

經濟部標準檢驗局第一組 書函

總 收 文	103年12月23日 (103)風字013號
-------------	---------------------------

機關地址：100臺北市中正區濟南路1段4號
聯絡人/聯絡電話：龍威丞/33435-138
電子郵件：wc.long@bsmi.gov.tw
傳 真：33435126

110

台北市信義區中坡北路17號2樓

受文者：台灣通風設備協會

發文日期：中華民國103年12月18日

發文字號：經標一組字第10310020070號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：請就本局編擬之CNS草-制1030877「風機—風機效率分類」1種國家標準草案惠提意見，如無意見亦請在空白意見書上註明無意見，並請於104年3月5日前惠復（以傳真或電子郵件寄至wc.long@bsmi.gov.tw）本局第一組第二科。

說明：

- 一、檢附上開草案暨空白意見書各1份。
- 二、有關上開標準草案及空白意見書電子檔，本局將以電子郵件提供。請以電話或電子郵件告知本局聯絡人有關貴單位之電子郵件帳號，以利傳遞檔案。
- 三、配合政府節能減碳，無紙化政策，可至本局國家標準審議平台(網址：<http://comments.bsmi.gov.tw>)逕予審查及修改。
- 四、貴單位對外貿易如有遭遇技術貿易障礙之情事，可將所遭遇困難之進口國家、發生時間及原因，以及需要政府提供之協助等相關資訊，填列於意見表之「技術性貿易障礙調查」欄，本局將於適當場合(如WTO/TBT會議)提出特殊貿易關切事項，以維護我國權益。

CNS 草-制 1030877 「風機－風機效率分類」

國家標準草案審查意見書

此致

經濟部標準檢驗局 第一組第二科

共 1 頁

草案編號	節次	審查	意見
CNS 草-制 1030877		<p>編修說明：</p> <p>1. 本建議案案號為「建-制 1030380」，草案編號為「草-制 1030877」，係參照 ISO 12759:2010 Fans – Efficiency classification for fans 編擬而成。</p> <p>2. 依國家標準制定程序辦理徵求意見，敬請 惠賜卓見。</p>	
技術性貿易 障礙調查		<p>進口國家： _____ 發生時間： _____</p> <p>原因：<input type="checkbox"/>1.進口國檢驗措施不夠透明化，致無法取得相關資料； <input type="checkbox"/>2.進口國檢驗標準不合理或檢驗措施對我有不平等待遇； <input type="checkbox"/>3.台灣無試驗室可做測試；或 <input type="checkbox"/>4.其他： _____</p> <p>情況簡述： _____</p>	
<p>審查委員或單位簽名（請務必填寫）： 文號：經標一組字第 10310020070 號、104 年 3 月 5 日截止（請不必備文，本表若不敷使用，請自行影印）、 倘需各標準草案或意見書空白表電子檔，請以 E-mail(wc.long@bsmi.gov.tw)來函索取。</p>			

標準檢驗局承辦人：龍威丞

中華民國國家標準

CNS**風機 - 風機效率分類**

總號

類號

B

7

Fans - Efficiency classification for fans

編修說明：

1. 本國家標準之建議案號為 CNS 建-制 1030380，草案編號為 CNS 草-制 1030877。
2. 本國家標準制定之建議案係由財團法人工業技術研究院機械與系統研究所提出，國家標準草案由財團法人工業技術研究院機械與系統研究所參照 ISO 12759:2010 Fans - Efficiency classification for fans 研擬，經本局依國家標準程式進行編排擬制定為國家標準，與國際接軌。
3. 依國家標準制定辦法辦理徵求意見，敬請 惠賜卓見。

目錄

節次	頁次
前言	3
介紹	3
1. 適用範圍	4
2. 參考資料	4
3. 用語及定義	4
4. 符號與單位	8
5. 風機安裝、效率與許可差	11
5.1 一般	11
5.2 使用安裝類型	13
5.3 效率之計算	13
5.4 許可差	14
6. 額定值	14
6.1 一般	14
6.2 無軸風機	15
6.3 傳動風機	18
附錄 A(規範)無軸風機效率等級	27
附錄 B(規範)計算效率方法	29
附錄 C(參考)風機安裝類型所引起之性能變異	35
附錄 D(參考)計算傳動風機設計點之輸入功率	36

(共 45 頁)

公 布 日 期
年 月 日

經濟部標準檢驗局印行

修 訂 公 布 日 期
年 月 日

印行年月年月

本標準非經本局同意不得翻印

※

附錄 E(參考)選擇最佳風機效率	46
附錄 F(參考)測定傳動風機效率等級	49
附錄 G(參考)附註	52
參考資料	54

前言

本標準係依據 2010 年發行之第 1 版 ISO 12759，不變更技術內容及其標準程式，制定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

介紹

在最近十年，化石燃料不僅價格上升，而且使用上還持續增長，增加二氧化碳排放到大氣層而造成氣候變化，導致許多國家重新檢視能源產生與使用的方法。

因此，需要提升能源效率，以保持經濟成長。這不僅需要使用者選擇較佳設備，而且還需要製造商設計較佳設備。

所有類型風機均當作通風、空調、製程(烘乾、氣壓傳輸)、燃燒供氣與農業等等。的確，風機在全球能源使用上幾乎占了 20 %。

在輸出與授權程度上，風機產業屬於全球性。為確保風機在全球有共同定義的性能，因此建立一系列的國際標準。此外，產業界還認為，需要確認最低效率標準。為了鼓勵產業界來達成，因而提出分類系統，搭配一系列的效率規定。藉由技術與製程的改善，隨時對最低效率等級進行檢視與增加。

本標準可作為相關機關訂定風機節能效率之參考。

1. 適用範圍

本標準規定所有以電動機傳動之風機的效率分類，其輸入電功率範圍由 0.125 kW 至 500 kW。本標準不僅適用於無軸風機及傳動風機，亦適用於與產品整合之風機，其作為單台風機進行量測者。

本標準不適用於下列風機。

- (a) 緊急排煙風機。
- (b) 工業製程用風機。
- (c) 汽車、火車與飛機用風機。
- (d) 潛在爆炸場所用風機。
- (e) 箱形風機、屋頂抽風機與氣簾。
- (f) 停車及隧道通風用之噴氣風機。

2. 參考資料

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。有加註年分者，適用該年分之版次，不適用於其後之修訂版(包括補充增修)。無加註年分者，適用該最新版(包括補充增修)。

CNS 7778	工業用風機 - 以標準化風道進行性能試驗
ISO 5801:2007	Industrial fans-Performance testing using standardized airways
ISO 13348:2007	Industrial fans-Tolerances, methods of conversion and technical data presentation
ISO 13349:2010	Fans-Vocabulary and definitions of categories
IEC 60034-2-1	Rotating electrical machines-Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)
IEC 60034-30	Rotating electrical machines-Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage- induction motors

3. 用語及定義

ISO 13349 所規定及下列用語及定義適用於本標準。

備考：參照 ISO 13349:2010 之表 4 及表 5，以及本標準第 5 節及 CNS 7778(或 ISO 5801)相關公式。

3.1 風機 - 總則

3.1.1 風機(fan)

具旋轉葉片之機器，係接收機械能，並以一組以上裝有葉片之葉輪推動，使連續氣流或其他氣體流過，單位質量之功一般不會超過 25 kJ/kg。

備考 1. 風機依安裝類型、功能、流體路徑及運轉條件進行定義。

備考 2. 依 ISO 13349:2010 之 3.1.1 修訂。

3.1.2 風機尺寸(fan size)

風機設計之最大葉輪尖端直徑 D 。

3.1.3 裝置(drive)

(傳動與電動機/控制系統)裝置係用以提供能量予風機，包含電動機、機械傳動及電動機/控制系統。

備考 1. 機械傳輸系統之實例如傳輸帶及聯結器。

備考 2. 電動機或控制系統之實例如變頻控制器及電子整流器。

3.1.4 無軸風機(bare shaft fan)

無傳動裝置、連接器或配件(附屬物)之風機。

參照圖 1。

備考：依 ISO 13349:2010 之 3.1.2 修訂。

3.1.5 傳動風機(driven fan)

一組以上安裝於或接至電動機之葉輪，無論有無傳動裝置，包含機殼及變速裝置。

參照圖 2。

備考：依 ISO 13349:2010 之 3.1.3 修訂。

3.1.6 氣體(air)

以“空氣或其他氣體”表示之縮寫名詞。

[參照 ISO 13349:2010 之 3.2]

3.1.7 標準氣體(standard air)

密度 1.2 kg/m^3 之大氣氣體。

備考 1. 溫度 16°C 、壓力 100,000 Pa、相對溼度 65 % 及密度 1.2 kg/m^3 之大氣氣體，但此等條件並非構成定義之一部分。

備考 2. 依 ISO 13349:2010 之 3.3 修訂。

3.2 風機或測試類型 (Fan or test installation categories according to the arrangement of ducting)

參照圖 3 及 ISO 13349。

3.2.1 安裝類型 A (installation category A)

進出口不接風管。

3.2.2 安裝類型 B (installation category B)

進口不接風管，出口接風管。

3.2.3 安裝類型 C (installation category C)

進口接風管，出口不接風管。

3.2.4 安裝類型 D (installation category D)

進出口接風管。

3.3 風機 - 計算定義

3.3.1 風機入口的平均密度 (average density at fan inlet) ρ_1

以絕對壓力與恆溫計算的流體密度。

3.3.2 大氣壓力 (atmospheric pressure) p_a

相對於絕對零壓量測的壓力，施壓在相對於氣體周圍的靜止點。

3.3.3 風機壓力 (fan pressure) p_f

風機出入口靜壓間之壓力差。

3.3.4 風機靜壓 (fan static pressure) p_{sf}

常用壓力值，定義成風機壓力減掉風機出口動壓，再乘以馬赫數修正。

3.3.5 絕對靜壓 (absolute stagnation pressure at a point) p_{sg}

測量流動氣體在某點上的絕對壓力，若透過等熵過程而達到靜止。

3.3.6 動態壓力 (conventional dynamic pressure at a point) p_d

以氣體速度與密度計算在某點上的壓力。

3.3.7 風機出口動態壓力 (fan dynamic pressure at the fan outlet) p_{d2}

以風機出口與其區域的流率和平均氣體密度計算之風機出口動態壓力。

3.3.8 流率 (mass flow rate) q_m

單位時間流過導氣管截面積的氣體質量平均值。

3.3.9 入口流率 (inlet volume flow rate) q_{v1}

入口流率隨時間除以對應平均密度。

3.3.10 單位質量的風機功(fan work per unit mass) W_m

單位質量流體流過風機所增加的機械能。

3.3.11 縮壓係數(compressibility coefficient) k_p

風機所做的機械功對有相同質量、入口密度與壓力比的不可壓縮流體之比值。

3.3.12 風機氣體功率(fan air power) P_u

質流率乘以風機功之輸出功率，或者入口流率乘以可壓縮性係數與風機壓力之輸出功率。

3.3.13 風機氣體靜態功率(fan static air power) P_{us}

質流率乘以風機靜功之輸出功率，或者入口流率乘以可壓縮性係數與風機壓力之輸出功率。

3.3.14 葉輪功率(impeller power) P_r

供給風機葉輪的機械功率。

註適用於有開放(例如，在風機裡)或機殼的直驅葉輪。

3.3.15 電動機標稱功率(nominal motor power) P_N

電動電動機的額定功率。

3.3.16 風機轉軸功率(fan shaft power) P_a

供給風機轉軸的機械功率。

3.3.17 電動機輸出功率(motor output power) P_o

電動機或其他轉動裝置的轉軸輸出功率。

3.3.18 電動機輸入功率(motor input power) P_e

供給風機電動機的電功率。

3.3.19 傳動/控制裝置的輸入電功率(drive/control electrical input power) P_{ed}

供給電動機傳動裝置或控制裝置的電功率。

3.4 風機效率定義

3.4.1 風機葉輪效率(fan impeller efficiency) η_r

風機氣體功率除以葉輪功率 P_r 。

3.4.2 風機轉軸效率(fan shaft efficiency) η_a

風機氣體功率除以風機轉軸功率 P_a 。

3.4.3 整體效率(overall efficiency) η_e

風機氣體功率除以風機加上電動機的輸入功率。

3.4.4 整體靜態效率(overall static efficiency) η_{es}

風機氣體靜態功率除以風機加上電動機的輸入功率。

3.4.5 整體傳動效率(overall efficiency drive) η_{ed}

<傳動與電動機/控制系統>氣體功率除以風機加上電動機的輸入功率，包含傳動裝置或變速控制裝置，考慮風機總成內的所有損失。

3.4.6 整體靜態傳動效率(overall static efficiency drive) η_{esd}

<傳動與電動機/控制系統> 風機氣體靜態功率除以風機加上電動機的輸入功率，包含傳動裝置或變速控制裝置，考慮風機總成內的所有損失。

備考 1. 效率跟安裝類型有關(參照圖 3 與 ISO 13349)。

備考 2. 效率能夠最大以一表示，將數值乘以 100 來得到百分比效率。

3.4.7 最佳效率(optimum efficiency) η_{opt}

達到所有風機運轉特性參數之最大效率，排除系統的固定阻力。

3.4.8 補償因子(compensation factor) C_c

用來求出安裝變速裝置的風機係數之因子。

參照圖 5。

3.5 風機效率等級

3.5.1 風機效率等級(fan efficiency grade)FEG

無軸風機效率等級

備考：3.4.1 與 3.4.2 的效率等級均適用。

3.5.2 風機電動機效率等級(fan motor efficiency grade)FMEG

傳動風機效率等級

備考：3.4.3、3.4.4、3.4.5 與 3.4.6 的效率等級均適用。

3.5.3 級數(grade number) N_G

FMEG 整數。

4. 符號與單位

表 1 所列的參數符號與單位均適用本文。

表 1 符號與單位

符號	說明	單位
C_c	說明部分負載節能的補償因子	-
C_m	說明元件近似最佳匹配的補償因子	-
D	最大葉輪尖端直徑(風機尺寸)	mm

表 1 符號與單位(續)

k_p	可壓縮性係數	-
N_G	FMEG 級數(整數)	-
P_a	風機轉軸功率	W
P_b	軸承功率損失	W
P_e	電動機輸入功率	W
P_{ed}	傳動/控制裝置的輸入電功率	W
P_N	電動機標稱功率	W
P_o	電動機輸出功率	W
P_r	葉輪功率	W
P_{sf}	風機功率	kW/(m ³ /s)或 W/(L/s)
P_u	風機氣體功率	W
P_{us}	風機氣體靜態功率	W
p_a	大氣壓力	Pa
p_d	某點的動態壓力	Pa
p_{d2}	風機出口的動態壓力	Pa
p_f	風機壓力	Pa
p_{sf}	風機靜態壓力	Pa
p_{sg}	某點的絕對靜壓	Pa
q_m	質流率	kg/s
q_{v1}	入口流率	m ³ /s
W_m	單位質量之風機功	J/kg
η_a	風機轉軸效率	以小數點表示
η_b	風機軸承效率	以小數點表示
η_c	變速傳動裝置效率	以小數點表示
η_e	風機無傳動裝置之整體效率	以小數點表示
η_{ed}	風機有傳動裝置之整體效率	以小數點表示
η_{es}	風機無傳動裝置之整體靜態效率	以小數點表示
η_{esd}	風機有傳動裝置之整體靜態效率	以小數點表示
η_m	電動機效率	以小數點表示
η_{opt}	最佳效率	以小數點表示
η_r	風機葉輪效率	以小數點表示
η_T	傳動裝置效率(傳輸效率)	以小數點表示
ρ_1	風機入口的平均密度	kg/m ³

