

## 泵浦 NPSH 值的認識

NPSH (net positive suction head)是人們對泵浦應用最廣，而認識最少的要項之一。要成功的裝設一個泵浦，瞭解 NPSH 的物理意義是很重要的。為了減少泵浦的問題，徹底考慮影響 NPSH 的因素是要很慎微的。很可能因錯誤的測定 NPSH，所引起的泵浦問題比其他錯誤因素來得更多。

NPSH 的分析，需要液體蒸汽壓的基本知識。壓力與溫度之間的關係以及總合蒸汽壓(在任何所予溫度下，液體與其蒸汽平衡共存時的壓力)影響所有液體的泵浦啣特性。輸送熱液體時，若其他因素維持不變。當液體溫度增加，泵浦的能力就減小。液體蒸汽壓隨著溫度上升而升高，並且與驅壓液體入泵浦吸入端的大氣壓力對抗。

每一種液體的沸騰有一定的溫度和壓力，液體的沸點，是液體蒸汽壓等於外部壓力時的溫度，在一開放系統中常等於大氣壓力(大氣的重量)，同時沸點隨高度增加而降低，表一所示，在海平面(大氣壓力為 14.7psia)，水的沸點是 212°F，因此在一個開放系統中，212°F 的水，其蒸汽壓是 14.7psia。假如大氣壓力減少到 6.87psia，水在 176°F就沸騰。任何液體，當壓力降低，達到沸騰所需的溫度亦隨之降低，反之，當壓力增加，沸騰的溫度亦增高，如表二所示。

通常我們稱”吸入升程”(Suction Lift)一詞是容易誤解的。不管是往復式泵，齒輪式泵，透平式泵，輪葉式泵或是離心式泵，沒有一種泵能”升起”(Lift)任何液體。在泵運轉之前，液體必須強迫送

入泵中，在開放儲槽系統，這個力量(能量)是來自大氣壓力或由靜落差 (static head) 所獲致。任何在”吸入升程”條件下運轉的泵(即無正靜吸入落差)，是以小於大氣壓力來誘導運轉流體的。

NPSH 是誘導流體經吸入管線進入泵動葉輪所需的壓力，通常以流體多少呎來表示。

“有效淨正吸入落差” NPSHA (available NPSH)，是靜吸入落差  $h_s$  減去此吸入系統的摩擦損失  $h_f$ ，加上存在於吸入供給線的大氣壓力  $h_a$ (因為真空為負壓力)，再減去運轉液體當時溫度的蒸汽壓  $h_{vpa}$ ，即：

$$\underline{NPSHA = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}}$$

$h_s$  =由於相對於泵中心線的高度，所形成的靜吸入落差(ft)。

(若液面高於泵中心線， $h_s$  為正。液面低於泵中心線， $h_s$  為負。負值的  $h_s$  通常表示為”吸入升程”的條件。)

$h_f$  =吸入管路的摩擦失，ft。

$h_a$  =供給泵吸入的液體儲槽液面的絕對壓力，ft。

(若為開於系統， $h_a$ =大氣壓力。)

$h_{vpa}$ =在泵啣溫度的液體絕對蒸汽壓。

(此值可自該液體的蒸汽壓表查得。)

在一個沒有加壓力的閉合系統， $h_a$  等於  $h_{vpa}$ ，因為液體在該相對操作溫度時，存在飽和蒸汽壓正等於液面壓力，沒有多餘的壓力可用來強制液體進入泵中。泵的中心線必須低於液面，形成足夠的 NPSHA，引導液體流入泵內，以求在這些條件之下能運轉。NPSHA 必須克服管

線內的摩擦損失以及泵吸入端法蘭與葉輪片進口處之間的壓力降。閉合系統在液體被泵唧時，可以加壓形成絕對壓力大於蒸汽壓。當儲槽不能提昇高度去創造足夠的吸入落差時，經常需要加壓力於儲槽。

