

科學圖書大庫

實用機械設計

譯者 顏政雄

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

實用機械設計

譯者 顏政雄

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

徐氏基金會出版

譯 序

機械設計提供基本的機械工程知識，以便設計新穎而實用的機械。一般機械均由若干機件組合而成，且多數機件均已有通用的形式以及標準規格，故機械設計實為機械元件設計。

本書譯自Tochtermann/Bodenstein的“Konstruktionselemente des Maschinenbaues”。原書在德國已是第八版，內容充實，條理清晰，兼顧理論基礎與實用經驗資料，所舉例題，切合實際；廣為從事機械工程人員所偏愛。譯者學識淺陋，謬誤之處，尚祈專家學者賜予指正。

顏政雄序

目 錄

譯 序

實用機械設計(上)

第一章 基 礎

1-1	機械元件觀念	1
1-2	機械元件設計	1
1-3	首要條件 (概要)	2
1-4	標準化	3
1-5	有關功用・或條件的設計	25
1-6	有關強度的設計 (大小表示)	26
1-7	有關材料的設計	37
1-8	有關製造的設計	70
1-9	有關時宜的設計 (形狀美觀)	78

第二章 接合件

2-1	熔接接合	79
2-2	焊接接合	99
2-3	黏合法	103
2-4	摩擦扣接	105
2-5	形狀扣接接合	128
2-6	鉚釘接合	153
2-7	螺旋接合與螺旋齒輪傳動機構	165
2-8	彈性接合；彈簧	166

第三章 殼、容器、導管與關斷設備

3-1 空間形狀與・界限	261
3-2 蓋子、接合件與襯墊	270
3-3 鍋爐・與管組合工程容器	309
3-4 導 管	320
3-5 關斷・、安全・與調整器	346

名詞對照

實用機械設計(下)

第四章 轉動元件.....371

4-1 短 軸	371
4-2 長 軸	375
4-3 軸 承	409
4-4 聯結器	494

第五章 直線運動元件.....545

5-1 平面配對	545
5-2 圓形配對	559

第六章 等速轉動傳遞元件.....566

6-1 形狀扣接輪傳動：齒輪傳動	566
6-2 強力扣接齒輪傳動機構：摩擦輪傳動機構	718
6-3 形狀扣接牽引機構：鏈條・與齒皮帶傳動機構	729
6-4 強力扣接牽引機構：皮帶・與滾子三角鏈傳動機構	739

名詞對照

第一章 基 礎

1-1 機械元件觀念

機械元件一般包括機械、與器具工程之元件。元件在不同裝置上常具相同或相似任務，故常以相同或相似形狀出現。依所執行任務，而有個別結構元件（“元件”原意如鉚釘、銷、螺栓、心軸、彈簧、柄、手輪、搖手柄、扣圈、開尾銷等等），或者，常有的情況，結構組件，係由兩或多數個別件組合作用，形成一單元（螺釘-螺帽、楔口接合、滑環、導軌、接頭、軸承、聯結器、聯動裝置、閥、滑件、旋塞等等）。

許多結構元件，尤其是個別元件，由多年來的構造演變與改良，目前已成最能滿足要求的標準形狀，設計者僅需要決定其型式尺寸便可。其他大部分結構元件之組合與應用，則須由所有可能性找出最佳者，而設計之。機械工程教育之機械元件設計課程，非但提供初步的設計，實際上且是傑出工程師的基礎。

1-2 機械元件設計

設計者，對一工程產品（儀器、器具、工具、裝備、裝置、或僅是一組結構或一構件）預先要有創造性和完美性的考慮，而且要有導致實現的所有合適資料——顧及當前的技術狀況。最初先有或多或少要求的構想或任務，欲滿足這些要求，一般有許多原則上的解決方法。選擇一種方法與獲得所有已知有用的合適資料，是機械設計的第一步。機械設計的下一步驟或已並行的第二步驟，乃包括工程產品的最終形狀與實際完成所需資料，如設計圖與表格。

機械設計結果有很多而且高度的要求，預先針對可滿足要求的達成性研判；有些要求常相抵觸，因而無法全部滿足，但每種解決方法，均可得到一協調。KESSELRING 將要求分爲兩類，相當於“價值觀念”，所謂純工程觀點（工程價值）與經濟觀念（經濟價值），作爲產品成本的標準。兩類密切關聯，相互影響。工程要求過高，只是提高成本而已；但以改良的製造法，應用合適設備與材料，或其他合理方式，卻可使成本顯著降低，而且增加工程之可實現性。通常，任務確定，工程要求亦已確定（參閱第 1-5 節）。