備考：效率百分比(%)除以 100 等於效率，以小數點表示。

5. 風機安裝、效率與許可差

5.1 一般

風機從特殊單扇到大量製造的系列風機，因此風機可以是無傳動裝置的葉輪(無軸風機)(參照圖 1)，或者是葉輪機殼內裝有傳動系統的電動機。在某些情況下，還可安裝流量控制裝置，像變速控制裝置或導翼(傳動風機)(參照圖 2)。

設計改變導致有許多方式來定義效率，以適合風機種類需求與市場。

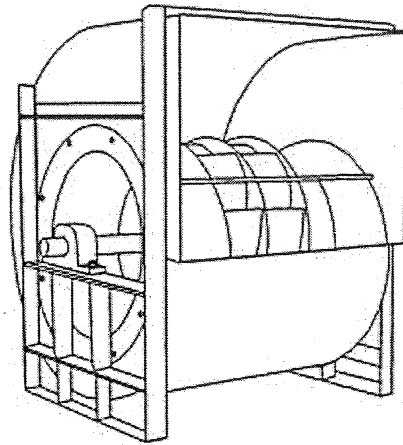
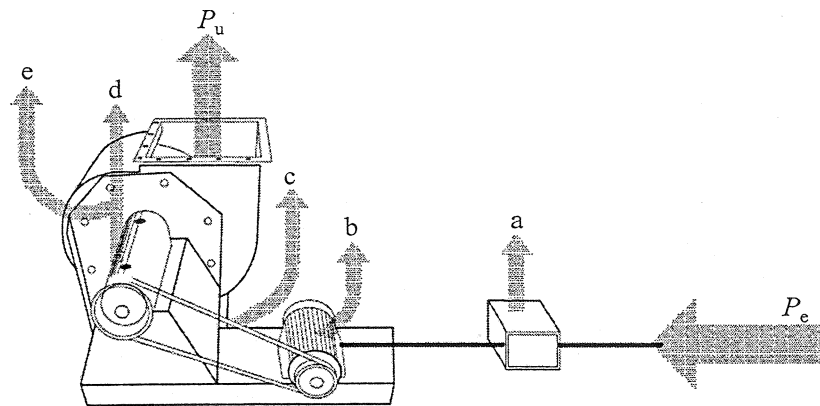


圖 1 無軸離心風機範例



說明

P_u 風機氣體功率

$P_{e,d}$ 傳動/控制裝置的輸入電功率

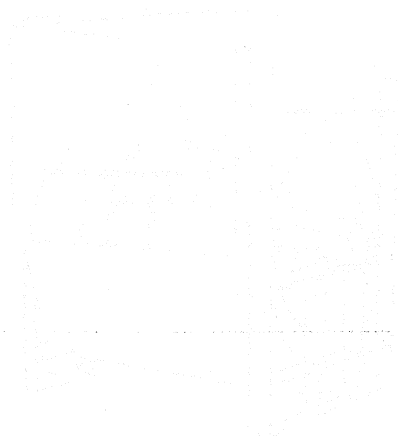
a 變速裝置損失(熱)[變速裝置可安裝或不安裝(參照第 6 節)]

b 電動機損失(熱)

c 輸送帶損失(熱)

- d 軸承損失(熱)
- e 葉輪與機殼氣體動力損失(熱)

圖 2 有功率損失的傳動風機範例



5.2 使用安裝類型

每種標準化測試安裝類型有特定的風機效率額定值。

如果風機設計成單一安裝類型，其額定效率等級應參考特殊測試安裝類型，並且應清楚確認。

如果風機適合用作不同安裝類型，風機效率等級應根據最適合類型的效率額定值，並且應清楚確認。

為了求出風機運轉點，應考量 4 種安裝類型(參照圖 3)。關於詳細之測試法，參照 CNS 7778(或 ISO 5801)。

- (a) 安裝類型 A - 第 30 節。
- (b) 安裝類型 B - 第 31 節。
- (c) 安裝類型 C - 第 32 節。
- (d) 安裝類型 D - 第 33 節。

風機分類的標準化安裝類型應清楚說明(參照附錄(C))。

電動機輸入功率與輸出功率可利用 CNS 7778(或 ISO 5801)提供之方法進行測量或求得，安裝類型 E 不包含在本國際標準內。

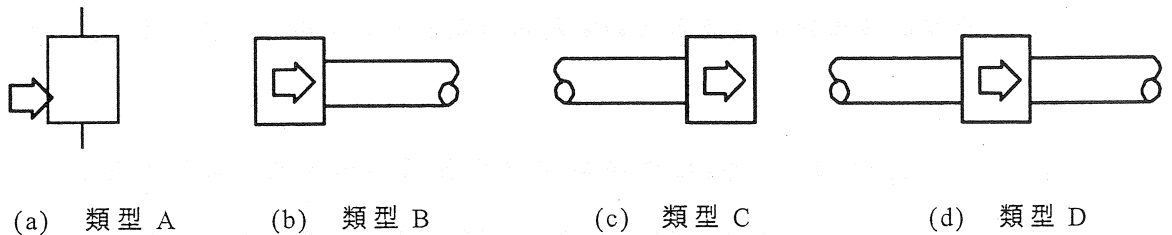


圖 3 安裝類型

5.3 效率之計算

5.3.1 依 CNS 7778(或 ISO 5801)之 14.8.1，風機氣體功率與效率以單位質量的風機功來計算。

5.3.2 對於排除軸承損失的無軸風機，效率可由公式(1)求得。

$$\eta_r = P_v / P_r \dots\dots\dots(1)$$

5.3.3 對於考慮軸承損失的無軸風機，效率可由公式(2)求得。

$$\eta_a = P_u / P_a \dots\dots\dots (2)$$

5.3.4 對於無安裝變速裝置的傳動風機，而且輸入功率可以求得，整體效率可由公式(3)或公式(4)求得。

$$\eta_e = P_u / P_e \dots\dots\dots (3)$$

$$\eta_{es} = P_{us} / P_e \dots\dots\dots (4)$$

5.3.5 對於安裝變速裝置的傳動風機，而且輸入功率可以求得，整體效率可由公式(5)或公式(6)求得。

$$\eta_{ed} = C_c \times P_u / P_{ed} \dots\dots\dots (5)$$

$$\eta_{esd} = C_c \times \frac{P_{us}}{P_{ed}} \dots\dots\dots (6)$$

備考：依安裝類型，可使用風機壓力或風機靜態壓力來求得適當的效率等級。

5.4 許可差

在風機的每個設計階段與製造期間，包含原型機性能數據或計算的轉換、特殊風機製造與測試，應涵蓋有限的不確定性與可接受的許可差。

任何風機性能測試受到許可差及其預期範圍之限制，被定義成量測不確定性，由於製造變異之關係，因此發現風機之實際性能(若可被確認時)不同於同款風機。因此，應將此項預期之製造變異範圍新增至量測不確定性，以求出最小性能許可差。

ISO 13348:2007 第 5 節(特殊風機與無認證系列風機的性能許可差)及 ISO 13348:2007 第 6 節(認證系列風機之性能許可差)提供之許可差均應適用。

6. 額定值

6.1 一般

不同風機種類及傳動裝置會有不同之效率，對於分級用圖，效率定義成無軸風機尺寸與傳動風機輸入功率之函數。因此，傳動風機額定值(FMEG)與無軸風機額定值(FEG)不可直接進行比較。

若無軸風機之效率需要在傳動裝置(參照 6.2)上求得，圖 4 仍適用。在此種情況下，電動機效率應從動力計測試或符合 IEC 60034-2-1 之校正電動機性能曲線來獲得。

本節次依本標準提出之風機種類以提供最佳效率(最佳效率點)，最低可接受值取決於管理人員與製造商代表或當地機關之間的協調。

風機效率等級乃依據在不得超過最大安全運轉速度的性能特性，以求得最佳效率點。

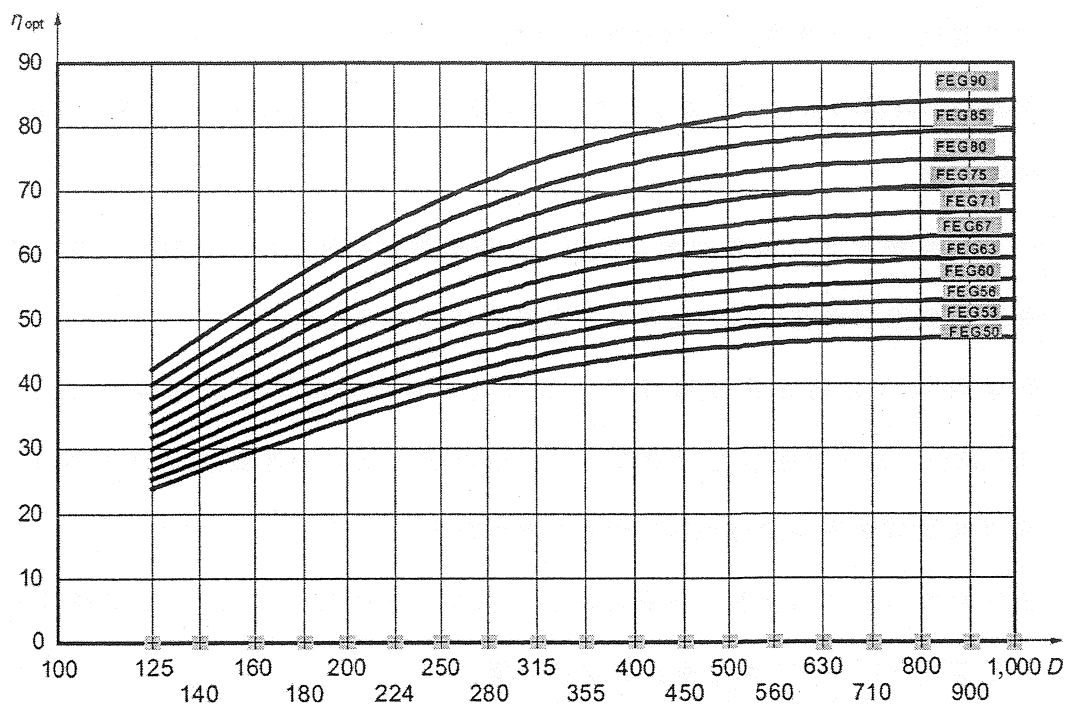
6.2 無軸風機

FEG 與風機尺寸之關係如圖 4 所示，即使風機效率為風機運轉點之函數，但效率等級乃依風機最佳(最高)效率，作為風機能源效率特性。

在最佳效率週期與最高轉速下，風機效率若超過計算值，則屬於 FEG 等級(FEG85)；在沿著邊界之葉輪直徑，乃依附錄 A 低效率等級(FEG80 之 80)、小於或等於標稱效率等級(FEG85)計算之邊界值進行計算。

在沿著邊界的葉輪直徑，乃依附錄 A 低效率等級(FEG80 之 80)、小於或等於標稱效率等級(FEG85)計算之邊界值進行計算。

簡而言之，在最佳效率週期與最高轉速下，風機效率若低於指定曲線，但於下一條曲線上方(FEG80)，則屬於 FEG 等級(FEG85)。



說明

D 風機尺寸(毫米)

η_{opt} 最佳(最大)風機效率(%)

圖 4 無軸風機 FEG

表 2 提供無軸風機的效率等級，以及註解說明如何求得 FEG。最佳(最大)風機效率等於或小於該列等級標示的效率並大於下一列標示的效率時，就能確定特定風機尺寸的 FEG 等級。

表 2 無軸風機之風機效率等級(FEG)

