第一章 油封簡介

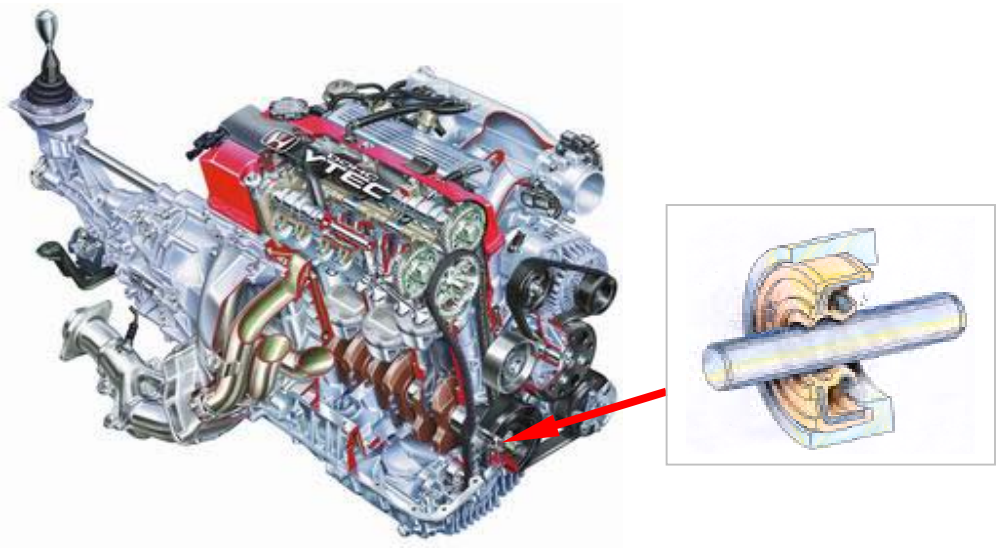
1.1 前言

唇型油封(Lip Seal)為接觸式油封之一種，它和其他傳動元件諸如軸承、齒輪…等一樣，在機器設備操作運轉時，同樣需要建立一層油膜，藉此降低油封唇部與軸部間的磨耗與接觸摩擦力，使油封得以保持最佳的密封能力及較長的使用壽命。為了達到上述這些目的，並充分的發揮油封的功能，我們將針對常用唇型油封的特性與應用一一介紹。

1.2 油封簡介

油封主要用於防止液體(潤滑油)從其旋轉軸及油封箱(Housing)洩漏，並且也防止灰塵及泥土從外界污染至油箱內，而影響到整個傳動機構的壽命，油封裝配示意如圖所示。早期旋轉軸油封的唇部材料是用皮革製作的。第二次世界大戰後橡膠製作的旋轉軸油封使用量逐漸增加，特別是近 20 年來，由於機械、車輛、航空等工業高速發展，對旋轉軸唇形油封提出耐高溫、耐高壓、適應高轉速且長壽命等一系列苛刻的要求，促使工程師對旋轉軸唇形油封使用材料、結構、性能試驗、質量控制，以及密封機構等方面作深入的研究。

*油封裝配圖



1.3 旋轉軸唇形油封特徵

旋轉軸唇形油封特徵：

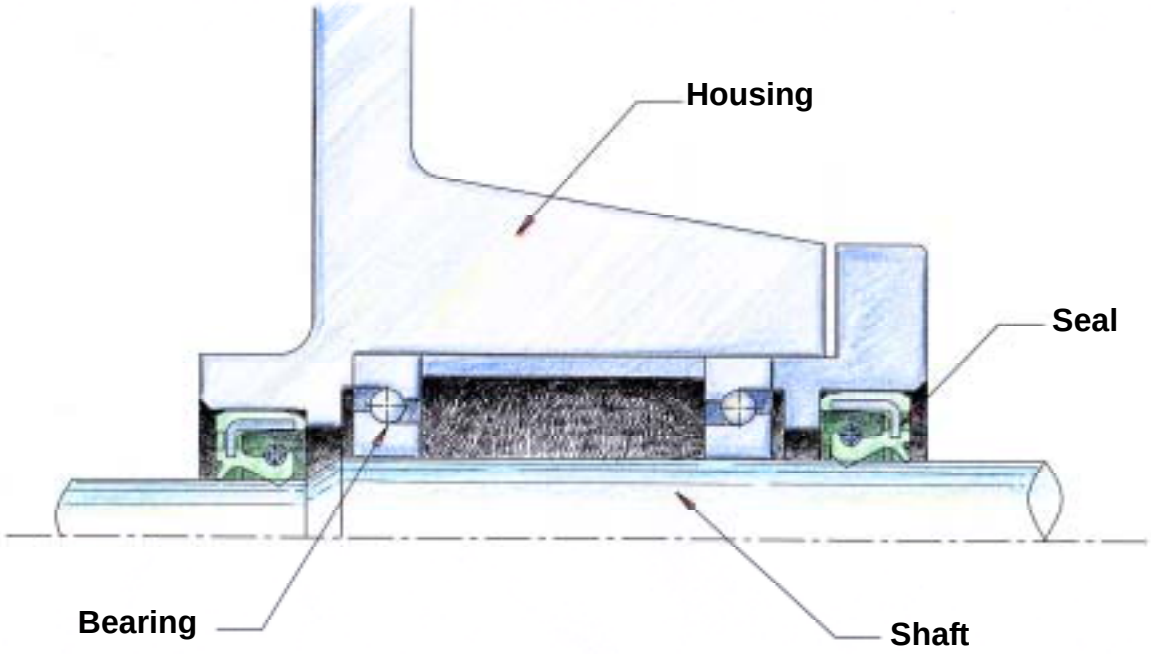
(1)防止軸承潤滑油脂洩漏，及防水與泥土。

(2)轉矩小、密封性佳。

(3)能適應較高轉速與偏置量。

(4)結構簡單，裝拆方便。

(5) 可適應不同使用環境。



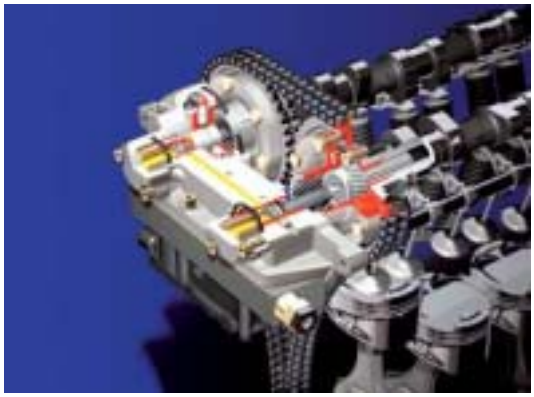
一般油封裝配示意圖

1.4 使用密封元件場合

油封一般適用於：工作母機（車床、鉋床、銑床…）、工程機械（挖土機、堆土機、壓路機…）、交通工具（汽車、機車…）、輸送設備（輸送帶、吊車…）、化工機械（泵，壓縮機…）、農業機械（耕耘機、收割機…）、其它（泵，水龍頭，洗衣機…）…等，透過傳動桿傳遞功率發揮其功能與目的並藉由軸承來固定降低震動減少傳動損失，此外還須系統內部之潤滑油來降低機件間相對運動所產生磨擦與磨耗以及冷卻傳動系統溫度所以油封的作用在整個傳動系統上是一個不可缺少的構件。

旋轉軸唇型油封使用密封元件的部位有：

1.動力系統



2.工、礦、農業生產

3.海、空及國防運輸

4.化工、水、電力系統

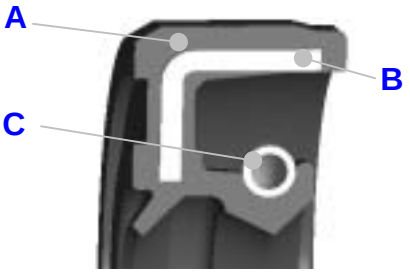
5.3C 產業

6.一級方程式賽車

1.5 油封密封各部位作用

旋轉軸唇型油封密封功能主要可分為靜態密封與動態密封，其基本組成如圖所示。靜態密封指的是油封外徑與油封箱之間所產生的嵌入力(Press-fit)因而形成密封作用阻止液體洩漏，動態密封指的是旋轉軸與油封內徑(唇部)產生的徑向力(Radial Force)來達成阻止液體洩漏。

油封的構造組成如下列：

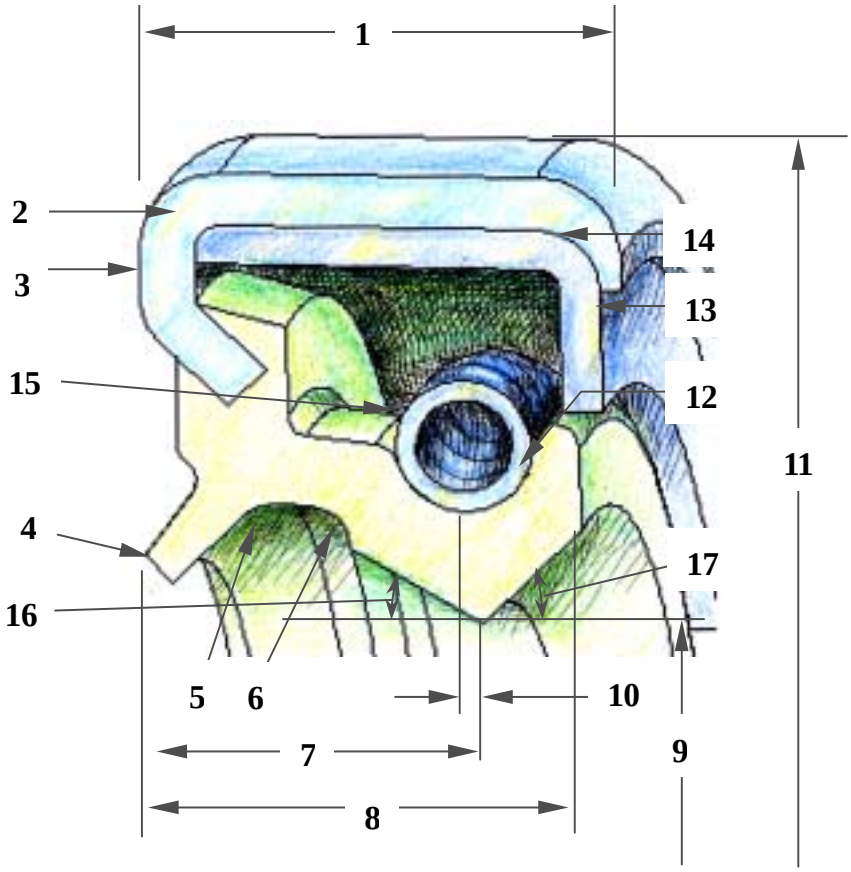


(A)橡膠本體：主要由合成橡膠形成環圈狀，油封唇部接觸軸部位依角度幾何形狀而產生壓力分佈，形成對軸產生密封功能。

(B)金屬環：油封之骨架，可增加油封剛性與密封性，並且可以使油封正確的嵌合於油箱內。

(C)拉伸彈簧(Garter spring)：提供油封唇部一定迫緊力及延長油封壽命，並依軸的轉速及軸的偏心選用適當彈簧力。

1.6 結構說明:



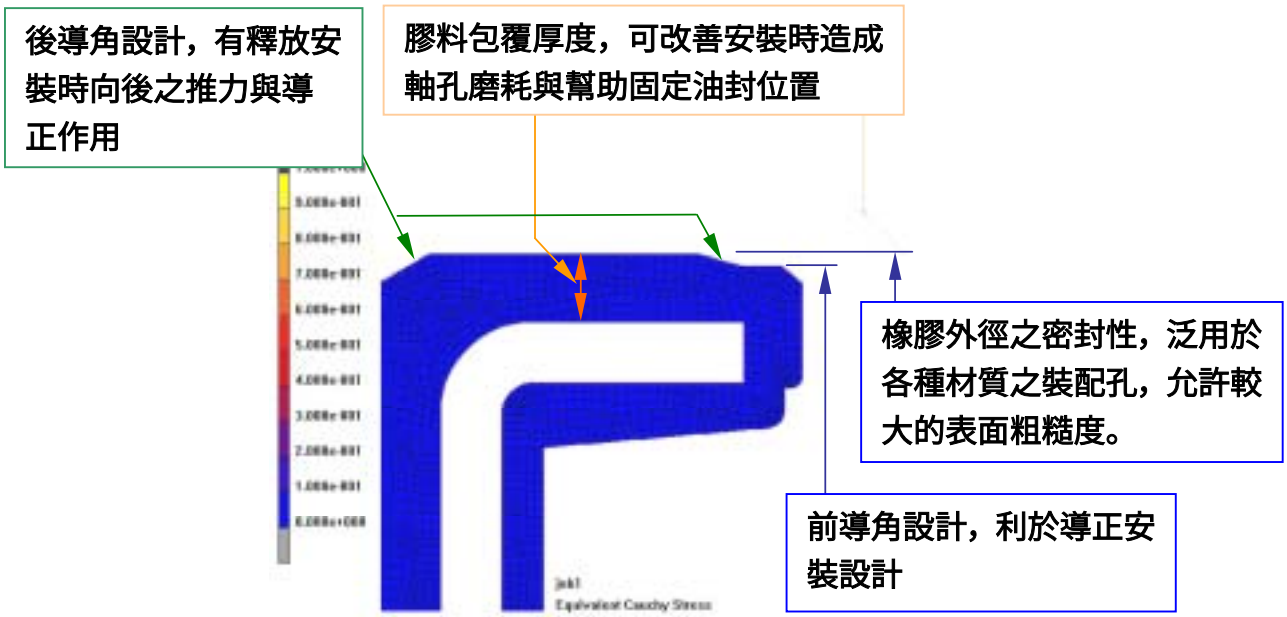
1. 油封高度 Seal Width
2. 外鐵殼 Outer Case
3. 鐵殼外側面部 Outside Face
4. 除塵唇 Dust Lip
5. 底部 Heel Section
6. 橈曲部 Flex Section
7. 密封唇距 Contact Line Height
8. 唇長 Lip Height
9. 內徑尺寸 Seal Inner Diameter
10. R 值 Spring Postion
11. 外徑尺寸 Seal Outer Diameter
12. 彈簧溝 Spring Groove
13. 鐵殼內側面部 Inside Face
14. 鐵殼 Inner Case
15. 彈簧 Garter Spring
16. 空氣側角度 Outside Lip Angle
17. 油側角度 Inside Lip Angle

第二章 油封密封原理

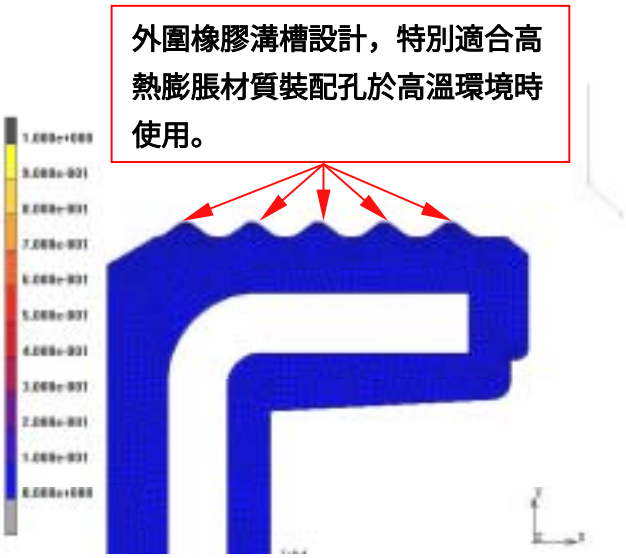
2.1 油封外徑靜態密封

外徑靜態密封是由油封外徑與油封箱接觸面積產生干涉而達到密封效能，但因操作環境的不同，個別有各種接觸面積形態的產生，目前主要有四種型式：C 型、G 型、B 型、A 型。如<圖 2-1>所示，各型功能與通用場合如下所述：

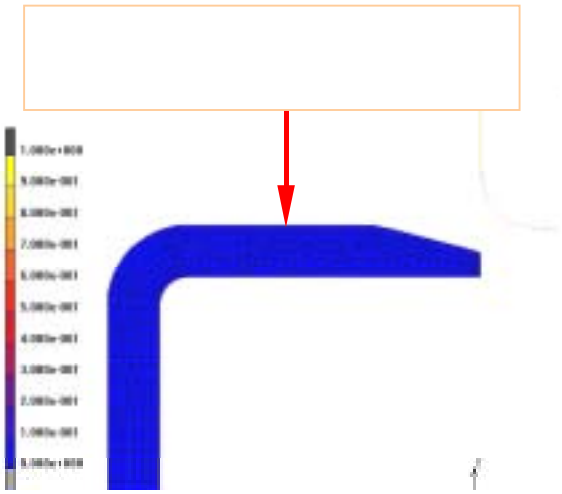
(1) C 型：



(2) G 型：



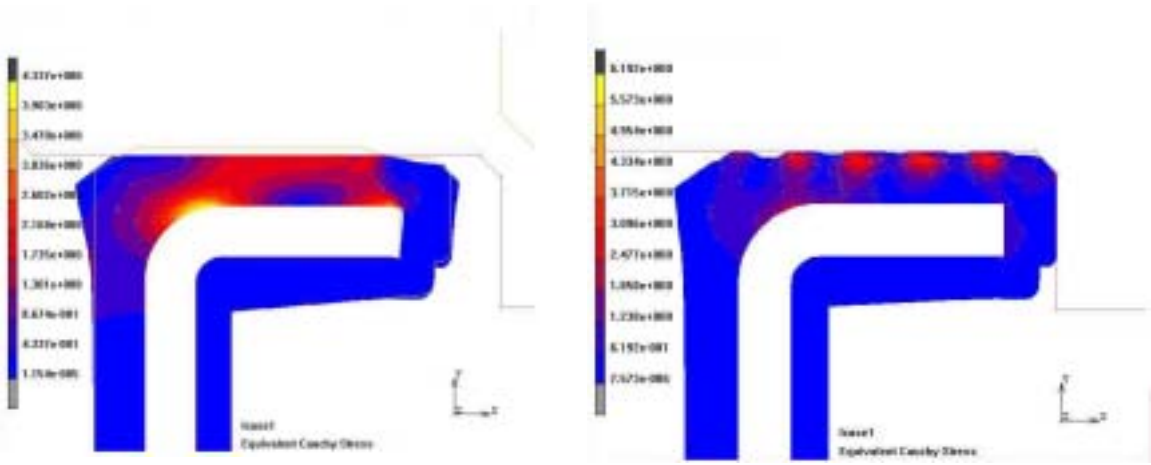
(3) B 型：



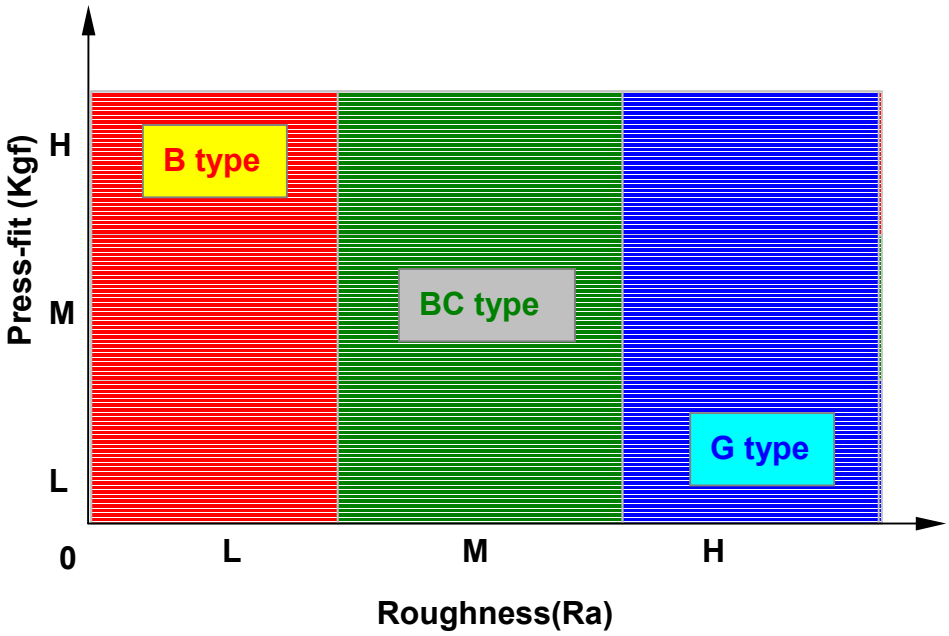
(4) A 型：與 B 型功能相同，增加一支撐環，加強油封外徑剛性，特別使用在油封外徑超過 150 ㎜ 以上。<圖 2-1>四種不同外徑形式設計

(5)不同外徑外徑密封設計與油封箱干涉接觸密封效能之比較

主要 G 型設計中有需多溝槽可以有效消除應力集中現象可發揮密封效果，因此 G 型設計常用於高膨脹係數材質的軸孔中，如<圖 2-2>所示。



<圖 2-2>比較在相同軸孔中安裝 C 型與 G 型設計之力量分佈現象



<圖 2-3>為不同外徑形式設計對軸表面粗糙度要求與安裝力量(Press-fit)分佈

Type	Press-fit(kgf)	Roughness(Ra)	Thermal expansion
B	O	O	Θ
BC	Δ	Δ	Δ
G	Θ	Θ	O

Low: Θ　Middle: Δ　High: O

<表 2-1>為比較不同外徑形式對各種安裝環境之需求程度

<圖 2-4>為影響安裝力(Press-fit)的主要因素

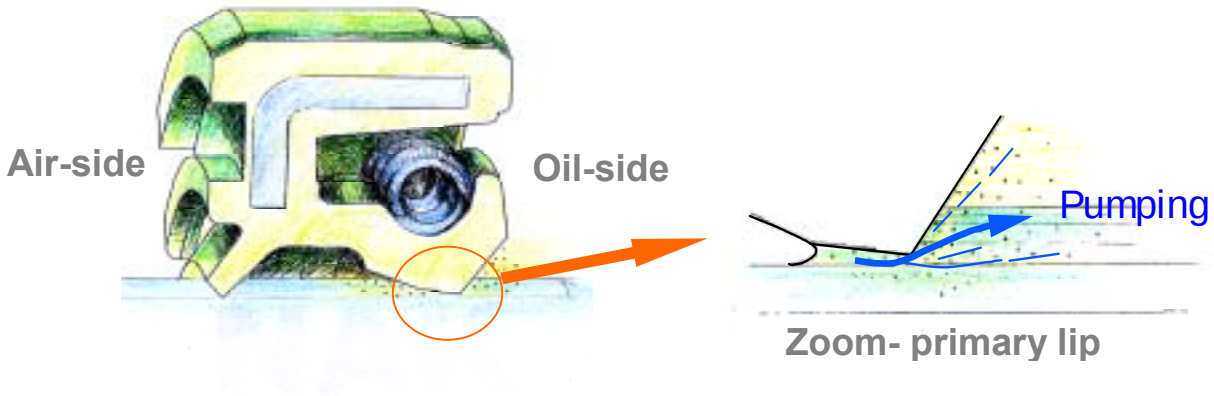
2.2 油封動態密封原理

油封的密封作用，都是密封唇與軸直接接觸，在油側和空氣側間形成一層油膜，阻止油的洩漏。

關於旋轉軸唇型密封產生密封的邊界潤滑理論，主要是旋轉軸唇型油封裝配使用時，唇尖受徑向力的作用與軸接觸，會產生輕微的變形。當軸旋轉時，變形部份會快速變成與軸接觸區。

密封唇部若出現較厚油膜，則會產生軸向流動而洩漏。因此，要達到理想的密封，在密封的唇和軸之間必須有一層薄而穩定的油膜，其兼具密封及潤滑作用，假使這油膜遭到破壞，便會導致密封失效。如<圖 2-5>

當軸轉動時油封唇部與軸接觸將會有切線剪壓力(Tangential Shear Stress)產生，此磨合軌跡將會使潤滑油滲入而形成無數微小紋路(Microasperities)，將會使潤滑油由空氣側推向油側。



<圖2-5>封唇下形成的油膜示意圖

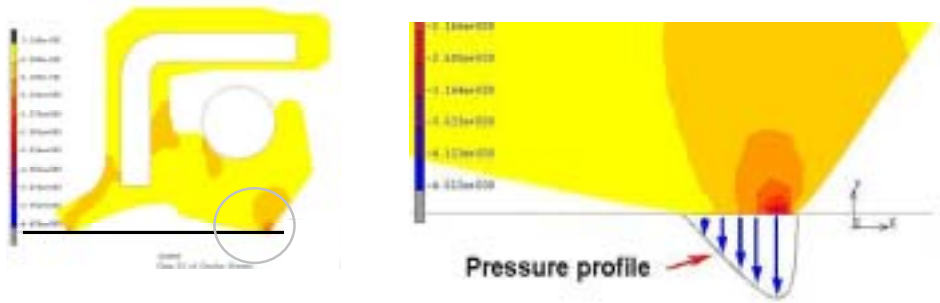
現在一般認為，在油封唇和軸的接觸表面上既有邊界潤滑（Boundary Lubrication）、混合潤滑（Mixed film Lubrication）和流體潤滑（Fluid Film Lubrication），三者不斷交替變動，如<圖 2-6>所示。所以，即使是性能很好的密封也仍然存在著磨損和微量的洩漏。因此，探討破壞邊界潤滑的因素，並在油封的材料選擇和結構設計、軸的加工及使用等方面控制這些因素，因而提高密封的工作性能和使用壽命，則是密封研究工作者努力的目標。

