



# 開關設備

## 大氣補正因數及相關議題

CNS 3991 & CNS 15156-200 & CNS 15452-1  
& IEC 60060-1 & IEEE Std 4



台灣綜合研究院

莊坤山 研究員

---

109年9月



# 目錄

## CONTENTS

- 01 相關標準
- 02 用詞說明
- 03 高壓配電盤
- 04 大氣補正因數流程圖
- 05 大氣補正因數計算-CNS 3991
- 06 大氣補正因數計算-CNS 15156-200
- 07 內部/外部絕緣試驗條件之差異比較
- 08 有效性試驗及無效性試驗之定義
- 09 高壓配電盤大氣補正因數修正後之有效性試驗
- 10 大氣補正因數計算- > 52 kV之開關設備及其他1000 V以上高電壓設備



01



相關標準



## 01-相關標準

- 一、 IEC 694(1980)  
Common clauses for high-voltage switchgear and control-gear standards
- 二、 IEC 298(1990)  
A.C. metal-enclosed switchgear and control-gear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- 三、 CNS 3990 金屬閉鎖型配電箱及控制箱(AC 3.3~36 kV)
- 四、 CNS 3991 金屬閉鎖型配電箱及控制箱檢驗法(AC 3.3~36 kV)
- 五、 IEC 62271-1(2011)  
High-voltage switchgear and control-gear –Part 1: Common specifications
- 六、 CNS 15156-1 高電壓開關裝置及控制裝置-第1部：共通規範
- 七、 IEC 62271-200(2003~ )  
High-voltage switchgear and control-gear – Part 200:  
AC metal-enclosed switchgear and control-gear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- 八、 CNS 15156-200 高電壓開關裝置及控制裝置-第200部：  
額定電壓高於1 kV 且在52 kV 以下之交流金屬閉鎖型開關裝置及控制裝置
- 九、 IEC 60060-1(1989 ~2010)←IEEE Std 4(1978~2013)  
High-voltage test techniques –Part 1: General definitions and test requirements
- 十、 CNS 15452-1 高電壓試驗技術-第1部：一般定義及試驗規定



02



用詞説明

**外部絕緣**： external insulation

空氣中間隙及設備固體絕緣外露之表面，其承受之「電介質應力(dielectric stresses)」會受大氣、汙穢、潮濕、異物等外界條件的影響。

**內部絕緣**： internal insulation

設備內部絕緣之固體、液體或氣體部件，基本上不受大氣、汙穢、潮濕、異物等外界條件的影響。

**破壞性放電**： disruptive discharge

固體、液體或氣體與各種組合介質在高電壓作用下，電介質強度喪失的現象。破壞性放電時，電極間之電壓迅速下降到或接近零值，絕緣破壞在此電應力作用下，破壞性放電完全橋接(bridges) 試驗件之絕緣。

**自復性絕緣**： self-restoring insulation

施加電壓而引起破壞性放電後，能完全恢復絕緣性能的絕緣。

**非自復性絕緣**： non-self-restoring insulation

施加電壓而引起破壞性放電後，即喪失或不能完全恢復其絕緣性能的絕緣。

**$U_{50}$  (50 % disruptive-discharge voltage of a test object ) :**

試驗件上造成50 %破壞性放電概率的預期電壓值(pro prospective voltage value)  $\doteq$

**$1.1 \times U_{50}$**



03

▶ 高壓配電盤





04

▶ 大氣補正因數  
流程圖



## 04-大氣補正因數-標準關連性

CNS 3991之第3.1.1節 ↔ IEC 694(1980)之第6.1.1節 →

CNS 3990之附錄CC ↔ IEC 694(1980)之附錄A →

IEC 60-1(1973)之第10節 ↔ IEEE Std 4(1978)之第1.3.5節

CNS 15156-200之第6.2.1節 ↔ IEC 6227-200(2003)之第6.2.1節 →

IEC 694(1996)之第6.2.1節 → IEC 60-1(1989)之第11節 ↔

CNS 15452-1之第11節

CNS 15156-1之第6.2.1節 ↔ IEC 6227-1(2011)之第6.2.1節 → CNS

15452-1之第11節 ↔ IEC 60-1(1989)之第11節

IEEE Std 4(1978) ; IEEE Std 4(1995)之第16節 ; IEEE Std 4(2013)之第13節



IEC 60060-1(1973) ; IEC 60060-1(1989) ; IEC 60060-1(2010)之第4.3節

(1)溫度 [ °C]  
(2)大氣壓力[hPa]