FEG 等級 ^{(b),(c)}	最佳(最大)風機效率 ^(a)												
	%												
	風機尺寸 $D_r^{(d),(e)}$ (mm) :												
	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	224	236	250
FEG90	FEG85 等級以上的最佳(最大)風機效率												
FEG85	42,5	44,8	47,2	50,1	52,7	55,2	57,4	59,4	61,3	63,3	65,2	66,9	68,6
FEG80	40,1	42,3	44,6	47,3	49,8	52,1	54,2	56,1	57,9	59,8	61,6	63,1	64,8
FEG75	37,8	39,9	42,1	44,7	47,0	49,2	51,1	53,0	54,6	56,5	58,1	59,6	61,2
FEG71	35,7	37,7	39,8	42,2	44,4	46,4	48,3	50,0	51,6	53,3	54,9	56,3	57,8
FEG67	33,7	35,6	37,5	39,8	41,9	43,8	45,6	47,2	48,7	50,3	51,8	53,1	54,5
FEG63	31,8	33,6	35,4	37,6	39,5	41,4	43,0	44,6	46,0	47,5	48,9	50,2	51,5
FEG60	30,1	31,7	33,4	35,5	37,3	39,0	40,6	42,1	43,4	44,8	46,2	47,3	48,6
FEG56	28,4	29,9	31,6	33,5	35,2	36,9	38,3	39,7	41,0	42,3	43,6	44,7	45,9
FEG53	26,8	28,2	29,8	31,6	33,3	34,8	36,2	37,5	38,7	40,0	41,1	42,2	43,3
FEG50	25,3	26,7	28,1	29,8	31,4	32,9	34,2	35,4	36,5	37,7	38,8	39,8	40,9
	23,9	25,2	26,6	28,2	29,7	31,0	32,3	33,4	34,5	35,6	36,7	37,6	38,6
FEG 等級 ^{(b),(c)}	風機尺寸 $D_r^{(d),(e)}$ (mm) :												
	265	280	300	315	335	355	375	400	425	450	475	500	530
FEG90	FEG85 等級以上的最佳(最大)風機效率												
FEG85	70,3	71,8	73,5	74,6	75,9	77,0	77,9	78,9	79,7	80,4	81,0	81,5	81,9
FEG80	66,4	67,8	69,4	70,4	71,7	72,7	73,6	74,5	75,3	75,9	76,5	76,9	77,4
FEG75	62,7	64,0	65,5	66,5	67,6	68,6	69,5	70,3	71,1	71,7	72,2	72,6	73,0
FEG71	59,2	60,4	61,8	62,8	63,9	64,8	65,6	66,4	67,1	67,7	68,1	68,5	68,9
FEG67	55,9	57,0	58,4	59,3	60,3	61,2	61,9	62,7	63,3	63,9	64,3	64,7	65,1
FEG63	52,7	53,8	55,1	55,9	56,9	57,7	58,4	59,2	59,8	60,3	60,7	61,1	61,4
FEG60	49,8	50,8	52,0	52,8	53,7	54,5	55,2	55,9	56,5	56,9	57,3	57,7	58,0
FEG56	47,0	48,0	49,1	49,9	50,7	51,5	52,1	52,8	53,3	53,8	54,1	54,5	54,8
FEG53	44,4	45,3	46,4	47,1	47,9	48,6	49,2	49,8	50,3	50,7	51,1	51,4	51,7
FEG50	41,9	42,8	43,8	44,4	45,2	45,9	46,4	47,0	47,5	47,9	48,2	48,5	48,8
	39,5	40,4	41,3	42,0	42,7	43,3	43,8	44,4	44,8	45,2	45,5	45,8	46,1
FEG 等級 ^{(b),(c)}	風機尺寸 $D_r^{(d),(e)}$ (mm)												
	560	600	630	670	710	750	800	850	900	950	1 000		
FEG90	FEG85 等級以上的最佳(最大)風機效率												
FEG85	82,3	82,7	83,0	83,3	83,5	83,7	83,8	84,0	84,1	84,1	84,1	84,1	84,1
FEG80	77,7	78,1	78,4	78,6	78,8	79,0	79,1	79,3	79,3	79,4	79,4	79,4	79,4
FEG75	73,4	73,8	74,0	74,2	74,4	74,6	74,7	74,8	74,9	75,0	75,0	75,0	75,0
FEG71	69,3	69,6	69,8	70,1	70,3	70,4	70,5	70,6	70,7	70,8	70,8	70,8	70,8
FEG67	65,4	65,7	65,9	66,1	66,3	66,5	66,6	66,7	66,8	66,8	66,8	66,8	66,8
FEG63	61,7	62,1	62,2	62,4	62,6	62,7	62,9	63,0	63,0	63,1	63,1	63,1	63,1
FEG60	58,3	58,6	58,8	59,0	59,1	59,2	59,4	59,4	59,5	59,5	59,5	59,6	59,6
FEG56	55,0	55,3	55,5	55,7	55,8	55,9	56,0	56,1	56,2	56,2	56,2	56,2	56,2
FEG53	51,9	52,2	52,4	52,5	52,7	52,8	52,9	53,0	53,0	53,1	53,1	53,1	53,1
FEG50	49,0	49,3	49,4	49,6	49,7	49,8	49,9	50,0	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1
	46,3	46,5	46,7	46,8	47,0	47,0	47,1	47,2	47,3	47,3	47,3	47,3	47,3

本表以粗體印刷的風機尺寸均屬於 R20 系列產品(參照 ISO 13351), 風機尺寸效率以 R40 系列產品計算。如果這個方法作為無軸直驅風機用, 風機效率就是葉輪效率。

註^(a) 最佳風機效率(峰值)可從風機總壓力(參照 CNS 7778 或(ISO 5801)之附錄 A 計算。

^(b) 最佳風機效率(峰值)等於或小於該列等級標示的效率並大於下一列標示的效率時, 就能確定特定風機尺寸之 FEG 等級。

- (c) 最佳(峰值)效率低於 FEG50 之風機不需分級。
- (d) 風機尺寸即為最大葉輪尖端直徑 D ，單位為 mm。
- (e) 對於尺寸超過 1,000 mm 之風機，適用於 1,000 mm 欄位之數據。

為評估無軸風機搭配傳動系統的效率，應採用附錄 B 提供的方法。如先前說明，本方法與 6.3 說明之方法無法直接比較。

6.3 傳動風機

6.3.1 總則

傳動風機之效率等級如圖 6、圖 7 與圖 8；最佳效率與 FMEG 等級以輸入功率與設計的函數變化。

依附錄 F(參照 6.3.2、6.3.3 及 6.3.4)標稱效率等級 FMEG55 及相關輸入功率，若滿速的最佳(最佳)效率等於或大於計算值，則風機屬於 FMEG 等級(FMEG55)。因此，可從圖 6、圖 7 與圖 8 所示的曲線來內插獲得效率曲線。

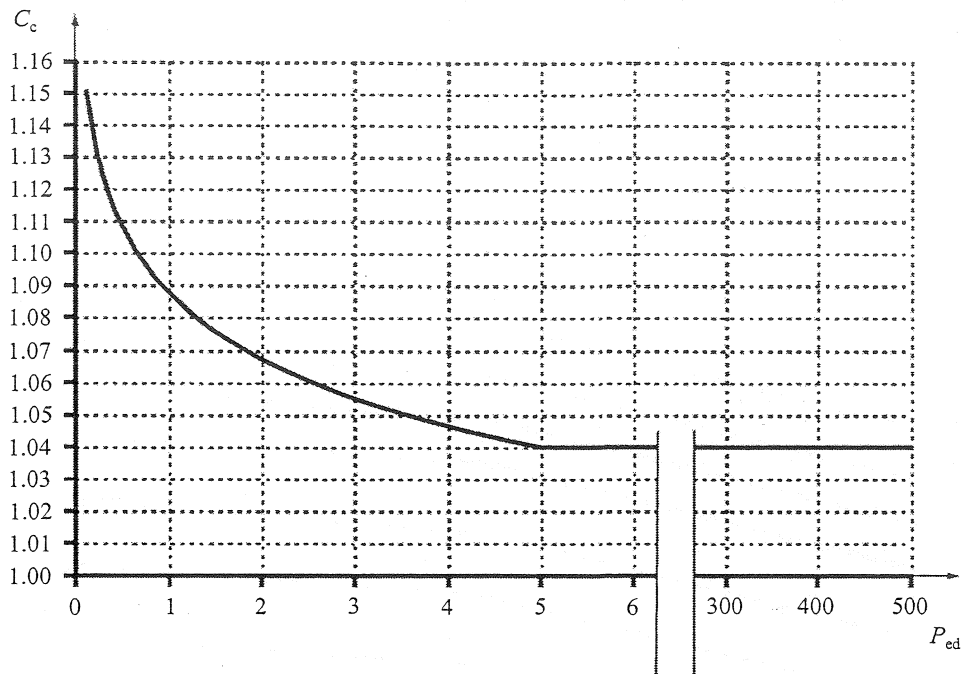
在必須安裝流量控制裝置的情況下，變速裝置就是最佳選擇，因為這是調整不同運轉點的最有效方法。其它流量控制方式，像導翼與控制閥，有著較差效率。

許多風機用在最大效率以下的週期，依照系統特性，最有效率的方式就是減速。FMEG 曲線依據葉輪與電動機組合。如果採用控制裝置，效率數據由表 3 與圖 5 提供的補償因子進行修正，這樣將變速裝置的系統具有節能，因此放在跟定速系統的相同等級。

備考：內建功能不僅是大型裝置的不可分離部分，而且還是必要固定部分。

表 3 風機安裝變速傳動裝置之補償因子

傳動/控制裝置的輸入電功率 P_{ed}	補償因子 C_c
<5 kW	$-0.03 \times \ln(P_{ed}) + 1.088$
≥ 5 kW	1.04



說明

P_{ed} 傳動/控制裝置的輸入電功率(kW)

C_c 補償因子

圖 5 風機安裝變速傳動裝置之補償因子

6.3.2 軸流、前傾或徑向離心風機

圖 6 曲線與表 4 數據均由公式(7)、公式(8)、公式(9)及公式(10)產生。

(a) 對於輸入功率小於或等於 10 kW 者

(1) 風機及電動機

$$\eta_{opt} = 2.74 \times \ln(P_e) - 6.33 + N_G \dots\dots\dots (7)$$

(2) 風機、電動機及傳動裝置

$$\eta_{opt} = 2.74 \times \ln(P_{ed}) - 6.33 + N_G \dots\dots\dots (8)$$

(b) 對於輸入功率大於 10 kW 者

(1) 風機及電動機

$$\eta_{opt} = 0.78 \times \ln(P_e) - 1.88 + N_G \dots\dots\dots (9)$$

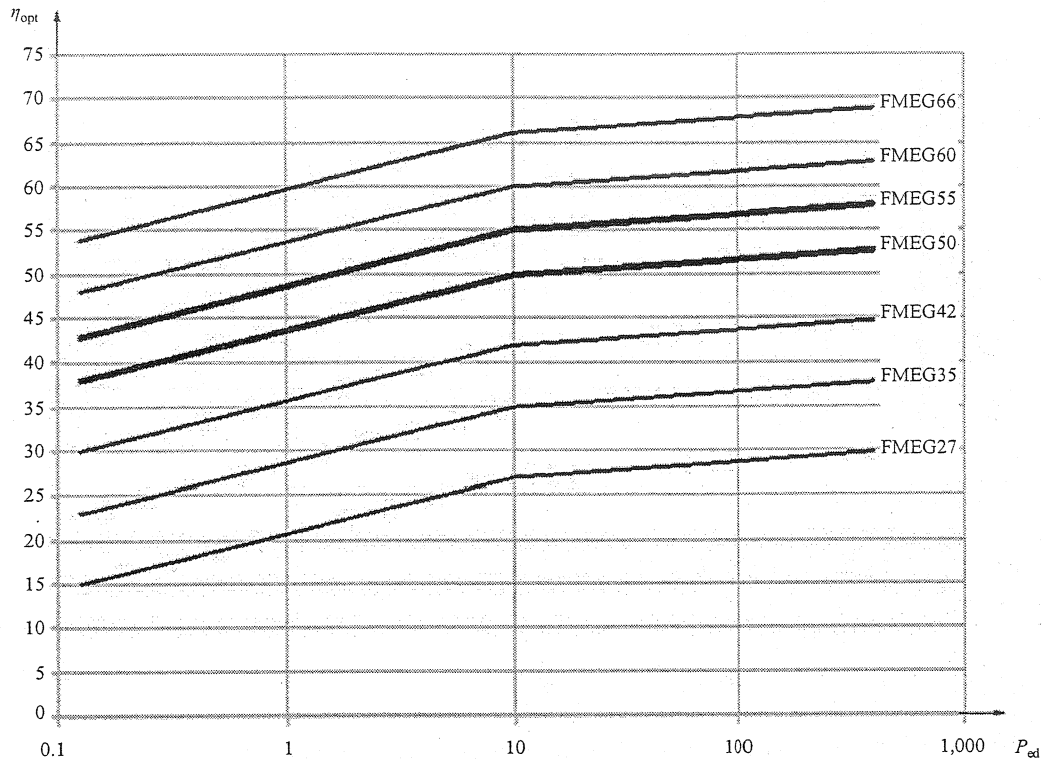
(2) 風機、電動機及傳動裝置

$$\eta_{opt} = 0.78 \times \ln(P_{ed}) - 1.88 + N_G \dots\dots\dots (10)$$

式中， P_e ：輸入功率，單位為 kW

P_{ed} ：傳動/控制裝置之輸入電功率，單位為 kW

N_G ：FMEG 級數(整數)，例：FMEG40 為 $N_G=40$ 。



說明

P_{ed} 輸入功率 (kW)

η_{opt} 最佳效率(最佳效率點)(%)

圖 6 軸流、前傾或徑向離心風機的效率等級

表 4 軸流、前傾或徑向離心風機的效率等級

輸入功率 kW	0.125	0.3	1.0	2.5	5	8	10	20	60	160	300	375	500
效率等級	最佳效率(最佳效率點) %												
FMEG27	15.0	17.4	20.7	23.2	25.1	26.4	27.0	27.5	28.3	29.1	29.6	29.7	30.0
FMEG31	19.0	21.4	24.7	27.2	29.1	30.4	31.0	31.5	32.3	33.1	33.6	33.7	34.0
FMEG35	23.0	25.4	28.7	31.2	33.1	34.4	35.0	35.5	36.3	37.1	37.6	37.7	38.0
FMEG39	27.0	29.4	32.7	35.2	37.1	38.4	39.0	39.5	40.3	41.1	41.6	41.7	42.0
FMEG42	30.0	32.4	35.7	38.2	40.1	41.4	42.0	42.5	43.3	44.1	44.6	44.7	45.0
FMEG46	34.0	36.4	39.7	42.2	44.1	45.4	46.0	46.5	47.3	48.1	48.6	48.7	49.0
FMEG50	38.0	40.4	43.7	46.2	48.1	49.4	50.0	50.5	51.3	52.1	52.6	52.7	53.0
FMEG53	41.0	43.4	46.7	49.2	51.1	52.4	53.0	53.5	54.3	55.1	55.6	55.7	56.0
FMEG55	43.0	45.4	48.7	51.2	53.1	54.4	55.0	55.5	56.3	57.1	57.6	57.7	58.0

FMEG58	46.0	48.4	51.7	54.2	56.1	57.4	58.0	58.5	59.3	60.1	60.6	60.7	61.0
FMEG60	48.0	50.4	53.7	56.2	58.1	59.4	60.0	60.5	61.3	62.1	62.6	62.7	63.0
FMEG62	50.0	52.4	55.7	58.2	60.1	61.4	62.0	62.5	63.3	64.1	64.6	64.7	65.0
FMEG64	52.0	54.4	57.7	60.2	62.1	63.4	64.0	64.5	65.3	66.1	66.6	66.7	67.0
FMEG66	54.0	56.4	59.7	62.2	64.1	65.4	66.0	66.5	67.3	68.1	68.6	68.7	69.0