(a) 流體潤滑　　(b) 混合潤滑　　(c) 邊界潤滑

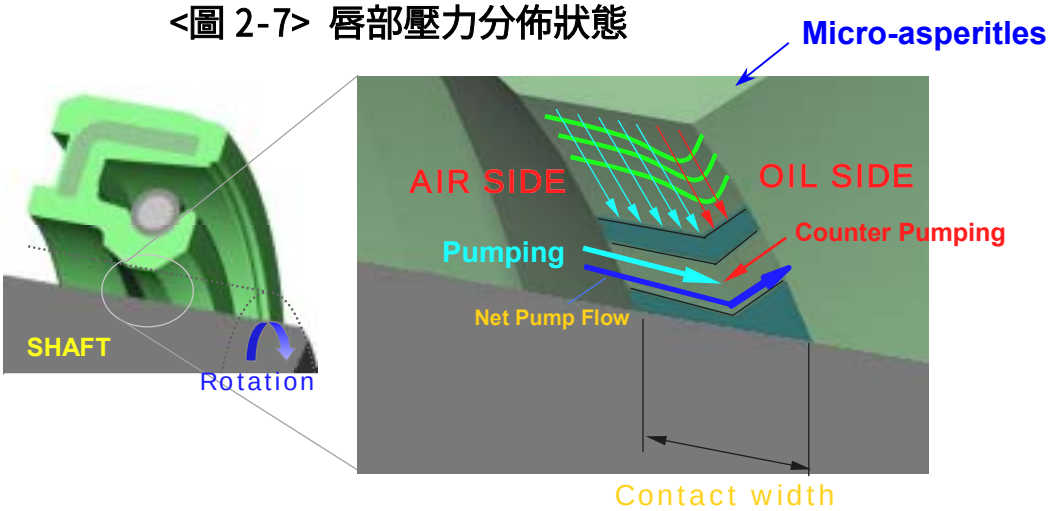
<圖2-6>潤滑方式（Lubrication Regimes）(a)相互運動之表面為潤滑油膜所分開。(b)相互運動之表面有少許凸點部分接觸。(c)相互運動之表面為潤滑油膜分子層。

2.2.1 潤滑理論

油封密封流體的性質主要在於唇部力量的分佈狀態，其壓力分佈如<圖 2-7>。陡峭的應力集中分佈於油側，形成一道有效的防護牆阻擋密封流體入侵，此外，在油封磨合過程於唇間會產生十分細微的紋路(Micro-asperitles)造成 PUMPING 效應如<圖 2-8>所示。



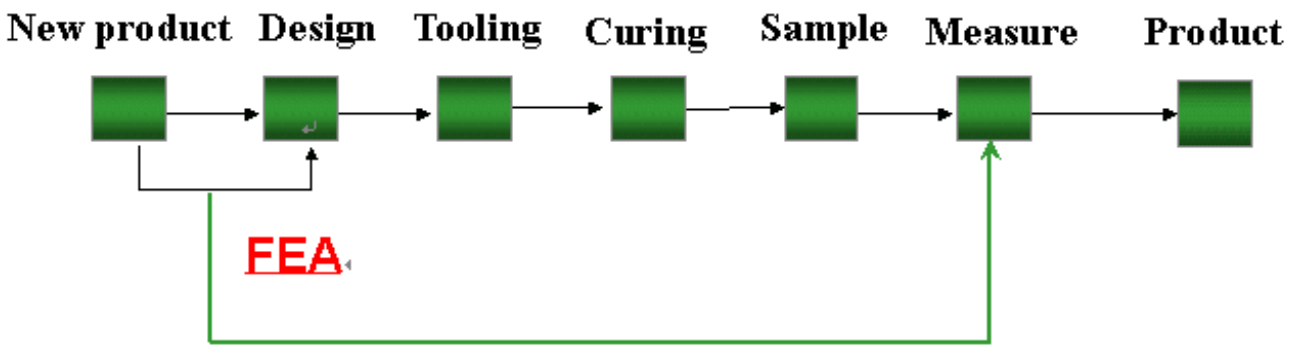
<圖 2-7> 唇部壓力分佈狀態



<圖 2-8> 唇部微小細紋與 PUMPING

2.2.2 CAE 分析

FEA(Finite element analysis)有限元素分析法是一種可以模擬油封產品性質的方法，改善封產品的性能與設計，可於產品未製造前預先了解產品幾何與材質特性評估等。如<圖 2-9>



<圖 2-9>有限元素分析流程及效益

這方法大幅度的縮短了產品開發的時間與測試成本以及過去常被用於嘗試錯誤的開發過程。

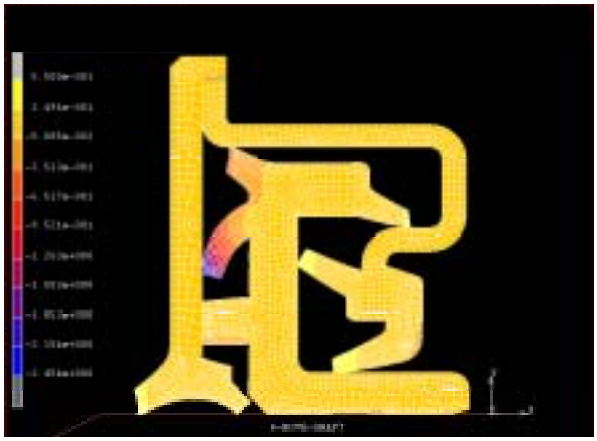
FEA 幫助設計者更了解影響油封設計上的各種元素，更重要的是 FEA 可使用各種材料來模擬產品特徵，原因是它有許多材質的資料庫，這些資料庫是經過許多測試與累積經驗才能夠有效的提供適合需要的材料常數的曲線。

在FEA中油封接觸力、受力分佈和應力的輪廓在設計時就會將這些重要的因子考慮再內。同時我們亦可由時間和溫度的關係，對於的專有材料在若干環境下完成全面評價。在新產品開發中我們成功的運用 FEA 有效的減少開發流程與成本。

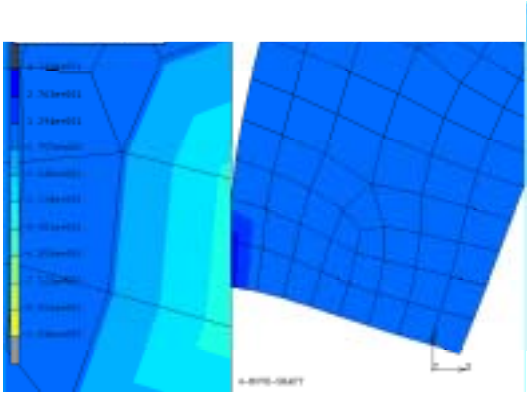
各種的設計參數如:油封的幾何形狀、干涉值、各種不同的壓縮與模型的在設計等，

例如：AP 油封是一種被應用於非常惡劣的使用環境的產品，藉由 FEA 模擬油封在軸向運動下仍能有效的阻絕泥土與污水的唇型設計。

污水的唇型設計。 <圖 2-10、圖 2-11>



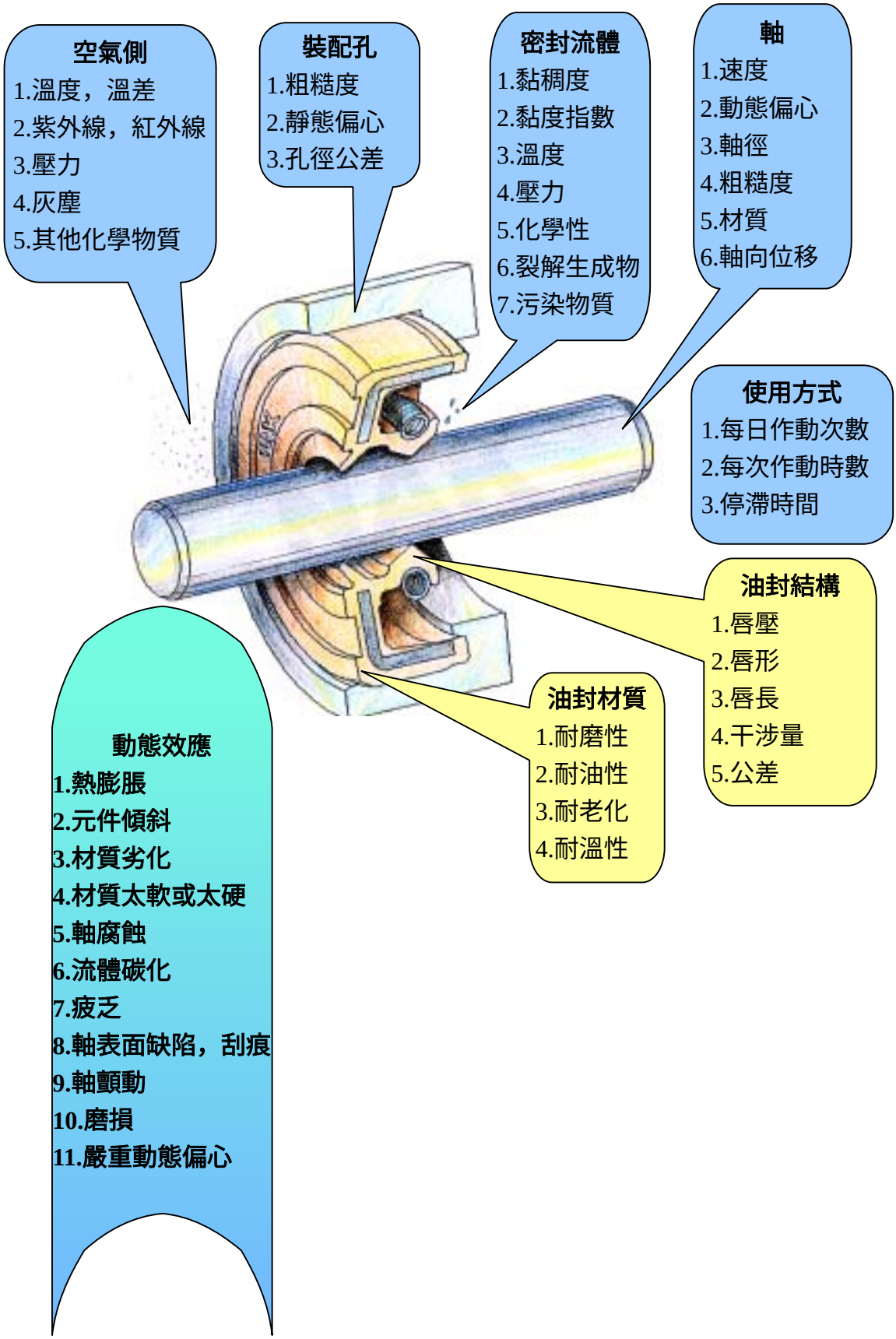
<圖 2-10>FEA 模型



<圖 2-11>唇部應力局部放大圖

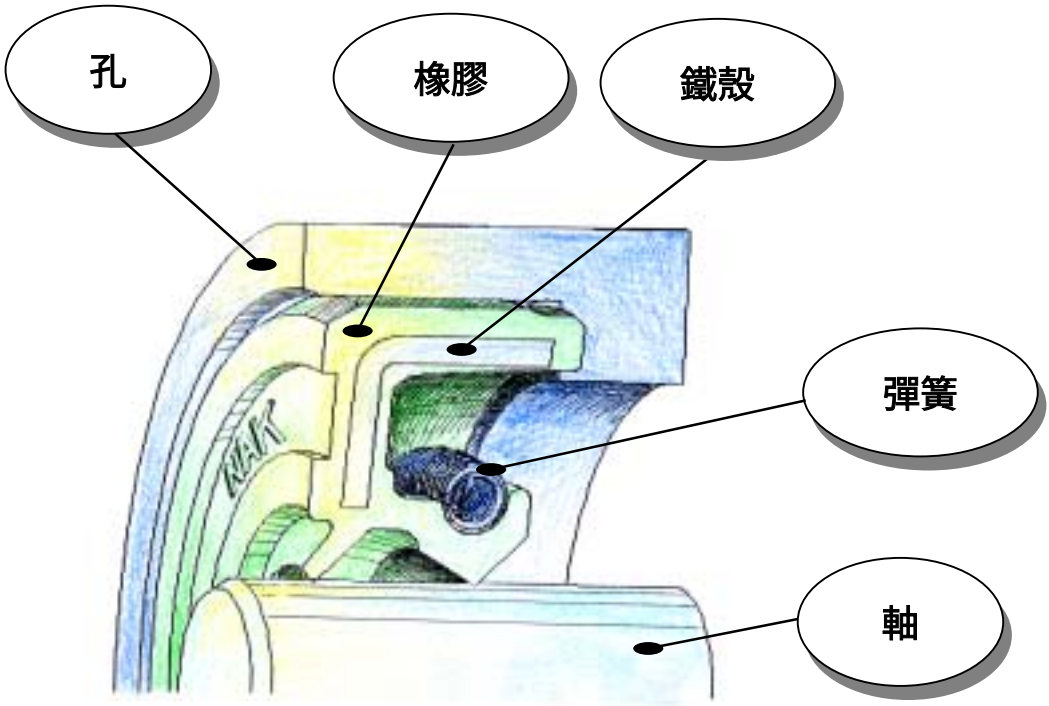
第三章 油封選用

3.1 影響油封性能要素

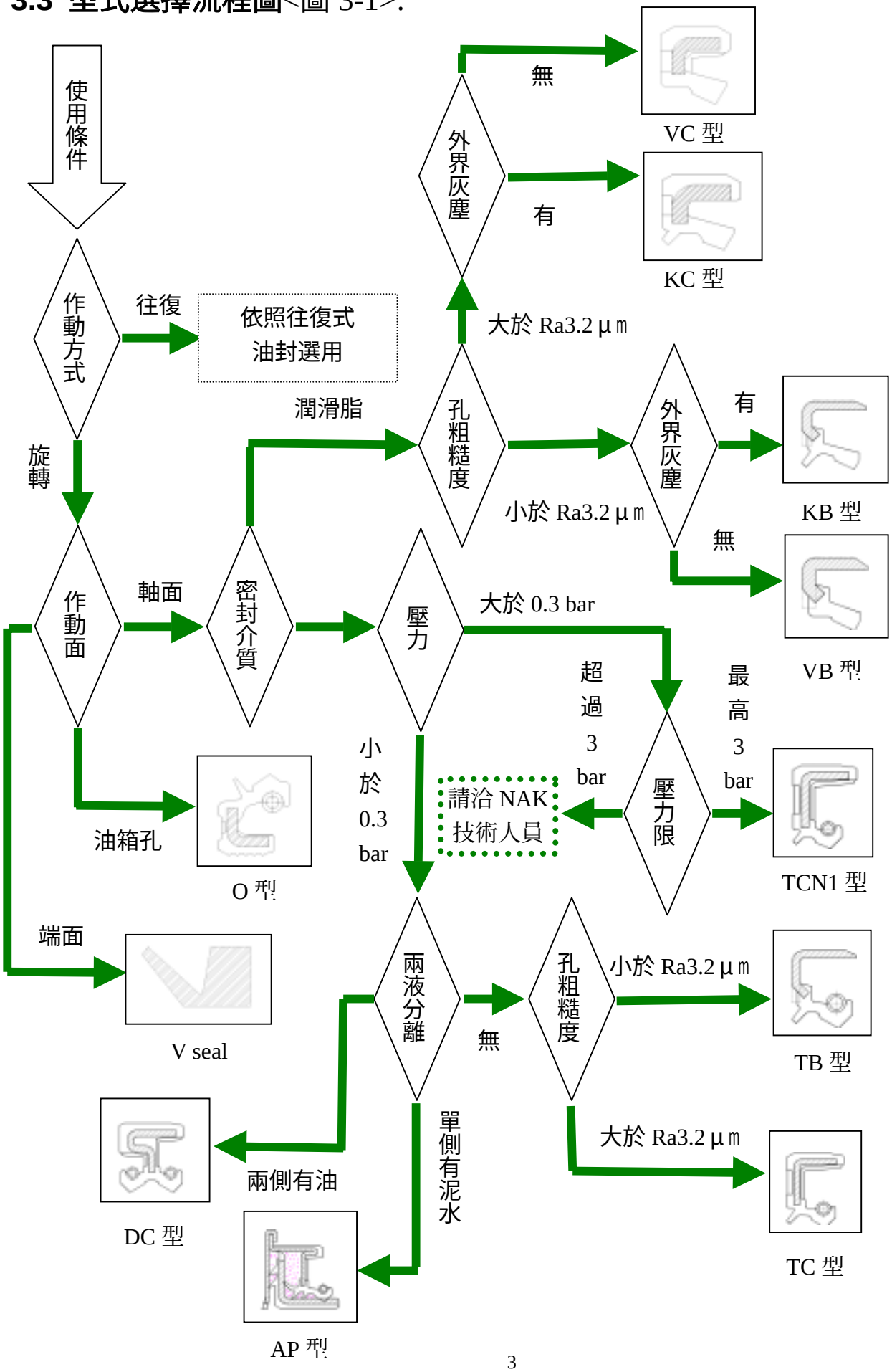


3.2 選擇流程:

選定型式	依照<圖 3-1>選定油封。
⇩ 選定密封唇部材料	◆依照<表 3-1>按型式劃分的唇部材料。 ◆並參考 5.1 章節”橡膠”來選用。
⇩ 選定鐵殼及彈簧材料	◆依照<表 3-2>按型式劃分的鐵殼及彈簧材料。
⇩ 選定尺寸	◆與使用環境之軸徑、孔徑及深度相配合尺寸之油封。



3.3 型式選擇流程圖<圖 3-1>:



<表 3-1>按型式劃分的唇部材料

型式	唇部材料代號												
	NK701	NKC11	NK825	NK801	NK901	PK701	PK801	HK704	HK801	HK804	VN701	VNC01	VN801
A 型.B 型	●							●					●
C 型.G 型	●							●					●
M 型.Z 型	●							●					●
J 型.H 型	●							●					●
P 型.L 型	●							●					●
X 型.X1 型	●							●					●
E 型.G1 型	●							●					●
O 型.U 型	●							●					●
BC/BG 型	●							●					●
N 型				●						●			●
D 型	●							●				●	
AP 型	●							●					●
ST 型	●												●
F 型	●												●
EC 型	●												
MES 型					●								
TC4 型			●										
CNB 型		●							●	●			

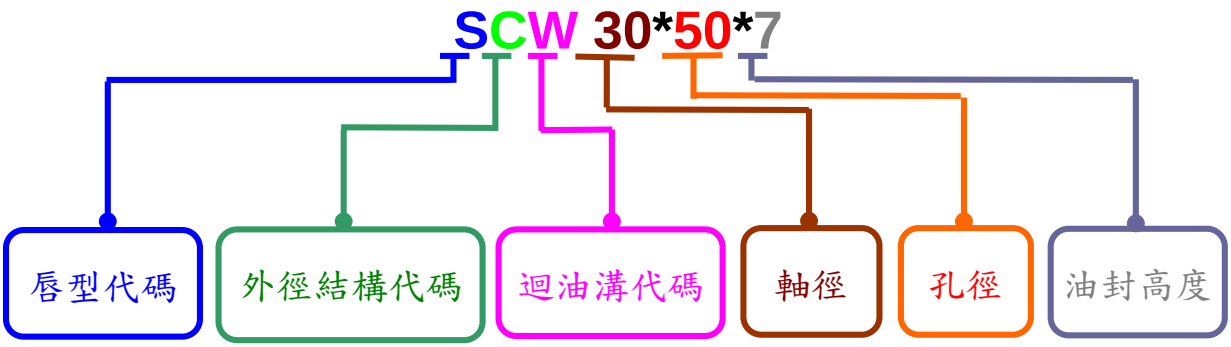
<表 3-2>按型式劃分的彈簧、鐵殼材料

型式 / 材料	除右邊所列型式以外全部型式	N 型,N1 型,N2 型,N3 型	CNB 型	F 型
彈簧材料	SAE 1070	SAE 1080	SAE 30304	SAE 30304
鐵殼材料	SAE 1008	SAE 1008	SAE 1008	SAE 1008

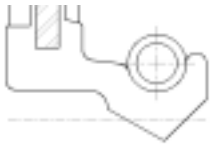
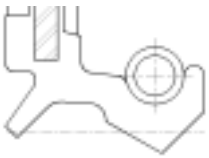
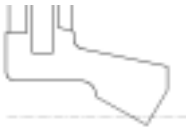
註:特殊使用環境需填妥 Design Sheet，由技術人員進行建議之。

第四章 油封型式

4.1 標準油封型式規格定義

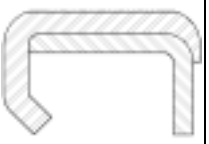
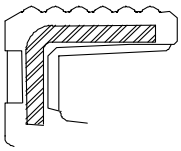


4.2 油封唇部的設計

代碼	側面圖型	說明
S		單唇，一個彈簧，通常使用在於密封壓力低 0.3 bar 之應用，如加入背托環的設計，可使用在較高的壓力環境。此種設計不適用在有任何灰塵或高污染的環境中。
T		雙唇，一個彈簧，通常使用在密封壓力低 0.3 bar 之應用，增加防塵的唇部提供對主唇的保護，雙唇間中空填入油脂以防止軸的腐銹，允許沒有潤滑，亦能短暫的運轉。
D		雙唇，雙彈簧設計成分開的兩個密封環境。
V		單唇，沒有彈簧，通常使用在沒有壓力的密封環境，特別使用在密封油脂（GREASE）或有黏性的流體。
K		雙唇，沒有彈簧，V 型，但增加額外的防塵唇增加對主唇的保護，在雙唇間填滿油脂可防止軸的腐銹，並能在未潤滑時，仍能短暫的運作。

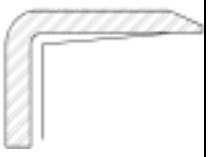
4.3 油封外徑結構的設計

主要區分為如下基本型式:

代碼	側面圖型	說明	孔徑粗糙度要求
A		外部的鐵殼和固定的內鐵殼 此型式增加內部的鐵殼設計, 以增強結構上的固定性。特別適用較大直徑或油封從後面安裝時。	
B		外部的金屬鐵殼 此種型式更適合鋼鐵或鑄鐵孔徑材質, 此種金屬鐵殼給予特別的固定孔徑內部正確的位置, 但這靜止密封在外徑上, 受到部份的限制。	
C		外徑包有橡膠 此種型式適合於軟合金或塑膠、鑄鐵或鋼鐵類的孔徑, 在孔徑表面上有輕微的損壞時, 適合使用這種設計。	
F		外徑包有橡膠 類似於 C 型設計, 但是增加的橡膠完全包住內部鐵殼, 以保護內部的鋼鐵鐵殼, 特別適合於有腐銹發生時。	
G		外徑包有橡膠 類似於 C 型設計, 但是外圍橡膠溝槽設計，特別適合高熱膨脹材質裝配孔於高溫環境時使用。	