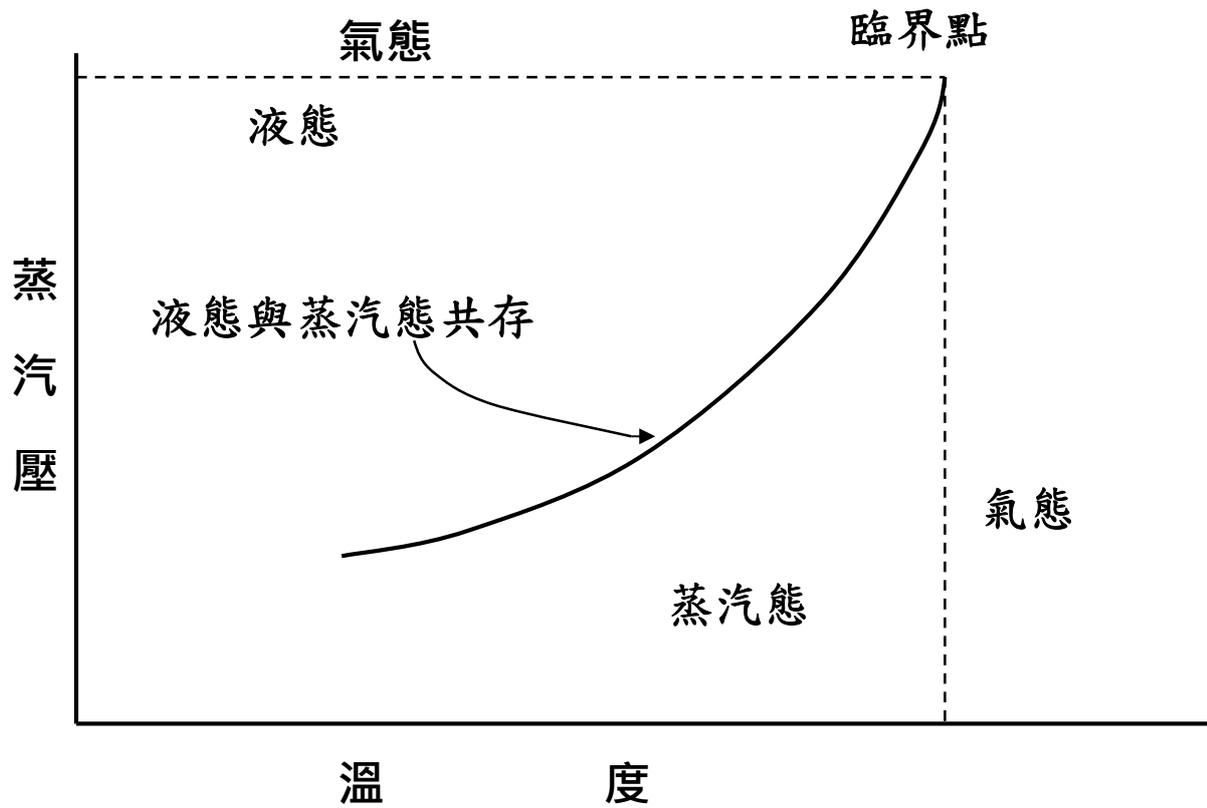
對於泵的選擇，有兩個 NPSH 值是很重要的。必須淨正吸入落差” NPSHR(required NPSH)。是泵本身的特性，隨著運轉條件變化，它的定義是，使液體在吸入端充滿泵，並且克服泵的內部損失所需要的壓力。NPSHR 代表著在已給容量下，在蒸汽壓和吸入落差之間所需的最小界限。葉輪進口圖的直徑，形狀和葉片數目，大小以及吸入端管線的形狀，決定了泵的 NPSHR。任何泵的 NPSHR 值，可由泵製造廠商得到，並且必須表示在所有的泵曲線上。

高 度 (海平面上)	大 氣 壓 力	
	水柱高，ft	PSIA
0	33.9	14.7
1000	32.8	14.2
2000	31.6	13.7
3000	30.5	13.2
4000	29.4	12.7
5000	28.3	12.3
6000	27.3	11.8
7000	26.2	11.3
8000	25.2	10.9
9000	24.3	10.5
10,000	23.4	10.1

表 1 大氣壓力與高度之關係

蒸 汽 壓 力		溫 度	
水柱高，ft	PSIA	(°C)	(°F)
0.20	0.0886	0	32
0.29	0.126	5	41
0.40	0.173	10	50
0.56	0.245	15	59
0.78	0.339	20	68
2.47	1.07	40	104
6.68	2.89	60	140
15.87	6.87	80	176
33.96	14.7	100	212
66.53	28.8	120	248
121.04	52.4	140	284
206.98	89.6	160	320
334.95	145	180	356
519.75	225	200	392
773.85	335	220	428