6.3.3 後傾離心風機(有無機殼)與混流風機

圖 7 曲線與表 5 數據均由公式(11)、公式(12)、公式(13)及公式(14)產生。

(a) 對於輸入功率小於或等於 10 kW 者

(1) 風機與電動機

$$\eta_{opt}=4.56 \times \ln(P_e) - 10.5 + N_G \dots\dots\dots (11)$$

(2) 風機、電動機與傳動裝置

$$\eta_{opt}=4.56 \times \ln(P_{ed}) - 10.5 + N_G \dots\dots\dots (12)$$

(b) 對於輸入功率大於 10 kW 者

(1) 風機與電動機

$$\eta_{opt}=1.1 \times \ln(P_e) - 2.6 + N_G \dots\dots\dots (13)$$

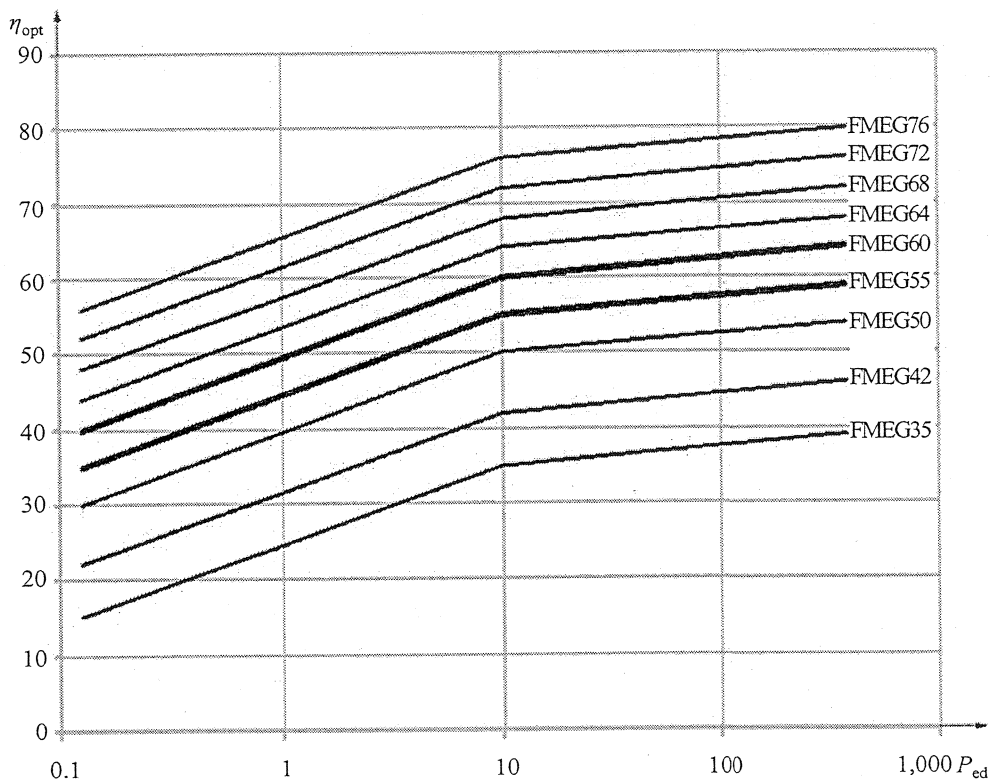
(2) 風機、電動機與傳動裝置

$$\eta_{opt}=1.1 \times \ln(P_{ed}) - 2.6 + N_G \dots\dots\dots (14)$$

式中, P_e : 輸入功率, 單位為 kW

P_{ed} : 傳動/控制裝置的輸入電功率, 單位為 kW

N_G : FMEG 級數(整數), 例: FMEG40 為 $N_G=40$



說明

P_{ed} 輸入功率(kW)

η_{opt} 最佳效率(最佳效率點)(%)

圖 7 後傾離心風機(有無機殼)與混流風機的效率等級

表 5 後傾離心風機(有無機殼)與混流風機的效率等級

輸入功率 kW	0.125	0.3	1.0	2.5	5	8	10	20	60	160	300	375	500
效率等級	最佳效率(最佳效率點) %												
FMEG35	15.0	19.0	24.5	28.7	31.8	34.0	35.0	35.7	36.9	38.0	38.7	38.9	39.2
FMEG39	19.0	23.0	28.5	32.7	35.8	38.0	39.0	39.7	40.9	42.0	42.7	42.9	43.2
FMEG42	22.0	26.0	31.5	35.7	38.8	41.0	42.0	42.7	43.9	45.0	45.7	45.9	46.2
FMEG46	26.0	30.0	35.5	39.7	42.8	45.0	46.0	46.7	47.9	49.0	49.7	49.9	50.2
FMEG50	30.0	34.0	39.5	43.7	46.8	49.0	50.0	50.7	51.9	53.0	53.7	53.9	54.2
FMEG53	33.0	37.0	42.5	46.7	49.8	52.0	53.0	53.7	54.9	56.0	56.7	56.9	57.2
FMEG55	35.0	39.0	44.5	48.7	51.8	54.0	55.0	55.7	56.9	58.0	58.7	58.9	59.2
FMEG58	38.0	42.0	47.5	51.7	54.8	57.0	58.0	58.7	59.9	61.0	61.7	61.9	62.2
FMEG60	40.0	44.0	49.5	53.7	56.8	59.0	60.0	60.7	61.9	63.0	63.7	63.9	64.2
FMEG62	42.0	46.0	51.5	55.7	58.8	61.0	62.0	62.7	63.9	65.0	65.7	65.9	66.2
FMEG64	44.0	48.0	53.5	57.7	60.8	63.0	64.0	64.7	65.9	67.0	67.7	67.9	68.2
FMEG66	46.0	50.0	55.5	59.7	62.8	65.0	66.0	66.7	67.9	69.0	69.7	69.9	70.2
FMEG68	48.0	52.0	57.5	61.7	64.8	67.0	68.0	68.7	69.9	71.0	71.7	71.9	72.2
FMEG70	50.0	54.0	59.5	63.7	66.8	69.0	70.0	70.7	71.9	73.0	73.7	73.9	74.2
FMEG72	52.0	56.0	61.5	65.7	68.8	71.0	72.0	72.7	73.9	75.0	75.7	75.9	76.2
FMEG74	54.0	58.0	63.5	67.7	70.8	73.0	74.0	74.7	75.9	77.0	77.7	77.9	78.2
FMEG76	56.0	60.0	65.5	69.7	72.8	75.0	76.0	76.7	77.9	79.0	79.7	79.9	80.2

6.3.4 橫流風機

圖 8 曲線與表 6 數據，由公式(15)、公式(16)及公式(17)產生。

(a) 輸入功率小於或等於 10 kW 者

(1) 風機及電動機

$$\eta_{opt}=1.14 \times \ln(P_e) - 2.6 + N_G \dots\dots\dots (15)$$

(2) 風機、電動機與傳動裝置

$$\eta_{opt}=1.14 \times \ln(P_{ed}) - 2.6 + N_G \dots\dots\dots (16)$$

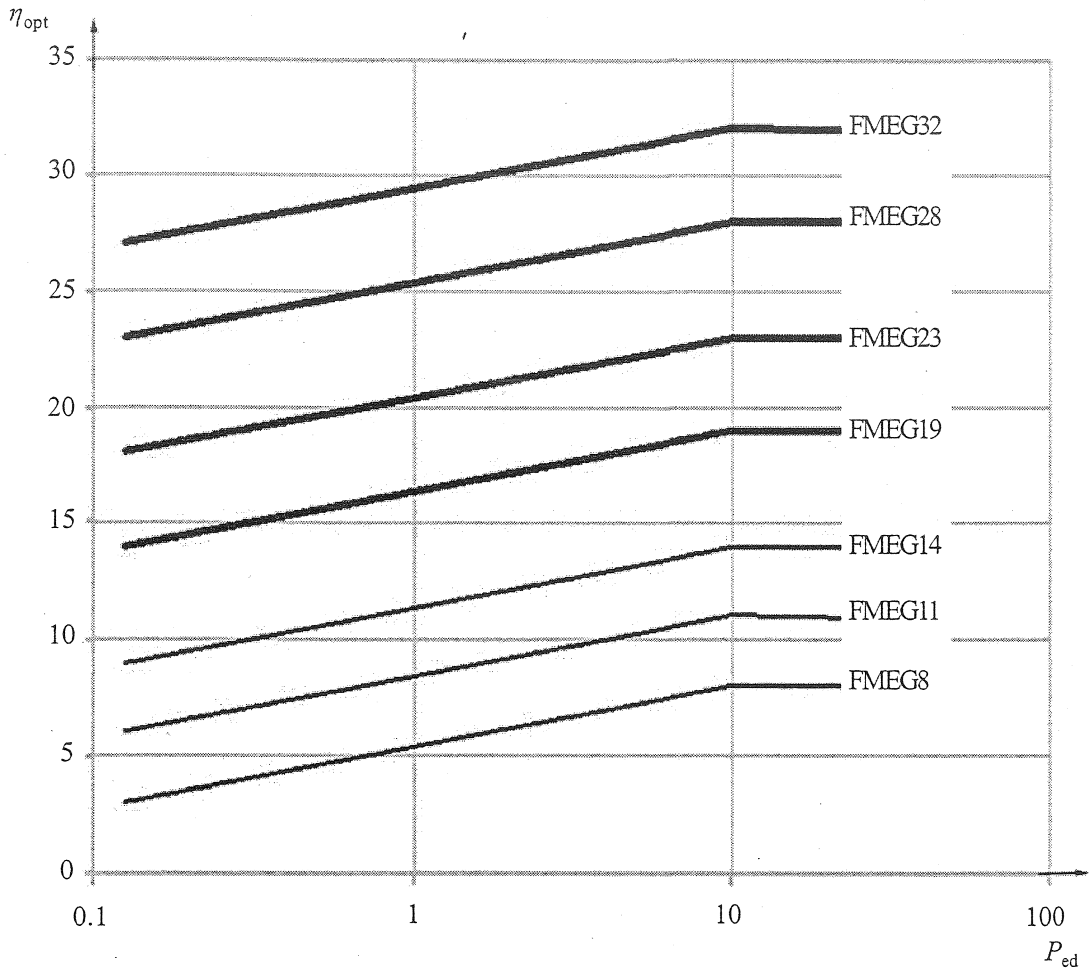
(b) 輸入功率大於 10 kW 者：風機與電動機，以及風機、電動機與傳動裝置

$$\eta_{opt}=N_G \dots\dots\dots (17)$$

式中， P_e ：電動機輸入功率，單位為 kW

P_{ed} ：傳動/控制裝置的輸入電功率，單位為 kW

N_G ：FMEG 整數，例：FMEG10 為 $N_G=10$



說明

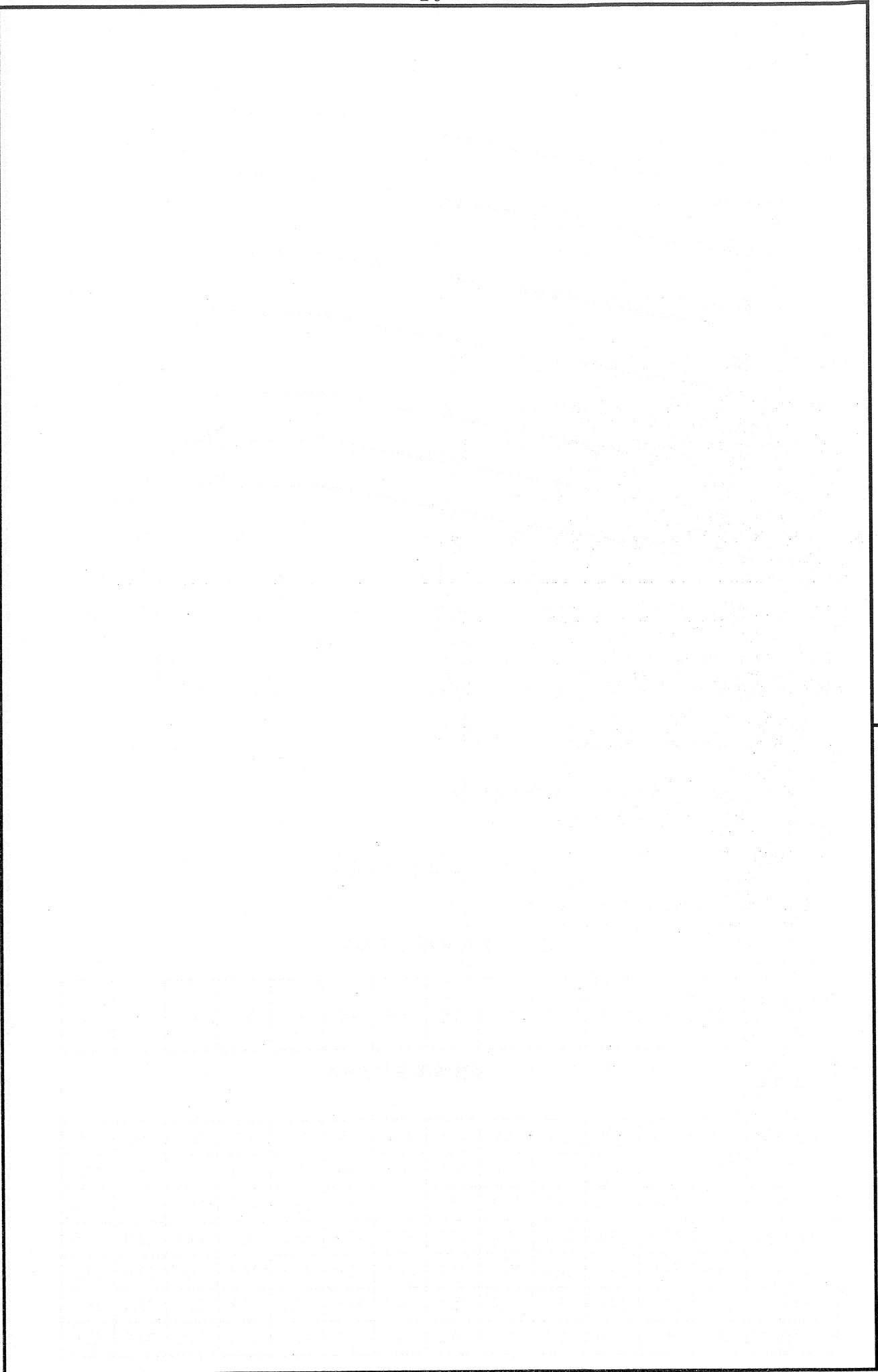
P_{ed} 輸入功率(kW)

η_{opt} 最佳效率(最佳效率點)(%)

圖 8 橫流風機之效率等級

表 6 橫流風機效率等級

輸入功率 kW	0.125	0.3	0.50	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	8.0	10	16	22
效率等級	最佳效率(最佳效率點) %												
FMEG08	3.0	4.0	4.6	5.1	5.4	6.2	6.7	7.0	7.2	7.8	8.0	8.0	8.0
FMEG11	6.0	7.0	7.6	8.1	8.4	9.2	9.7	10.0	10.2	10.8	11.0	11.0	11.0
FMEG14	9.0	10.0	10.6	11.1	11.4	12.2	12.7	13.0	13.2	13.8	14.0	14.0	14.0
FMEG19	14.0	15.0	15.6	16.1	16.4	17.2	17.7	18.0	18.2	18.8	19.0	19.0	19.0
FMEG23	18.0	19.0	19.6	20.1	20.4	21.2	21.7	22.0	22.2	22.8	23.0	23.0	23.0
FMEG28	23.0	24.0	24.6	25.1	25.4	26.2	26.7	27.0	27.2	27.8	28.0	28.0	28.0
FMEG32	27.0	28.0	28.6	29.1	29.4	30.2	30.7	31.0	31.2	31.8	32.0	32.0	32.0



附錄 A

(規範)

無軸風機效率等級

公式(A.1)用以計算 FEG85 等級效率上限值，其中風機尺寸 D_r 作為獨立變數。

$$\eta_{opt} 85_D^{upp} = k_0 + \left[81 + \frac{D}{k_1} - \left(\frac{D}{k_2} \right)^2 \right]^{0.5} - 112 \exp\left(-\frac{D}{k_3} \right) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中， $\eta_{opt} 85_D^{upp}$: 特定風機尺寸之 FEG85 上限效率值