機械設計途徑不同：熟練、經驗豐富設計師偏愛直覺設計，設計生手與正在學習者常把計算估價過高，最實在的，但常是耗費時的方式，係做成模型或同尺寸的構件，而試驗之。最後之方式與收集經驗同意，確定可行與不可行性，是目前發展、變更、改良與結果的決定依據。

依直覺從事設計，設計者須具備豐富的經驗或特殊的天分。計算困難多半與未定的假設有關係，即使將假設大大地簡化，計算仍然複雜且煩，因而成本與結果不成比例；尤其是僅由計算來決定尺寸的情況。較簡單而值得推荐的方法是先設計再驗算；通常設計與計算同時進行。

解決一特定設計任務前，仔細研讀該領域已有的資料，跟隨其開發過程，瞭解目前技術狀況，並利用別人已有的經驗。機械元件領域中，已有充裕，完善的結構，對於正在學習者而言，重要任務在於仔細研判，爲何個別件如此被造成，所選的結構型式又如何滿足所定的要求。直接假設，瞭解各元件作何用，如何解決另外（較大）的任務，必要時，應用演變或改良型式，如此，非常有益的將來的設計工作。

1-3 首要條件(概要)

機械設計中，安全性與經濟性最爲重要。安全問題與運轉（防止故障）有關，又與操作、維護（工作安全、防止意外）有關。經濟性是儘可能以最少成本達到最大效果。欲滿足這些主要要求而得成功的設計，則需不同領域之廣泛知識與能力。下列若干特殊者：

1. 製圖：繪圖與表達能力。繪圖是工程師最重要的表達方式，圖示最重要的製造資料，亦供估計、銷售以及於使用場所之裝置，運轉的良好依據。完備的製圖亦含開發構想。製造設計圖上，設計者須將所有

構件，儀器與器具標出精確的造形，外表，作用與其製造方法。

有關繪圖技巧，可參考之文獻頗多。

2. 標準化：一再出現的任務，無需重新解決時，便要有標準化。標準化是所有致力合理化的要素，對於結構元件相當重要，將於第1-4節詳細討論。

3. 應用力學：此觀念包含廣泛，包括傳統力學，又包括“機械的”，即機器及其作用。一方面涉及力的理論與作用，靜力學定律、摩擦、純時間-幾何運動關係（運動學）以及力作用下之運動過程（動力學），另方面是傳動機構的建立。此點對一結構而言，包含任務的所有條件，將於第1-5節有關功用或條件的設計中詳細討論。

4. 材料力學：目的是求構件中所引起之應力與應變的尺寸（尺寸確定；第1-6節）；提供形狀值，如斷面、轉動慣量與抵抗力矩。

5. 材料學：選擇合適材料則要有材料特性知識，尤其是充分保證安全的極限值。最重要的是動力負荷或於極端溫度領域的材料性質。設計強度計算包含構件形狀因素。經濟的材料應用，可得輕便結構。

一構件之重量與成本，在簡單情況下，可用公式表示；P. DUFFING 和 F. GÖTZE 列出的公式常含三組因子，相當於上述第3，4與5點，亦是條件，形狀與材料。減少或放寬條件則導致有關條件的輕便結構；應用輕便構形導致有關形狀的輕便結構，選擇輕便材料則得有關材料的輕便結構（較堅固的材料＝鋼製輕便結構；較輕材料＝輕金屬製輕便結構）。

6. 製造方法：設計與造形須常顧及製造可能性。第1-8節示各種製造方法最重要的規範。

7. 外觀：工程產品不僅滿足要求，亦應美觀。兩觀點可加以結合，但美觀的判斷與感覺，以及個人觀點，天分極有關係。

1-4 標準化

1-4-1 標準化

標準化依DIN 820，規格1（標準化工作，基本觀念），是一有

計畫，由各感興趣範圍內的參與者，基於公益原則，而達統一化的工作。
。將科學、工程、經濟與管理，致力達合理的次序與合理的工作。

KIENZLE 謂標準乃由特定人羣所熟知的固定方式，以解決重複性的任務。

標準化起初由個別企業分別制度，直至1917年5月18日才由VDI成立“一般機械構件標準協會”，於1917年12月22日演變為“德國工業標準協會”。（從此以簡號DIN表示，即德國工業標準。）不久標準化工作超出了工業範圍，於1926年更改為“德國標準協會（DNA）”。由其所設定，以標準規格形式出現的“德國標準（DIN - 標準）”，就是“德國標準工作”。其他國家亦有相似的國家標準機構。國際性標準化，則在1926年成立“ISA”（國家標準協會國際聯盟）