註: “ ” 表示 **Ra 2.5 μm Max.**

“ ” 表示 **Ra 3.75 μm Max.**

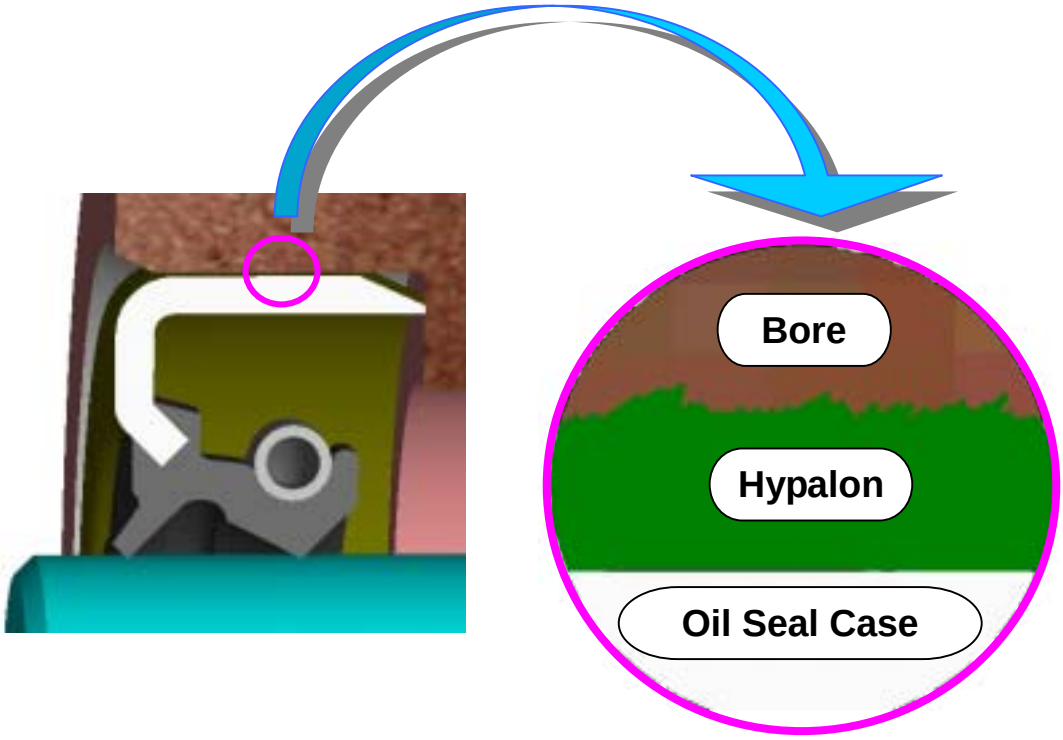
代碼	側面圖型	說明	孔徑粗糙度要求
M		外徑鐵殼附有內壁包有橡膠設計 類似 B 型設計，但內層有橡膠，特別適用於有腐銹的狀況發生時。	
BC		外徑一半為鐵殼，一半為橡膠設計 具有 B 型與 C 型外徑設計之特色。	
J		外徑凸緣設計 使油封易於安裝與更換。	

註：“ ” 表示 **Ra 2.5 μm Max.**

“ ” 表示 **Ra 3.75 μm Max.**

4.4 鐵殼外徑噴漆作用

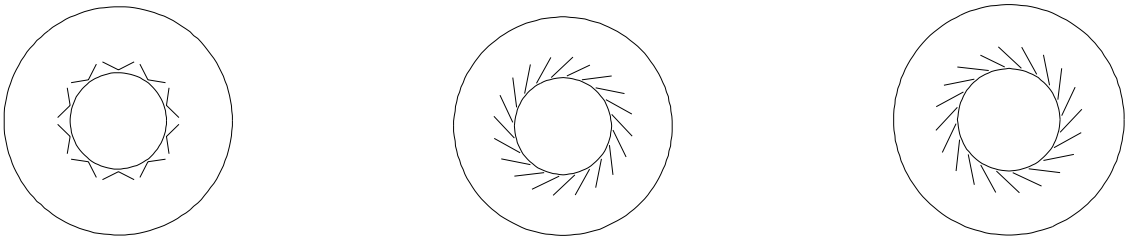
鐵殼外徑噴塗 Hypalon 可增加外徑密封性能，Hypalon 為柔軟密封劑，可密封油(Oil)及潤滑脂(Grease)，可填充裝配孔表面之缺陷或刮痕，避免密封流體由外徑洩漏；外徑噴塗 Hypalon 後，外徑尺寸將增加 0.001~0.003inch (0.025~0.076mm)。



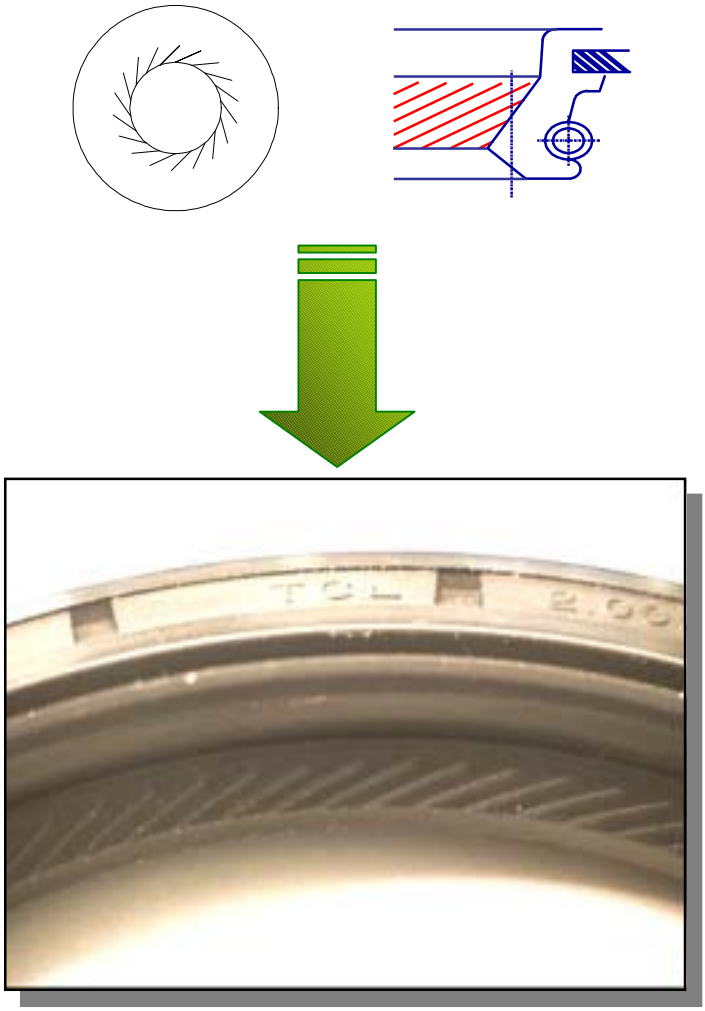
4.5 迴油溝型式

唇部設計迴油溝能增加油封唇部的密封性能,這迴油溝被設計在主唇上能造成迴油的特性,把密封流體送回油側不致漏油。迴油溝分為雙向、左旋及右旋的設計。

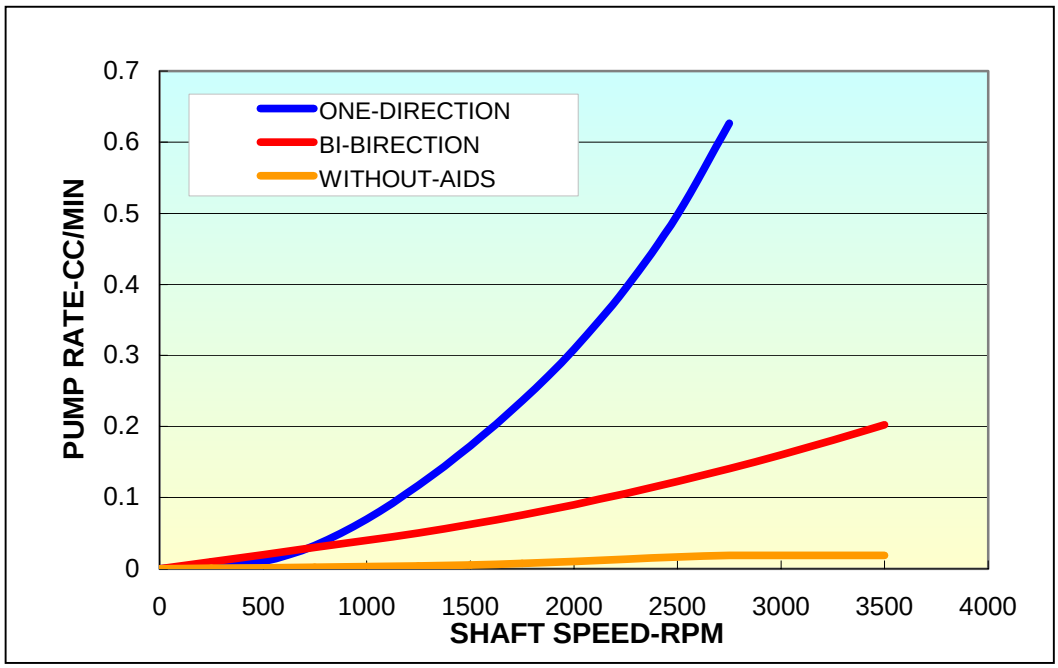
W 型(雙向) ⇔　　L 型(左旋) ⇐　　R 型(右旋) ⇒



迴油溝實際圖:

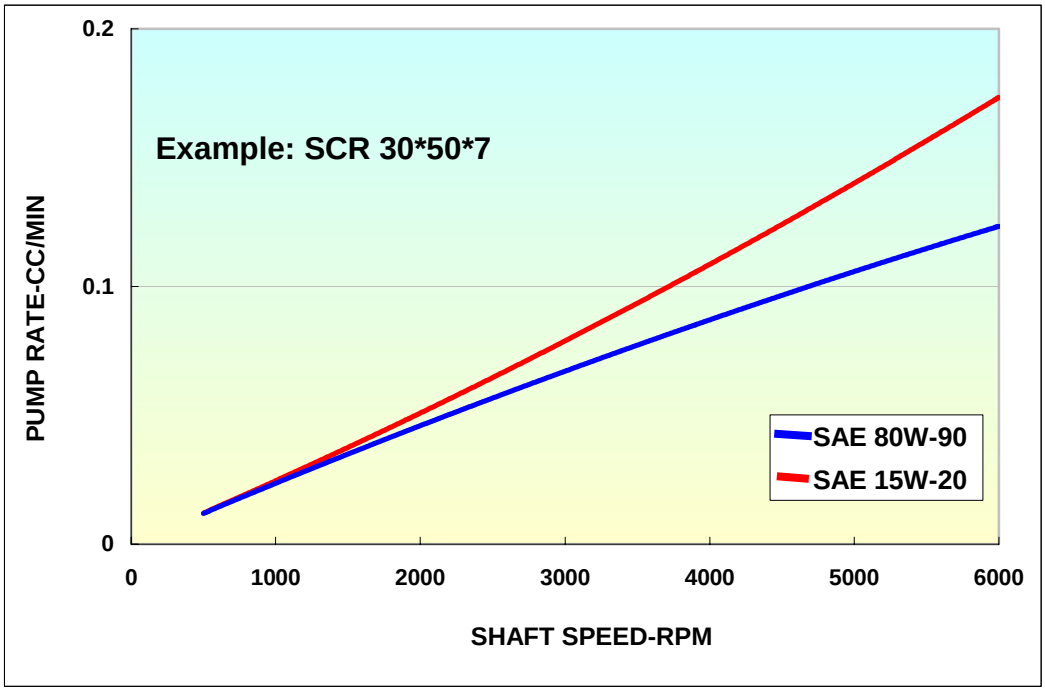


如<圖 4-1>所示，唇部有迴油溝設計者，迴油(Pumping)效果較佳，可提昇油封密封功能。



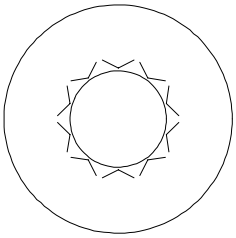
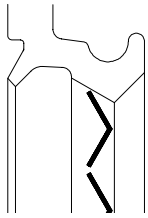
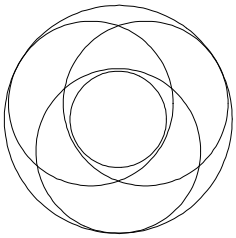
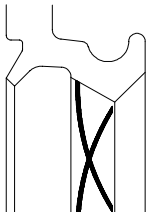
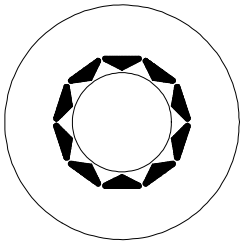
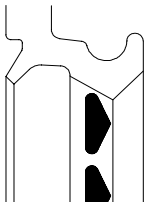
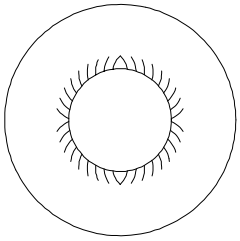
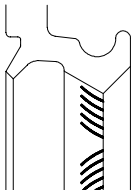
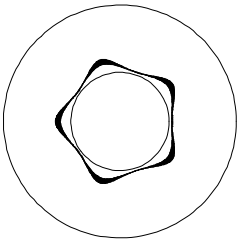
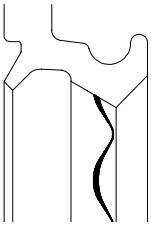
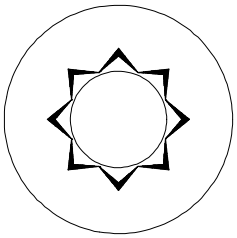
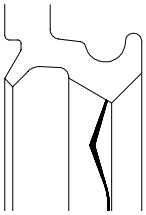
<圖 4-1>迴油溝對 PUMPING 影響之比較圖

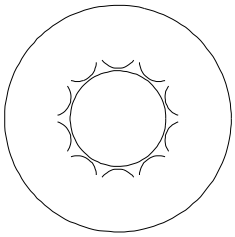
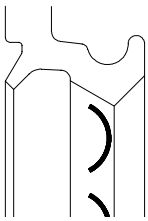
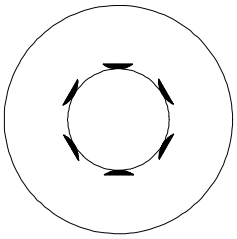
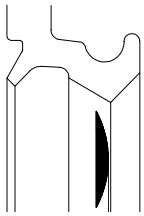
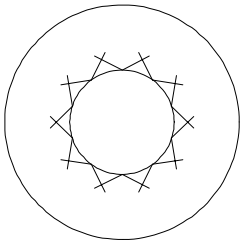
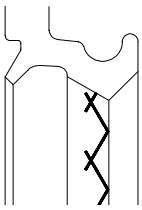
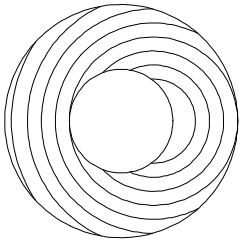
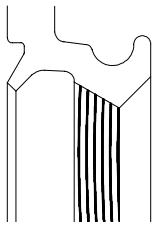
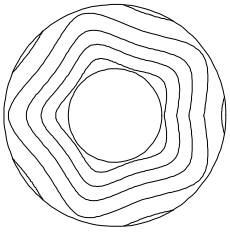
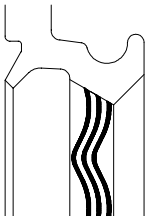
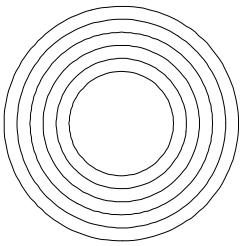
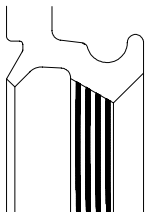
不同密封流體黏度易影響 Pumping 的性能，如<圖 4-2>所示，不同密封流體黏度對迴油溝 PUMPING 影響之比較圖。

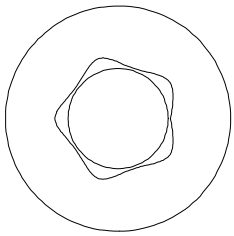
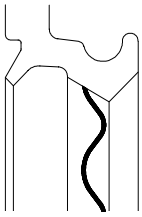
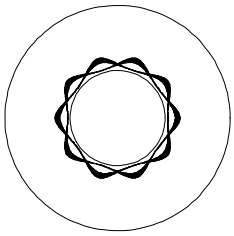
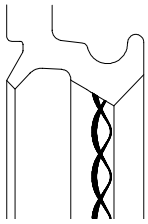
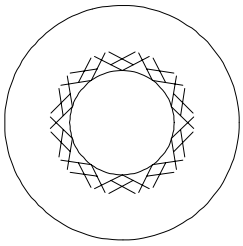
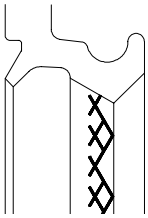
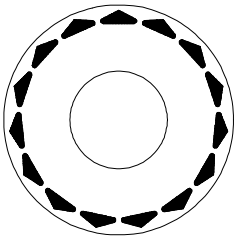
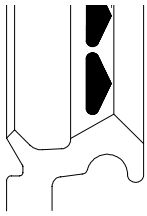
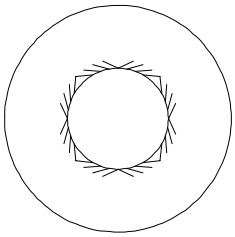
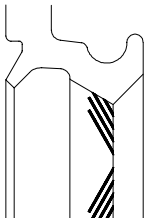
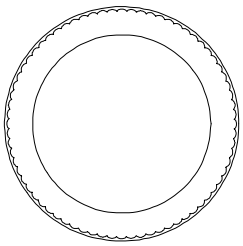
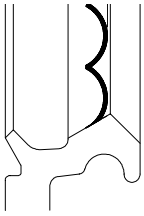


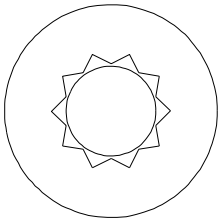
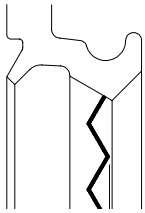
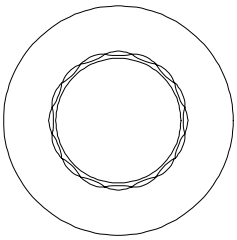
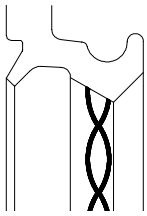
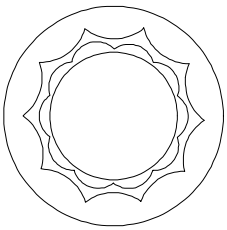
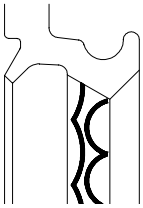
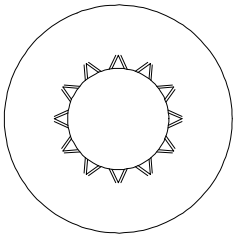
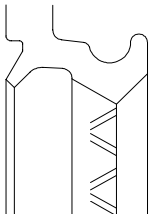
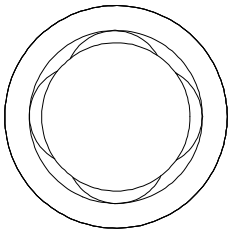
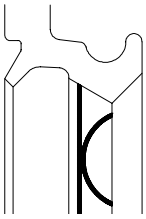
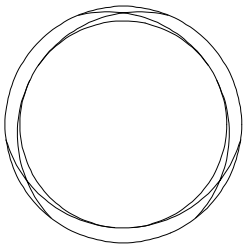
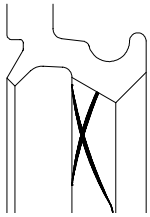
<圖 4-2>流體黏度對迴油溝 PUMPING 影響之比較圖

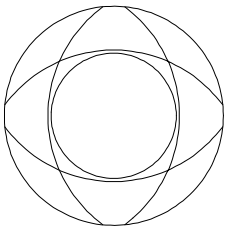
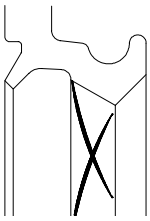
(1).雙向迴油溝：W 型 ⇔

型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
W			W6		
W1			W7		
W2			W8		

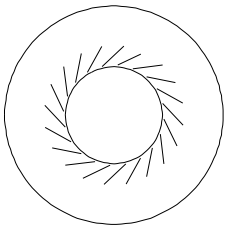
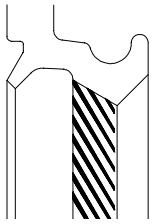
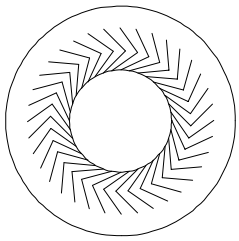
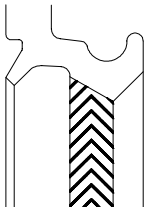
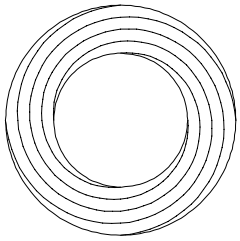
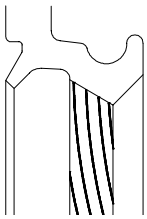
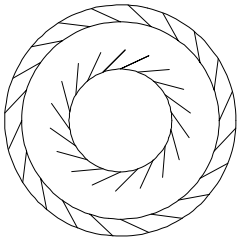
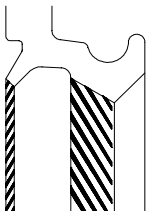
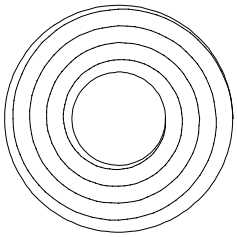
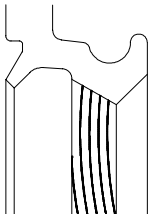
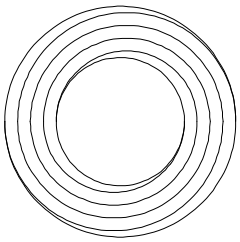
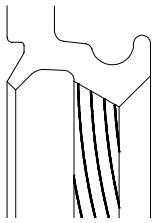
W3			W9		
W4			W10		
W5			W11		

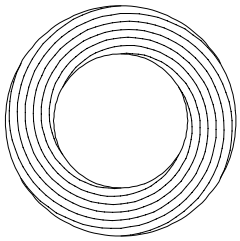
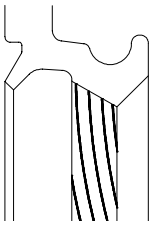
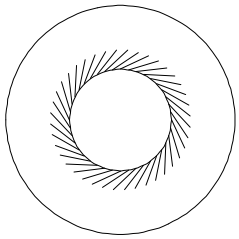
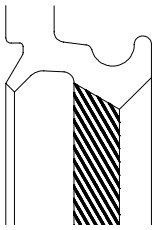
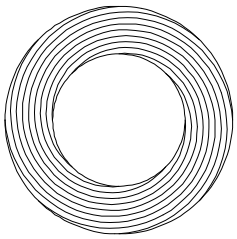
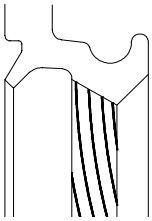
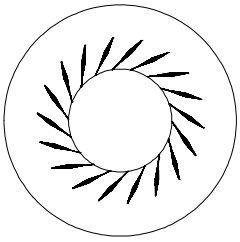
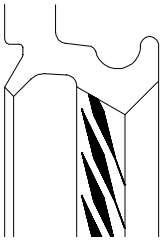
型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
W12			W18		
W13			W19		
W14			W20		

W15			W21		
W16			W22		
W17			W23		

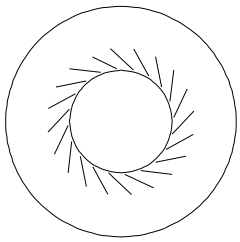
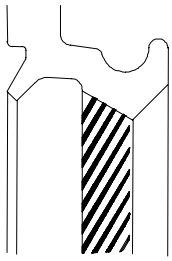
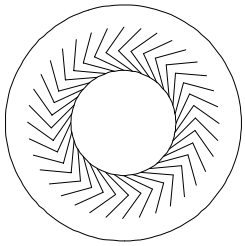
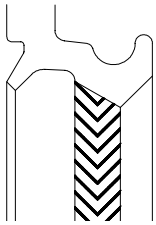
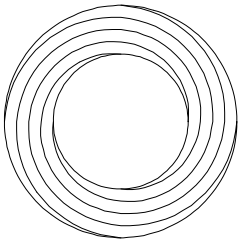
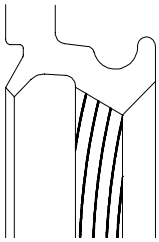
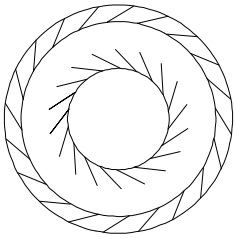
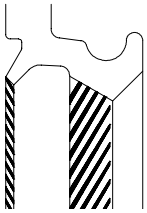
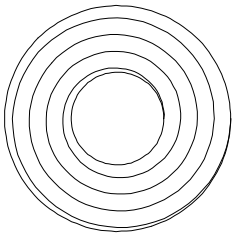
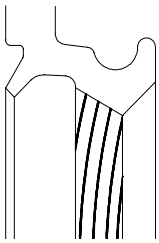
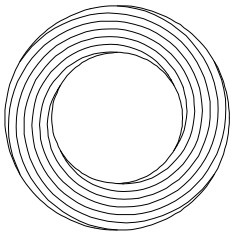
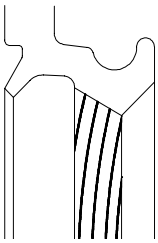
型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
W24		

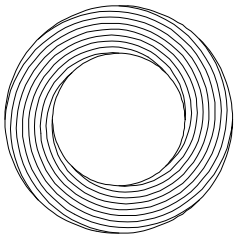
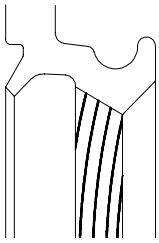
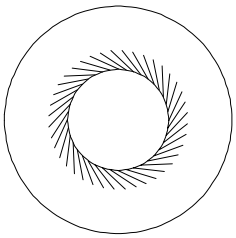
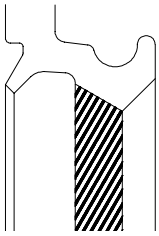
(2).單向迴油溝：L 型 ⇐