(1)火花間隙距離 (m)  
(2) Dielectric試驗  
 $k_{ac}, k_{dc}, k_{imp}$

(1)溫度 [ °C]  
(2)相對濕度 [%]

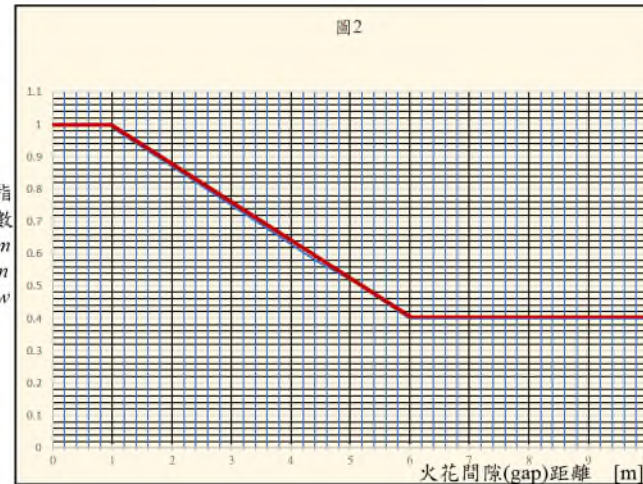
$t$  (周溫)、 $R$  (相對溼度)、 $p$  (氣壓)

$t_0=20\text{ °C}$   
 $p_0=1,013\text{ hPa}$

$t_0=20\text{ °C}$   
 $h_0=11\text{ g/m}^3$

$$k_d = \left(\frac{p}{p_0}\right)^m \times \left(\frac{273 + t_0}{273 + t}\right)^n$$