。於1946年10月演變成“ISO”（國際標準協會），常設秘書處於日內瓦執行工作。德國標準協會於1951年成為ISO的會員。

標準內容包括：

統一：觀念、標記、名稱、符號、單位、公式符號等等。

分類：分成特定種類，組或級。

分級：將一定產品依種類、形狀、尺寸或其他共同特徵分成各型（昔謂型化）。

設計：裝備與產品之設計、計算、結構、製造與功用基礎。

構造：工程物件或其部分構件之觀點與詳細資料。

產品之尺寸（尺寸標準）。

材料：性質、區分與應用。

品質保證與檢驗方法，供驗證材料或工程產品的保險，期望性質。

製造施工法或產品之處理。

交貨與服務的統一化。

有關人命、健康與產品實在價值的保證：安全規定。

依其適用範圍區分為一般標準，適用於公眾生命有關的許多領域內，即基本的意義；以及專業標準，適用於特定範圍。但於專業範圍內，亦有一般標準，係專業一般標準，例吾人感興趣的“工程一般標準”。

關於結構元件，值得推荐的文獻是M. KLEIN 所著“DIN - 標準

”。該書各節示出有關的標準規格號碼，對於一些工程一般標準，則詳細討論其標準數，標準尺寸，表面特性符號與等級、公差與配合。蓋其對結構設計相當重要，且標準化優點特別顯著：

適當分級後，大數目之構件便可大量生產，製造便宜，並減少機器零件，工具與量規的儲存；在互換裝配原則下，可省略組合時的各別重造，零件亦可迅速更換；產品供應時間縮短，訂購簡化，設計公司之製圖工作減少。

標準化工作由專業標準協會負責，其會員由廠家、使用者與消費者、官員、科學與商場等有關的專業人員組成；一標準至公佈時，包括一連串的工作程序，即標準建議，標準初型與標準草案，呈給公眾評論，以便確保該標準在公佈的當時，是最佳的制定。工程日新月異，一段時間後，應再核對，修正；如修正過多時，則要重新頒佈。

人人均可使用標準，完全是自願的，即不勉強。官方有義務加以闡釋。

標準規格之蒐集，可依次序的 DIN - 號碼或者專業範圍整理，對於後一系統，最好按十進位分類法。

1-4-2 標準數，標準尺寸

物理以及工程上的“大小”，如長度、面、空間大小、重量、力、扭矩、彎曲力矩、壓力、溫度、轉速、速度、加速度、功率、功、應力等，皆由數值與單位組成。（例綫段、長度、可寫成 $l = 250 \text{ mm}$ 。）由無限的數值選出若干特定值用於工程上，則是一大經濟優點；如此，場所雖然不同，但總是應用該若干特定值。許多實際情況，尤其分級與分型的任務中，應用幾何級數及其“自然而非強制的數值次序”；優點更多；其級距 φ ，即該項與前項之比值，總是常數。（相加性之問題，例如盒裝、軸承與包裝任務中，採用算術級數。）

DIN 323，規格 1 之標準數（表 1-1）係十進位的幾何級數，其十乘冪定為 1，10，100 等，兩者間分成 n 級。十進領域中，一般將有 n 項之級數寫作 R_n ；故 $n = 10$ 時，其基本級數為 R_{10} （第 2 行，介級 1 與 10 間），級距 $\varphi_{10} = \sqrt[10]{10} = 1.25$ 基本級數 R_{20} 中，級區

分則較細，故 $\varphi_{20} = \sqrt[20]{10} = 1.12$ ；逐次類推，基本級數 R 40 時，其 $\varphi_{40} = \sqrt[40]{10} = 1.06$ 。在 R 10 級數中，逐次跳過一項，便得基本級數 R 5， $\varphi_5 = \sqrt[5]{10} = 1.6$ 。第 1 至 4 行的“主值”與“精確值”相差僅很小，後者由常用對數之定值部分（尾數）算得。