D : 風機尺寸(葉輪直徑)，以毫米為單位

k_0, k_1, k_2, k_3 : 常數(參照表 A.1)

表 A.1 定義 FEG85 上限效率之常數

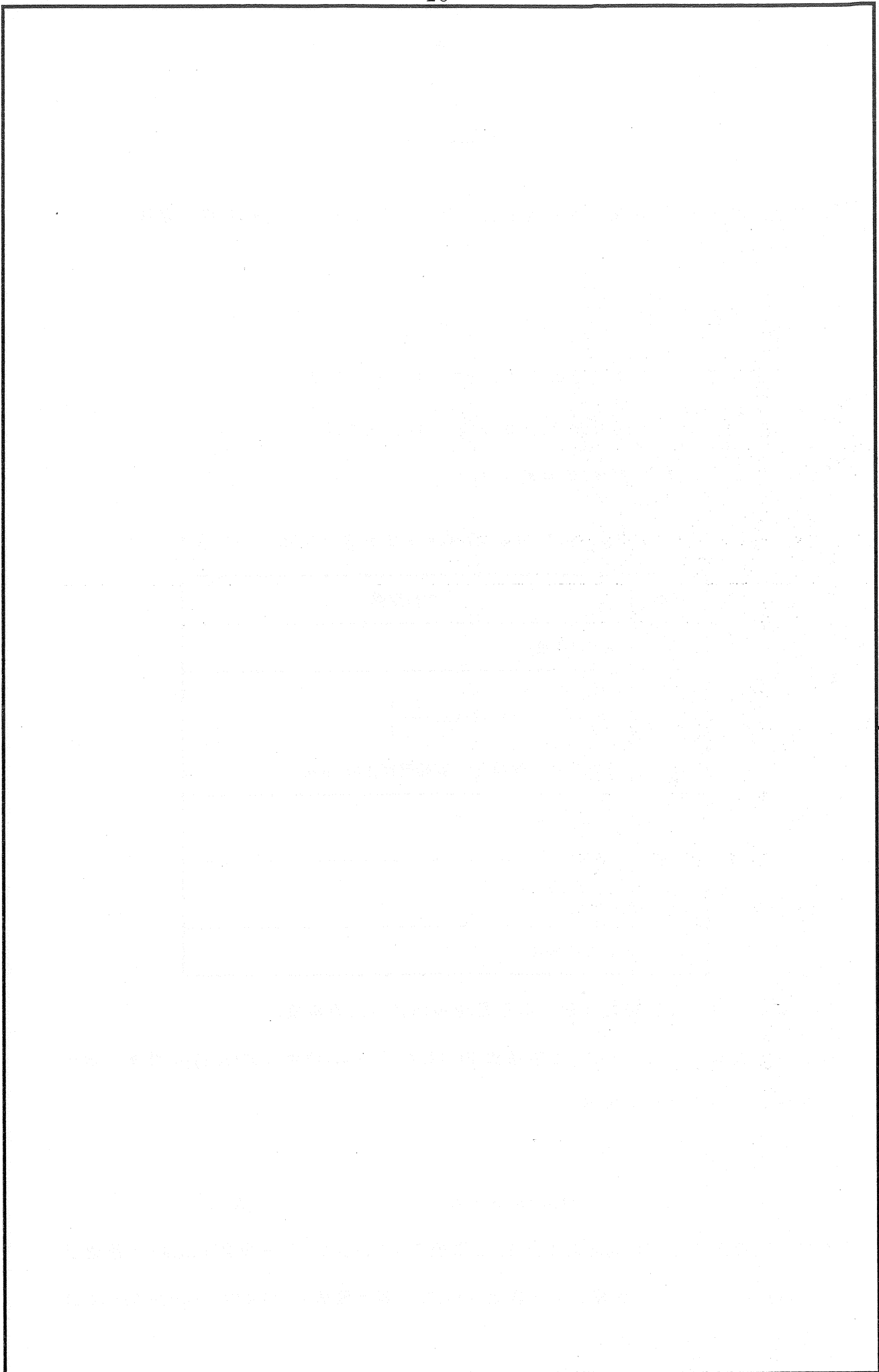
常數	常數定義
D_0	1,016(精確)
k_0	$10^{\left[1 + \left(\frac{37}{40} \right) \right]} - 15 + 112 \exp\left(-\frac{D_0}{k_3} \right)$ 式中， D_0 : 風機尺寸(葉輪直徑)1,016 mm
k_1	$\frac{793.75}{15^2} = 3.5277$
k_2	$\frac{1,270}{15} = 84.66$
k_3	113.92(精確)

建議直接使用已被定義之常數，而不是使用四捨五入的數值。

對於特定風機尺寸 D_r ，FEG $_d$ 上限值由 FEG85 D_r 上限值[使用公式(A.1)]來計算，當作有商數 q 的幾何數列之數字。

$$q = 10^{\left(-\frac{1}{40} \right)} = 10^{-0.025} = 0.94406088 \text{(四捨五入)} \dots\dots\dots (A.2)$$

例如，風機尺寸 1,000 mm 之 FEG85 上限值為 84.13606，下一級之 FEG80 上限值以 $84.13606 \times q = 79.42956$ 計算。下一級為 FEG75，其上限值以 $79.42956 \times q = 74.98634$ 計算。



附錄 B

(規範)

計算效率方法

B.1 總則

傳動端元件的效率並沒有包含在說明範圍內，因而只能預估。

預估的效率可被元件製造商確認或是本附錄所列的預設值。

為了改善無軸風機的元件效率，應最好採用元件製造商提供的實際效率，而不是預設值。

如果風機沒有安裝傳動電動機，風機效率應採用公式(B.1)來計算葉輪最佳效率點 η_{opt} 。

$$\eta_e = \eta_r \times \eta_m \times \eta_T \times \eta_c \times C_m \times C_c \dots\dots\dots (B.1)$$

式中， η_e : 整體效率

η_r : 依 $P_{u(s)}/P_a$ 的最佳葉輪效率，如 CNS 7778(或 ISO 5801)提供

η_m : 電動機效率

η_T : 傳動效率(傳動效率)

η_c : 變速傳動裝置效率

C_m : 補償因子=0.9

C_c : 局部負載補償因子

B.2 電動機

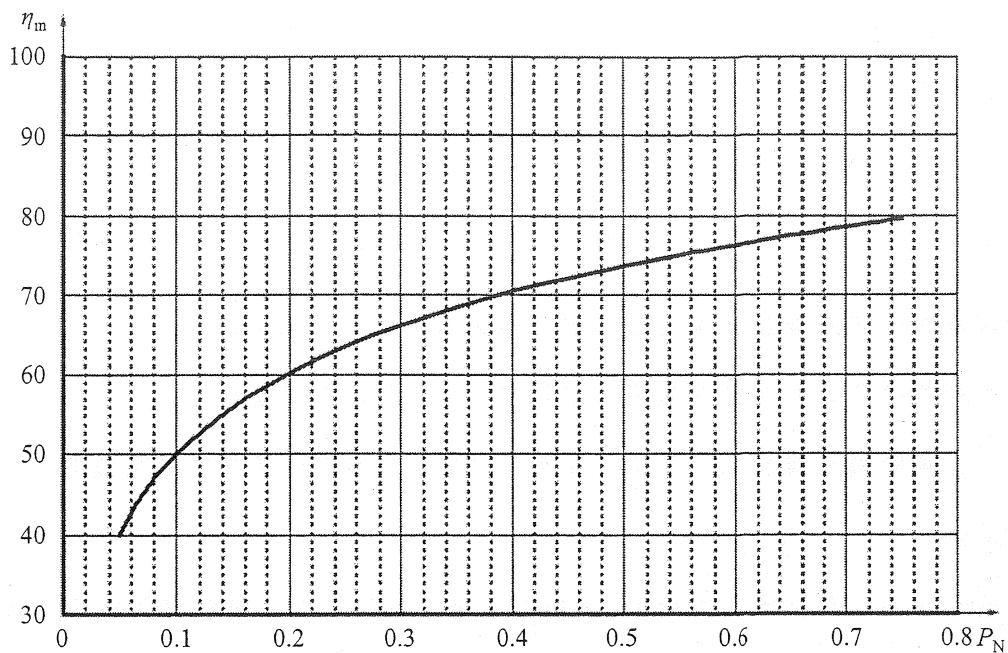
若電動機未安裝在風機裡，應對電動機效率 η_m 進行評估。

三相電動機之預估效率應至少有法規明確規定，若無時，至少依 IEC 60034-30 之等級 IE1 規定。

所有額定值低於 0.75 kW 之感應電動機的預估效率應採用公式(B.2)計算。

$$\eta_m = 0.1462 \times \ln(P_N) + 0.8381 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中， P_N : 電動機標稱功率，單位為 kW



說明

P_N 標稱電動機功率 (kW)

η_m 電動機效率 (%)

圖 B.1 0.75 kW 以下電動機的預設效率

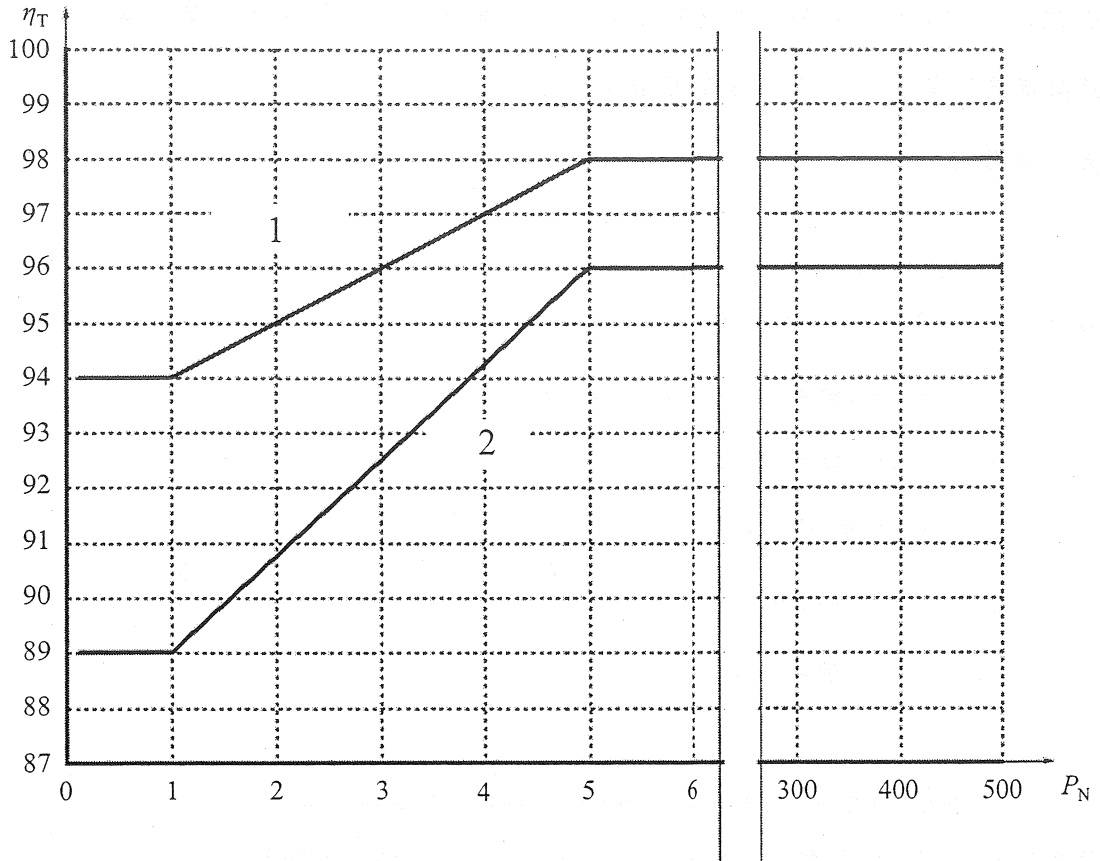
B.3 傳動裝置

若風機採用直接傳動，即葉輪直接安裝在電動機轉軸上，傳動效率 η_T 應假設為 100 %。若軸承損失、繞性聯結等等屬於傳動系統的一部分，就應考量；此等數值可以 CNS 7778(或 ISO 5801)求得。

若風機採用輸送帶傳動，預測值如表 B.1 所示。

表 B.1 輸送帶效率

標稱電動機功率	η_T (V 形輸送帶)	η_T (平形輸送帶)
$P_N < 1$ kW	0.89	0.94
1 kW $< P_N < 5$ kW	$0.0175 \times P_N + 0.8725$	$0.01 \times P_N + 0.93$
$P_N > 5$ kW	0.96	0.98



說明

P_N 標稱電動機功率(kW)

η_T 傳動效率(傳動效率)(%)

1 平狀輸送帶

2 V形輸送帶

圖 B.2 輸送裝置的預設效率

B.4 控制裝置

變速傳動(VSD)效率 η_c 應由製造商來規定，但補償因子限制 6.3 提供。若 VSD 未使用， η_c 及 C_c 應從公式(B.1)中刪除。

B.5 前傾離心風機的工作範例

對於 FMEG35 的前傾離心風機，法規可能規定風機要超過傳動風機效率線。建議的風機已經不會以整組來測量，並且由風機、電動機與 V 形傳輸帶裝置所組成。葉輪效率 η_r 為 60%，最佳效率點的風機氣體功率 P_u 為 1.125 kW，因此採用安裝類型 D 來測量。

依 IEC 60034-30，所使用之電動機為效率等級 IE2 的 2.2 kW 四極電動機，變速傳動裝置具有 95 % 效率，屬於風機之一部分。

使用公式(B.1)：

$$\eta_e = \eta_r \times \eta_m \times \eta_T \times \eta_c \times C_m \times C_c$$

式中， η_r ：0.60(60 %)

η_m ：0.843(參照 B.2, IE2, 84.3 %)

η_T ：0.911(參照 B.3)

η_c ：0.95(參照 B.4)

C_m ：0.90(參照 B.1)

C_c ：1.064(參照 6.3)

則

$$\eta_e = 0.60 \times 0.843 \times 0.911 \times 0.90 \times 0.95 \times 1.064 = 0.418(41.8 \%)$$

使用公式 $\eta_e = P_u / P_e$ ，則 $P_e = P_u / \eta_e$ ，因此 $P_e = 1.125 / 0.418 = 2.69$ kW。