絕對濕度  
 $h\text{ [g/m}^3\text{]}$



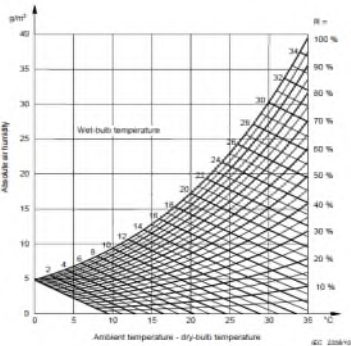
密度修正指數  
 $m\ n$

濕度修正指數  
 $w$

空氣密度  
補正因數  
 $(k_d)$

濕度  
補正因數  
 $(k_h)$

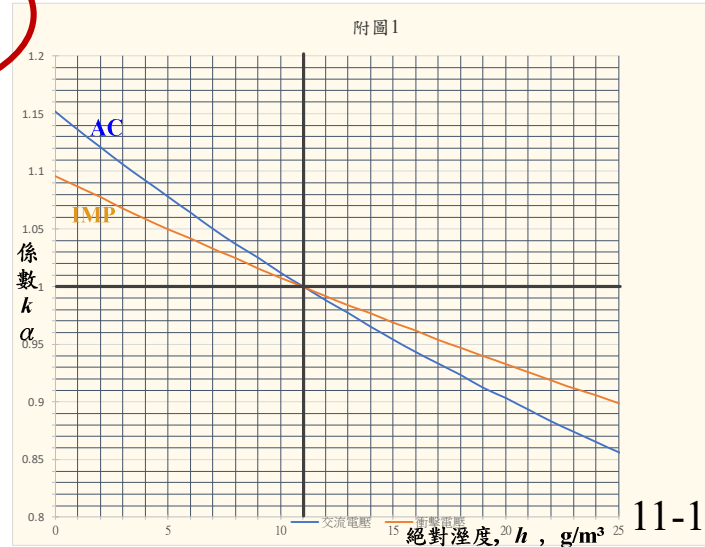
$$k_h = k^w$$



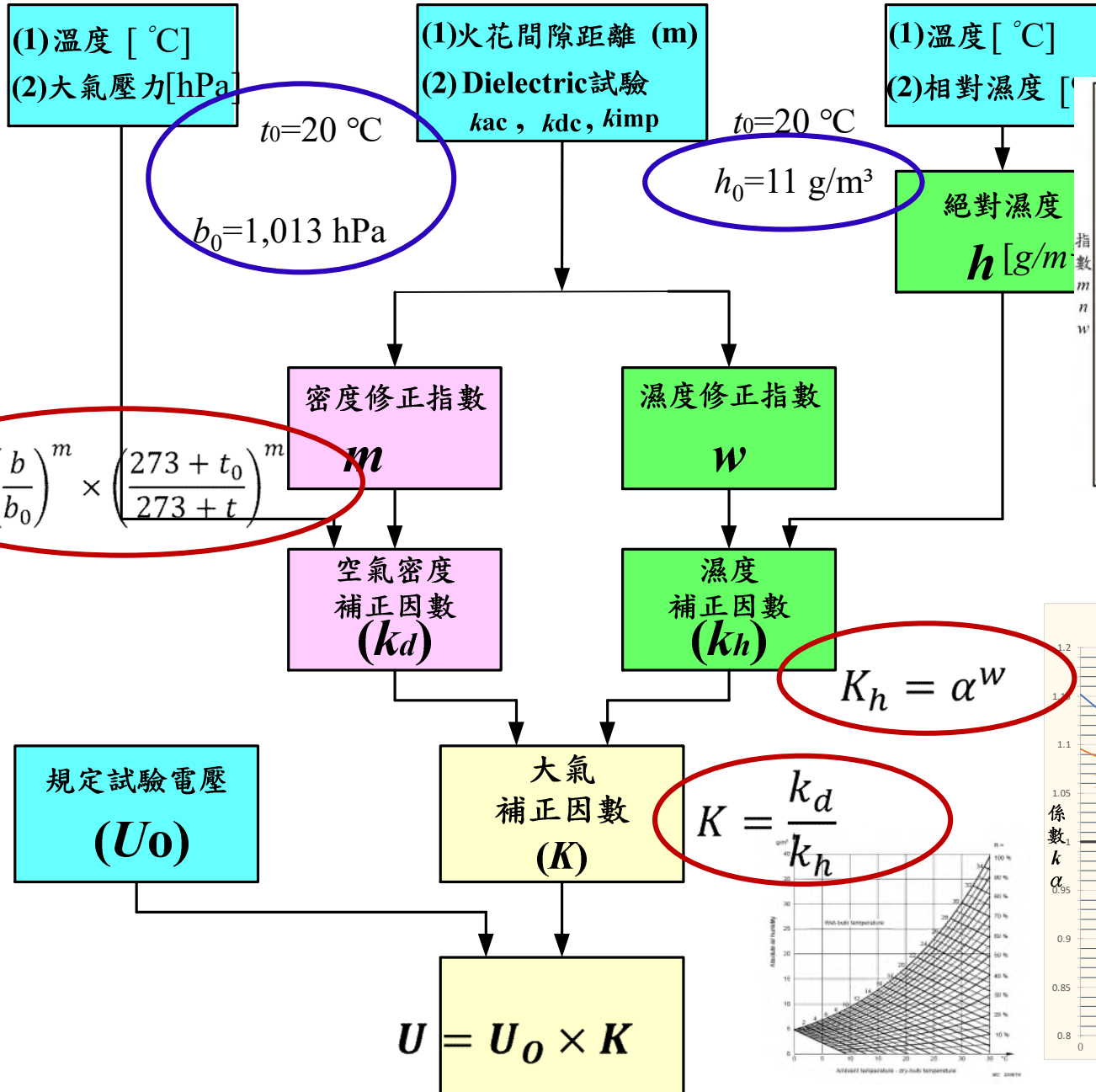
規定試驗電壓  
 $(U_0)$

大氣  
補正因數  
 $(K)$

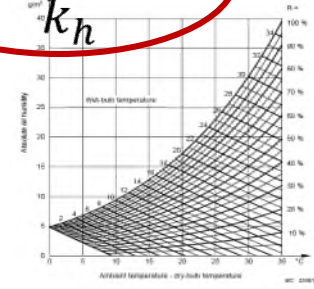
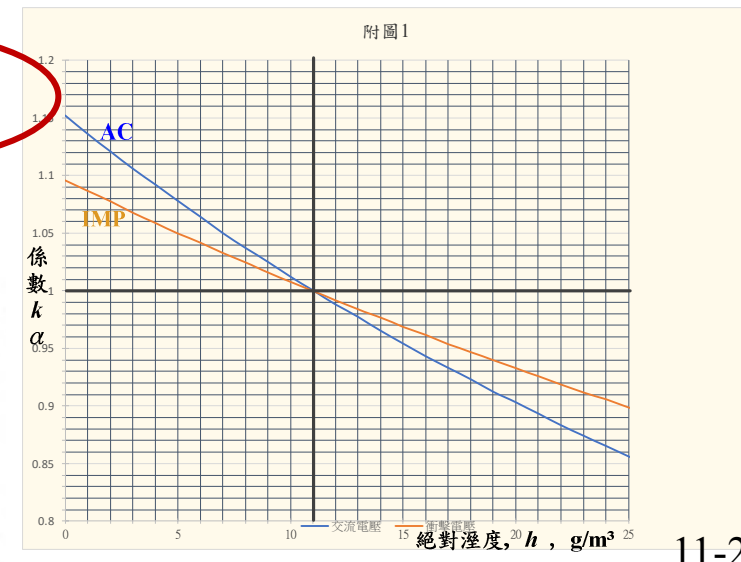
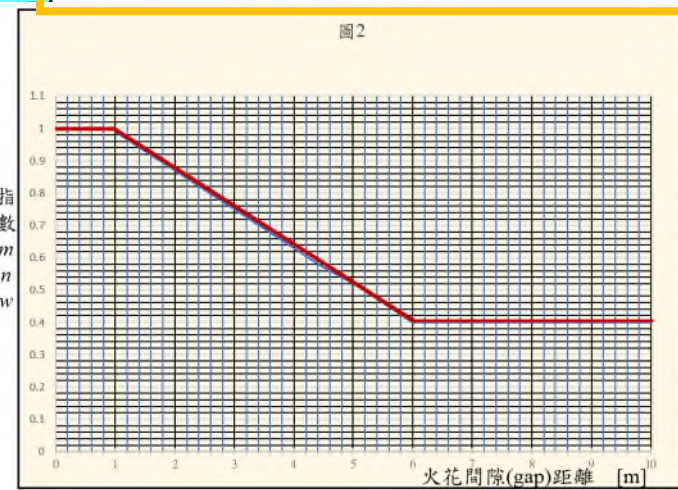