表 2 水蒸汽壓力 (絕對壓力)



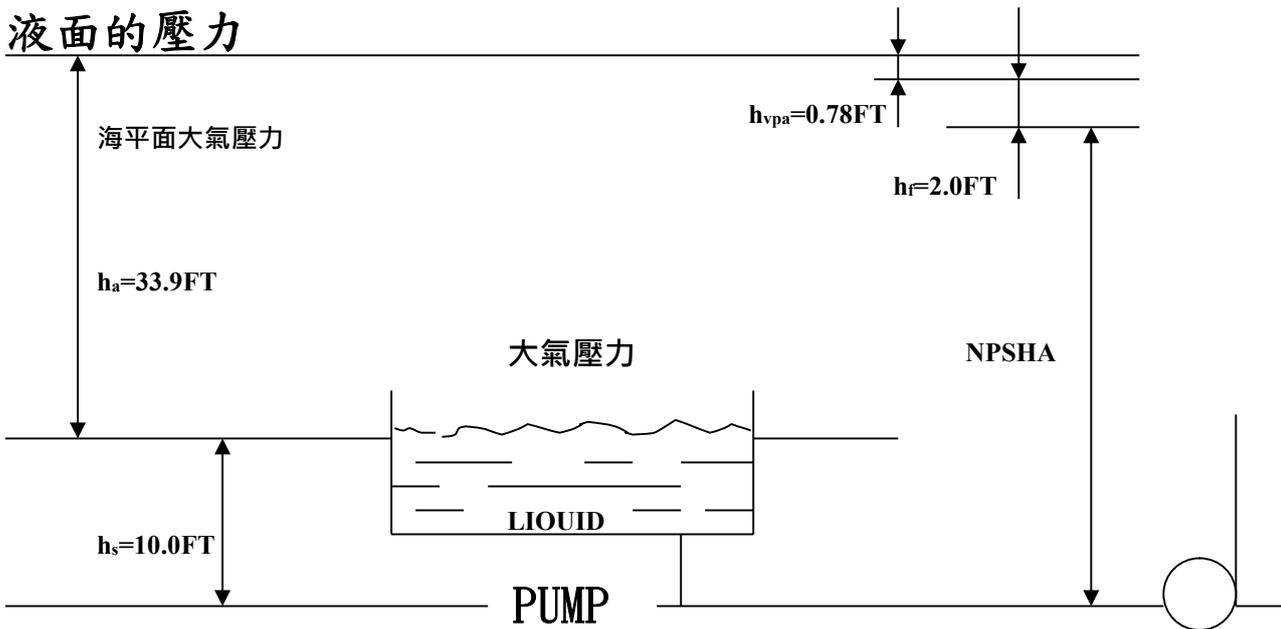
【蒸汽壓力曲線】

## 例 1: 液槽在泵之上的開放系統

如圖所示，計算其 NPSHA：

- 液體是 68°F 的水，液槽在海平面。
- 液體是 68°F 的水，液槽在高於海平面 6000ft 處。
- 液體是 60°F 的汽油，液槽在海平面。

吸入管路之摩擦水頭  $h_f=2\text{ft}$ ，靜吸入落差  $h_s=10\text{ft}$ 。



解：

$$A. \text{NPSHA} = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}$$

已知  $h_f = 2\text{ft}$ ， $h_s = 10\text{ft}$ ，由表一，在海平面  $h_a = 33.96\text{ft}$ ，由表

