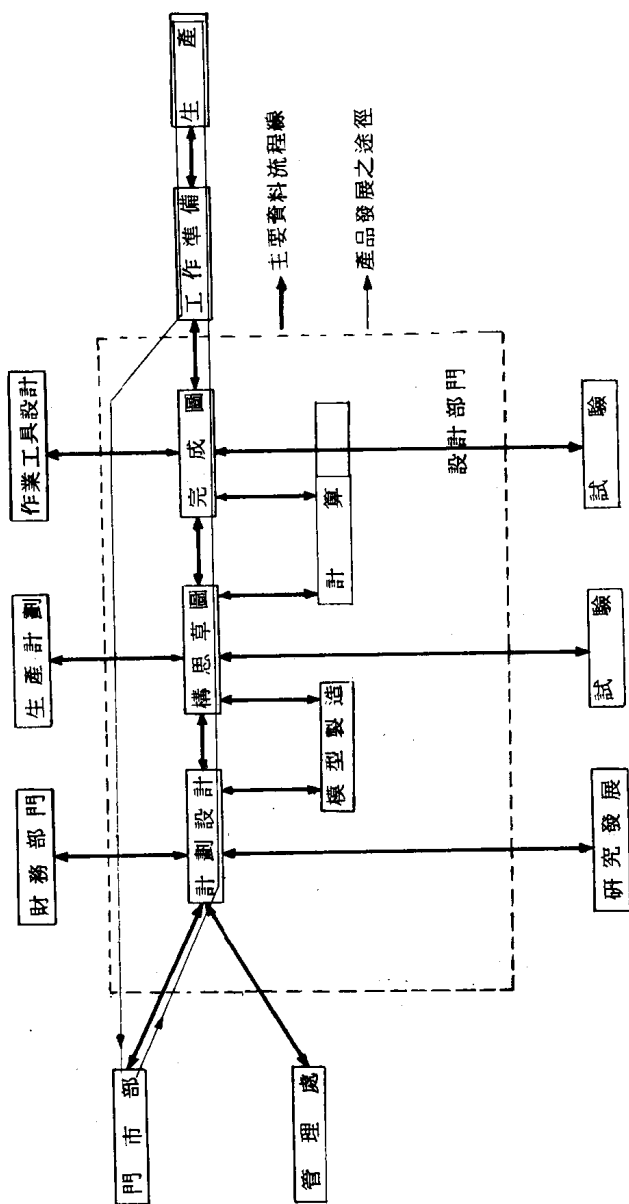


圖 3 設計範圍內之組織結構圖：例如，消費品工業之企業；在計劃中以宣傳及公司想像力最重要；在組織上將草圖及完成圖分開。

念是否正確，且不致受到不合理因素之影響，頗與個人之才幹有關，但亦視問題之種類而定。

“在實際上，所謂設計是將與工程產品有關之問題，作一綜合性之分析與了解，使所設計之產品能達到實質上之目標。”

其次，對每一設計題目之真實內容應先完全了解，對該設計題目之可能使用方法應作有系統之處理與分析，然後擬定不同之計劃步驟。在此考慮期間，亦應明瞭其問題之癥結所在。在計劃中應說明新觀念之含意及如何實現之方法：確定適合設計題之目標，使最後所採用之方法有所遵循。最後，再按照有關之技術基本資料，作造形之準備工作，使零件可根據此種資料為準，進行製造，檢驗及銷售。此外，應準備製造圖樣、樣品、調整及檢驗規範，以及其他文字及圖表資料。

設計工作可用不同方式進行。設計人應具有創造能力：在任何工廠中，設計人之任務，一方面為實驗室之發展工程師，應具有推動發展工作之能力，另一方面亦是製造產品工廠之工程師，對其所屬之工程師應下達有內容有目的之命令。例如，一設計題目之內容，應對現有機器設備之改進，可採用之新製造方法，如何使製造費降低等問題，均有週密之考慮。如有必要，亦可將機器設備之形狀更改，或另設計一新型器具。此種改進工作，一方面可根據客戶之訂單合約而進行，另一方面亦可自動根據最新之市場調查及市場