$$K = \frac{k_d}{k_h}$$



$$U = U_0 \times K$$



$t$  (周溫)、 $R$  (相對溼度)、 $b$  (氣壓)





# 04-大氣補正因數-AC

# IEC 60-1(1989)-IEEE Std 4(1995)

(周溫)、 $R$ (相對溼度)、 $b$ (氣壓)

(1)溫度 [°C]  
(2)大氣壓力 [hPa]

相對空氣密度  
 $\delta$

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

$$k_1 = \delta^m$$

(1)50%放電電壓( $U_{50}$ ) [kV]  
(2)火花間隙距離( $L$ ) [m]

$t_0=20^\circ\text{C}$   
 $h_0=11\text{g/m}^3$   
 $b_0=1,013\text{hPa}$

參數  
 $g$

密度修正指數  
 $m$

空氣密度補正因數  
( $k_1$ )

(1)溫度 [°C]  
(2)相對濕度 [%]

絕對濕度  
 $h$  [g/m³]

Dielectric  
 $k_{AC}, k_{DC}, k_{imp}$

濕度修正指數  
 $w$

濕度補正因數  
( $k_2$ )

$$g = \frac{U_{50}}{500 \times L \times \delta \times k}$$

$$k = 1 + 0.012(h / \delta - 11)$$

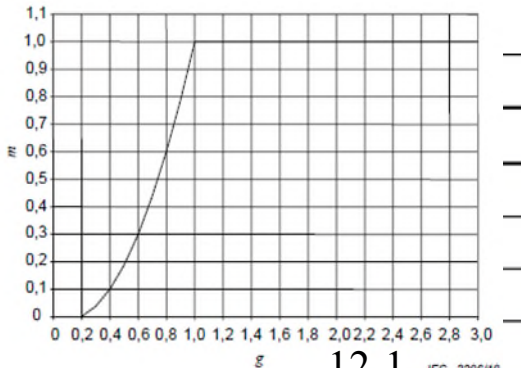
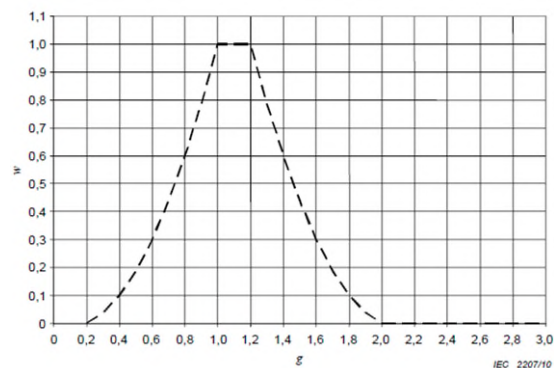
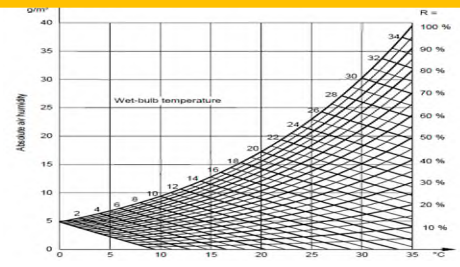
$$k_2 = k^w$$