二，在 68°F， $h_{vpa} = 0.78\text{ft}$ ，所以  $\text{NPSHA} = 10 - 2 + 33.96 - 0.78 = 41.18\text{ft}$

$$B. \text{已知 } h_f = 2\text{ft}, h_s = 10\text{ft}, \text{由表一, 在海平面 } 6000\text{ft}, h_a = 27.3\text{ft}, \text{由表二, 在 } 68^\circ\text{F}, h_{vpa} = 0.78\text{ft}, \text{所以 } \text{NPSHA} = 10 - 2 + 27.3 - 0.78 = 34.52\text{ft}$$

$$C. \text{已知 } h_f = 2\text{ft}, h_s = 10\text{ft}, \text{由表一, } h_a = 33.96\text{ft}, \text{在 } 60^\circ\text{F} \text{ 汽油絕對蒸汽壓查表得知 } h_{vpa} = 7.7\text{ft}, \text{所以 } \text{NPSHA} = 10 - 2 +$$

$$33.96 - 7.7 = 34.26\text{ft}$$

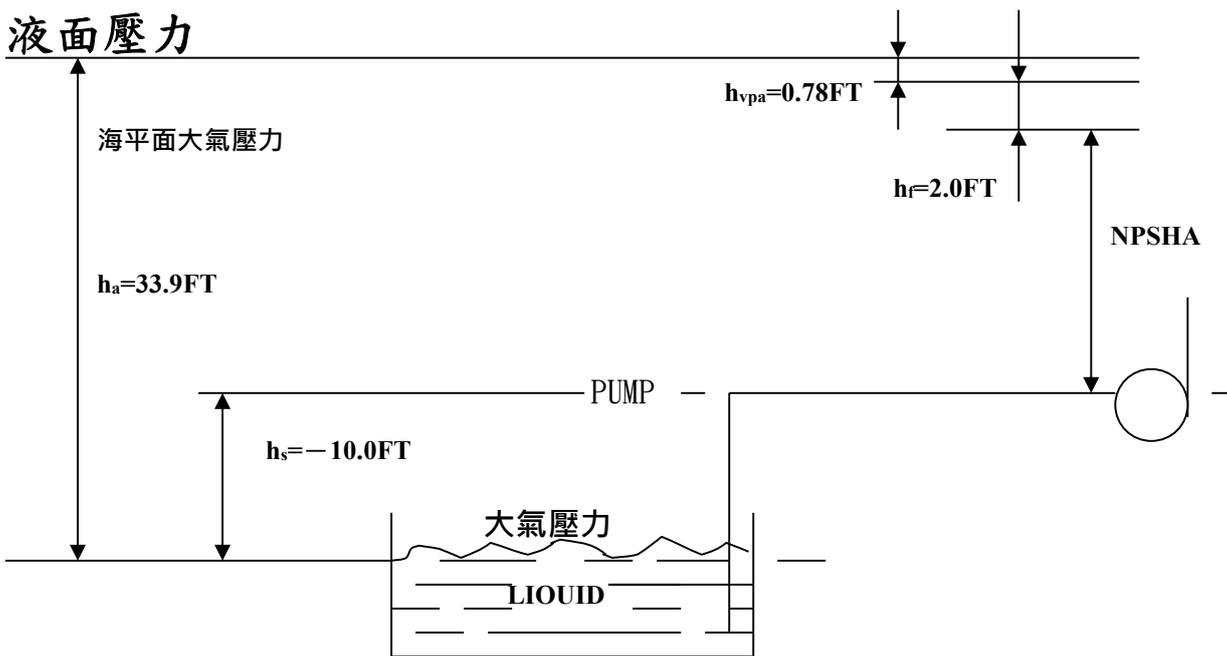
例 2: 液槽在泵之下的開放系統：

如圖所示，計算其 NPSHA：

A. 液體是 68°F 的水，液槽在海平面。

B. 液體是 176°F 的水，液槽在海平面。

吸入管路之摩擦水頭  $h_f=2\text{ft}$ ，靜吸入落差  $h_s=-10\text{ft}$ 。



解：

A. 
$$\text{NPSHA} = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}$$

已知  $h_f = 2\text{ft}$ ， $h_s = -10\text{ft}$ ，由表一，在海平面  $h_a = 33.96\text{ft}$ ，由表二，在溫度 68°F， $h_{vpa} = 0.78\text{ft}$ ，所以  $\text{NPSHA} = -10 - 2 + 33.96 - 0.78 = 21.18\text{ft}$

B. 已知  $h_f = 2\text{ft}$ ， $h_s = -10\text{ft}$ ，由表一，在海平面  $h_a = 33.96\text{ft}$ ，由表二，在溫度 176°F， $h_{vpa} = 15.87\text{ft}$ ，所以  $\text{NPSHA} = -10 - 2 + 33.96 - 15.87 = 6.09\text{ft}$