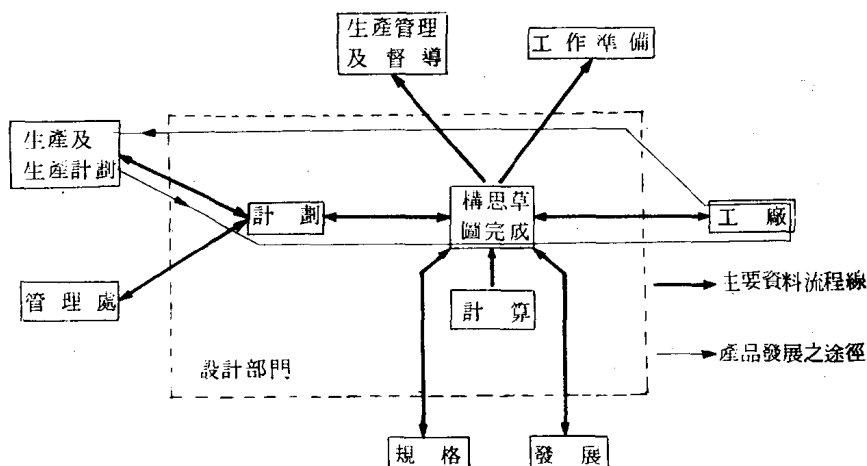


圖 4 設計範圍內之組織結構：工廠設備製造企業；在同一設計之目標中，草圖及完成圖應在同一部門工作。

分析，納入生產計劃中。

因設計之動機不同，對設計題目所採取之解答途徑或方法亦有差異：凡新設計工作常包括有極廣泛之研究發展工作，首先應將所設計產品之作用或方法進行試驗，以求出一新原理。但此原理應不違背基本理論，或在其他方面已試用之原理，然後研究發展階段始可告一段落。

“所謂發展是綜合所有物理性、化學性或技術性之實驗工作，發展之嚴格意義就是比較設計，探討一已知原理應用在有疑難設計情況上之可能性，或對一新原理進行實驗以證明其可行性。”

發展階段可使設計工作範圍縮小。設計工作是由草圖及其後之完成圖所組成。設計階段又應以構思為基礎。

“所謂構思是所有草圖工作之綜合，即對問題處理上業已了解，而決定採用解答之途徑”。

在此檢討期間，應將題目盡可能立下概念，以便容易對各種可能之作用原理作有系統之比較。

“草圖是所有設計工作之綜合，利用其所應用之作用原理及合乎經濟製造之可能性而予以決定”。

利用草圖，除作用原理已確定外，亦應決定接合尺寸及限界尺寸。在此自由度內，而製成完整的施工圖樣附形式及其他所需尺寸並確定製造方法。再按照計劃，製造圖樣，零件數量表等，訂出造形規格傳達至製造部門。

“所謂施工圖（造形）是以草圖為基礎，綜合所有設計工作，以決定產品之最後形狀。”

在草圖及完成圖中之分配編組，可形成整個設計部門之組織系統；但此種編組應根據各公司企業之現行狀況作不同之組織：例如，消費商品之生產企業（圖3），其造形或設計之編組位置，與投資商品生產企業，如工廠設備之設計，完全不同（圖4）。

不論所選擇之組織結構如何，在擬定設計計劃時，應與有關之行政部門，對於發展、工場及工廠設備之設計，生產及生產計劃以及銷售等問題，均作詳細研究。此外，必須互相交換資料及私人性質之接觸，以便交換經驗。另一方面，在組織之結構上必須有橫向之連繫。總之，在整個產品之發展過程中，凡參與之各單位及人員必須具有團隊之合作精神。