級數 R 10 容易由“一位數常數表”寫成（NZ = 標準數）：

NZ	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10
lg NZ	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0



圖 1-1 Aristo - 標準數尺

實際應用上，Aristo - 標準數尺很適用（圖 1-1）。

標準數超過 10 時，由 1 至 10 的標準數乘以 10, 100 等，低於 1 的標準數則乘以 0.1, 0.01 等。

實際上許多情況中，主值採用圓整值，即將主值加以圓整而得，如此則較合適；特別以註腳 a 表示： $R_a 5$ ， $R_a 10$ 與 $R_a 20$ 。應用 DIN 3（1955 年 2 月）的標準尺寸（表 1-2），其尺寸以 mm 為單位，可限制任意尺寸的應用；尤其適於結構的長度尺寸。

標準級數之界限表示，附加小括弧表示之；例如

R 10（125...）級數 R 10，首項為 125，

R 20（... 450）級數 R 20，末項為 450，

R 40（75...300）級數 R 40，首項為 75，末項 300。

除了基本級數外，導得級數於實際應用上亦很重要，係源自基本級數，但只用第 2, 3 或 4, ... 項。表示法則將數字 2, 3 或 4, ... 置於一斜綫後面。更詳細時，至少必須示出一項（於小括弧內）：

R 10/2（0.25...）包含 1, 10 等，即相等於 R 5（0.25...）；

但 10/2（0.2...）不包含 1, 10 等（即無法以基本級數 R 5 表

表 1-1 DIN 323 之標準數 (1952 年 2 月)

主 值				對數 尾數	接近值
基本級數					
R 5	R 10	R 20	R 40		
1.00	1.00	1.00	1.00	000	$\pi^2; \pi/32; g$
			1.06	025	
		1.12	1.12	050	
			1.18	075	
		1.25	1.25	100	
			1.32	125	$\sqrt[3]{2}$
		1.40	1.40	150	
			1.50	175	
		1.60	1.60	200	
			1.70	225	
1.60	1.60	1.80	1.80	250	$\sqrt{2}$
			1.90	275	
		2.00	2.00	300	
			2.12	325	
		2.24	2.24	350	
			2.36	375	$\pi/16$
		2.50	2.50	400	
			2.65	425	
		2.80	2.80	450	
			3.00	475	
2.50	2.50	3.15	3.15	500	π
			3.35	525	
		3.55	3.55	550	
			3.75	575	
		4.00	4.00	600	
4.00	4.00		4.25	625	$\pi/64$
		4.50	4.50	650	
			4.75	675	
		5.00	5.00	700	
			5.30	725	
		5.60	5.60	750	2π
			6.00	775	
		6.30	6.30	800	
			6.70	825	
		7.10	7.10	850	
6.30	6.30		7.50	875	$\pi/4$
		8.00	8.00	900	
			8.50	925	
		9.00	9.00	950	
			9.50	975	

表 1-2 DIN 3 (1955 年 2 月) 最重要, 特定的標準尺寸,
單位 mm; 摘錄 *

0.1	1	10	100
	1.1	11	110
0.12	1.2	12	125
	1.4	14	140
	1.6	16	160
	1.8	18	180
0.2	2	20	200
	2.2	22	220
0.25	2.5	25	250
	2.8	28	280
0.3	3.2	32	320
	3.5	36	360
0.4	4	40	400
	4.5	45	450
0.5	5	50	500
	5.5	56	560
0.6	6	63	630
	7	71	710
0.8	8	80	800
	9	90	900

*標準規格 DIN 3 中, 除此 70 個尺寸外, 其間尚有 87 個尺寸
(圓整尺寸)。

示)。

求得級距	1.06	1.12	1.18	1.25	1.4	1.6	2	2.5	4
所依據之級數 (粗體者是基本級數)	R40	R40/2 R20	R40/3	R40/4 R20/2 R10	R40/6 R20/3	R40/8 R20/4 R10/2 R5	R40/12 R20/6 R10/3	R40/16 R20/8 R10/4 R 5/2	R40/24 R20/12 R10/6 R 5/3

以 φ_n 當基本級數 Rn 的級距，則導得級數 Rn/x 之級距為 $\varphi_x = \varphi_n^x$ ；此式亦適於負的 x 值，表示遞減級數。 $x = 1$ 得遞增基本級數， $x = -1$ 得遞減基本級數。