有效壓力 NPSHA，是泵運轉系統的一個特性，以及在泵吸入端之液體的有效壓力。NPSHA 是在泵啣中液體的溫度下，所存在的絕對吸

入落差和蒸汽壓之間的差額。

在任何泵的裝置，假如要避免空蝕和損壞，NPSHA 一定要超過 NPSHR。

若儀錶是位於泵的吸入端，此裝置可用下列式子算出 NPSHA 值：

$$NPSHA = 2.31 ( P_g + P_a - P_{vpa} ) + \frac{V^2}{2g} + Y$$

$P_g$  = 儀錶讀數，psi

$P_a$  = 大氣壓力，psi

$P_{vpa}$  = 泵啣溫度時液體的絕對蒸汽壓，psi

$V$  = 在吸入管線內的流速，ft/sec

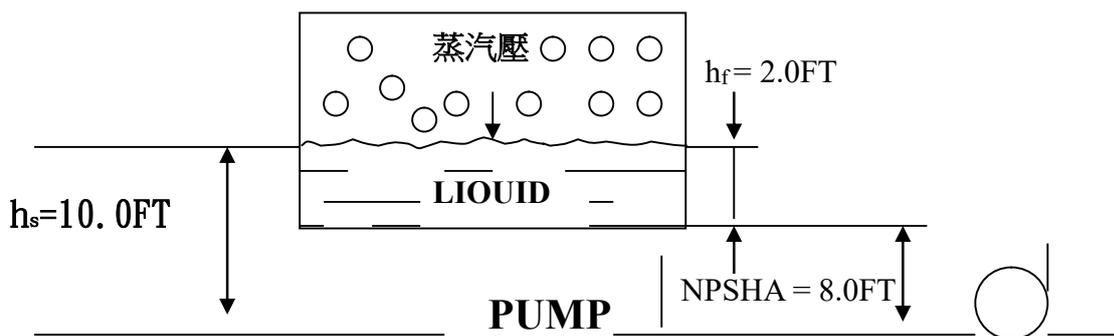
$g$  = 重力加速度，32.17 ft/sec<sup>2</sup>

$Y$  = 泵中心線和儀錶的高度差，ft。(若儀錶在中心線上， $Y$  為正值。儀錶在中心線下， $Y$  為負值。)

例 3. 未加壓力的閉合系統：

如圖所示，液體是 248°F，在海平面的水，吸入管路摩擦水頭  $h_f = 2\text{ft}$ ，靜吸入落差  $h_s = 10\text{ft}$ ，計算其 NPSHA 值：