型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
L			L3		
L1			L4		
L2			L5		

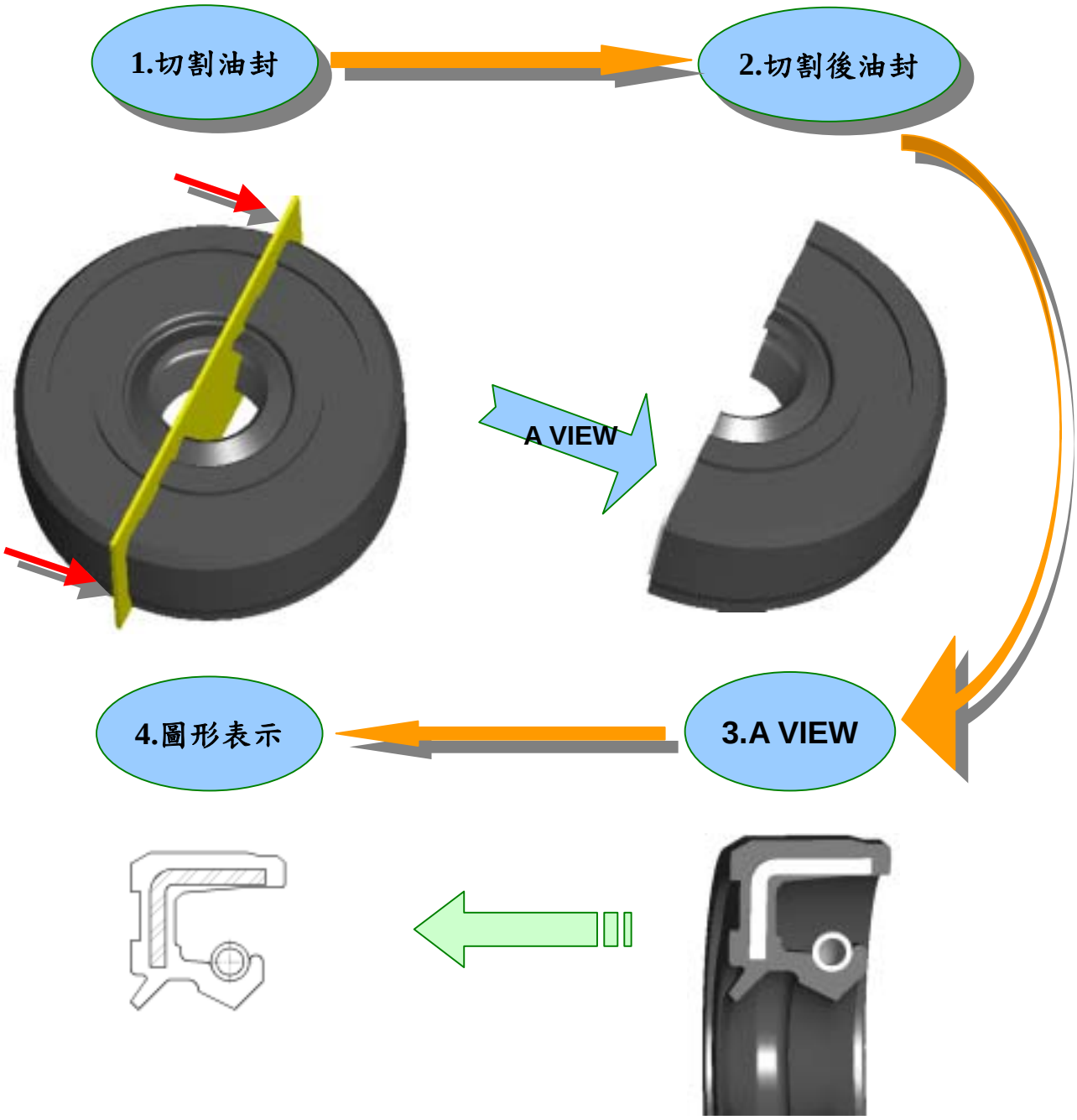
型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
L6			L9		
L8			L10		

(3).單向迴油溝：R 型 ⇒

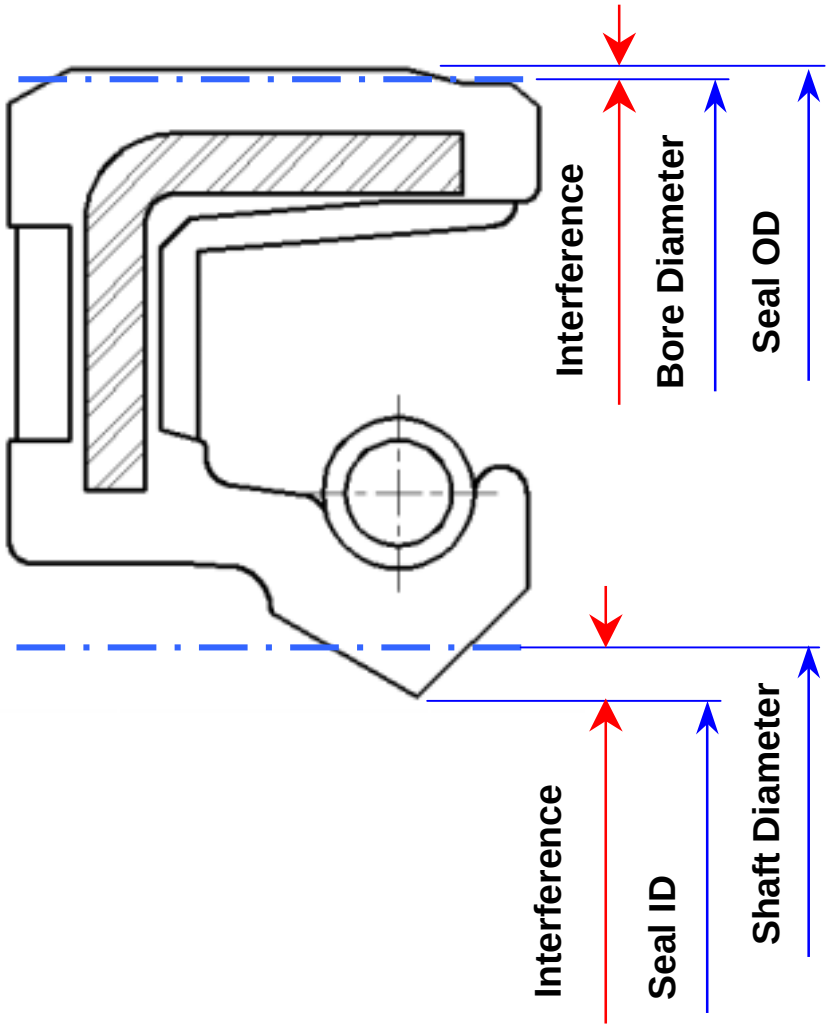
型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
R			R3		
R1			R4		
R2			R6		

型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示	型式	迴油溝圖示	迴油溝唇部圖示
R8			R9		

4.6 油封斷面識圖：



4.7 油封內外徑干涉示意圖



註解:

✧ **Interference:**干涉量

✧ **Bore Diameter:**孔徑尺寸

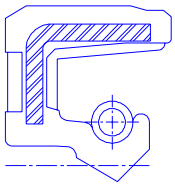
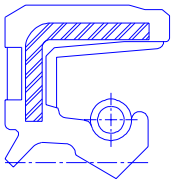
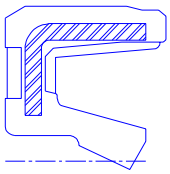
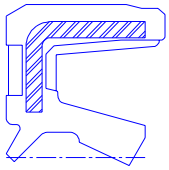
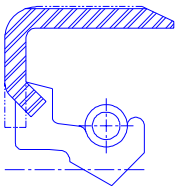
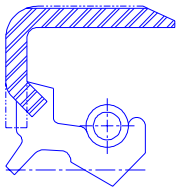
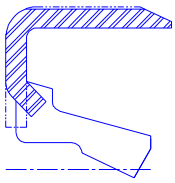
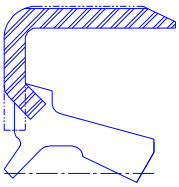
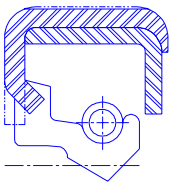
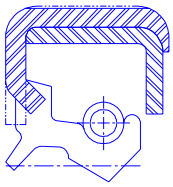
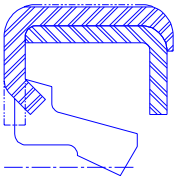
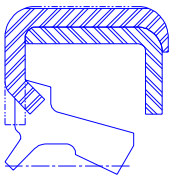
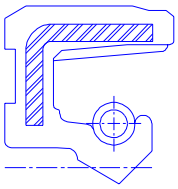
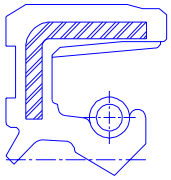
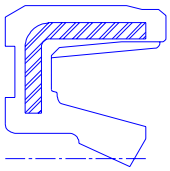
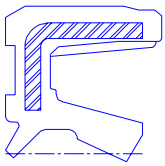
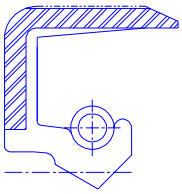
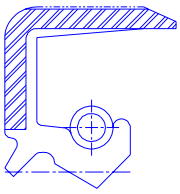
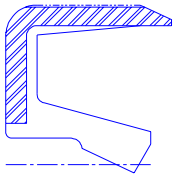
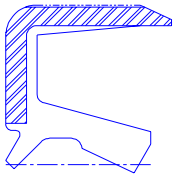
✧ **Seal OD:**油封外徑尺寸

✧ **Shaft Diameter:**軸徑尺寸

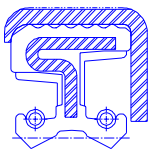
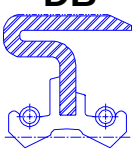
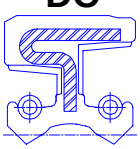
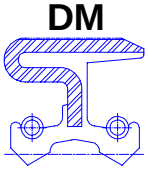
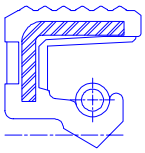
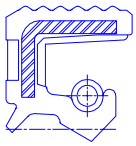
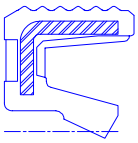
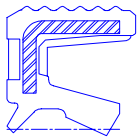
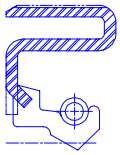
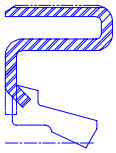
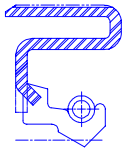
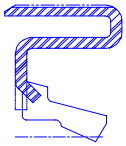
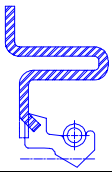
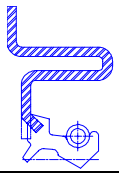
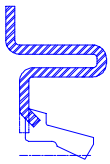
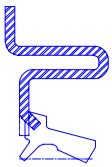
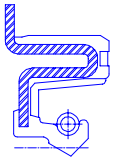
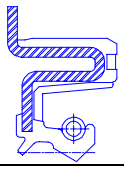
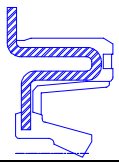
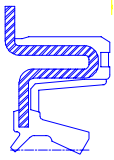
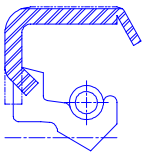
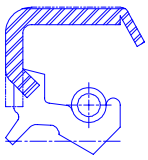
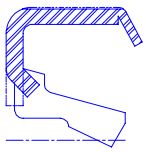
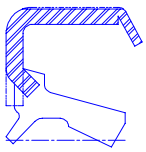
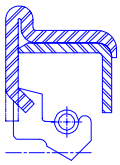
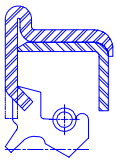
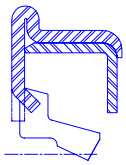
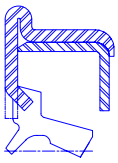
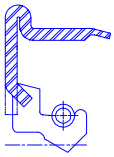
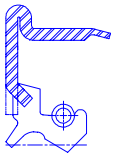
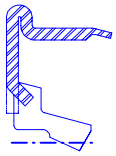
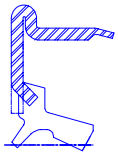
✧ **Seal ID:**油封內徑尺寸

4.8 油封型式與特性

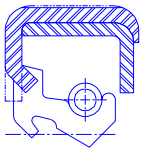
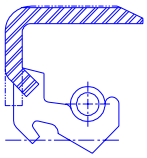
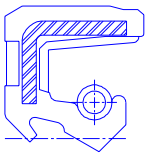
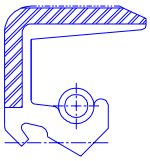
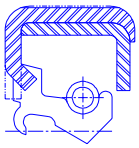
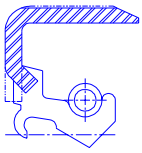
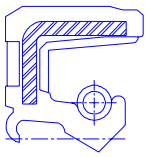
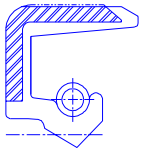
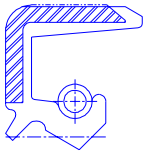
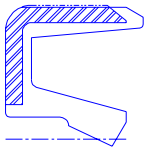
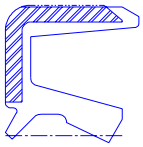
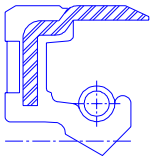
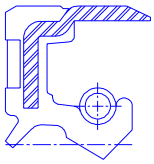
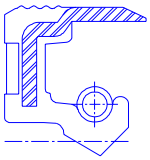
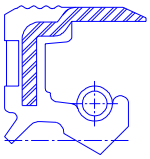
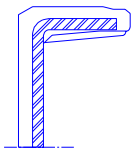
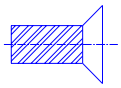
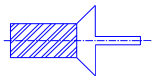
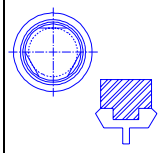
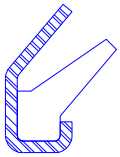
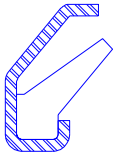
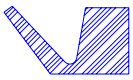
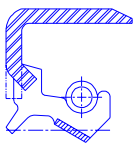
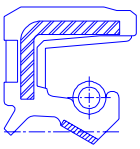
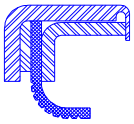
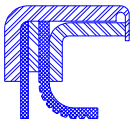
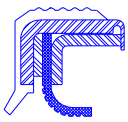
NAK 標準型油封:

	Lip Style	S	T	V	K
OD Style		單唇，一個彈簧，使用於壓力低，無污染的環境中。	雙唇，一個彈簧，使用在壓力低，有灰塵的環境中。	單唇，沒有彈簧，使用於無壓力，無污染的環境中。	雙唇，沒有彈簧，使用於無壓力，有灰塵的環境中。
C	外徑包有橡膠，增加外徑密封能力。	SC 	TC 	VC 	KC 
B	外徑鐵殼設計，有前導角方便於安裝。	SB 	TB 	VB 	KB 
A	外徑鐵殼設計，內部組合一內鐵殼增加結構剛性。	SA 	TA 	VA 	KA 
F	外徑包有橡膠，增加外徑密封能力，增加橡膠完全包住內部鐵殼，防止鐵殼腐銹。	SF 	TF 	VF 	KF 
M	外徑鐵殼有前導角設計，內層有橡膠，特別適用於有腐銹的狀況發生時。	SM 	TM 	VM 	KM 

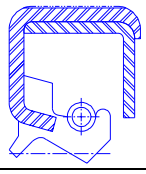
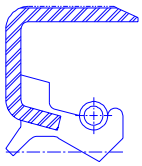
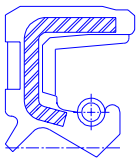
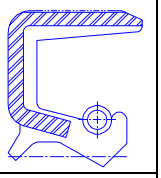
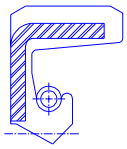
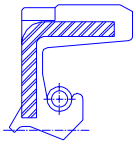
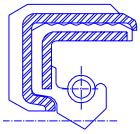
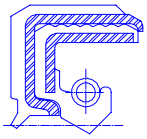
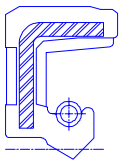
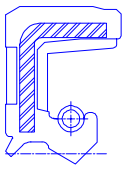
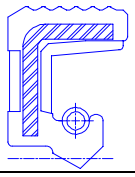
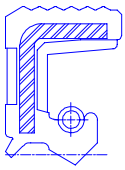
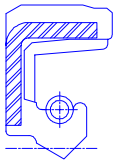
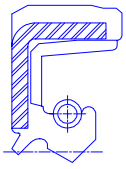
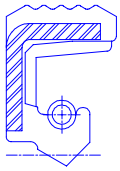
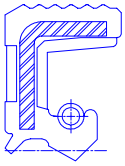
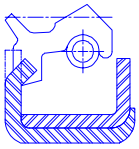
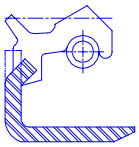
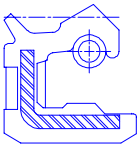
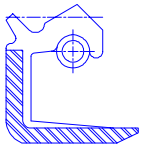
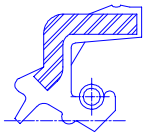
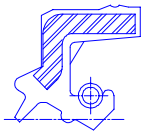
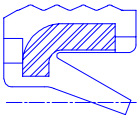
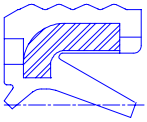
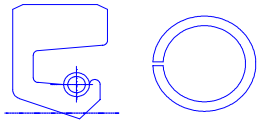
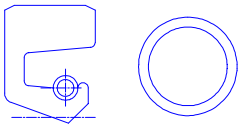
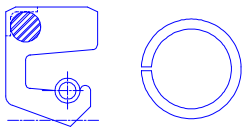
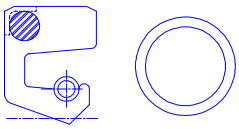
NAK 其他型式油封:

NAK Type	Design Characteristics	Seal Style			
D	雙主唇設計，可隔離兩種密封液體。	DA 	DB 	DC 	DM 
G	外圍橡膠溝槽設計，特別適合高熱膨脹材質裝配孔於高溫環境時使用。	SG 	TG 	VG 	KG 
H	外圍鐵殼反向設計，適合特殊之裝配環境。	SH 	VH 	SH1 	VH1 
J	外徑見鐵且外圍有一凸緣設計，使油封易於更換及安裝。	SBJ 	TBJ 	VBJ 	KBJ 
	外徑包有橡膠且外圍有一凸緣設計，使油封易於更換及安裝。	SCJ 	TCJ 	VCJ 	KCJ 
L	類似 B 型油封，為鐵殼斜腳設計。	SL 	TL 	VL 	KL 
P	外圍凸緣設計，使油封易於安裝更換，內部組合一內鐵殼增加結構剛性。	SAP 	TAP 	VAP 	KAP 
	外圍凸緣設計，使油封易於安裝更換。	SBP 	TBP 	VBP 	KBP 

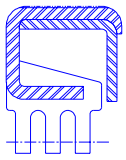
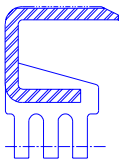
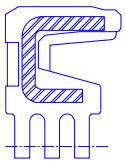
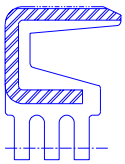
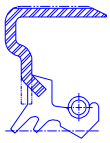
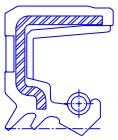
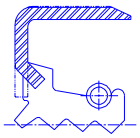
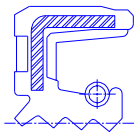
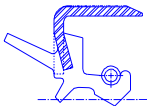
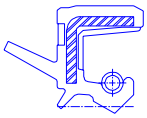
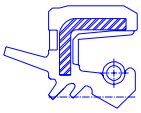
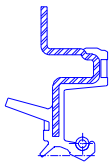
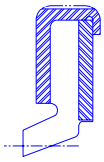
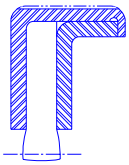
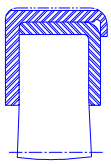
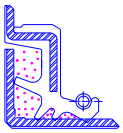
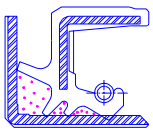
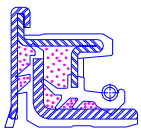
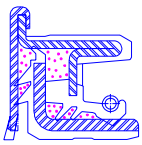
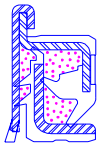
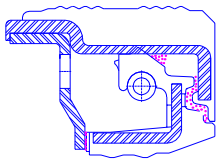
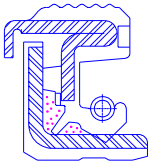
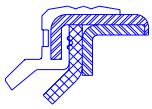
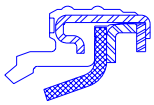
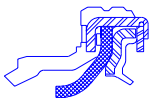
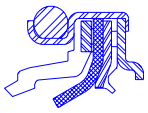
NAK 其他型式油封:

NAK Type	Design Characteristics	Seal Style			
X	副唇反向設計。	TXA 	TXB 	TXC 	TXM 
X1	副唇反向設計。	TX1A 	TX1B 	TX1C 	TX1M
Z	類似 M 型油封，內部橡膠全包至倒角處，可改善外徑之密封性。	SZ 	TZ 	VZ 	KZ 
BC/ BG	外徑為橡膠半包設計，可兼具 B 型及 C 型油封之特性。	SBC 	TBC 	SBG 	TBG 
EC/ WS/ KDS	**End Cap-**為應用於外徑密封之密封蓋設計。 **WS / KDS-**為 SEALING WASHER 之特殊設計。	EC 	WS 	WS1 	KDS1 
RE/ VA/ VS	**RE-**側面防塵用油封。 **VA / VS-**為應用於側面防塵之特殊設計。	RE 	RE1 	VA 	VS
PL	唇部為橡膠接著 PTFE 材質，具有極優的耐化學性、耐高低溫性及低摩擦係數，應用於極高轉速、耐乾轉及耐高壓之使用環境。	TA-PL	TB-PL 	TC-PL 	TM-PL
PA	組合型 PTFE 加迴油溝設計，具耐化學性、耐高低溫性及低磨擦係數，應用於極高轉數、耐乾轉之使用環境。	PA1 	PA2 	PA4	PA6 

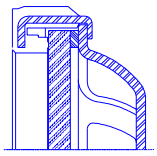
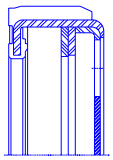
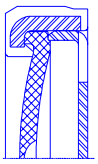
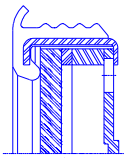
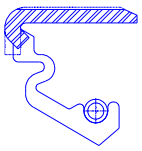
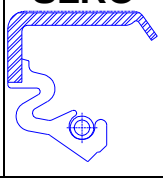
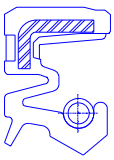
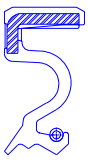
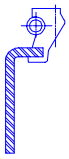
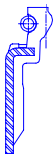
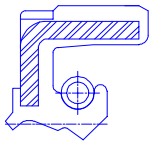
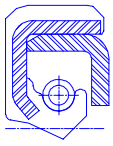
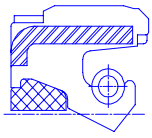
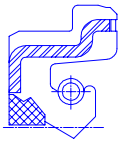
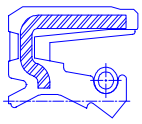
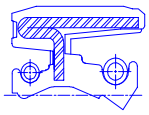
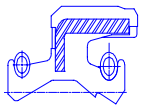
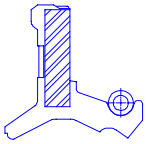
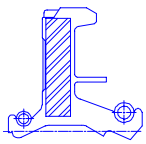
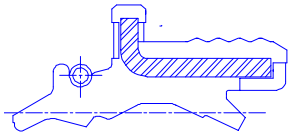
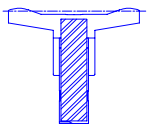
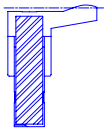
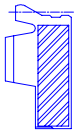
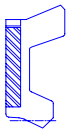
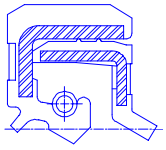
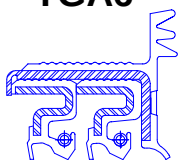
NAK 特殊型式油封:

NAK Type	Design Characteristics	Seal Style			
E	鐵殼內彎加強唇部，具耐壓之特性。	TEA 	TEB 	TEC 	TEM 
N	耐高壓設計，SDN 及 TDN 為組合型油封。	SCN 	TCN 	SDN 	TDN 
N1	耐中壓設計，面部包料。	SCN1 	TCN1 	SGN1 	TGN1 
N2	耐中壓設計，面部見鐵。	SCN2 	TCN2 	SGN2 	TGN2 
O	固定於旋轉軸而密封裝配孔之設計。	OTA 	OTB 	OTC 	OTM 
TH/ G1	**TH-**適合特殊之安裝環境。 **G1-**唇部低磨擦設計，可適用於較高轉速之場合。	TBH 	TCH 	VG1 	KG1 
SQ	SQ 為切斷型全橡膠油封，適用於重型機械，安裝空間太小或不易拆卸之環境。	SQ 		SQ1 	
SQS	SQS 為切斷型全橡膠油封，適用於重型機械，安裝空間太小或不易拆卸之環境，SQS 及 SQS1 加裝一彈簧，加強固定形狀。	SQS 		SQS1 	