規定試驗電壓  
( $U_0$ )

大氣補正因數  
( $K_t$ )

$$K_t = k_1 \times k_2$$

$U = U_0 \times K_t$

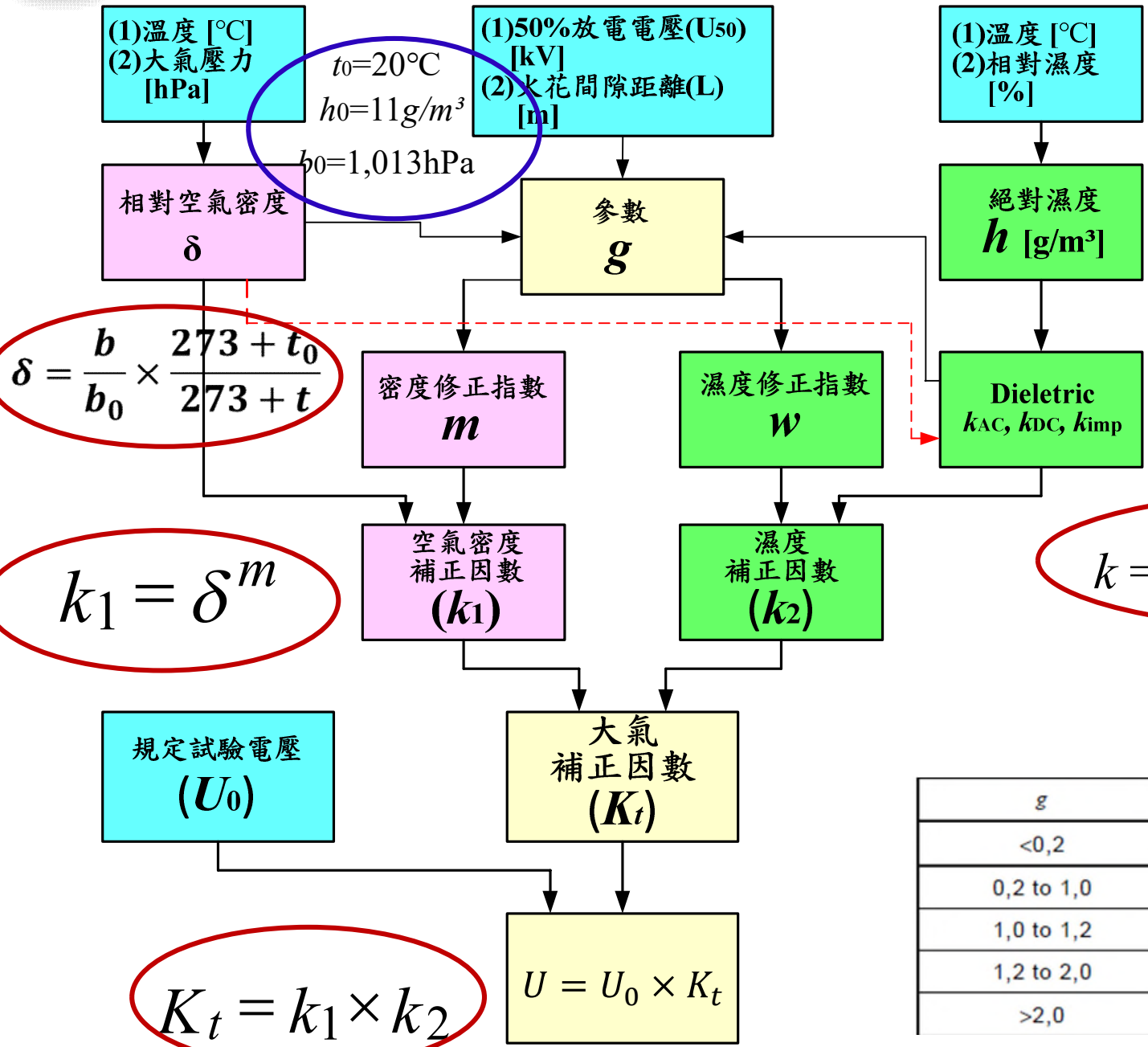




# 04-大氣補正因數-AC

# IEC 60060-1(2010)-IEEE Std 4(2013)

(周溫)、 $R$ (相對溼度)、 $b$ (氣壓)



$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\frac{17.6 \times t}{243+t}}}{0.4615 \times (273 + t)}$$