使用圖 6 或表 4，發現輸入功率 2.69 kW 之最佳效率超過 31.4 %。因此，建議的風機符合 FMEG35 效率線的最低標準。

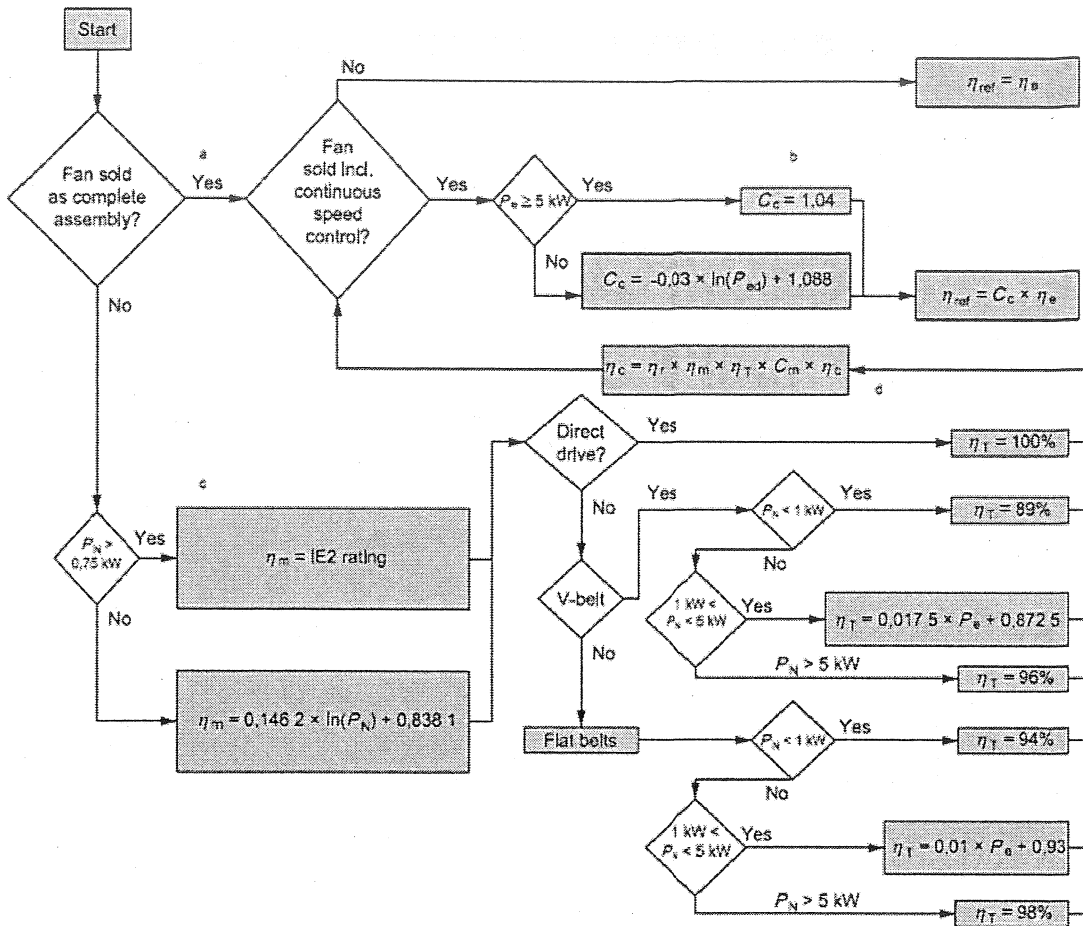
$$\text{FMEG35} = 2.74 \times \ln(P_e) - 6.33 + N_G \dots \dots \dots (\text{B.3})$$

式中， $N_G = 35$

$$P_e = 2.69 \text{ kW}$$

則

$$\text{FMEG35} = 2.74 \times \ln(2.69) - 6.33 + 35 = 31.4 \%$$



說明

C_c 部分負載節能之補償因子，若使用速度控制裝置

C_m 元件近似最佳匹配的補償因子 0.9

P_e 風機輸入功率 (kW)

P_N 標稱電動機功率 (kW)

η_c VSD 效率 (若未整合在電動機內)

η_e 整個產品的效率，包含風機轉輪、電動機及傳動裝置

η_m 電動機效率 (若整合在電動機內時，包含 VSD 損失)

η_r 風機轉輪的效率

η_{ref} Directive 2009/125/EC 中風機之參考效率

η_T 傳動裝置的效率

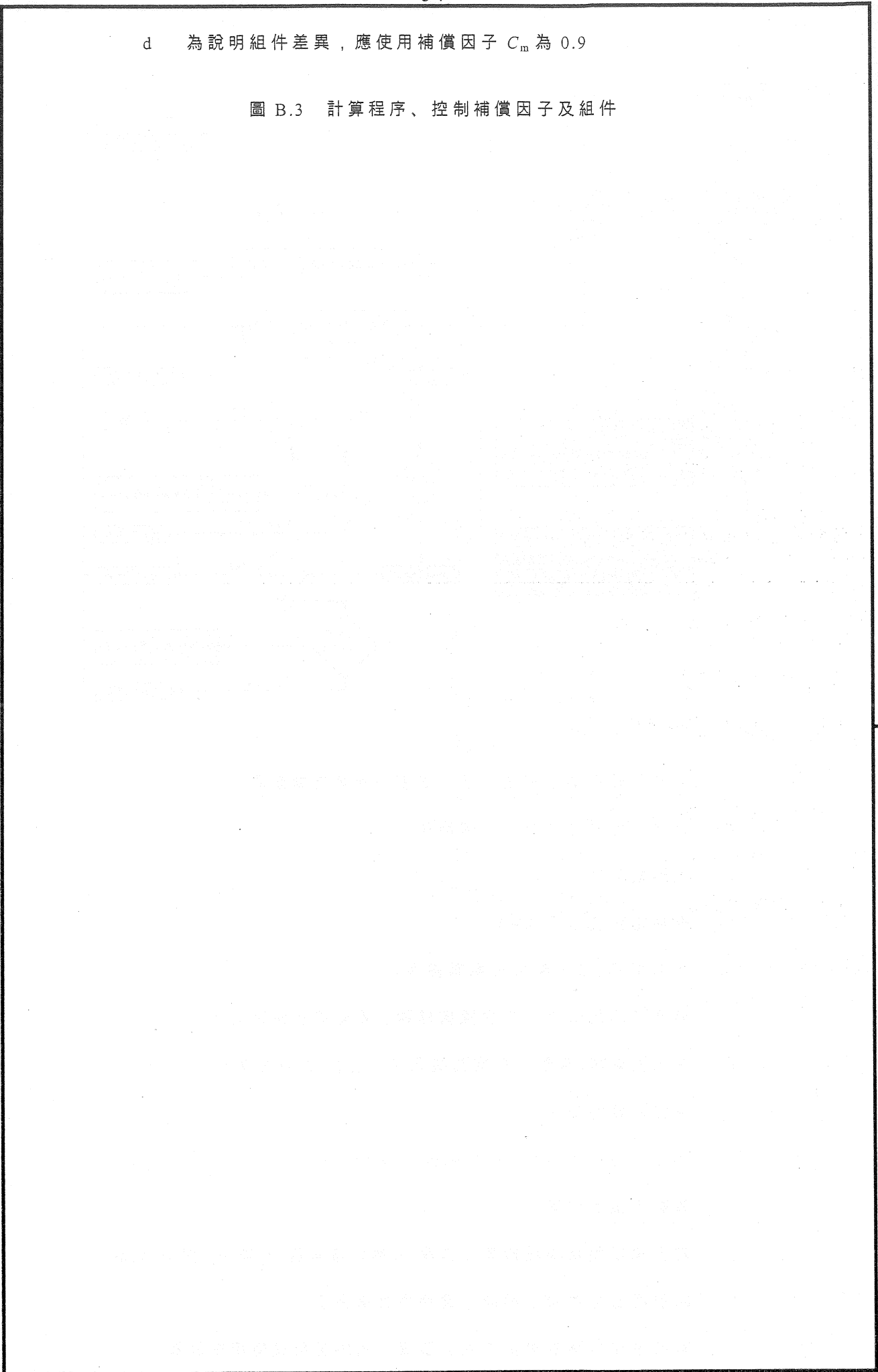
a 若風機以整組機組販售，效率 η_e 應直接測量 P_e 或 P_{ed} 與 P_u 來評估

b 為說明部分負載之節能，應使用補償因子

c 若風機非以整組機組方式安裝者，則應將預設值用來計算

d 為說明組件差異，應使用補償因子 C_m 為 0.9

圖 B.3 計算程序、控制補償因子及組件



附錄 C

(參考)

風機安裝類型所引起之性能變異

由於安裝類型之間的性能量測結果可能會有大幅差異，因此對於終端使用者或立法人員是相當重要的，以便瞭解考量哪一種安裝類型。除了安裝類型以外，應說明 FMEG 是否依整體效率或整體靜態效率進行考量(參照 CNS 7778(或 ISO 5801))。

安裝類型能夠明確說明風機如何在特定應用中。例如，空調冷凝器的軸流風機以開放出入口條件來運轉，因此安裝類型 A 較適合。安裝類型 D 適合在出入口裝有導管的應用，如果風機用於空調冷凝器，這樣就會是不正確的性能表示方式。

另一個範例就是空調機組(AHU)所用的軸流風機，以開放出入口條件來運轉，並且依安裝類型 A 進行的量測較為適合。如果導管接到空調機組裡面的入口，安裝類型 C 較為適合。

軸流式風機以安裝類型 D 測試，會比安裝類型 A 的效率高，無殼式風機以安裝類型 C 測試，會比安裝類型 A 效率高。

例如，法規訂定者在規定最低效率等級時，宜採用本國際標準來清楚說明安裝類型。

- (a) 安裝類型 A 的軸流式風機 - 最低效率等級 FMEG_{xx}。
- (b) 安裝類型 B 的軸流式風機 - 最低效率等級 FMEG_{xx}。
- (c) 安裝類型 C 的軸流式風機 - 最低效率等級 FMEG_{xx}。
- (d) 安裝類型 D 的軸流式風機 - 最低效率等級 FMEG_{xx}。

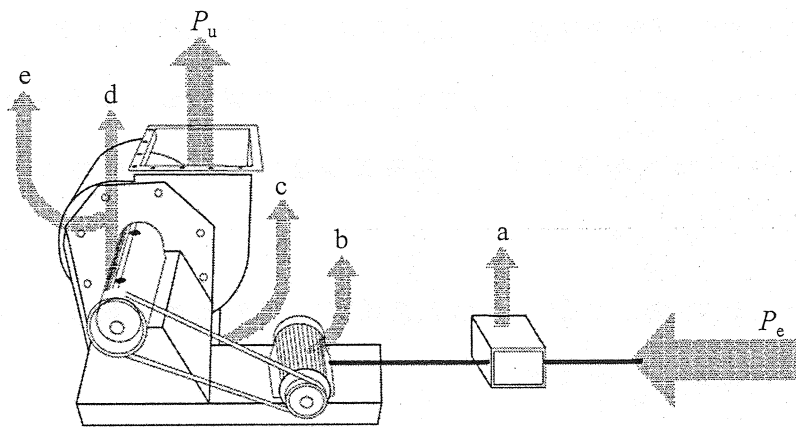
附錄 D

(參考)

計算傳動風機設計點之輸入功率

D.1 一般

由於經濟或環境上的考量，已經讓許多國家重新注意增加所有種類風機安裝之能源效率。因此，需要有一種獲得同意的方法來計算輸入電功率 P_e ，圖 D.1 顯示典型 V 形傳輸帶傳動風機與不同損失，如圖 2 所示。



說明

- P_e 為輸入電功率
- P_u 為流量與壓力(氣體功率)
- a 為變速裝置損失(熱)
- b 為電動機損失(熱)
- c 為輸送帶損失(熱)
- d 為軸承損失(熱)
- e 為葉輪與機殼氣體動力損失(熱)

圖 D.1 典型有損的傳動風機

D.2 功率消耗計算

D.2.1 一般

風機安裝消耗之輸入電功率由許多分量所組成，總結如 D.2.2 至 D.2.4。

D.2.2 葉輪功率就是供給風機葉輪的機械功，表示成 P_r ，單位為 W 或 kW。 P_u 為風機氣體功率，風機葉輪效率如下。

$$\eta_r = \frac{P_u}{P_r} \dots\dots\dots (D.1)$$

以小數點表示。

直接適用於風機安裝方式 4、5、15 及 16(參照 ISO 13349)。

D.2.3 風機轉軸功率就是供給風機轉軸的機械功，表示成 P_a ，單位為 W 或 kW。 P_u 為風機氣體功率，風機轉軸效率如下。

$$\eta_a = \frac{P_u}{P_a} \dots\dots\dots (D.2)$$

以小數點表示。

直接適用於所有風機安裝方式，即 1 至 3、6 至 14，及 17 至 19(參照 ISO 13349)，不同於葉輪功率，因為加上風機軸承因摩擦而造成功率損失。

D.2.4 軸承摩擦功率：此等損失可由公式(D.3)來獲得。

$$P_b = 1.05 \times 10^{-4} \times M \times N \dots\dots\dots (D.3)$$

式中， P_b ：為軸承功率損失，單位為 W

M ：為軸承的總摩擦力矩，單位為 Nm

N ：為葉輪/轉軸旋轉速度，單位為 rpm

在考慮摩擦係數 μ 為常數的情況下，並且使用公式(D.4)，就能夠有足夠的精確性預估高品質潤滑的軸承摩擦力矩：

$$M = 0.5 \mu C_d \dots\dots\dots (D.4)$$

式中， M ：軸承之總摩擦力矩，單位為 Nm

μ ：軸承之摩擦係數，當作常數(參照表 D.1)

C_d ：等效動態軸承負載，單位為 N

d ：軸承孔徑，單位為 m

表 D.1 不同種類軸承的摩擦係數 - 無密封

軸承種類	摩擦係數 μ
------	---------------

深溝滾珠軸承	0.0015
斜角滾珠軸承	0.002
- 單列	0.0024
- 雙列	
四點接觸滾珠軸承	0.0024
調心球軸承	0.0010
圓柱滾子軸承	0.0011
- 有檔圈	0.0020
- 滿圓柱滾子	
滾針軸承	0.0025
錐形滾子軸承	0.0018
球面滾子軸承	0.0018
推力球軸承	0.0013
推力圓柱滾子軸承	0.0050
推力滾針軸承	0.0050
推力球面滾子軸承	0.0018
備考：關於所有類型的軸承，參照製造商提供的資訊。	

軸承旋轉總阻力包含在滾動接觸、滾動組件與機殼的接觸面、滾動組件或機殼的導引面造成之滾動和滑動摩擦力，若裝有接觸墊，還包含潤滑油摩擦力與滑動摩擦力。

若軸承裝有接觸墊，摩擦損失可能會超過軸承內部產生的損失，軸承兩側接觸墊的摩擦力矩可從經驗公式(D.5)來預估：

$$M_{\text{seal}} = k_1 d_s^a + k_2 \dots\dots\dots (D.5)$$

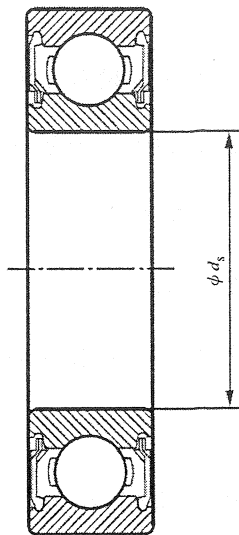
式中， M_{seal} ：墊片之摩擦力矩，單位為 Nm

k_1 ：常數，與軸承類型有關

k_2 ：常數，以單位為 Nm，與軸承與墊片類型有關

d_s ：軸承之肩徑，單位為 m(參照圖 D.2)

a ：被乘數，跟軸承與墊片類型有關



說明

d_s 軸承之肩徑

圖 D.2 密封軸承之截面圖

在公式(D.5), a 介於 0 至 2.3 ; k_1 介於 0 到 0.06 , k_2 介於 0 至 50。為確認此等數值, 參照軸承製造商提供之資訊, 必要時, 注意是否使用不同符號。