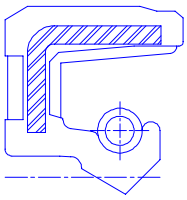
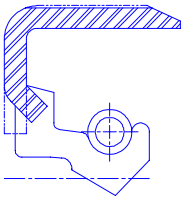
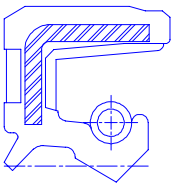
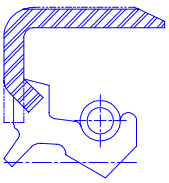
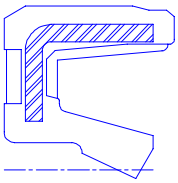
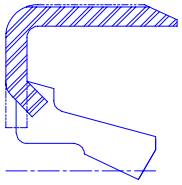
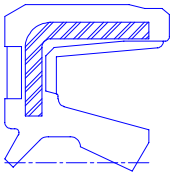
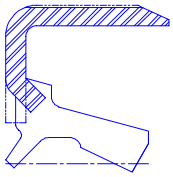
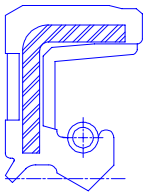
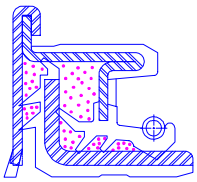
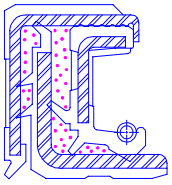
NAK 特殊型式油封:

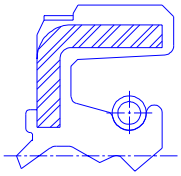
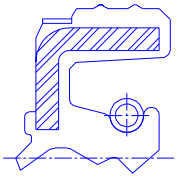
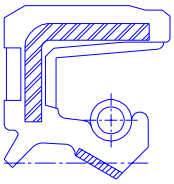
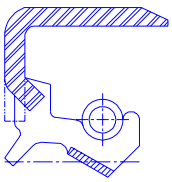
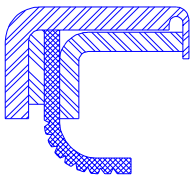
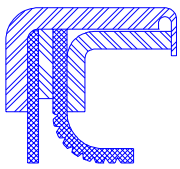
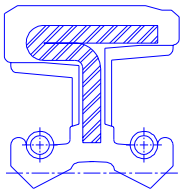
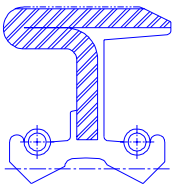
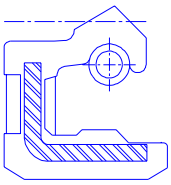
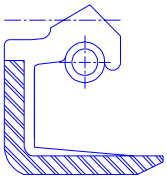
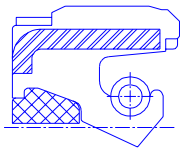
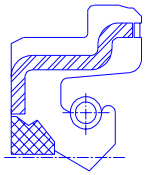
NAK Type	Design Characteristics	Seal Style			
U	主唇為方唇設計，適用於多塵、泥水之環境，多用於農業機械。	UA 	UB 	UC 	UM 
2/6	增加副唇設計，可提供較佳之防塵效果。	TB2 	TC2 	TB6 	TC6 
9	增加面唇設計，可提供較佳之防塵效果。	TB9 	TC9 	TC29 	TBCJ9 
VA	VA1 及 VA2 為橡膠與鐵殼成型後再組合，VA4 及 VA6 為羊毛氈與鐵殼組合，為密封潤滑脂之設計。	VA1	VA2 	VA4 	VA6 
AP	適用於多塵、泥水、雜草之環境，多用於農用機械、軍用車輛及工程車之輪轂油封。	AJ 	AO 	AP	AP1 
	適用於多塵、泥水、雜草之環境，多用於農用機械、軍用車輛及工程車之輪轂油封。	AP3	AP4	AP5 	AP7 
ST	為自轉油封之特殊設計。	ST5 		ST11 	
VGA	冷氣壓縮機用油封。	VGA2 	VGA3 	VGA5 	VGA6 

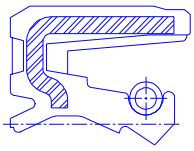
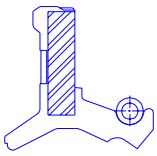
NAK 特殊型式油封:

NAK Type	Design Characteristics	Seal Style			
ECA	油鏡用油封。	ECA1 	ECA3 	ECA4 	ECA5 
RO	唇部撓曲佳設計，應用於高 Run-Out 之環境。	SBRO 	SLRO 	TCRO 	TC2RO 
VSS	主要適用於引擎燃燒室閥門上，控制適量引擎油，穩定的幫助汽閥及滑桿導塊往復運動之潤滑。	VSB2 		VSC2 	
PS	適用於往復運動，主要用於汽車動力方向盤轉換機構，密封轉向系統內部流體壓力，防止液壓流失。	TC4P 	SCAP 	CNB 	CNB2 
4	為軸往復式運動之特殊設計，一般常應用於避震器中。	TC4 	TM4	DC4 	DC41 
	為軸往復式運動之特殊設計，一般常應用於避震器中。	TC4S 	DC4S 	TG4JB 	
Piston Seals	適用於往復式運動氣壓環境。	PDV 	PSV 	PSV2 	PVC1 
TCA	適用於洗衣機密封水及洗衣劑。	TCA3 		TGA6 	

4.9 油封使用條件容許範圍

型式		使用條件容許範圍			
		周速(m/s)	壓力(bar)	Run-out(mm)	STBM(mm)
SC 	SB 	請依照<附錄七>圓周速度一覽表	0.30 Max.	請依照第 6 章<圖 6-4>	請依照第 6 章<圖 6-5>
TC 	TB 				
VC 	VB 	7.0 Max.	Atmospheric	0.20 Max.	0.20 Max.
KC 	KB 				
TCN1 		1.0 Max.	3.5 Max.	0.05 Max.	0.10 Max.
		3.0 Max.	3.0 Max.		
		5.0 Max.	2.0 Max.		
AP1 	AP3 	3.5 Max.	0.3 Max.	0.25 Max.	0.25 Max.

型式		使用條件容許範圍			
		周速(m/s)	壓力(bar)	Run-out(mm)	STBM(mm)
TC4P 	TC4P 	0.28 Max.	25 Max.	--	0.30 Mx.
TC-PL 	TB-PL 	30 Max.	0.5 Max.	0.25 Max.	0.25 Max.
PA1 	PA2 	15 Max.	3 Max.	0.20 Max.	0.40 Max.
		5 Max.	1 Max.		
DC 	DM 	10 Max.	0.3 Max.	0.25 Max.	0.25 Max.
OSC 	OSM 	10 Max.	0.3 Max.	0.25 Max.	0.25 Max.
CNB 	CNB2 	0.075 Max.	98 Max. (NBR) 157 Max. (HNBR)	--	0.30 Max.

型式		使用條件容許範圍			
		周速(m/s)	壓力(bar)	Run-out(mm)	STBM(mm)
TC4 	TC4S 	**0.2 Max.**	**6.5 Max.**	**--**	**0.20 Max.**
		0.6 Max.	**4.4 Max.**		
		1.0 Max.	**2.5 Max.**		
		1.5 Max.	**1.6 Max.**		

第五章 油封材料

5.1 橡膠

1. 橡膠材料代號與名稱

<表一>為 NAK 常用之橡膠材料代號與中、英文名稱對照，另外尚含各項材質於 ASTM 規範中的測試代號。

<表一>橡膠材料代號與中、英文名稱

材質代號	通用符號	英文名稱	中文名稱	俗稱	ASTM
B	SBR	Styrene butadiene rubber	苯乙烯-丁二稀 橡膠	丁苯橡膠	AA
C	CR	Chloroprene rubber	氯丁二稀 橡膠	鈕普韌	BC, BE
E	EPDM	Ethylene propylene rubber	乙烯丙稀 橡膠	乙丙膠	BA, CA, DA
F	FVMQ	Fluorinated silicone rubber	氟化矽氧 橡膠	氟化矽利光	FK
G	CSM	Chlorosulfonated polyethylene	氯磺化聚乙烯 橡膠	海波龍	CE
H	HNBR	Hydrogenated NBR rubber	氫化丁腈 橡膠	—	DH
M	AEM	Ethylene/Acrylic rubber	乙烯/丙烯酸 橡膠	曼美克 VAMAC	EE, EF, EG
N	NBR	Acrylonitrile butadiene rubber	丙烯腈-丁二烯 橡膠	丁腈橡膠 耐油膠	BF, BG, BK,CH
P	ACM	Polyacrylate rubber	聚丙烯酸酯橡膠	壓克力橡膠	DF, DH
R	NR	Natural rubber	天然橡膠	—	AA
S	VMQ	Silicone rubber	矽氧橡膠	矽利光橡膠	FC, FE, GE
T	PTFE	Polytetrafluoro ethylene	聚四氟乙烯樹酯	Teflon	
U	PU	Urethane rubber	胺基甲酸酯橡膠	AU，EU	BG
V	FKM	Fluorocarbon rubber	氟素橡膠	VITON Fluorel	HK
X	XNBR	Carboxylated NBR	羧化丁腈橡膠	—	BF, BG, CH
Z		Other	其他	—	

2. 橡膠種類及一般特性

<表二>橡膠種類及特性

項目 / 種類	適用溫度範圍(℃) 高溫	適用溫度範圍(℃) 低溫	特性摘要	
NBR			由於其價格便宜,耐油性及耐磨耗性佳,因此,為一使用於油封材料最多的耐油膠,特別是對礦物油系的抵抗性最佳,忌用於酮類或酯類的極性溶劑中。	
	100	-55	***低含腈***	耐低溫性增加,彈性增加,塑化劑互適性增加,用於耐低溫性比耐油性重要之處。
	100	-40	***中含腈***	其性質介於低、高丙烯腈聚合勿之間；用於芳香族化合物含量較低或橡膠膨脹較大可以忍受之處。
	100	-25	***高含腈***	耐油性、耐燃性、抗拉強度、硬度皆增加,抗磨耗有所改善,不透氣性亦增加；常用於極需耐油之處如油井零件、燃料電池襯套、燃料軟管,及其他需要抵抗芳香族燃料、油類與溶劑之用途。
HNBR			HNBR 是逐漸將 NBR 予以氫化而成,因此其具備了耐高溫、耐油、耐寒、耐壓縮歪變形等特性,其機械性質、強度及耐磨耗均有優異的表現。	
	125	-40	***硫磺系統***	藉氫化 NBR 後改善物性,可提供比 NBR 更佳的耐熱,耐油性(以 sulfur 加硫若有重金屬鹽較易影響製品色澤)。
	150	-40	***過氧系統***	Peroxide 加硫的 HNBR 適用的高溫範圍較廣約為-40～150℃且提供更佳的抗氧化作用及不影響製品色澤特性。
ACM	150	-10	廣範用於油封膜片,汽車零件之散熱管,油冷卻器管,於脂肪族碳水化合物有良好抵抗性,耐候性、耐油性及耐臭氧性優，但不耐水、酸、鹼等流體；其結構主要是以不飽和官能基作為主鏈,支鏈是由 ethyl acrylate(EA)、butyl acrylate(BA)與 methoxy ethyl acrylate(MEA)所組成。當 BA 所佔之比例愈多則耐寒性愈佳,若 MEA 所佔之比例愈多則耐油性較優異。	
VMQ	225	-55	溫度範圍廣,無雙鍵,耐臭氧性佳,無臭,無味。但機械性質差,且耐葯品性不佳,價格高昂。	
FKM			耐化學葯品性特優,及價格高昂是二大特質,除了酮類及酯類外,可耐大部份的油及溶劑。	
	250	-25	***二聚物***	偏氟乙烯與六氟丙烯共聚物，氟含量 66%。
		-20	***三聚物***	偏氟乙烯、六氟丙烯與四氟乙烯共聚物，氟含量 68%，較二聚物有更好之耐溶劑性。
EPDM	150	-55	對極性溶劑(醇,酮,乙二醇),鹽酸等無機葯品很安定,是所有市售橡膠中比重最小,故可進行高填充。	
SBR	100	-40	可與天然膠及合成膠混合使用,耐油性略優於天然橡膠,機械性質很差且加硫慢,彈性低,動性發熱大。	
PTFE	250	-50	除了彈性較橡膠差外,幾乎所有物理性質均優於橡膠,且低磨擦係數的特性常應用於油封的唇部。	
CR	100	-40	耐油性僅次於 NBR,無自燃性,耐候,耐臭氧性優,長期曝露屋外也不易劣化,原膠貯存安定性差。	

3.ASTM D2000 之橡膠測試條件

各種橡膠材料除須考慮密封性優良之外，還要考慮到各膠種所應具備的性質，故須配合測試規範進行各項物性平衡測試，<表三>為 ASTM D2000 的橡膠測試條件。

<表三>ASTM D2000 橡膠測試條件

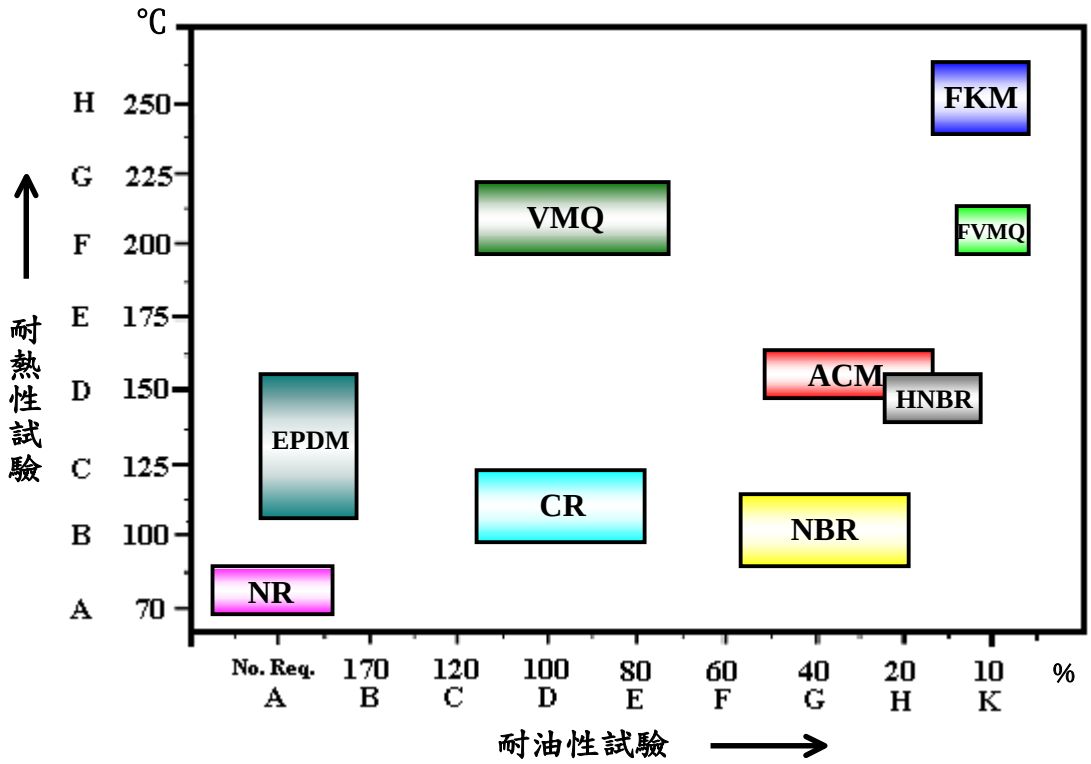
	ASTM D2000 類型	BF , BG BK , CH	BE , BC	DF, DH	FC, FE GE	FK	HK
	橡膠材質	NBR	CR	ACM	VMQ	FVMQ	FKM
基本物性	硬度(shore A)	70 ± 5	70 ± 5	70 ± 5	70 ± 5	60 ± 5	70 ± 5
	抗張強度(psi)	2000↑	2000↑	1000↑	870↑	870↑	1450↑
	伸長率(%)	250↑	250↑	200↑	150↑	150↑	175↑
熱風老化試驗	溫度(℃)/時間(hr)	100 / 70	100 / 70	150 / 70	225 / 70	225 / 70	250 / 70
	硬度變化(max,%)	± 15	+15	+10	+10	+15	+10
	抗張變化(max,%)	± 30	-15	-25	-25	-45	-25
	伸長變化(max,%)	-50	-40	-30	-30	-45	-25
壓縮歪	溫度(℃)/時間(hr)	100 / 22	100 / 22	150 / 22	175 / 22	175 / 22	175 / 22
	壓縮變化(max,%)	25	35	40	30	45	30
耐潤滑油/燃油試驗	溫度(℃)/時間(hr)	100 / 70	100 / 70	150 / 70	150 / 70	23 / 70	23 / 70
	使用油品/溶劑	No.1 潤滑油	No.1 潤滑油	No.1 潤滑油	No.1 潤滑油	C 燃油	C 燃油
	硬度變化(max,%)	-5 to +10	± 10	-5 to +10	0 to -15	0 to -15	± 5
	抗張變化(max,%)	-25	-30	-20	-20	-60	-25
	伸長變化(max,%)	-45	-30	-30	-20	-50	-20
	體積變化(max,%)	-10 to +5	-10 to +15	± 5	0 to +15	0 to +25	0 to +10
	溫度(℃)/時間(時)	100 / 70	100 / 70	150 / 70	150 / 70	150 / 70	—
	使用油品/溶劑	IRM 903 潤滑油	IRM 903 潤滑油	IRM 903 潤滑油	IRM 903 潤滑油	IRM 903 潤滑油	
	硬度變化(max,%)	-10 to +5	-20	-15	-40	0 to –10	
	抗張變化(max,%)	-45	-45	-40	—	-35	
	伸長變化(max,%)	-45	-30	-40	—	-30	
	體積變化(max,%)	0 to +25	+80	+25	+60	0 to +10	
低溫脆化試驗	溫度(℃)/時間(分)	-40 / 3	-40 / 3	-10 / 3	-55 / 3	-55 / 3	-18 / 3
	無斷裂點	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

4.材質適用溫度範圍

各種橡膠材質皆有其耐油性及工作溫度範圍，特別是因為在使用時受到密封介質的種類、工作條件等複雜環境之影響，須特別考慮油封橡膠材質的特性。

橡膠受到溫度影響時，在高溫下橡膠受熱或油等因素影響而切斷橡膠的分子鏈，產生化學變化，使失去橡膠彈性或產生膨潤現象，因此吾須考慮到所使用之環境來選擇橡膠材質，<表四>為各項材質適用的溫度範圍。

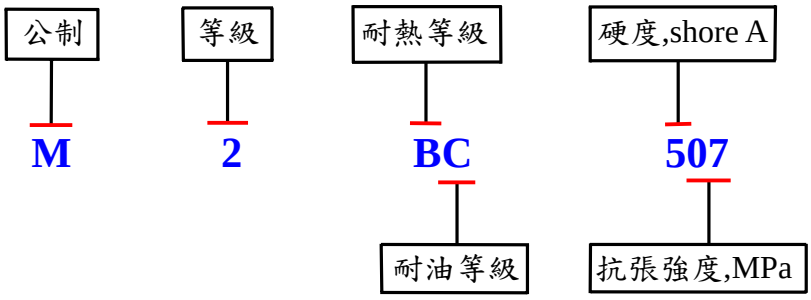
<表四>為各項材質適用的溫度範圍



5.ASTM D2000 材料測試規範

一般開發之橡膠皆須經過 ASTM D2000 的測試規範，其表示方式如<表五> 所示：

<表五>ASTM D2000 橡膠材料測試規範代號



6. 橡膠主要之特性

油封受到工作條件等複雜因素影響，因此須注意到油封的功能性，<表六>為橡膠在不同環境下的耐性。

<表六>橡膠在不同環境之耐性

橡膠材質	NBR	CR	EPDM	ACM	VMQ	FVMQ	FKM
抗撕裂性	○	⊙-○	⊙	△-⊙	△-⊙	△	⊙-○
耐磨耗	◎	◎	○	⊙	△-⊙	△	○
壓縮歪	○-◎	○-◎	○-◎	○	⊙-◎	○	○-◎
回彈性 23℃	○	○-◎	○	⊙	△-◎	⊙	⊙
耐燃性	△	○-◎	△	△	⊙-◎	◎	◎
耐候姓	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
耐水性	◎	○	◎	△	○-◎	◎	◎
耐蒸汽性	⊙-○	⊙	○-◎	×	⊙-○	⊙-○	○
抗臭氧性	△-⊙	◎	◎	◎	◎	◎	◎
抗氧化性	○	◎	◎	○	◎	◎	◎
耐酸性(稀釋)	○	◎	◎	△-⊙	○	◎	◎
耐酸性(濃縮)	○	◎	◎	△-⊙	⊙	○	◎
耐鹼性(稀釋)	○	◎	◎	△-⊙	◎	◎	◎
耐鹼性(濃縮)	○	◎	◎	△-⊙	◎	○	×
合成潤滑劑	○-◎	△	×	△	×	◎	◎
低極性潤滑油	◎	◎	×	◎	○	◎	◎
高極性潤滑油	◎	○	×	◎	⊙	◎	◎
動、植物性油	○	○	○-◎	○	◎	◎	◎
抗氣體滲透率	○-◎	○	⊙	○	△	△	◎
抗導電性	△-⊙	◎	◎	⊙	○-◎	◎	○
與金屬之附著力	○-◎	○-◎	⊙-○	○	○	⊙	⊙

◎：優　○：良　⊙：尚可　△：劣　×：極劣

7. 橡膠對各種藥液、油品與溶劑之安定性

橡膠受到密封環境如化學藥品、油品等影響，進而可能導致橡膠失去彈性，故須考慮到橡膠所應用的環境來選擇材質；<表七>為橡膠對各種化學藥品的安定性，<表八>為橡膠對各種油品與溶劑的安定性。

<表七>橡膠對各種化學藥液之安定性

	流體	HNBR	NBR	EPDM	CR	CSM	VMQ	FKM	ACM
	水蒸氣(150℃)	○	×	◎	×	×	×	△	×
有機酸	醋酸	○	○	◎	◎	◎	◎	○	×
無機酸	鹽酸(25%)	○	○	◎	◎	◎	◎	○	×
	磷酸(20%)	◎	○	◎	○	◎	○	◎	—
	硝酸(25%)	○	×	○	◎	◎	○	△	×
鹼類	氫氧化鈉(30%)	◎	○	◎	×	◎	○	○	—
	氨水(28%)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	×
鹽類	氯化鈉(30%)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	—
	碳酸鈉(10%)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	—
氧化劑	過氧化氫(3%)	○	△	○	△	◎	◎	◎	—
	次氯酸鈉(5%)	○	×	○	×	○	○	◎	×
脂肪族碳水化合物	異辛烷	◎	◎	×	○	○	×	◎	◎
芳香族碳水化合物	甲苯	△	△	×	×	×	△	◎	×
氯化碳水化合物	三氯乙烯	△	△	×	×	×	×	◎	—
醇類	甲醇	◎	◎	◎	◎	◎	◎	△	×
	乙醇	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×
醚類	乙醚	△	△	△	×	×	×	×	×
酯類	乙酸乙酯	×	×	○	△	△	×	△	—
酮	甲基乙基甲酮	×	×	◎	×	×	×	×	×
醛類	糠醛	○	△	◎	×	×	×	×	×
胺類	三乙醇氨	◎	△	◎	◎	◎	×	×	×
	二硫化碳	△	△	×	×	×	—	◎	—