$$g = \frac{U_{50}}{500 \times L \times \delta \times k}$$

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

$$k_1 = \delta^m$$

$$k = 1 + 0.012(h / \delta - 11)$$

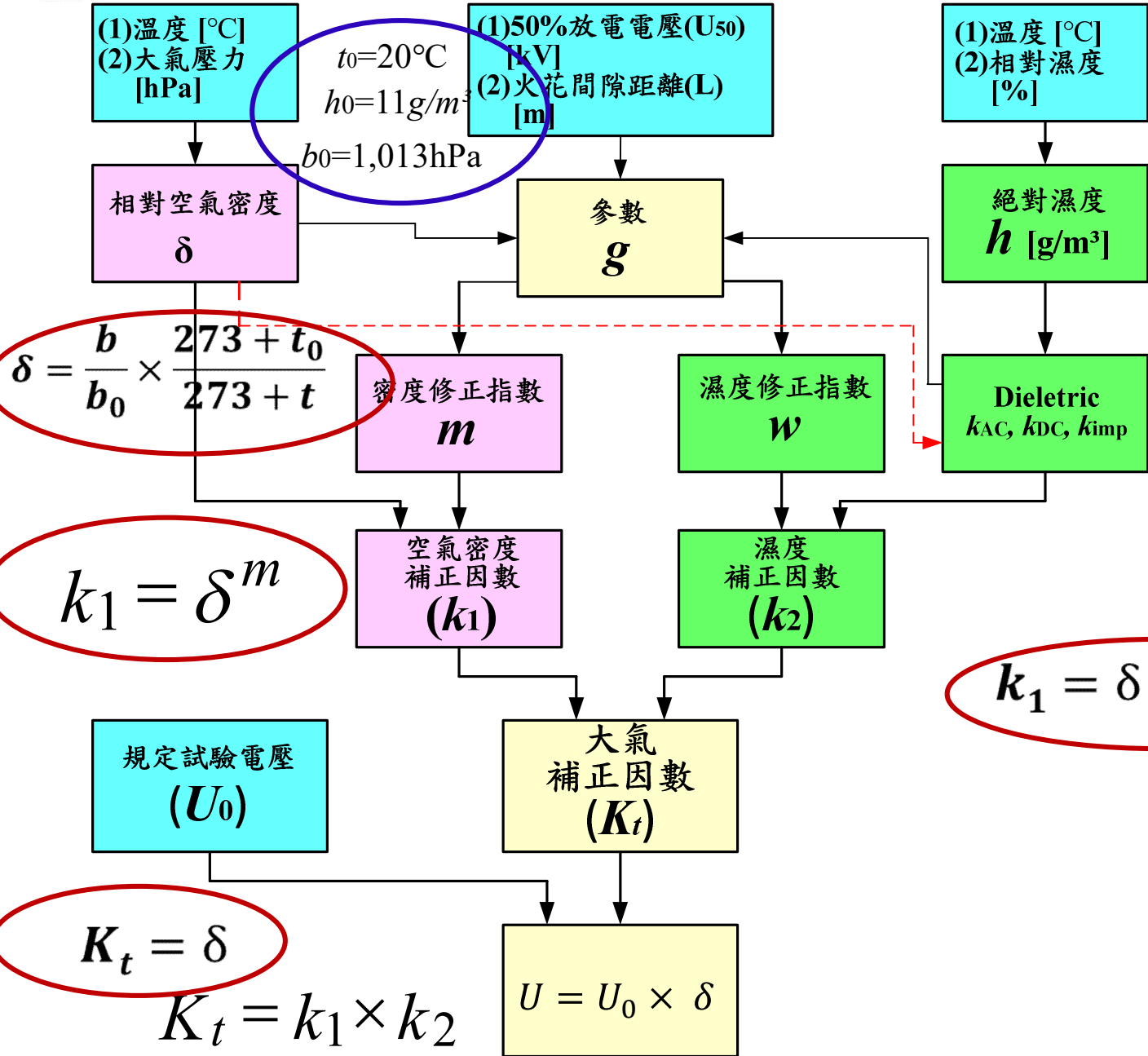
$$k_2 = k^w$$

$$K_t = k_1 \times k_2$$

$g$	$m$	$w$
<0,2	0	0
0,2 to 1,0	$g(g-0,2)/0,8$	$g(g-0,2)/0,8$
1,0 to 1,2	1,0	1,0
1,2 to 2,0	1,0	$(2,2-g)(2,0-g)/0,8$
>2,0	1,0	0 12-2



(周溫)、 $R$  (相對溼度)、 $b$  (氣壓)