因組織體系之不同，其設計部門之內部組織結構亦有很大區別。內部組織結構可分為不同而互相能合作之許多設計小組（圖5及圖6）。但設計間

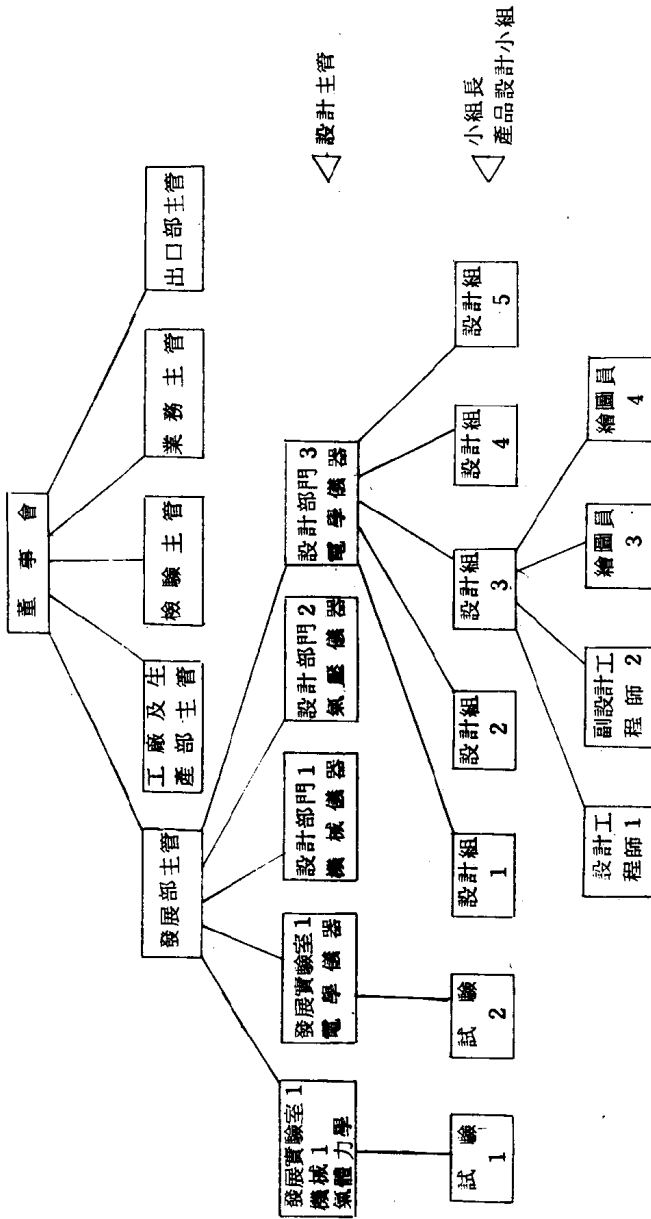


圖 5 發展範圍內之組織系統（舉例）

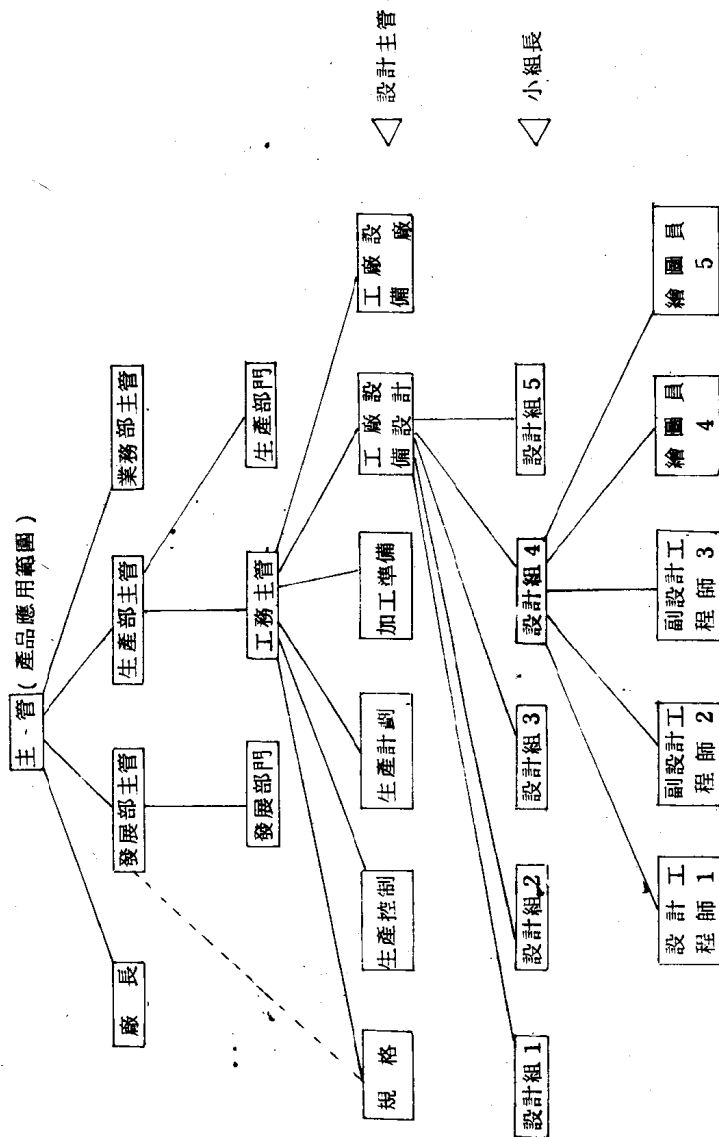


圖 6 工廠設備設計之組織系統 (舉例)