◎:優秀　○:除特別指定外，具有抗性　△:除特別指定外，不具抗性　×:不具抗性

<表八>為橡膠對各種油品與溶劑的安定性。

油、溶劑 \ 橡膠種類		HNBR	NBR	EPDM	SBR	PTFE	VMQ	FKM	ACM
引擎油	SAE #30	◎	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
	SAE 10W-#30	◎	◎	×	×	◎	○	◎	◎
齒輪油	車輛用	◎	◎	×	×	◎	△	○	◎
	工業用 2 種(極性)合成底	◎	◎	△	△	◎	△	○	△
流體式自動變速裝置油、自動控制流體		◎	◎	×	×	◎	×	○	◎
煞車油	DOT 3 (乙二醇系)	×	△	○	○	◎	○	×	×
	DOT 5 (乙二醇系)	×	△	○	○	◎	○	×	×
	DOT 5 (矽系)	◎	◎	×	○	◎	×	◎	◎
渦輪油 2 種		○	○	×	×	◎	△	◎	◎
機械油(2 號軸潤滑油)		○	○	×	×	◎	×	◎	○
油壓工作油(礦油系)		◎	◎	×	×	◎	△	◎	◎
難燃性工作油	磷酸酯系	×	×	×	×	◎	◎	△	×
	水+乙二醇系	○	○	×	×	◎	△	△	×
切削油		◎	◎	×	×	◎	◎	◎	△
潤滑脂	礦油系	◎	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
	矽系	◎	◎	○	○	◎	×	◎	◎
	氟系	◎	◎	×	×	◎	◎	×	◎
冷煤	R12+石臘系	◎	○	×	×	◎	×	×	×
	R134a+乙二醇系	○	△	◎	×	◎	×	×	×
汽油		○	△	×	×	◎	×	◎	×
輕油、灯油		○	△	×	×	◎	×	◎	×
重油		◎	○	×	×	◎	×	◎	△
不凍液(乙烯乙二醇系)		○	○	◎	◎	◎	△	×	×
溫水		◎	○	◎	◎	◎	○	○	×
海水		◎	○	◎	◎	◎	×	○	×
水蒸氣		○	×	◎	△	◎	×	△	×
鹽酸 10%液		○	○	◎	○	◎	○	○	○
硫酸 30%液		△	△	○	△	◎	×	△	△
硝酸 10%液		○	×	○	×	◎	×	△	×
氫氧化鈉 40%液		◎	○	◎	◎	◎	×	×	×
苯		×	×	×	×	◎	×	×	×
酒精		○	○	◎	◎	◎	○	○	×
丁酮		×	×	×	×	◎	△	×	×

◎:優秀　○:除特別指定外，具有抗性　△:除特別指定外，不具抗性　×:不具抗性

8. 橡膠材料對各式油品之適用溫度範圍

膠料處於不同的密封油品下，除須考慮到橡膠所適用的油品外，還須注意各類油品的工作溫度範圍，<表九>為橡膠材料對各式油品的適用溫度範圍。

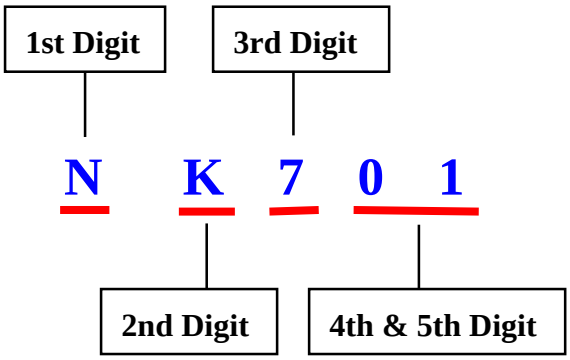
<表九>橡膠材料對各式油品之適用溫度範圍

油品	連續性測試溫度範圍	週期性測試溫度範圍	汽車引擎用油	齒輪軸用油	自動變速器用油	一般液壓油	礦物性潤滑脂	矽系潤滑脂	柴油引擎用油	汽油/引擎燃料用油(標準)	汽油/引擎燃料用油(特級)
溫度適用範圍(℃)			+150 | -40	+150 | -40	+160 | -50	+100 | -30	+100 | -30	+250 | -50			
材質											
NBR	+100 | -30	+120 | -30	100	90	100	100	100	100	*	*	*
FKM	+200 | -20	+250 | -20	150	150	160	100	100	200	150	150	150
EPDM	+120 | -50	+150 | -50	NS	NS	NS	NS	NS	120	NS	NS	NS
VMQ	+200 | -55	+225 | -55	130	*	*	*	100	*	NS	NS	NS
HNBR	+130 | -30	+150 | -30	130	110	130	100	100	130	*	*	*
IIR	+120 | -40	+140 | -40	NS	NS	NS	NS	NS	120	NS	NS	NS
AU Polyester PU	+80 | -30	+100 | -30	100	100	100	100	100	100	60	60	60
Polyester elastomer	+100 | -40	+120 | -40	100	100	100	100	100	100	60	60	60
PA Nylon	+100 | -30	+120 | -30	100	100	100	100	100	100	100	100	100
POM 塑鋼	+100 | -45	+120 | -45	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PTFE	+200 | -50	+200 | -50	150	150	160	100	100	200	150	150	150
ACM	+130 | -10	+150 | -10	130	110	120	100	100	130	*	*	*

NS: 彈性體對此種油品的溫度變化範圍很大　*: 此彈性體不適用此種油品　(溫度單位：℃)

9.NAK 材料編碼系統

NAK 橡膠種類甚多，為因應不同環境需求，有不同之膠料可供選擇。編號為五碼，如下方說明，第一碼為材質種類，第二碼為膠料顏色，第三碼則為硬度(一般公差+/- 5度)，第四、五碼為膠料特性代碼(如特別強調耐低溫等特性)。



1st Digit — Material 材質

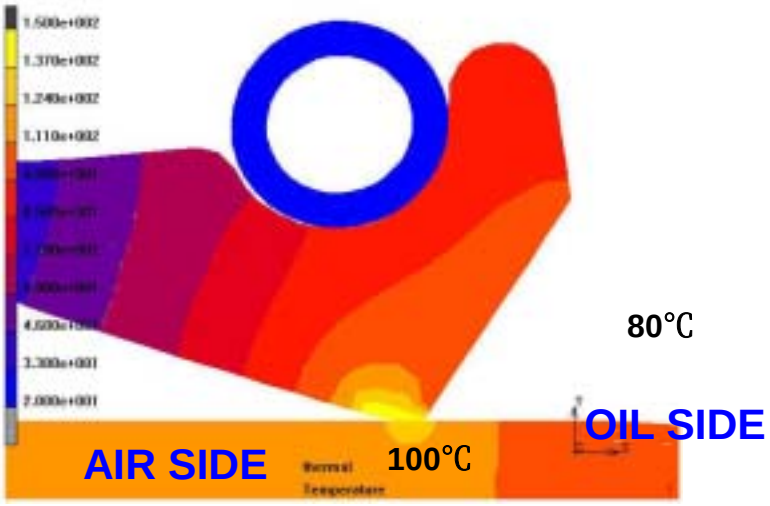
2nd Digit — Color 顏色

3rd Digit — Hardness 硬度

4th & 5th Digit — Property (Sequential Number) 代碼

1st Digit		2nd Digit		3rd Digit	
Material		Color		Hardness	
Symbol	Meaning	Symbol	Meaning	Symbol	Meaning
B	SBR	W 白色	White	A	95
C	CR	K 黑色	Black	9	90
E	EPDM	B 藍色	Blue	B	85
F	FVMQ	R 紅色	Red	8	80
G	Hypalon	T 灰色	Gray	C	75
H	HNBR	G 綠色	Green	7	70
R	NR	N 棕色	Brown	D	65
M	VAMAC	P 透明	Transparent	6	60
N	NBR	A 橘紅	Tangerine	E	55
P	ACM	U 紫色	Purple	5	50
S	Silicone			F	45
U	PU			0	coating
V	FKM				
X	XNBR				
I	IIR				

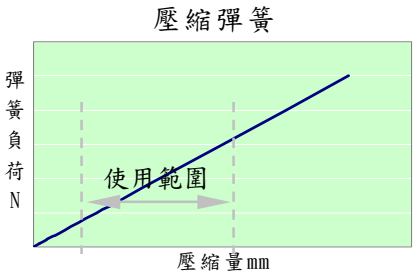
對於油封材質的選用除了考慮密封流體的種類、轉速與操作溫度外，仍需注意唇部因與軸接觸會產生溫昇的現象，就一般唇型油封而言：唇部的溫度會高於操作溫度約 20℃左右，如<圖 2-10>。因此在選用油封材質時需慎選膠料的耐溫性。

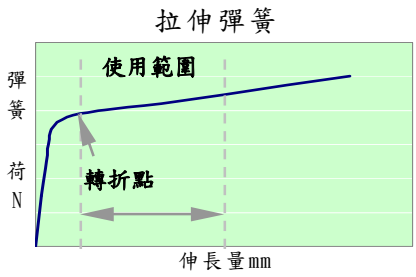


<圖 5-1>一般油封唇部溫昇會高於操作溫度 20℃以上

5.2 彈簧

彈簧的作用是使油封唇部提供一定迫緊力及延長油封壽命，並依軸的周速及軸的偏心選用適當彈簧力，參閱彈簧設計參考資料如<表 5-6>所示。

壓縮彈簧	荷重 $P = k \cdot \delta$ 彈簧率 $k = \dfrac{Gd^4}{8D^3 N_a}$ 彈簧指數 $c = \dfrac{D}{d}$		記號	名稱	單位
			P	荷重	kgf
			k	彈簧率	kgf/mm
			δ	撓度	mm
			G	橫向彈性係數	kgf/mm^2

拉伸彈簧	荷重 $P = k \cdot \delta + P_i$ 初張力 $P_i = \dfrac{\pi d^4 G}{800 D^2}$ 彈簧率 $k = \dfrac{Gd^4}{8D^3 N_a}$ 彈簧指數 $c = \dfrac{D}{d}$		d	材料的直徑	mm
			D	螺旋平均徑	mm
			N_a	有效圈數	
			c	彈簧指數	
			P_i	初張力	kgf

<表 5-6>彈簧力的計算與選用

對於彈簧的選用基準亦請參考<表 5-7>所示。

密封對象	彈　　簧		
	標準材料	專用材料	
	碳鋼 SAE 1070 SAE 1080	不銹鋼	
		SAE 30304	SAE30316
潤滑油、 潤滑脂	○	○	○
水	╳	○	○
水蒸氣	╳	○	○
海水	╳	╳	○
酸	╳	╳	○
鹼(Alkali)	╳	○	○

<表 5-7>彈簧材質種類及適用環境選擇

5.3 鐵殼

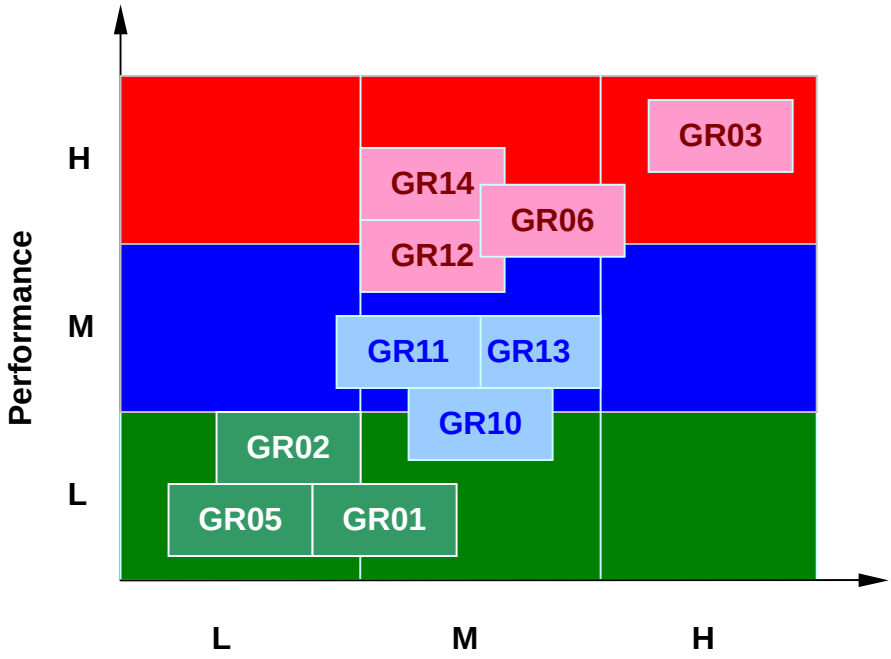
鐵殼的作用油封之骨架，可補強迫緊，且可使油封正確完全嵌合於油箱，對於鐵殼的選用基準請參考<表 5-6>所示。

密封對象	鐵　　殼		
	標準材料	專用材料	
	碳鋼 SAE 1008	不銹鋼	
		SAE 30304	SAE30316
潤滑油、 潤滑脂	○	○	○
水	╳	○	○
水蒸氣	╳	○	○
海水	╳	╳	○
酸	╳	╳	○
鹼(Alkali)	╳	○	○

<表 5-7>鐵殼材質種類及適用環境選擇

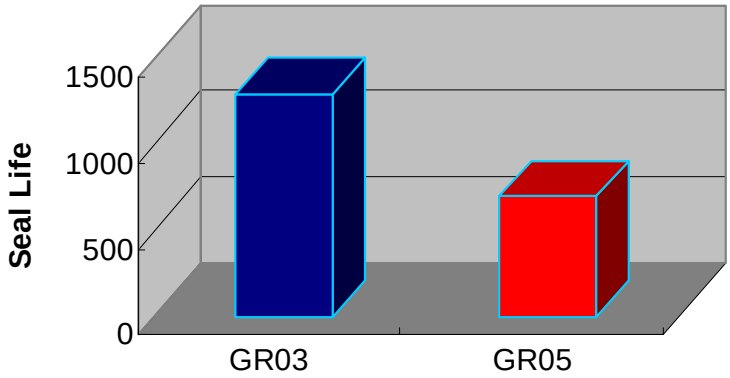
5.4 潤滑油脂

潤滑油脂俗稱黃油,本身具有高附著性,常使於不太需要不斷提供潤滑油的機械部位,由於潤滑油脂是半固體狀態除了具有潤滑作用外亦兼具較佳的密封性,對於油封局部潤滑與灰塵等污染物的阻絕具有相當大的效用。潤滑油脂特性的選用與油封的壽命具有相當大的關係如<圖 5-2>所示為不同潤滑油脂的性能比較。



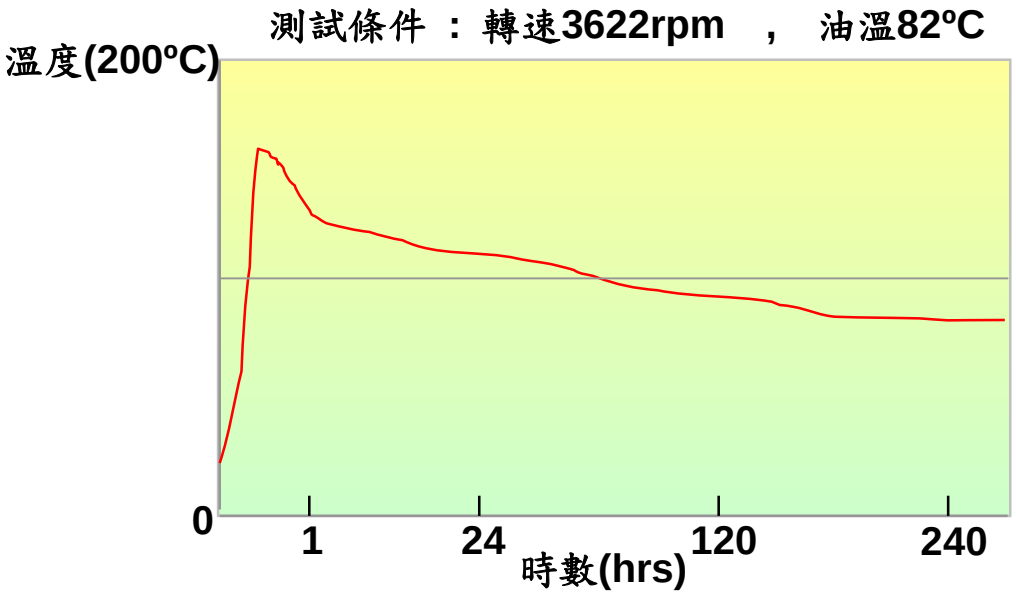
<圖 5-2>不同潤滑油脂之性能與價錢比

在<圖 5-3>中我們可發現,不同等級的潤滑油脂對油封的壽命有相當大的影響。



<圖 5-3> 不同牛油對油封壽命的影響

潤滑油脂廣泛被用於油封中(AP 或 ST),其除了具有潤滑與阻絕外界污染物外的特性外，我們仍需注意在油封內密閉空間中潤滑油脂因高速迴轉及摩擦產生的溫昇現象如<圖 5-4>所示，於設計或材質選用時需加以考慮其影響因素以避免油封壽命遞減。

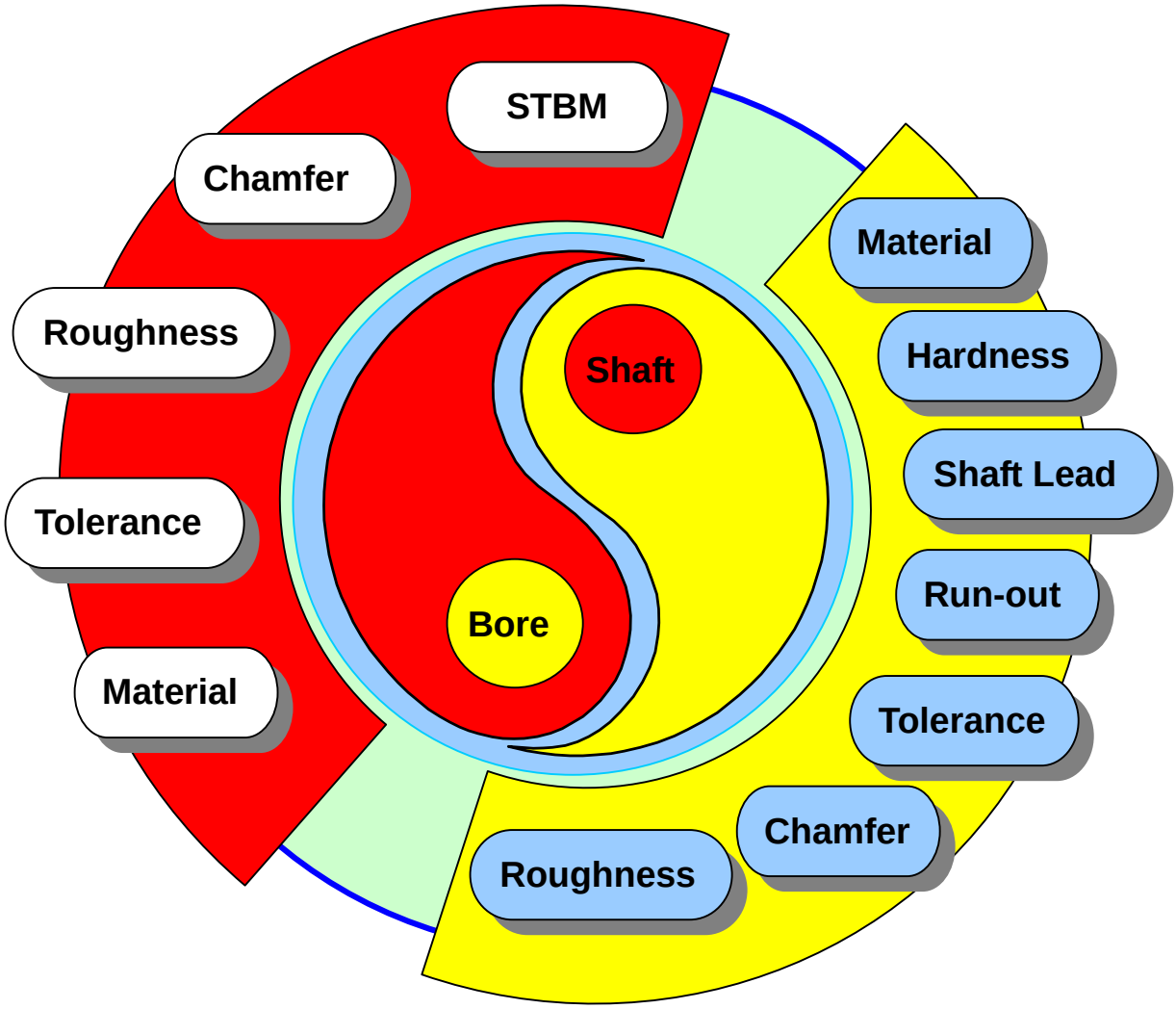


<圖5-4>為潤滑油脂在AP油封內溫昇曲線圖

第六章 油封安裝環境設計

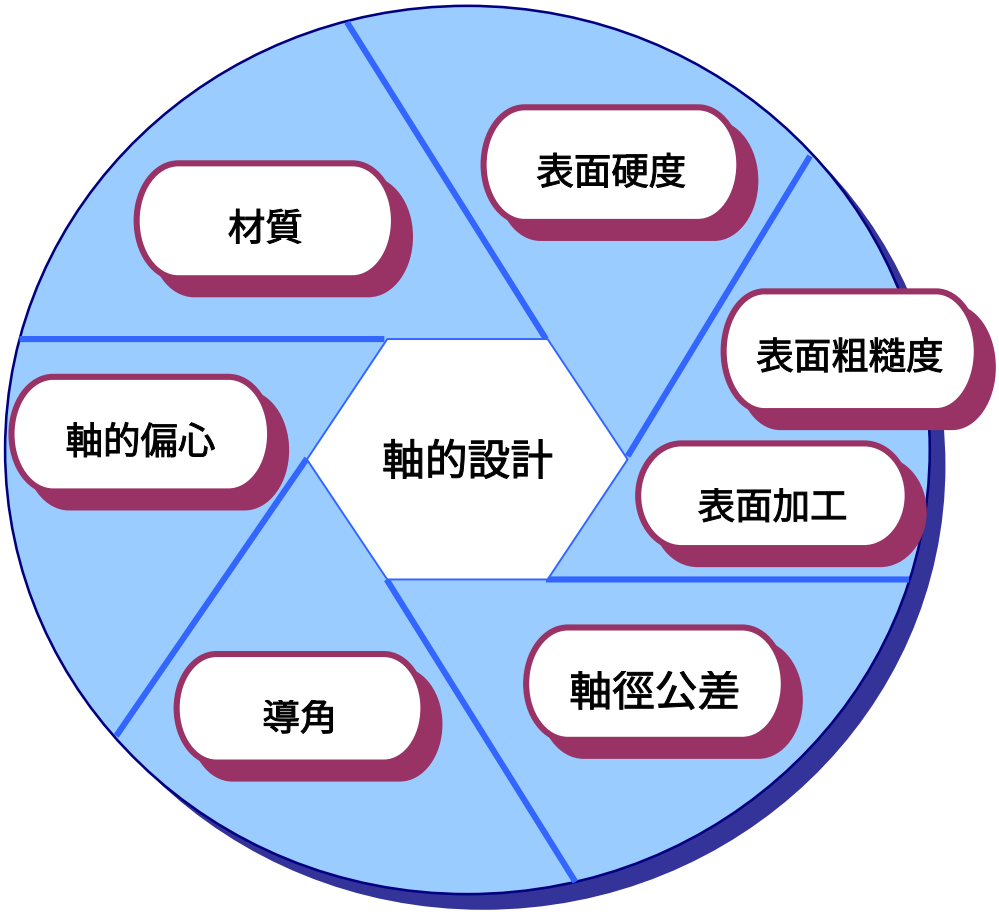
6.1 油封安裝環境對軸及孔的基本要求要素：

設計油封安裝環境時，應特別注意軸與孔的要求，因軸與孔的設計參數，將直接影響油封的使用壽命，如下圖所示，為油封安裝環境對軸及孔的基本要求要素。



6.2 軸的設計:

為了提供您最好旋轉軸油封，依下列幾點，我們必須考慮軸所使用的材質、粗糙度、硬度、導角、公差和偏心。



6.2.1 軸之材質:

油封能在碳鋼媒體或不銹鋼材質的軸上,做作最好的運作。應特別考慮使用熱處理或氮化。在低速度時對水做密封,不銹鋼的材質更適合。

6.2.2 軸的表面粗糙度:

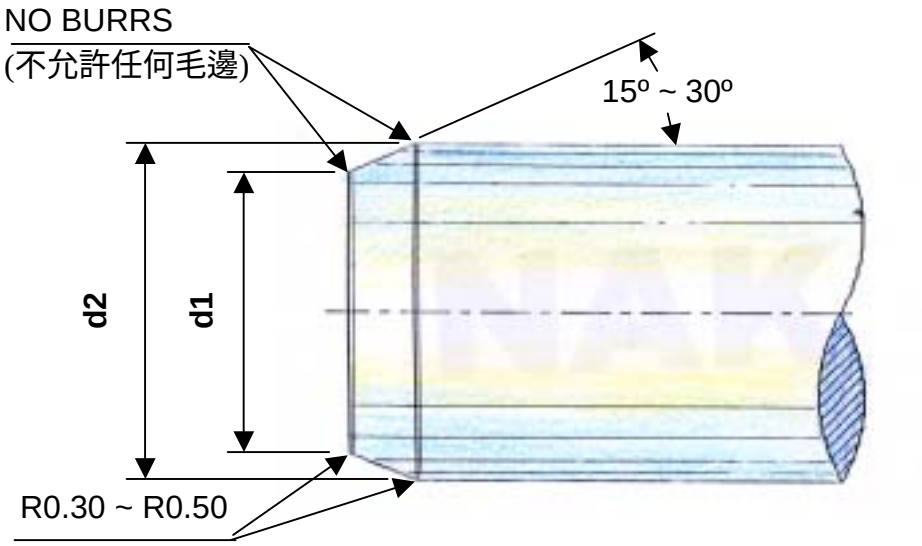
軸的表面粗糙度是影響油封壽命的因素之一，故要求表面粗糙度為 R_a 0.2~0.8μm 或 R_z 1~5μm，R_{max}6.3μm，且在接觸表面的區域範圍內，任何的溝痕是不被允許的。