因為 :

$$P_b = P_a - P_r \dots\dots\dots (D.6)$$

效率可以被定義成風機軸承效率, 如公式(D.7)。

$$\eta_b = \frac{P_r}{P_a} = 1 - \frac{P_b}{P_a} \dots\dots\dots (D.7)$$

, 及

$$\eta_r \times \eta_b = \eta_a \dots\dots\dots (D.8)$$

在所有情況下, 最好以安裝方式 1 及安裝方式 4(參照 ISO 13349)測試相同風機設計, 相減以獲得軸承損失。

備考: 風機軸承總力矩等於忽略符號的各別力矩相加總合(力矩方向不重要)。

D.2.5 傳動裝置功率

許多風機, 尤其在加熱、通風、空調與冷凍(HVACR)單元裡, 透過滑輪與 V 形輸送帶來傳動, 這樣提供製造商以有限機型來涵蓋廣泛功率範圍的便利性。系統設計師若要輕鬆證明系統阻力計算是否錯誤, 在電動機有足夠容量下, 只需

修正滑輪即可。

應注意輸送帶傳動裝置的上下方設計，在任何一種情況下，均會影響效率。有設計的傳動裝置效率會超過 95%，但採用直接連線啟動的輸送帶通常大幅降低效率，因此“軟”啟動可能是其中一項解決方案。

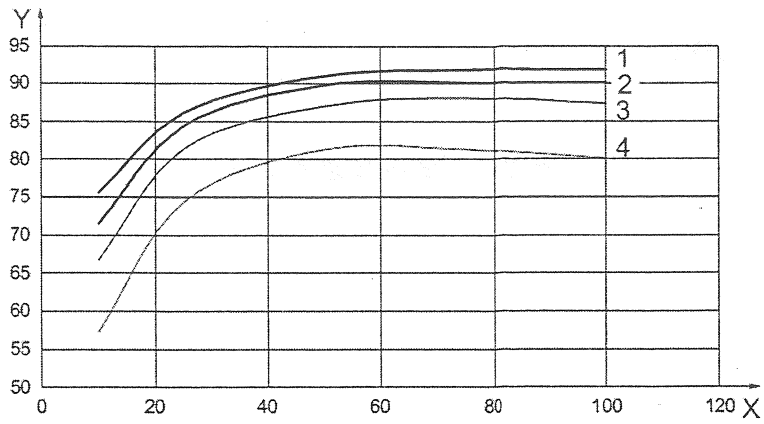
如果風機以繞性聯軸器傳動(參照 ISO 13349 安裝方式 7、8、9 與 17)，除非繞性聯軸器供應商有提供數據，否則這些風機效率一般假設為 97%。

D.2.6 電動機功率

在風機裡最常用的電動機類型(大約超出 1 kW 輸出)為鼠籠式交流感應電動機，具有強健可靠性，只需少許維護，價格又相當便宜，逐步改善滿載與局部負載的效率，可使用較多的活性材料來達成。IEC 60034-30 有 3 種標準化的效率等級，局部負載的實際電動機效率(大約銘牌額定值的 75%)有時可能比滿載還高，這跟早期設計相反，在實際吸收功率下使用效率是相當重要，可能採用 IEC 60034-2-1 說明的任何方法來計算。

D.2.7 控制裝置/功率損失

控制裝置/功率損失通常會被忽略，尤其是裝有變頻器。在高調節率下，即使風機吸收的功率非常小，在控制裝置的效率也遠低於 100%。圖 D.3 到圖 D.6 為 30 kW 電動機的典型範例。



說明

X 標稱力矩 (%)

Y 效率 (%)

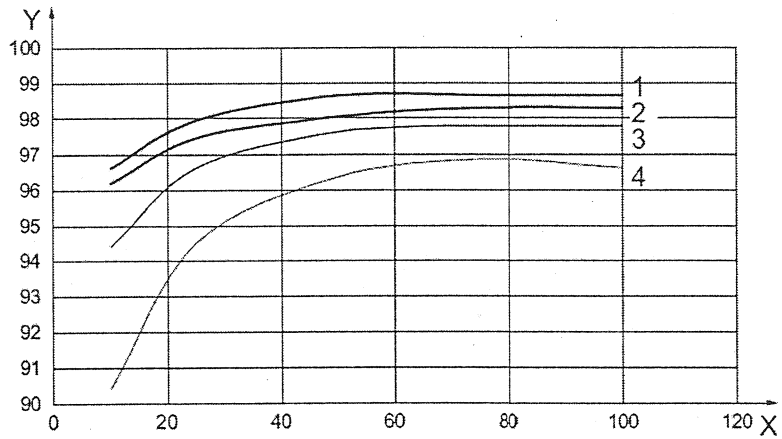
1 100 % 轉速

2 75 % 轉速

3 50 % 轉速

4 25 % 轉速

圖 D.3 電動機在不同負載下的效率



說明

X 標稱力矩 (%)

Y 效率 (%)

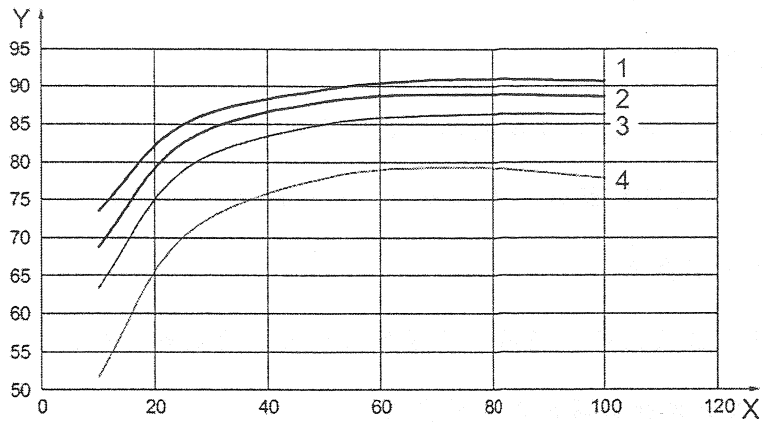
1 100 % 轉速

2 75 % 轉速

3 50 % 轉速

4 25 % 轉速

圖 D.4 變頻裝置的效率



說明

X 標稱力矩 (%)

Y 效率 (%)

1 100 % 轉速

2 75 % 轉速

3 50 % 轉速

4 25 % 轉速

圖 D.5 電動機與變頻裝置的效率

D.3 主要功率

利用公式 (D.9) 計算主要元件汲取的輸入電功率。

$$P_e = \frac{q_{vsg1} \times P_f}{\eta_r \times \eta_b \times \eta_T \times \eta_m \times \eta_c} \dots\dots\dots (D.9)$$

式中， P_e : 輸入電功率，單位為 kW，或單位為 W

q_{vsg1} : 流率，單位為 m^3/s 或 L/s

P_f : 風機壓力，單位為 kPa 或 Pa

η_r : 風機葉輪之效率，以小數點表示

η_b : 風機軸承之效率，以小數點表示

η_T : 傳動效率，以小數點表示

η_m : 電動機效率，以小數點表示

η_c : 控制裝置之效率，以小數點表示

備考 1. 若風機壓力單位為 Pa，則 P_e 之單位為 W。若風機壓力單位為 kPa，則 P_e 單位為 kW。

備考 2. $\eta_r \times \eta_b = \eta_a$ ，其中 η_a 為風機轉軸之效率。

備考 3. 若 η_r 亦同時計算時，風機壓力亦可以靜態方式定義之。理論上，風機靜態效率不會為 100% 或 1。

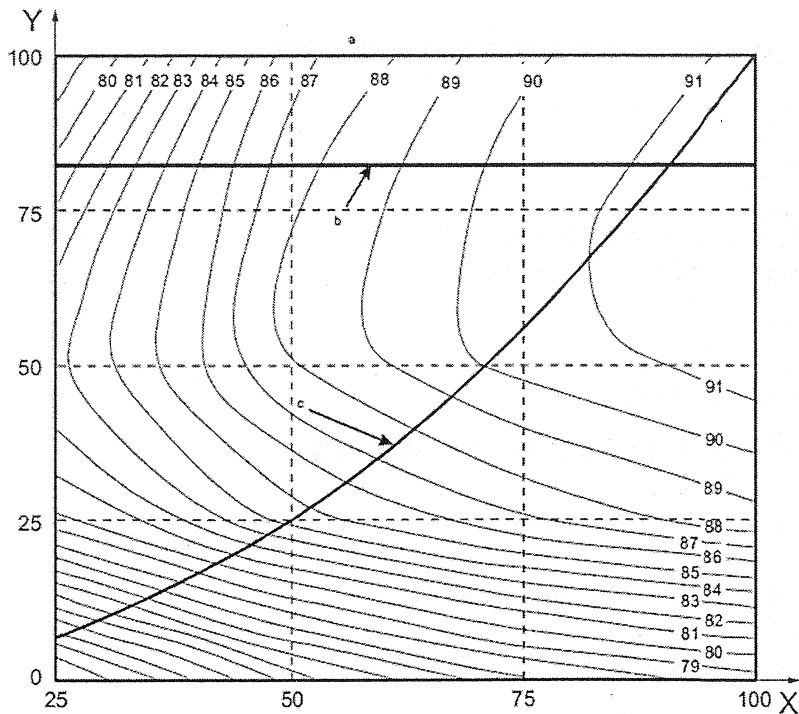
備考 4. 在進行審核之前，通常在詢價階段即會進行此等計算。

所有功率及數值應針對適當之安裝類型。

D.4 風機傳動時表示感應電動機與 VFD 之結果

風機傳動時，感應電動機與 VFD 之結合效率取決於風機壓力如何隨流率變化。

對於許多系統， $p_f \propto q_{vsg}^2$ (參照圖 D.6)。繪出以電動機對轉速之力矩 t_m ，即可得到力矩 t_m 正比轉速 n^2 或 N^2 。然而仍有其它可能性，即使黏性效應會將速度指數降至低於 2，但所需的力矩可為常數。此外，還有其他固定阻抗元件之可能性。若電動機力矩隨轉速而能夠變化，即能夠計算效率如何改變。



參數

X 轉速(%標稱)

Y 為轉速(%標稱)

a 為系統效率

b 固定組抗

c $t_m \propto n^2$

圖 D.6 變頻電動機運用於風機之典型效率

(參照參考資料[10].)

附錄 E

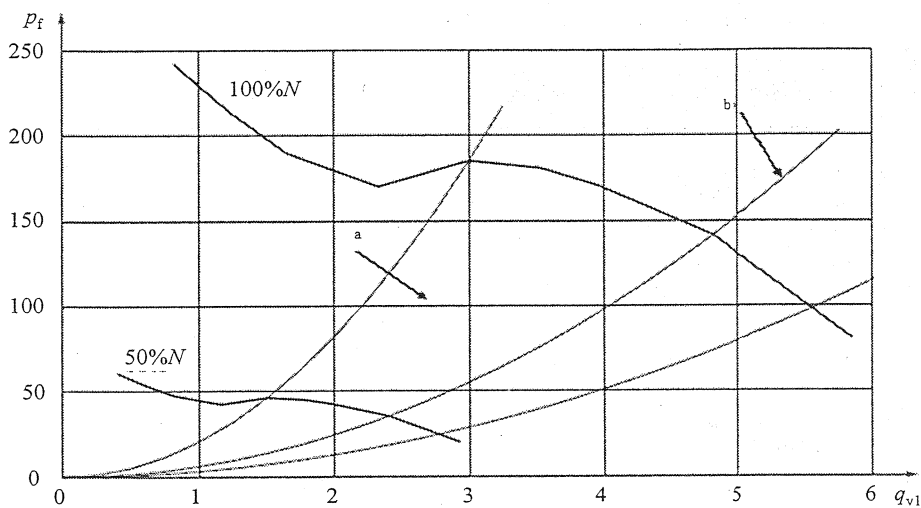
(參考)

選擇最佳風機效率

本國際標準只提供最佳效率，但也可以選擇不是最佳效率的風機。因此，能夠選出較小尺寸又較低運轉成本的風機。我們建議風機供應商與使用者應對於低於 85 % 最佳效率的氣流範圍進行選擇，圖 E.1 的曲線說明風機的可接受氣流範圍。

一般來說，效率是風機轉速與尺寸的函數。因此，風機低於最大允許轉速時，實際運轉效率會低於最大轉速的標稱效率。

備考：圖 E.1、圖 E.2 及圖 E.3 所列的性能僅供圖例說明。



說明

q_{v1} 入口流率 (m^3/s)

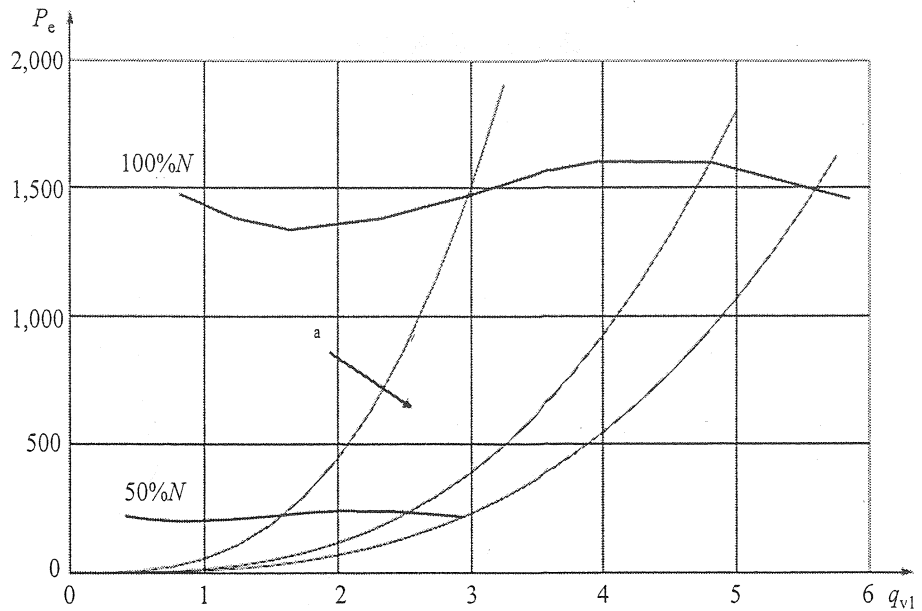
p_f 風機壓力 (Pa)