應用標準數級數於工程產品之分級，一般言之，具大級距（粗分級）的級數比小級距者（細分級），較常用。如此對每一尺寸件數之增加，製造時所需設備，工具與量規則較少，儲存問題亦可減小。但亦有些情況，粗分級不經濟，例高貴儀器，貴重材料或運轉成本與尺寸極有關係的機器。

應用標準數作設計圖上的尺寸（至少是主要尺寸），很具優點，倘若原型（原始設計）的尺寸選用標準數時，以一 NZ 級數之級距作幾何放大或縮小時，又是標準數，依相似力學定律之幾何的，靜力與動的特性尺寸同樣是標準數。原因在於標準數的積與商，以及整數乘方（有時分數乘方亦是）仍是標準數。

各種型尺寸，負荷相同（假設材料相同），以及轉動機器部分，圓周速度相同（或速度相同的一般擺動）的條件下，若長度依級距 $\varphi_L = \varphi$ 之級數 Rn/x 分級時，對於導得各值，可得下列之級距與級數：

角加速度	φ^{-2}	$Rn/-2x$
轉速、角速度、加速度	φ^{-1}	$Rn/-x$
應力、速度、壓力	φ^0	常數
長度、時間	φ	Rn/x
面積、力、功率	φ^2	$Rn/2x$
體積、質量、扭矩、抵抗力矩、功、能量	φ^3	$Rn/3x$
面積慣性力矩	φ^4	$Rn/4x$
質量慣性力矩	φ^5	$Rn/5x$

故對於上述各值，欲建立幾何相似型時，只需示出或算出一值，然後馬上可以記下級數。

以標準數的數值計算很簡單，利用常用對數（例於 $R10$ 級數，用一位的對數表）。

例題：圓料之型級數，軸

特性尺寸		NZ-級數		型級數				
直	徑	d [mm]	R10/2(20...)	20	31.5	50	80	125 200
斷面 ¹ 赤道面積慣性力矩 ² 赤道抵抗力矩 ³ $\sigma_{bzul} = 500 \text{ kp/cm}^2$ 時可承受的彎曲力矩 ⁴ 極抵抗力矩 ⁵ $\tau_{zul} = 125 \text{ kp/cm}^2$ 時可承受的轉動力矩 ⁶		A [cm ²]	R10/4(3.15...)	3.15	8	20	50	125 315
		I_b [cm ⁴]	R10/8(0.8...)	0.8	5	31.5	200	1250 8000
		W_b [cm ³]	R10/6(0.8...)	0.8	3.15	12.5	50	200 800
		M_b [mkp]	R10/6(4...)	4	16	63	250	1000 4000
		W_t [cm ³]	R10/6(1.6...)	1.6	6.3	25	100	400 1600
		M_t [mkp]	R10/6(2...)	2	8	31.5	125	500 2000

$$^1 A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$^2 I_b = \frac{\pi d^4}{64} \approx \frac{3.15d^4}{63}$$

$$^3 W_b = \frac{\pi d^3}{32} \approx \frac{d^3}{10}$$

$$^5 W_t = \frac{\pi d^3}{16} \approx \frac{d^3}{5}$$

$$^6 M_t = \tau_{zul} W_t$$

$$^4 M_b = \sigma_{bzul} W_b$$

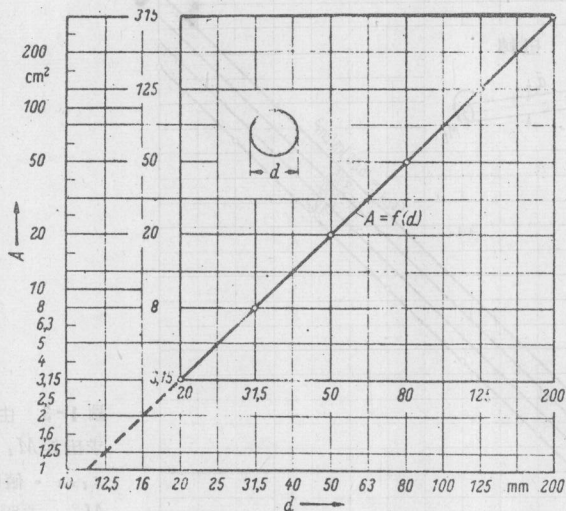


圖 1-2 斷面A與直徑d之關係

例題 (Z = 分子) :