6.2.3 軸的表面硬度:

油封的使用壽命也仰賴軸的表面硬度，一般不得小於 HRC 45；若圓周速度超過 4 m/s 時，則軸的表面硬度不得小於 HRC 55。

6.2.4 軸的導角:

軸的導角能引導油封唇部進入適當位置，建議角度使用 15 至 30 度(如圖 6-1 所示)，導角部份不允許任何毛邊；建議導角尺寸如<表 6-1>所示。



<圖 6-1>

軸徑	d2-d1	軸徑	d2-d1
≦ 10.00	1.5	50.01 ~ 70.00	4.0
10.01 ~ 20.00	2.0	70.01 ~ 95.00	4.5
20.01 ~ 30.00	2.5	95.01 ~ 130.00	5.5
30.01 ~ 40.00	3.0	130.01 ~ 240.00	7.0
40.01 ~ 50.00	3.5	240.01 ~ 500.00	11.0

<表 6-1>軸的導角尺寸

6.2.5 軸徑公差:

對於軸徑的公差範圍，參照 RMA 及 ISO 規範建議如<表 6-2>及<表 6-3>。

軸徑	公差
4.000 以下	+/-0.003
4.001 ~ 6.000	+/-0.004
6.001 ~ 10.000	+/-0.005
10.001 以上	+/-0.006

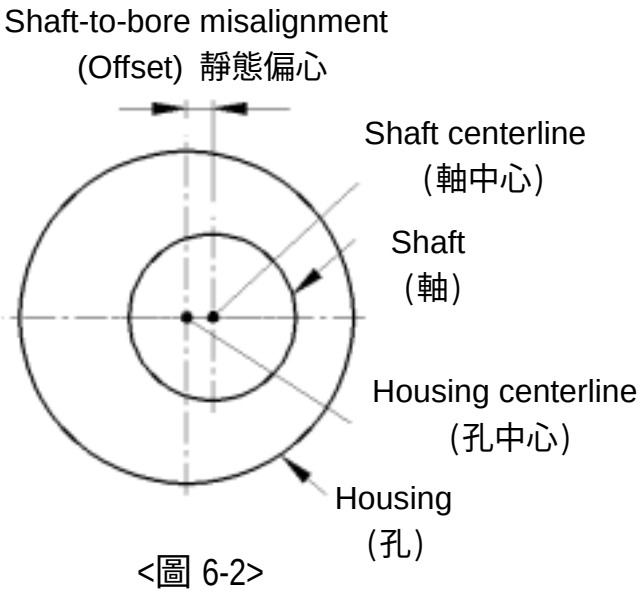
<表 6-2>軸公差（英制）

軸徑	公差
3.00 以下	+0.000/-0.060
3.01 ~ 6.00	+0.000/-0.075
6.01 ~ 10.00	+0.000/-0.090
10.01 ~ 18.00	+0.000/-0.110
18.01 ~ 30.00	+0.000/-0.130
30.01 ~ 50.00	+0.000/-0.160
50.01 ~ 80.00	+0.000/-0.190
80.01 ~ 120.00	+0.000/-0.220
120.01 ~ 180.00	+0.000/-0.250
180.01 ~ 250.00	+0.000/-0.290
250.01 ~ 315.00	+0.000/-0.320
315.01 ~ 400.00	+0.000/-0.360
400.01 ~ 500.00	+0.000/-0.400

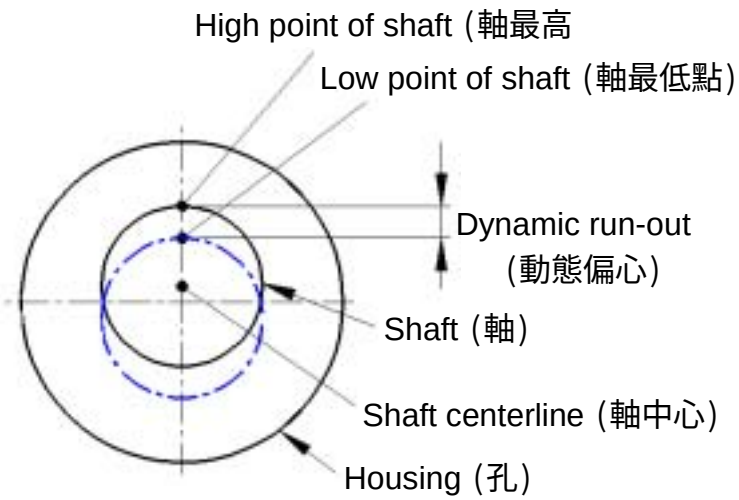
<表 6-3>軸公差（公制）

6.2.6 軸的偏心:

兩種軸的偏心型式,會影響油封的性能,一種是靜態的偏心(軸到孔的偏心量 STBM)，如圖 6-2 所示，一種是動態的偏心（Run-Out)，如圖 6-3 所示。

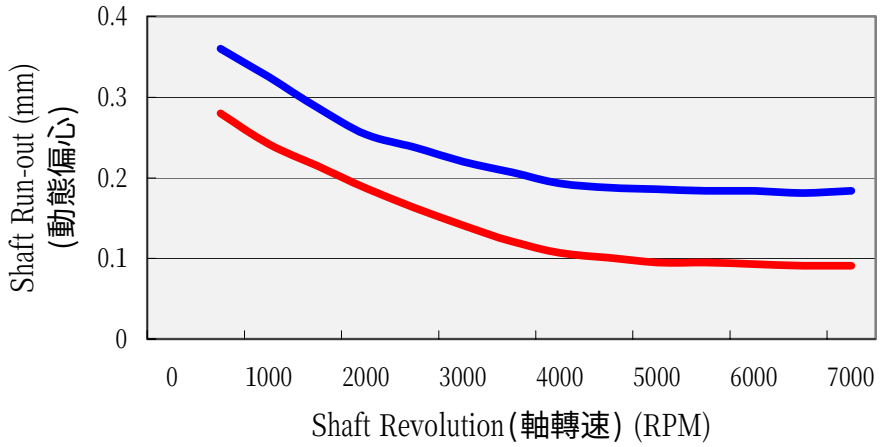


<圖 6-2>

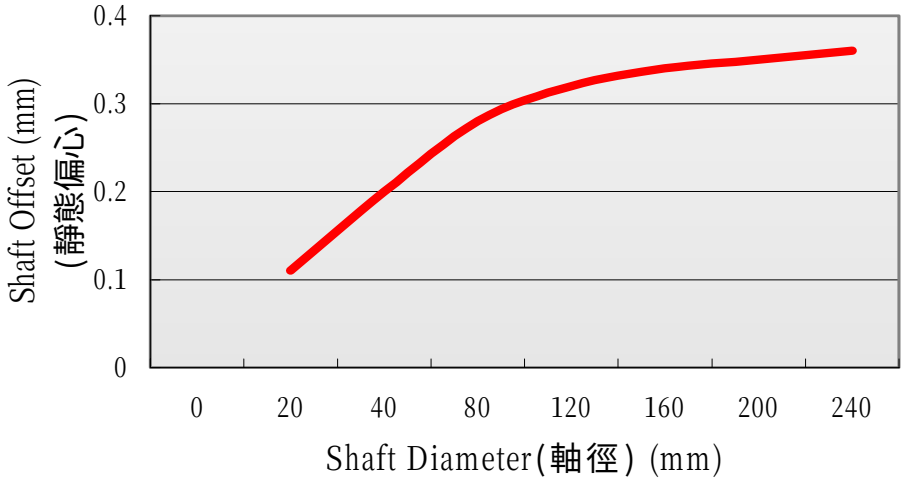


<圖 6-3>

軸的動態偏心與靜態偏心可允許的偏心範圍如<圖 6-4>及<圖 6-5>。



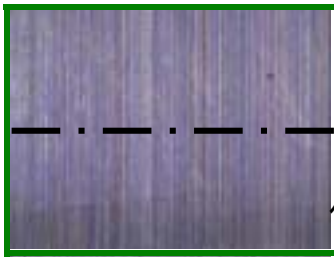
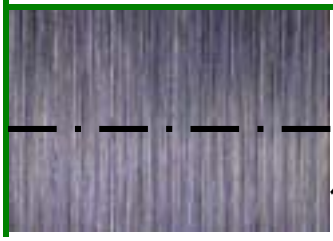
<圖 6-4>



<圖 6-5>

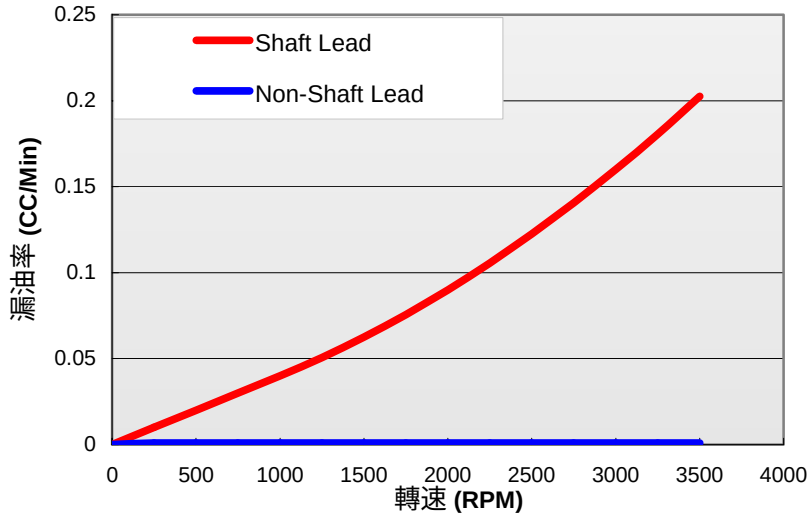
6.2.7 軸的表面加工方式:

如<圖 6-6>所示，由圖解告知合適與不合適之加工後軸表面之紋路。

 ○ 軸線 倍數:63x	合適之加工方式，加工紋路垂直於軸線。
X 軸線 倍數:63x	不合適之加工方式，加工紋路與軸線成一傾斜角度，易導致單一特定軸旋轉方向漏油。
X 軸線 倍數:63x	不合適之加工方式，加工紋路與軸線成一傾斜角度，易導致單一特定軸旋轉方向漏油。
 ○ 軸線 倍數:63x	合適之加工方式，加工紋路垂直於軸線。

<圖 6-6>

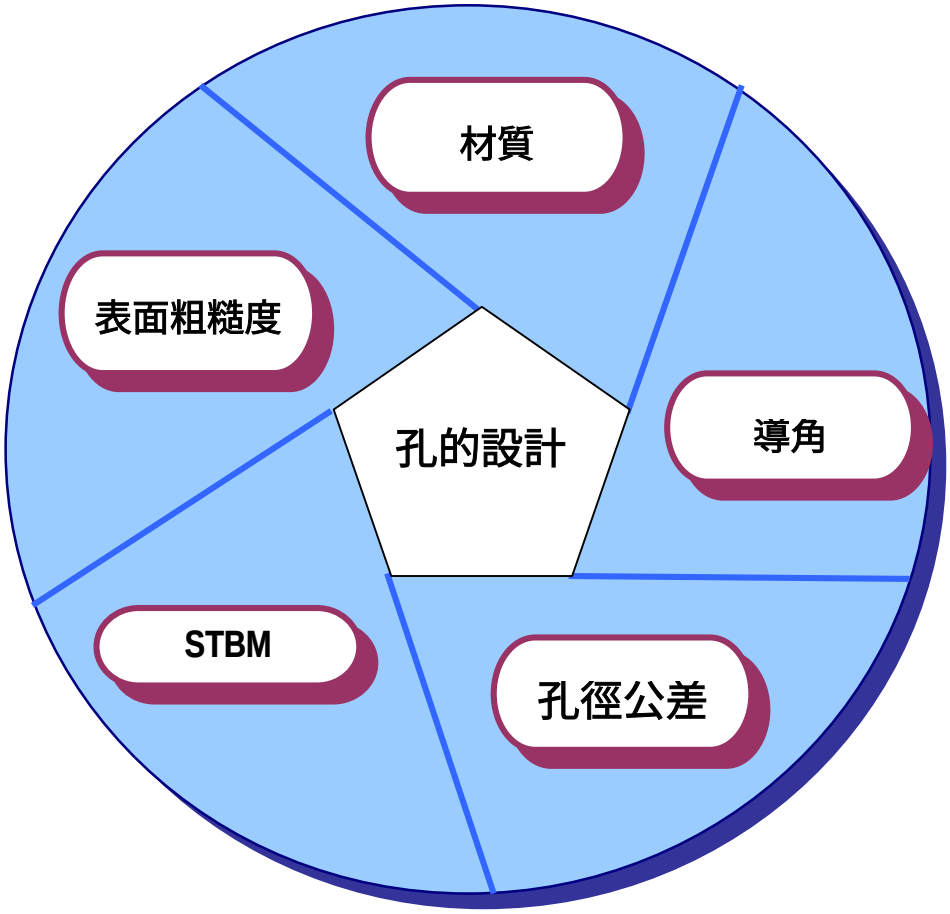
軸表面產生之加工紋路與軸線成一傾斜角度，會導致漏油量產生。如下圖 6-7 有加工紋路有斜紋(Shaft Lead)及無斜紋(Non-Shaft Lead)之漏油率比較圖。



<圖 6-7>

6.3 孔的設計:

為了油封運轉之合適性,必須考慮到油封裝配孔的要求。依下列幾點，我們必須考慮孔所使用的材質、粗糙度、導角和公差。



6.3.1 孔之材質:

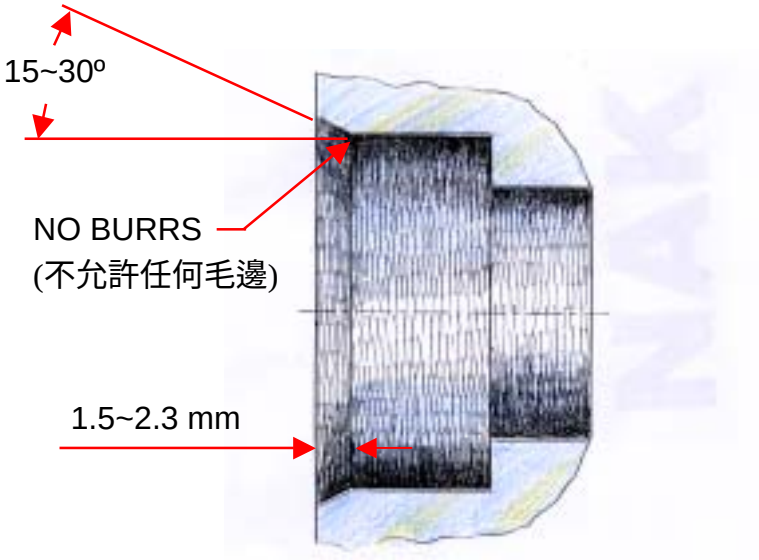
裝配孔為鋼鐵和鑄鐵的材質時，可提供給油封外徑為橡膠和金屬的油封一個好的密封表面,對於鋁合金材質的裝配孔,使用有橡膠外徑的油封會有較佳的密封能力。

6.3.2 孔之粗糙度:

使用鐵殼外徑油封的孔徑表面的粗糙度是 10μinch Ra 或 2.5μmRa 或如果是使用橡膠外徑油封的孔徑表面粗糙度則應為 150μinch 或 3.75μmRa。

6.3.3 孔的導角:

孔的導角能使油封容易安裝，建議設計如<圖 6-7>所示。



<圖 6-7>

6.3.4 孔徑公差:

對於孔徑的公差範圍，參照 RMA 及 ISO 規範建議如<表 6-4>及<表 6-5>。

孔徑	公差
3.000 以下	+/-0.001
3.001 ~ 7.000	+/-0.0015
7.001 ~ 12.000	+/-0.002
12.001 ~ 20.000	+/-0.003
20.001 ~ 40.000	+/-0.004
40.001 ~ 60.000	+/-0.006

<表 6-4>孔公差（英制）

孔徑	公差
10.00 以下	+0.022/-0.000
10.01 ~ 18.00	+0.027/-0.000
18.01 ~ 30.00	+0.033/-0.000
30.01 ~ 50.00	+0.039/-0.000
50.01 ~ 80.00	+0.046/-0.000
80.01 ~ 120.00	+0.054/-0.000
120.01 ~ 180.00	+0.063/-0.000
180.01 ~ 250.00	+0.072/-0.000
250.01 ~ 315.00	+0.081/-0.000
315.01 ~ 400.00	+0.089/-0.000
400.01 ~ 500.00	+0.097/-0.000

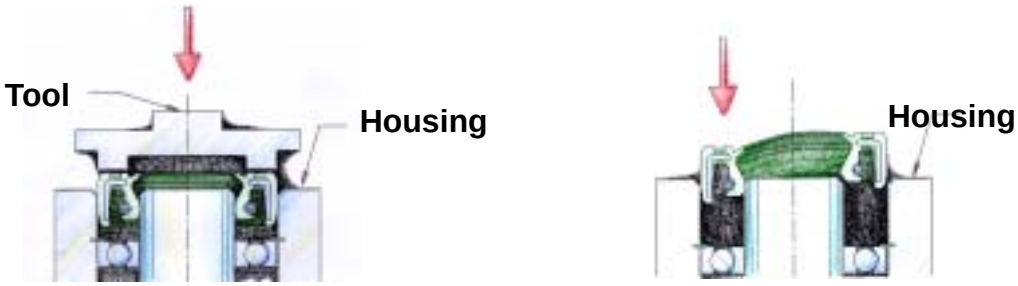
<表 6-5>孔公差（公制）

第七章 油封安裝方法

油封的安裝關係著密封功能的成敗，優良的油封設計如果沒有正確的裝配將無法發揮密封的效果，故使用正確的裝配治具及依照正確的安裝步驟是保證油封密封功能的不二法門。

7.1 油封安裝

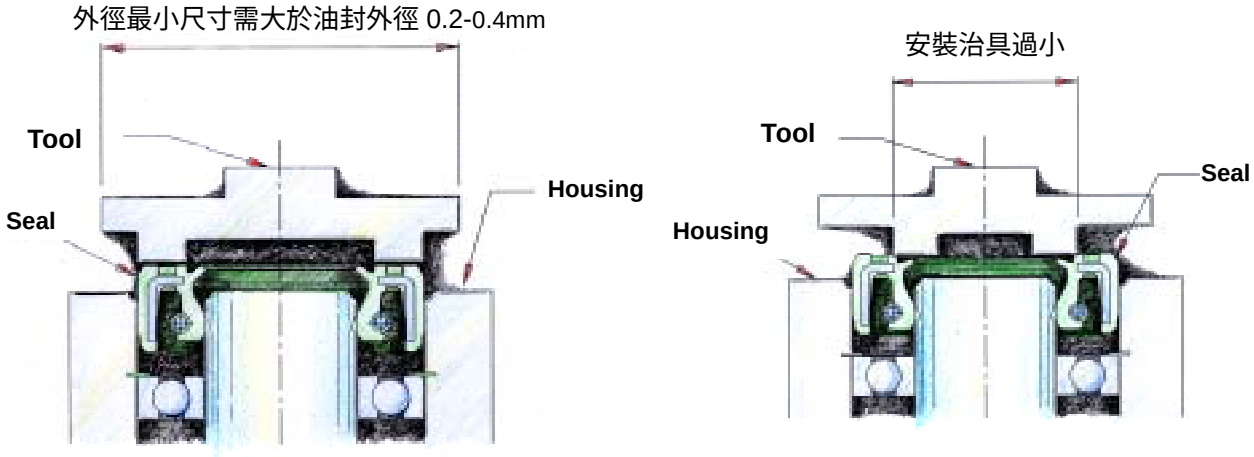
1. 正確的施力方式，避免造成油封變形：在沒有適當機械加壓時，應選用一適當的擋板作為治具，施以平均之敲擊力將油封平順的裝置列孔內；切勿以榔頭直接敲擊，造成油封變形。如<圖 7-1>所示



O 正確安裝　　X 不正確安裝

<圖 7-1>

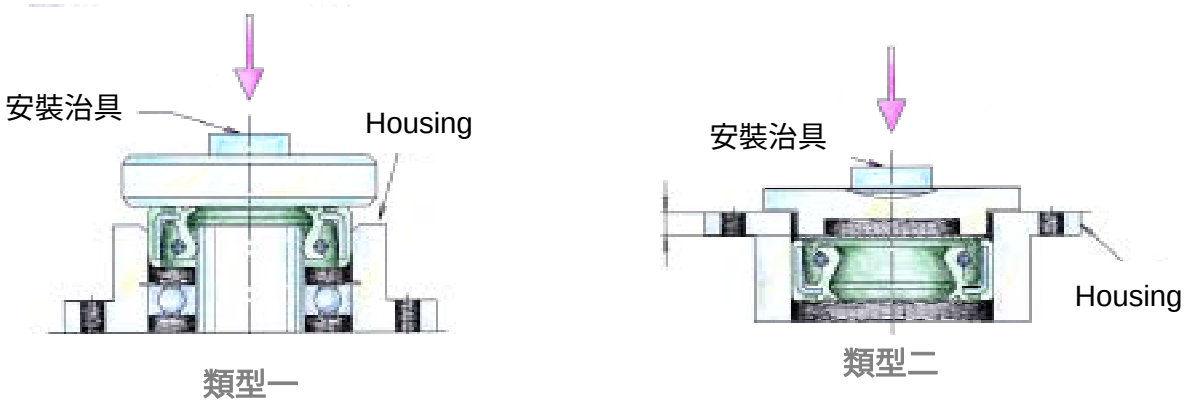
2. 正確的安裝治具：選用治具時注意治具與油封接觸位置需有適當的鐵殼結構作為支撐，避免造成鐵殼變形。如<圖 7-2>所示



O 正確安裝　　X 不正確安裝

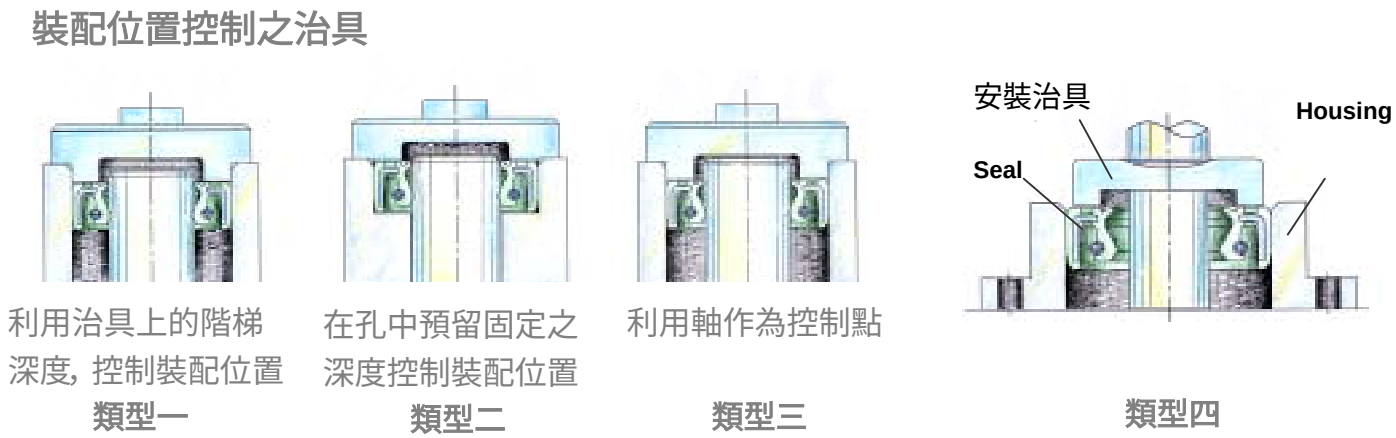
<圖 7-2>

3．不同安裝方向選擇不同之治具：由於裝配的方向不同，油封鐵殼能提供的施力點亦不同，故需採用不同的裝配治具。第一類型採用擋板，施力在鐵殼平面上；第二類型則施力在鐵殼外徑腳部。如<圖 7-3>所示，由上述可歸納治具的選用原則為：(A) 將力平均分散（B）將力作用在油封鐵殼結構最強處。