閉合系統  $h_a = h_{vpa}$



解：

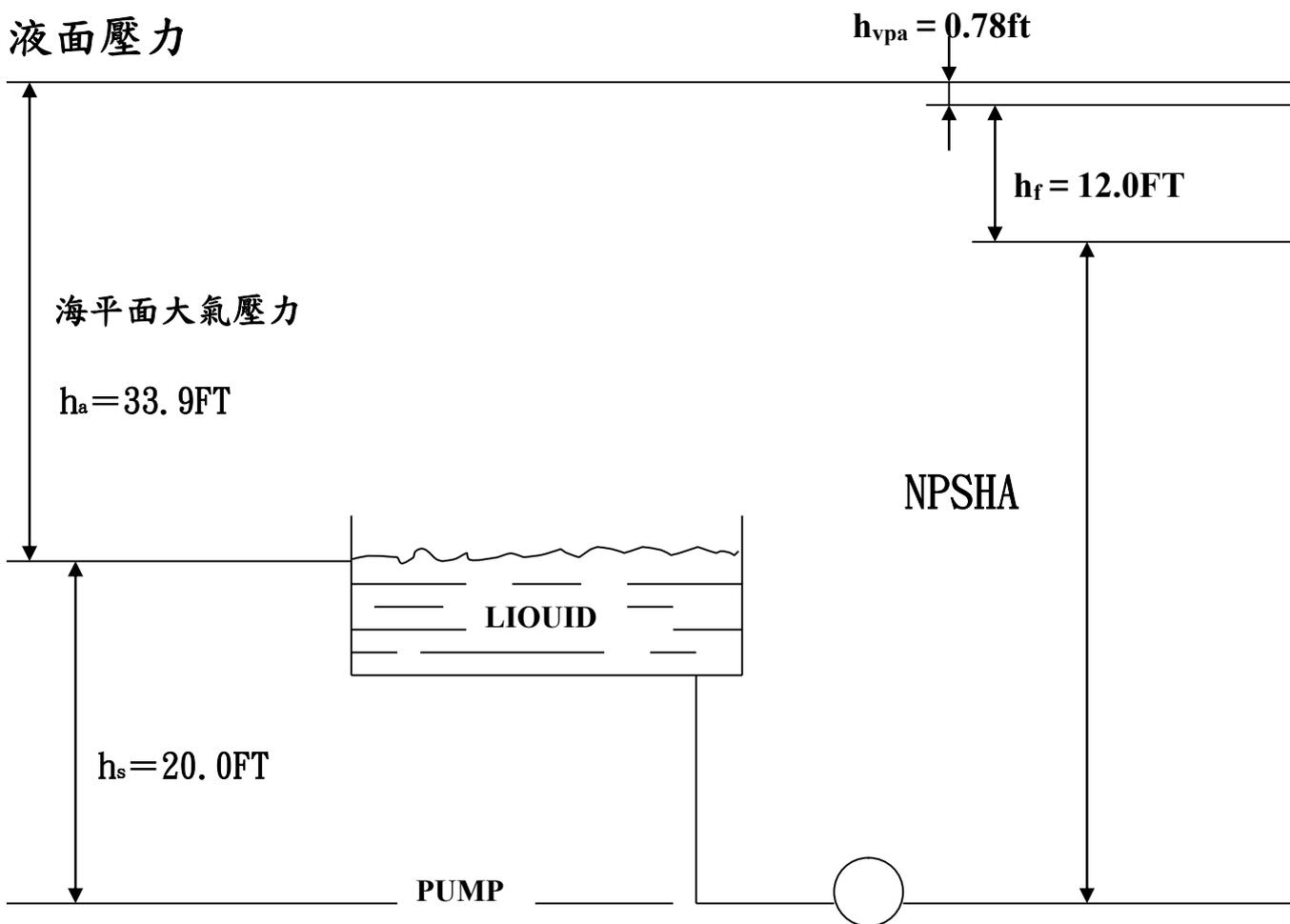
$$NPSHA = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}$$

$h_f = 2\text{ft}$ ， $h_s = 10\text{ft}$ ，由於是密閉系統（無惰性氣體）， $h_a = h_{vpa}$ ，由

表二，在溫度 248°F， $h_{vpa}=66.53\text{ft}=h_s$ ，所以  $\text{NPSHA}=10-2+66.53-66.53=8\text{ft}$

例 4. 在泵吸入端裝有錶的開放系統：

如圖所示，液體是 68°F 的水，儲槽在海平面，在吸入端離中心線上  $Y=1\text{ft}$  處裝有一儀錶，其讀數為  $P_g=2.4\text{psi}$ ，吸入管路液體的流速  $V=10\text{ft}/\text{sec}$ ，計算其 NPSHA 值：



解：

$$\text{NPSHA} = 2.31 (P_g + P_{at} - P_{vpa}) + \frac{V}{2g} + Y$$

已知  $P_g=2.4\text{psi}$ ， $V=10\text{ft}/\text{sec}$ ， $Y=1\text{ft}$ ，由表一，在海平面  $P_{at}=14.7\text{psi}$ ，由表二，在溫度 68°F， $P_{vpa}=0.339\text{psia}$ ，所以  $\text{NPSHA}=2.31$

$$(2.4 + 14.7 - 0.339) + \frac{10^2}{64.34} + 1 = 41.27\text{ft}$$

例 5. 有”吸入升程”的系統分析：

在一泵唧系統中，流量為 300gpm，總排出揚程 (total discharge head) 為 80ft，泵轉速為 1750rpm，由例五 (b) 圖中，吾人可選用 10-hp 的泵。在此泵能安全操作下，試計算其最大的允許吸入升程，當：

- A. 液體 85°F，在海平面上 1000ft 處運轉。
- B. 液體 85°F，在海平面上 1000ft 處運轉，其安全界限 (safty margin) 為 10%。