當 $d = 5 \text{ cm}$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.15 \times 5^2}{4} \text{ cm}^2$$

$$\lg 3.15 = 0.5$$

$$+ 2\lg 5 = 1.4$$

$$\lg Z = 1.9$$

$$- \lg 4 = 0.6$$

$$\lg A = 1.3$$

$$A = 2.0 \text{ cm}^2$$

當 $d = 2 \text{ cm}$

$$I_b = \frac{\pi d^4}{64} \approx \frac{3.15 d^4}{63}$$

$$\lg 3.15 = 0.5$$

$$+ 4\lg 2 = 1.2$$

$$\lg Z = 1.7 = 2.7 - 1$$

$$- \lg 63 = 1.8$$

$$\lg I_b = 0.9 - 1$$

$$I_b = 0.8 \text{ cm}^4$$

將幂函數繪於雙對數紙上恰是一直線，斜率為其指數；如果乘以一常數，則是把該直線平行移動。將綫性的，均勻區分的座標軸標以標準數級數之數值，便是對數的區分座標！比例（十個一組的長度單位）可任意，縱・與橫軸上的比例可不同。

若干簡單例子於圖 1-2 至 1-4；倘若選用的參數，依照標準數級數區分時，對三個或多個變數而言，可得明顯等距平行綫構成的網狀表

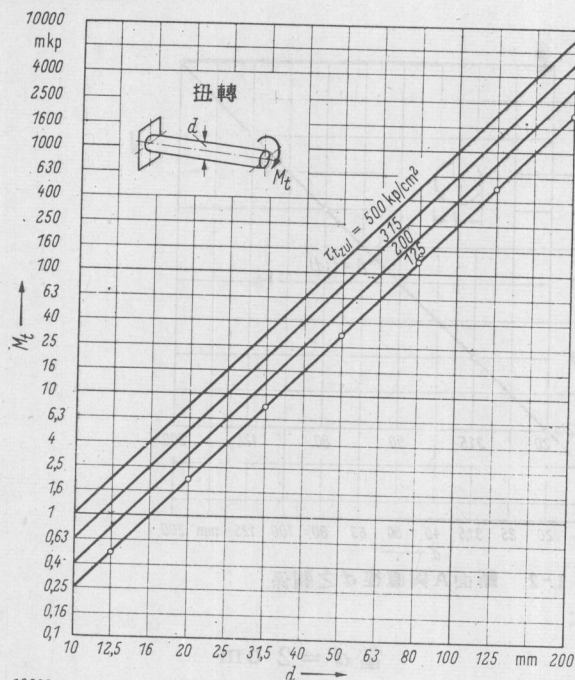


圖 1-3 由已知直徑 d 求扭矩 M_t ；或由不同 $\tau_{t,zul}$ 值的已知扭矩 M_t ，求所需直徑 d 。

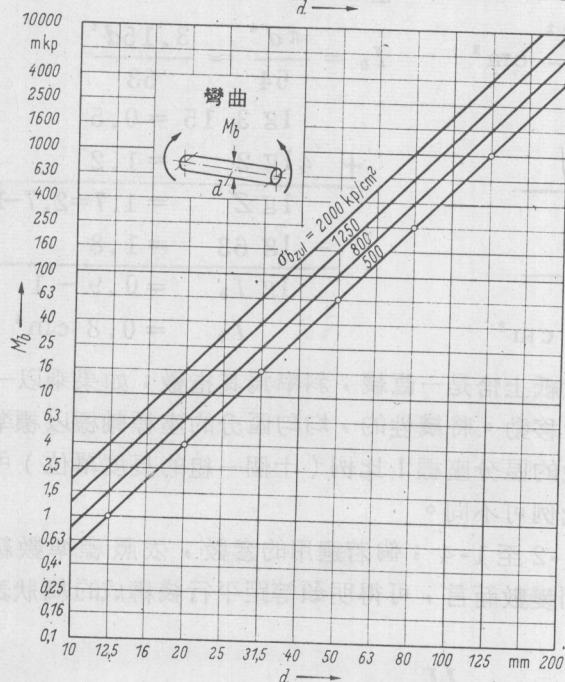


圖 1-4 由已知直徑 d 求可承受彎曲力矩 M_b ；或由不同 $\sigma_{b,zul}$ 值的已知彎曲力矩 M_b ，求所需直徑 d 。