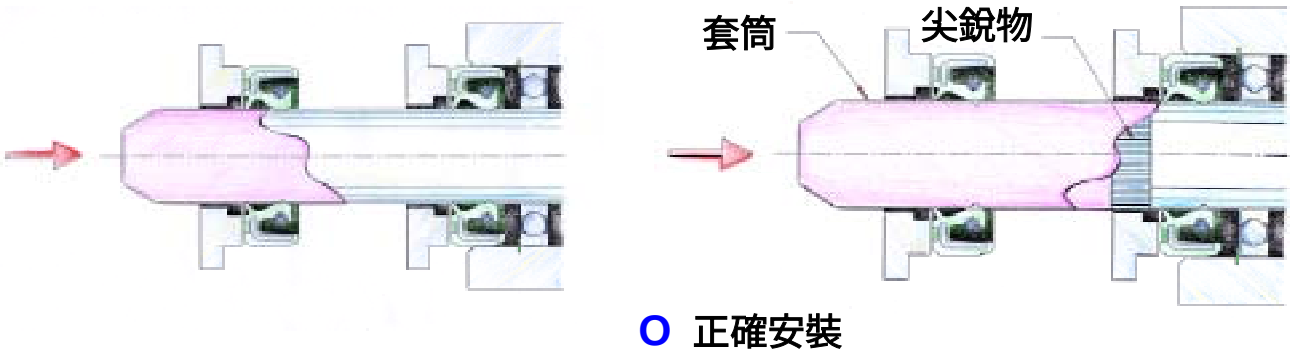
<圖 7-3>不同安裝方向之治具選用

4．裝配位置控制之治具：利用治具或是軸、孔達到油封定位的方法。類型一是在治具上製作特定的階梯深度，以控制裝配位置。類型二是在孔中預留固定之深度，將油封裝配至底部即可。類型三即利用軸作為控制點，當治具與軸接觸時即達安裝位置。類型四為採用定心桿方式進行定位控制。如<圖 7-4>所示



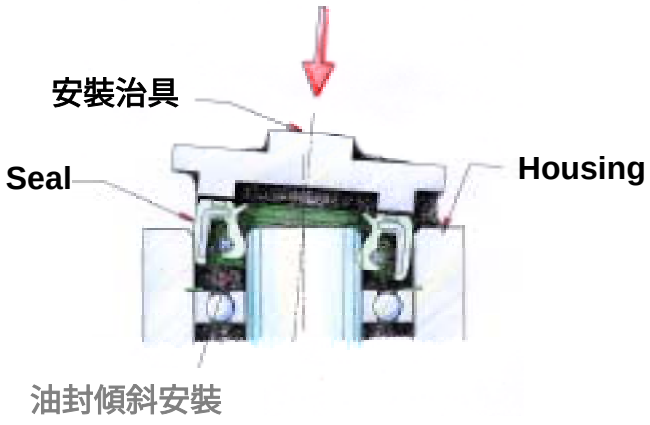
<圖 7-4>裝配位置控制之治具選用

5．利用軸套配合安裝油封：當軸的外徑可能對油封唇部造成傷害時，必需利用軸套作為引導及保護，避免在裝配的過程傷及唇部，影響密封功能。如<圖 7-5>所示

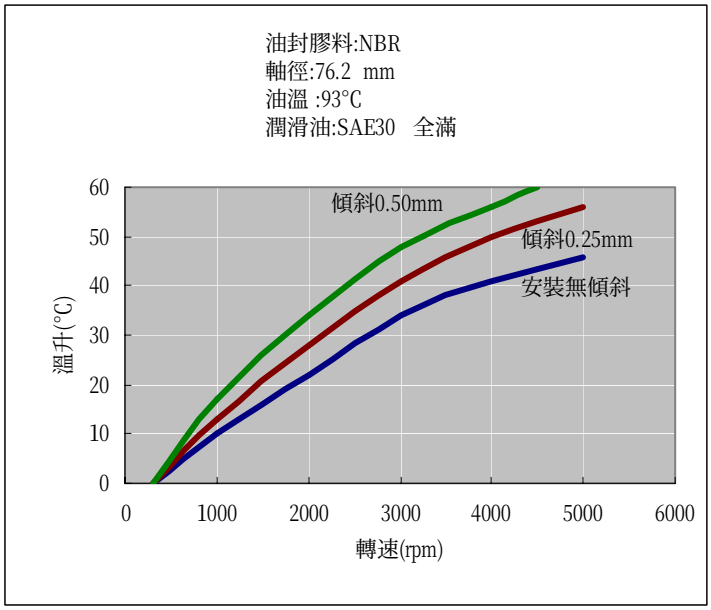


<圖 7-5>選用軸套配合油封安裝

6．保持油封的水平：在安裝油封的過程中，如果不能保持油封的水平，即會造成油封的傾斜。輕微的傾斜可能造成摩擦力的增加，使油封產生高溫及加速油封磨耗的程度，嚴重者易造成油封失效漏油。如<圖 7-6、7-7>所示

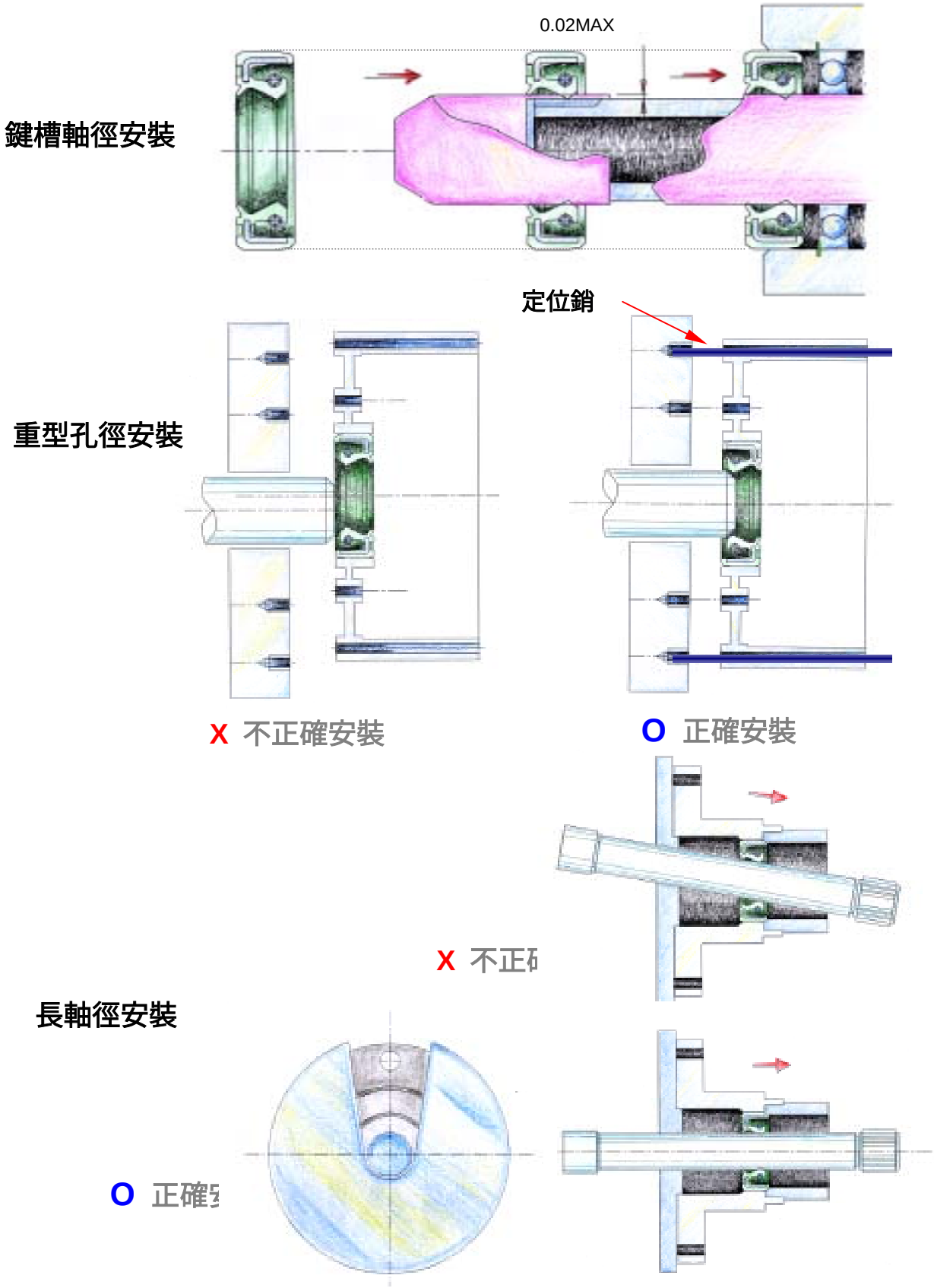


<圖 7-6>選用軸套配合油封安裝



<圖 7-7>油封安裝傾斜度與溫昇關係

7．正確的軸穿入：當油封已正確且良好的安裝在指定的位置上時，如果軸的穿入未能配合油封作適當的調整及定位，將導致密封失效。如<圖 7-8>所示

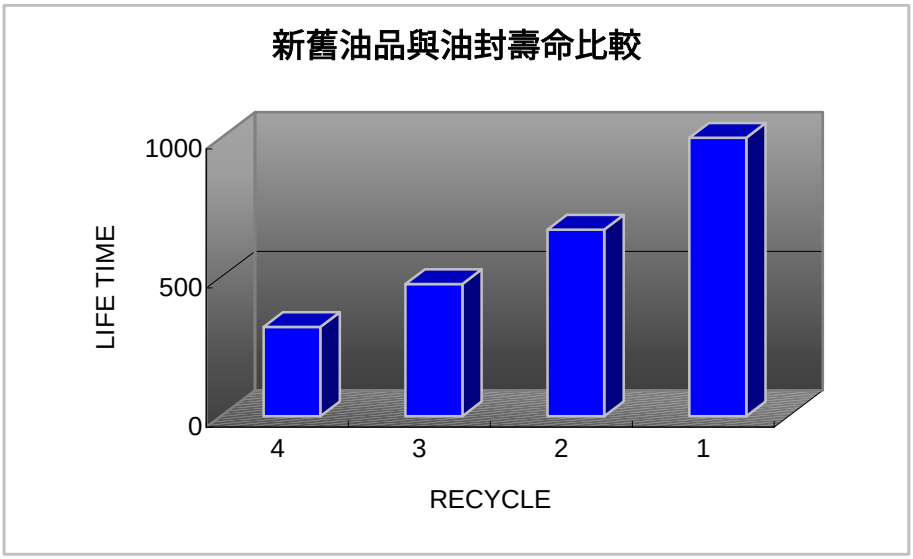


<圖 7-8>各種不同油封安裝的方式

7.2 油封裝配作業清單

油封安裝作業過程中如有疏忽或不慎將造成密封失效引發洩漏，以下的安裝檢查清單可供油封安裝作業時自主檢查之用，以確保安裝作業的正確性及避免安裝不良造成重工的浪費。請參閱附件十一油封安裝作業檢查表。

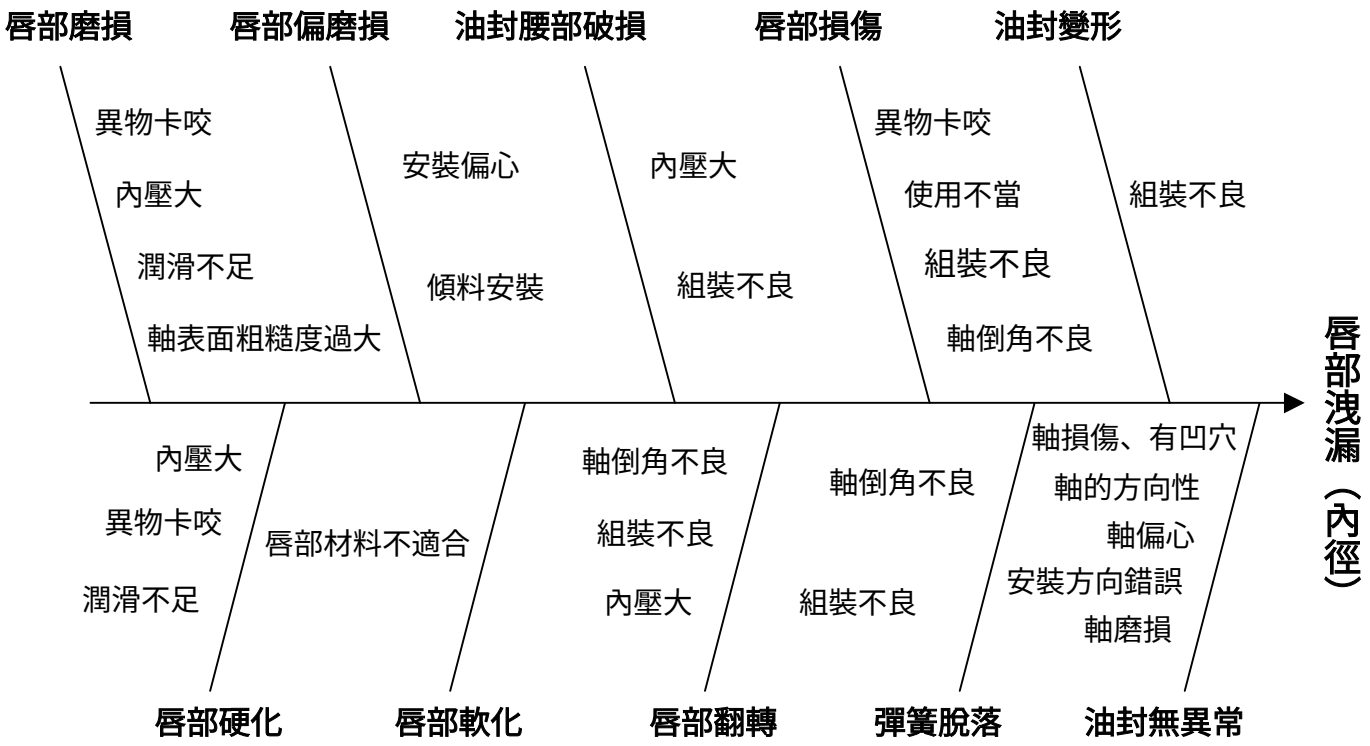
此外，潤滑油品的潔淨度對於油封的壽命亦有相當大的影響，當潤滑油被重複使用時潤滑油本身會產生裂解與碳化現象造成油封壽命遞減，如<圖 7-8>所示。

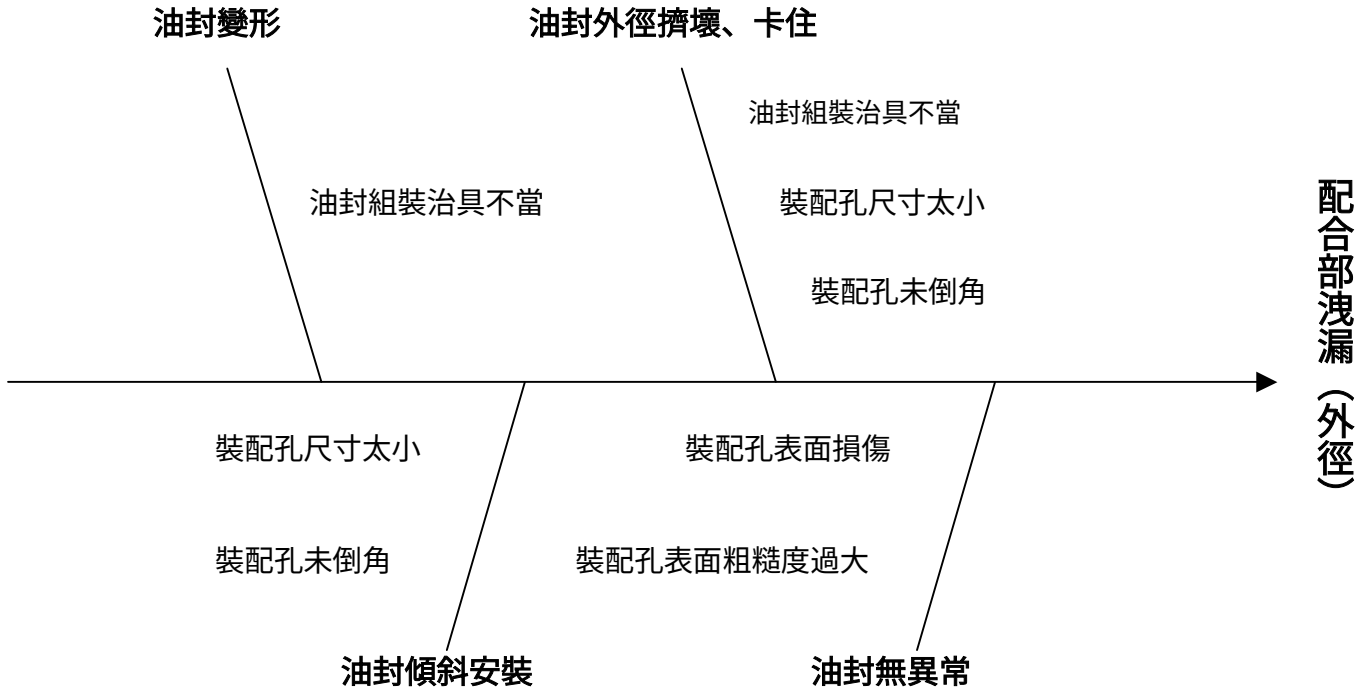


<圖 7-8>潤滑油重複使用時對油封壽命的影響

第八章 油封失效分析

8.1 常見失效原因分析



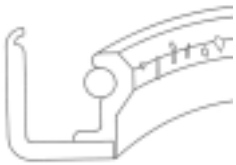
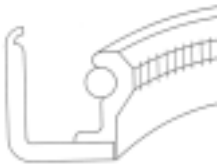
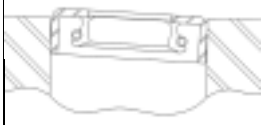
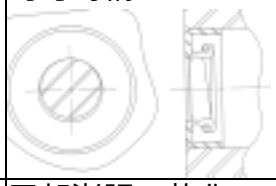


8.2 失效原因及改善

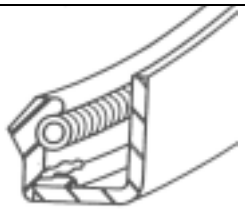
8.2.1 唇部洩漏(內徑)

失效項目		失效模式	失效起因	建議措施
唇部磨損	軸表面粗糙過大	唇部磨損大，在磨損面上有圓周方向的條紋。	表面粗糙度超出標準值的Ra0.2-0.8um，導致異常磨損。	修正軸的表面粗糙度符合標準值 Ra 0.2-0.8 um。
				指定軸的表面粗糙度更換。
	潤滑不足	唇部磨損大，磨損面失去光澤。	潤滑油不足，造成唇部乾磨擦，產生異常磨損。	補充潤滑油至指定量再旋轉。
	內壓大	唇部磨損大，有凹穴。	壓力超出油封設計值。	改用耐壓型油封。
				設通氣孔使成為不帶壓力的結構。
	異物卡咬	唇部磨損大，有條紋和凹槽。	泥沙與灰塵附著在軸與油封唇部，造成唇部卡咬。	裝配時軸與油封上不要沾染上泥沙與灰塵。

版權所有—翻印必究

				裝配環境惡劣，在油封上加上防塵唇的設計。
唇部硬化	潤滑不足	唇部光滑、有光澤，唇部硬化表面發生龜裂。 	潤滑油不足，造成唇部乾磨擦，產生異常磨損。	補充潤滑油至指定量再旋轉。
	異常高溫	唇部光滑、有光澤，唇部硬化表面發生龜裂。	溫度超出油封設計值	改用耐熱性良好的橡膠材料
			唇部溫升超出橡膠的耐熱極限	避免唇部溫升過高
	內壓大	唇部接觸寬大、有光澤，唇部硬化表面發生龜裂。	壓力超出油封設計值。	改用耐壓型油封。
				設通氣孔使成為不帶壓力的結構。
失效項目		失效模式	失效起因	建議措施
磨部偏磨損	傾斜安裝	唇部與軸接觸寬不均勻對稱 	裝配孔尺寸太小，勉強安裝，造成油封傾斜。	使用適合尺寸的裝配孔。
			裝配孔未倒角，勉強安裝，造成油封傾斜。	將裝配孔倒角，尺寸適當。
			沒有適當的裝配治具。	選用適當的裝配治具。
	安裝偏心	唇部與軸接觸寬不均勻對稱 	軸與裝配孔的中心在移位的狀況下安裝及運轉。	提高軸與裝配孔的同心度
唇部軟化	唇部材料不適合	唇部澎脹、軟化。 	潤滑油與橡膠不適合，造成唇部澎脹、軟化	改用適當的潤滑油
				改用適當的橡膠材料
油封腰部破損	組裝不良	油封腰部有龜裂。	在組裝時壓壞唇部而使腰部產生龜裂。	使軸與裝配孔同心，注意裝配。

版權所有—翻印必究

	內壓大		壓力超出油封設計值。	改用耐壓型油封
唇部翻轉	軸倒角不良	唇部有一部分或全部翻轉。	軸端倒角尺寸及角度不正確，使唇部在軸端卡住，造成損傷。	使軸倒角尺寸與角度適合，組裝時在倒角處塗上潤滑液。
	組裝不良		軸與裝配孔不同心，裝配不當使唇部翻轉。	使軸與裝配孔同心，注意裝配。在軸端塗上潤滑液。
	內壓大		壓力過高，造成唇部不正常的力作用使唇部翻轉。	改用耐壓型油封。
彈簧脫落	軸倒角不良	彈簧有一部分或全部脫落	軸端倒角尺寸及角度不正確，使唇部在軸端卡住，造成彈簧脫落。	使軸倒角尺寸與角度適合，組裝時在倒角處塗上潤滑液。
	組裝不良		在組裝時軸與裝配孔不同心，造成彈簧脫落。	使軸與裝配孔同心，注意裝配。在軸端塗上潤滑液。
失效項目		失效模式	失效起因	建議措施
唇部損傷	軸倒角不良	唇部帶有可目測得的損傷。	軸端倒角尺寸及角度不正確，使唇部在軸端卡住，造成損傷。	使軸端倒角尺寸及角度適合。
	組裝不良		軸的倒角處帶有毛刺，裝配時造成唇部損傷。	除去毛刺。
	使用不當		在搬運或組裝時，銳利物與唇部接觸，造成唇部損傷。	改善搬運及組裝時，避免接觸到油封唇部。
	異物卡咬	唇部附著異物。	長期在灰塵、泥沙較多的環境使用，造成軸與唇部卡咬。	裝配環境惡劣，在油封上加上防塵唇的設計。

版權所有—翻印必究

油封變形	組裝不良	油封變形，唇部變形部分接觸寬改變。	油封組裝治具不當，造成油封變形。	改善組裝治具。
油封無異常	軸損傷、有凹穴		在軸表面可目測到損傷及凹穴。	改變軸與唇部接觸位置。
	軸的方向性		軸使用車床加工，造成軸轉動時具有方向性(x63)。	使用垂直表面拋光，改變其方向性。
	軸偏心		軸的偏心比設計值大。	改用承受較大偏心的特殊油封。 使軸與裝配孔同心，注意裝配。
	安裝方向錯誤		組裝時裝錯方向。	使密封唇口指向密封介質安裝。
失效項目		失效模式	失效起因	建議措施
油封無異常	軸磨損		安裝時油封或軸上附著異物。	裝配時軸與油封上不要沾染上泥沙與灰塵。
			潤滑油變質，混入異物。	避免潤滑油過度使用。
			有異物侵入，造成唇部卡咬。	在油封上加上防塵唇的設計。

8.2.2 外徑洩漏(外徑)

失效項目	失效模式	失效起因	建議措施

油封變形	配合的痕跡有局部中斷	油封組裝治具不當，油封變形。	改用適當組裝治具。
		使用時產生油封局部變形。	注意使用時不要落下或碰撞硬物。
油封傾斜安裝	拆卸油封前，可目測見到油封對裝配孔及軸傾斜。	裝配孔尺寸太小，勉強安裝，造成油封傾斜。	使用適合尺寸的裝配孔。
		裝配孔未倒角，勉強安裝，造成油封傾斜。	使裝配孔倒角，尺寸適當。
	拆卸油封後，油封唇部的接觸寬不均勻。	沒有適當的裝配治具。	選用適當的裝配治具。
油封外徑擠壞、卡住	拆卸油封後，油封外徑軸方向有損壞或橡膠擠壞	裝配孔內徑尺寸太小，將油封勉強安裝，造成油封損傷。	使用適合尺寸的裝配孔。
		裝配孔未倒角，勉強安裝，造成油封損傷。	使裝配孔倒角，尺寸適當。
		油封組裝治具與裝配孔的平行度不夠，造成油封擠壞。	使油封組裝治具與裝配孔平行度達到要求。
失效項目	失效模式	失效起因	建議措施
油封無異常		安裝油封時，裝配孔與油封外徑有異物附著而使裝配孔表面發生損傷。	安裝油封時，避免異物沾在裝配孔與油封上。
		裝配孔表面有坑洞或粗糙度過大。	要求裝配孔表面粗糙度。
		裝配孔倒角部份有毛刺，造成裝配孔表面損傷。	修除裝配孔倒角部份的毛刺。

註 1.:以上資料參考 RMA

版權所有—翻印必究