N 葉輪轉速

a 工作範圍

b 風機最佳效率曲線

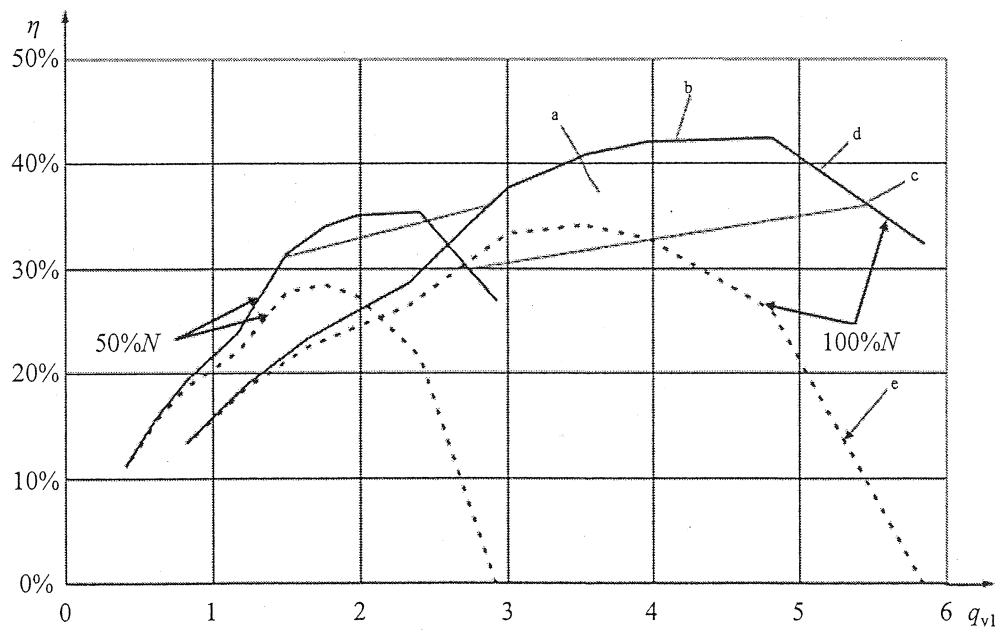
圖 E.1 風機氣流性能特性



說明

- | | | | |
|----------|------------------|-------|-------------|
| q_{v1} | 入口流率 (m^3/s) | P_e | 電動機輸入功率 (W) |
| N | 葉輪轉速 | a | 工作範圍 |

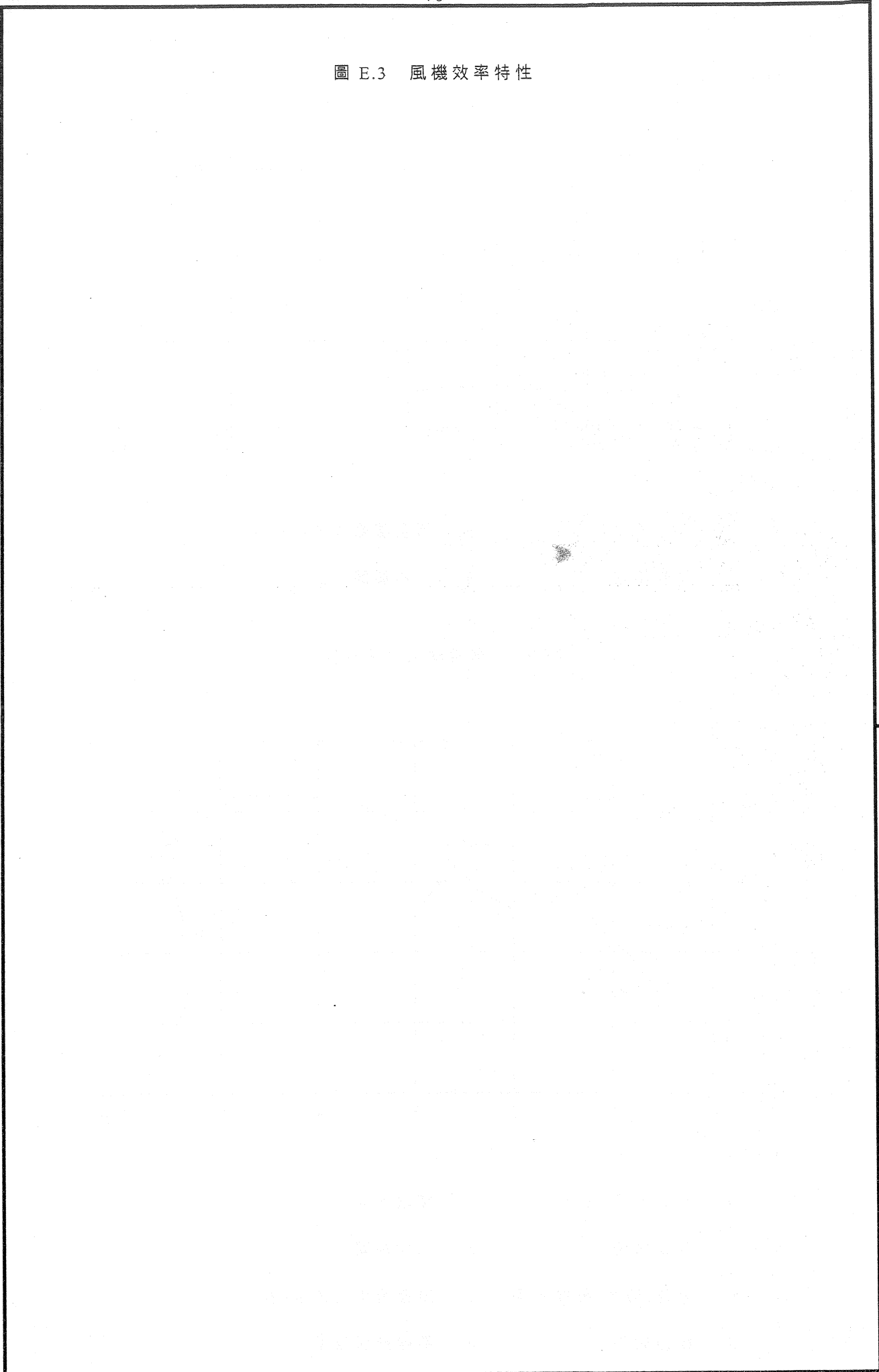
圖 E.2 風機輸入功率特性



說明

- | | | | |
|----------|------------------|--------|-------------|
| q_{v1} | 入口流率 (m^3/s) | η | 整體效率 |
| N | 葉輪轉速 | a | 工作範圍 |
| b | 最佳(最大)風機效率 | c | 風機最佳效率 85 % |
| d | 整體效率 | e | 整體靜態效率 |

圖 E.3 風機效率特性



附錄 F

(參考)

測定傳動風機效率等級

F.1 計算

F.1.1 計算效率等級方法, N_G

能源效率等級就是特定風機類型的能源效率公式, 等級乃依據 0.125 kW 至 500 kW 功率輸入範圍的輸入電功率 P_{ed} , 其中曲線有兩組斜率, 其一從 0.125 kW 至 10 kW, 另一為超過 10 kW 至 500 kW。

以下有 3 種系列等級, 以反映不同風機種類的特性。

(a) 軸流、前傾或徑葉離心風機之能源效率等級依據表 F.1 的公式。

表 F.1 軸流、前傾與徑葉式離心風機的 FMEG 公式

功率範圍 P_e 0.125 kW 至 10 kW	功率範圍 $P_e > 10$ kW 至 500 kW
$\eta_{\text{target}} = 2.74 \times \ln(P_{ed}) - 6.33 + N_G$	$\eta_{\text{target}} = 0.78 \times \ln(P_{ed}) - 1.88 + N_G$
式中, P_{ed} : 輸入電功率; N_G : 所需之能源效率等級	

(b) 後彎離心風機(有無機殼)與混流風機的能源效率等級依據表 F.2 的公式。

表 F.2 後傾離心風機與(有無機殼)混流傳動風機的 FMEG 公式

功率範圍 P_e 0.125 kW 至 10 kW	功率範圍 $P_e > 10$ kW 至 500 kW
$\eta_{\text{target}} = 4.56 \times \ln(P_{ed}) - 10.5 + N_G$	$\eta_{\text{target}} = 1.1 \times \ln(P_{ed}) - 2.6 + N_G$
式中, P_{ed} : 輸入電功率; N_G : 所選之能源效率等級。	

(c) 橫流式風機等級依據表 F.3 公式。

表 F.3 橫流式風機的 FMEG 公式

功率範圍 P_e 0.125 kW 至 10 kW	功率範圍 $P_e > 10$ kW 至 500 kW
$\eta_{\text{target}} = 1.14 \times \ln(P_{ed}) - 2.6 + N_G$	$\eta_{\text{target}} = N_G$

F.1.2 效率等級應用

效率等級定義為風機依輸入電功率在最佳效率點下所達到的最低效率 η_{target} , 其

使用相關效率等級 N_G 與在最佳效率點的風機輸入電功率，從 F.1.1 公式得到的輸出值。

風機效率 η_e 依 F.1.1 方法計算，應等於或大於效率等級規定的目標效率 η_{target} ，以符合最低效率規定。

若風機到達效率等級 N_G 規定之等於或大於目標效率 η_{target} 的風機效率 η_e ，即可以說是符合效率等級 N_G 規定。

F.2 計算效率等級之範例

F.2.1 軸流式風機

對於軸流式風機，規定超過 FMEG45 傳動風機效率線，建議的風機採用安裝類型 D 進行量測，具有 0.08 kW 輸入電功率的氣流功率 P_u 與在最佳效率點的 0.27 kW 輸入電功率 P_{ed} 。

利用公式(3)：

$$\eta_e = (P_u / P_e) = 0.08 / 0.27 = 0.296$$

得到整體效率 29.6 %。

將 FMEG45 的 $N_G=45$ 代入表 F.1 的公式，可以得到 0.27 kW 輸入功率的最佳效率為 35.1 % 以上。因此，建議的風機不符合 FMEG45 效率線的最低效率標準。

$$\eta_{target} = 2.74 \times \ln(P_e) - 6.33 + N_G \dots\dots\dots (F.1)$$

式中， $N_G=45$ ； $P_e=0.27$ kW

因此，最小效率為： $2.74 \times \ln(0.27) - 6.33 + 45 = 0.351$ 或 35.1 %。

F.2.2 無殼離心風機 - 無殼式風機

對於無殼式風機，可能規定超過 FMEG55 傳動風機效率線，建議的無殼式風機採用安裝類型 A 進行量測，具有整合變速傳動裝置、1.133 kW 輸入電功率的氣流功率 P_{us} 與在最佳效率點的 1.925 kW 輸入電功率 P_{ed} 。

利用公式(6)：

$$\eta_{ed} = (P_{us} / P_{ed}) \times C_e = (1.133 / 1.925) \times 1.068 = 0.629$$

得到整體效率 62.9 %。

若使用表 F.2 之公式，可得到 1.925 kW 輸入功率的最佳效率為 47.5 % 以上。因

此，建議之風機的確符合 FMEG55 效率線的最低效率標準。

$$\eta_{\text{target}} = 4.56 \times \ln(P_e) - 10.5 + N_G \dots\dots\dots (F.2)$$

式中， $N_G=55$ ； $P_e=1.925$ kW

因此，最小效率為： $4.56 \times \ln(1.925) - 10.5 + 55 = 0.475$ 或 47.5 %。

附錄 G

(參考)

附註

G.1 風機功率

風機功率(SFP)並不是一種風機測量方法，但作為組合風機與系統用。SFP 是一種定義系統能源消耗的名詞，也是所有風機、通風系統傳動裝置與控制裝置消耗之總和除以該系統的總流量或總抽風量，以較大為主。

對於系統來說，因為能夠減少系統內的阻損，所以是一個有用項。由於阻損被減少，因此克服阻損所需的風機功率降低，使得風機功率被減少所消耗的能源也跟著減少。此外，有些情況應注意，因為還有利用能源回收來降低能耗的有效方法。例如，熱交換機改善加熱/冷卻系統的能源使用，但會增加系統損失，即 SFP 值，能夠比風機還要節省能源，整體系統的二氧化碳排放量也應考量。

雖然 SFP 包含“風機”字詞，但有個模擬不清的項用於系統內的各別風機。SFP 值隨著系統阻力對風機運轉而改變，因此對各別風機並沒有最佳 SFP 值。

開發通風系統時，這個是有用的參數，以特殊操作點來比較不同風機。

利用公式(G.1)計算 SFP：

$$P_{sf} = \frac{P_{ed}}{q_v} \dots\dots\dots(G.1)$$

式中， P_{sf} ：風機功率，以[kW/(m³/s)]或[W/(l/s)]表示，均有相同數值

P_{ed} ：系統內的所有風機、傳動裝置及控制設備之電輸入功率，單為為 W
或 kW

q_v ：系統氣體流率，單位為 L/s 或 m³/s

關於 SFP 詳細說明，參照 CNS 7778(或 ISO 5801)之附錄 E 及 EN 13779。

G.2 箱形風機及屋頂式風機

箱形風機與屋頂式風機超出本國際標準的範圍，因為這些風機採用風機包覆在有限空間內或以保護罩的設計。因此，包覆風機的效率遠比風機本身還低。雖然 SFP 可用來判斷設計品質的量測方法，但本國際標準也採用適合等級與圖形(參照圖 6、圖 7 與附錄(F))。

附錄 B 的方法不可用來求得這些風機種類的效率。

G.3 氣簾

氣簾不屬於本國際標準的範圍內，主要性能就是效率，即有無氣簾的門道能夠儲存多少能源。氣簾就是 ISO 27327-1 表示的風機性能。

風機品質分類方法應為風機功率。

參考資料

- [1] ISO 22 Belt drives-Flat transmission belts and corresponding pulleys-Dimensions and tolerances
- [2] ISO 5292 Belt drives-V-belts and V-ribbed belts-Calculation of power ratings
- [3] ISO 5295 Synchronous belts-Calculation of power rating and drive centre distances
- [4] ISO 5802 Industrial fans-Performance testing in situ
- [5] ISO 13351 Fans-Dimensions
- [6] ISO 27327-1 Fans-Air curtain Units-Part 1: Laboratory methods of testing for aerodynamic performance rating
- [7] IEC/TS 60034-25 Rotating electrical machines-Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply
- [8] IEC/TS 60034-31 Rotating electrical machines-Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed applications-Application guide
- [9] EN 13779 Ventilation for non-residential buildings-Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems
- [10] ANGERS P. Defining the efficiency of variable speed drives. Energy Technology Laboratory, Hydro-Quebec, Motor Energy Performance Standards Australia Conference, February 4-5, 2009
- [11] Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products

相對應國際標準

ISO 12759:2010 Fans - Efficiency classification for fans