解：

A.  $NPSHA = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}$

由例 5 (a) 圖查得  $NPSHR = 16ft$ 。由 85°F 水之蒸汽壓查得  $h_f = 5ft$ ， $h_{vpa} = 1.38ft$ 。由表一，在 1000ft， $h_a = 32.8ft$ 。因為  $NPSHA$  必須等於或超過  $NPSHR$ ，設  $NPSHA = h_s - h_f + h_a - h_{vpa} = NPSHR = 16ft$ ，所以  $h_s = 16 + h_f - h_a + h_{vpa} = 16 + 5 - 32.8 + 1.38 = -10.42ft$

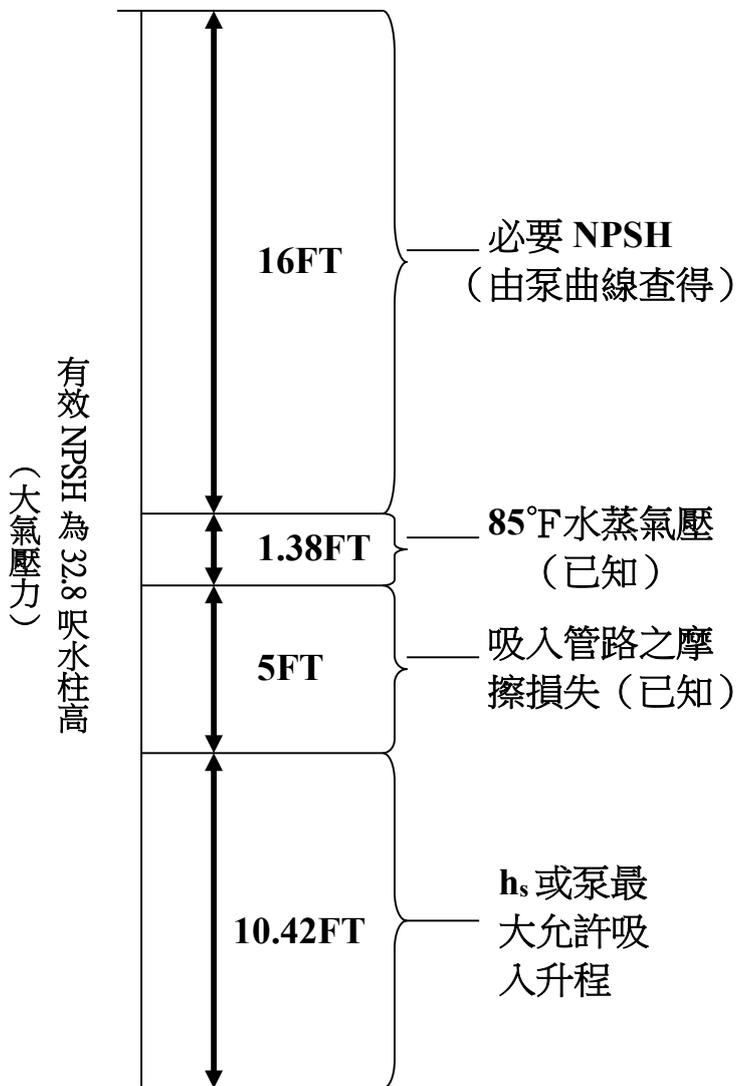
B. 此條件下，此泵最大允許吸入升程  $h_s = -10.42ft$ ，實際上為了允

許液體吸入落差的變化，故需有 10% 的安全界限，推薦的  $NPSHR =$

$$NPSHR + 0.10NPSHR = 16 + 0.10(16) = 17.6$$

$$NPSHR = h_s - h_f + h_a - h_{vpa}$$

$$17.6 = h_s - 5 + 32.8 - 1.38 \text{ 所以 } h_s = -8.82ft$$



### 泵之使用檢查表

- 吸入落差是正值或負值？若為負值 (即泵需要“吸入升程”) 應檢查數值是否完全確定。
- 泵腳的液體溫度多少？若液體為熱的，對 NPSHA 有減低的效應。
- 安裝是否在高處，若降低大氣壓力，對 NPSHA 有降低的效應，特別是泵熱液體時。
- 是否泵腳是取自一個閉合系統，若是，會產生部份的真空，故 NPSHA 大為減低。