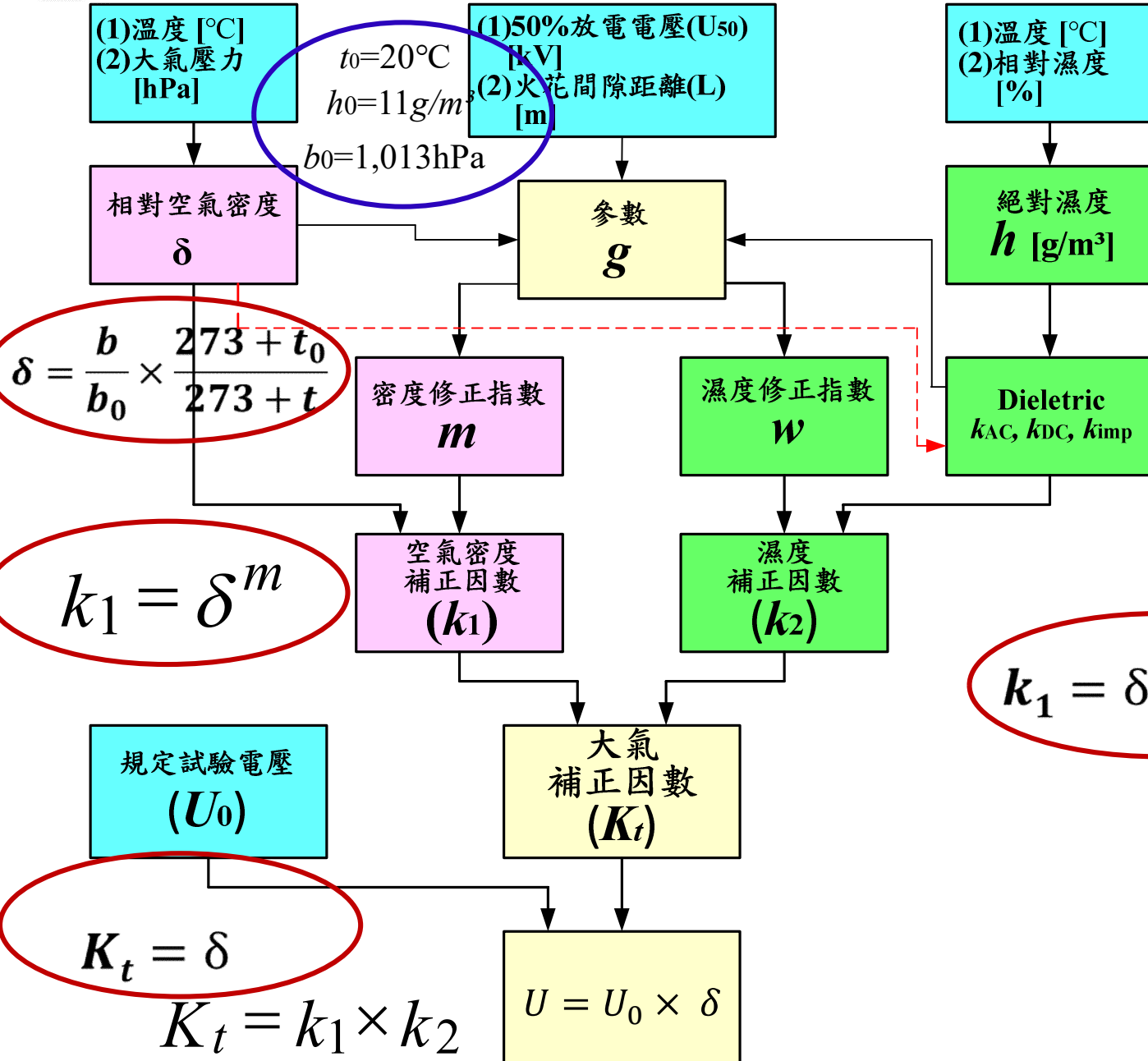


高壓開關設備  $\leq 52$  kV

$m=1 ; w=0$



$t$  (周溫)、 $R$  (相對溼度)、 $b$  (氣壓)



$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\frac{17.6 \times t}{243+t}}}{0.4615 \times (273 + t)}$$

高壓開關設備  $\leq 52\text{ kV}$   
 $h > h_0 \rightarrow m=1 ; w=0$

$$k_1 = \delta ; k_2 = 1$$

$$k_2 = k^w$$



# 04-大氣補正因數-AC

# CNS15156-1 ↔ IEC 62271-1(2010)

$t$  (周溫)、 $R$  (相對溼度)、 $b$  (氣壓)

(1) 溫度 [°C]  
(2) 大氣壓力 [hPa]

$t_0 = 20^\circ\text{C}$   
 $h_0 = 11\text{g/m}^3$   
 $b_0 = 1,013\text{hPa}$

(1) 50%放電電壓 ( $U_{50}$ ) [kV]  
(2) 火花間隙距離 ( $L$ ) [m]

(1) 溫度 [°C]  
(2) 相對濕度 [%]

相對空氣密度  
 $\delta$

參數  
 $g$

絕對濕度  
 $h$  [g/m<sup>3</sup>]

$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\frac{17.6 \times t}{243+t}}}{0.4615 \times (273+t)}$$

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273+t_0}{273+t}$$

密度修正指數  
 $m$

濕度修正指數  
 $w$

Dielectric  
 $k_{AC}, k_{DC}, k_{imp}$

高壓開關設備  $\leq 52\text{ kV}$   
 $h < h_0 \rightarrow m=1; w=1$

$$k_1 = \delta^m$$

空氣密度補正因數  
( $k_1$ )

濕度補正因數  
( $k_2$ )

$$k = 1 + 0.012(h/\delta - 11)$$

$$k_2 = k^w$$

規定試驗電壓  
( $U_0$ )

大氣補正因數  
( $K_t$ )

$$K_t = k_1 \times k_2$$

$$U = U_0 \times K_t$$



# 05

▶ 大氣補正因數計算-  
CNS 3991

CNS 3991(3.1.1節)⇔ IEC 298(6.1.1 Ambient air conditions during tests)  
 金屬閉鎖型配電箱及控制箱(以下簡稱**高壓配電盤**)於自由空氣絕緣構成時，則試驗應盡可能在接近於標準大氣條件之狀態下實施之。但，其所施加之電壓，經製造業者與使用者同意，亦可依其空氣密度及溼度進行補正。

CNS 3991(3.1.1節)⇔ IEC 694(6.1.1 Ambient air conditions during tests)  
 此時之試驗電壓( $U_t$ )以規定耐電壓值( $U_0$ )乘上補正因數( $K=K_d/K_h$ )決定之。此處之 $K_d$ 為空氣密度補正因數，而 $K_h$ 為溼度補正因數。茲將 $K_d$ 及 $K_h$ 的計算方法表示於**CNS 3990**之附錄CC。

$$K = k_d / k_h$$

$$U = U_0 \times K$$

$t_0$ (基準大氣溫度)：20°C      ;       $t$ (試驗大氣溫度)： [°C]

$b_0$ (基準大氣壓力)：1013hPa(mbar)      ;       $b$ (試驗大氣壓力)： [hPa]

$h_0$ (基準大氣絕對溼度)：11g/m<sup>3</sup>      ;       $R$ (試驗大氣相對溼度)： [%]

$U_0$ (基準大氣規定試驗電壓)： [V]      ;       $U$ (大氣條件試驗電壓)： [V]      14

# 05-大氣補正因數計算(CNS 3991)-Kd

CNS 3990(附錄CC-大氣補正因數之計算)↔IEC 694(1980), Appendix A & Fig 3

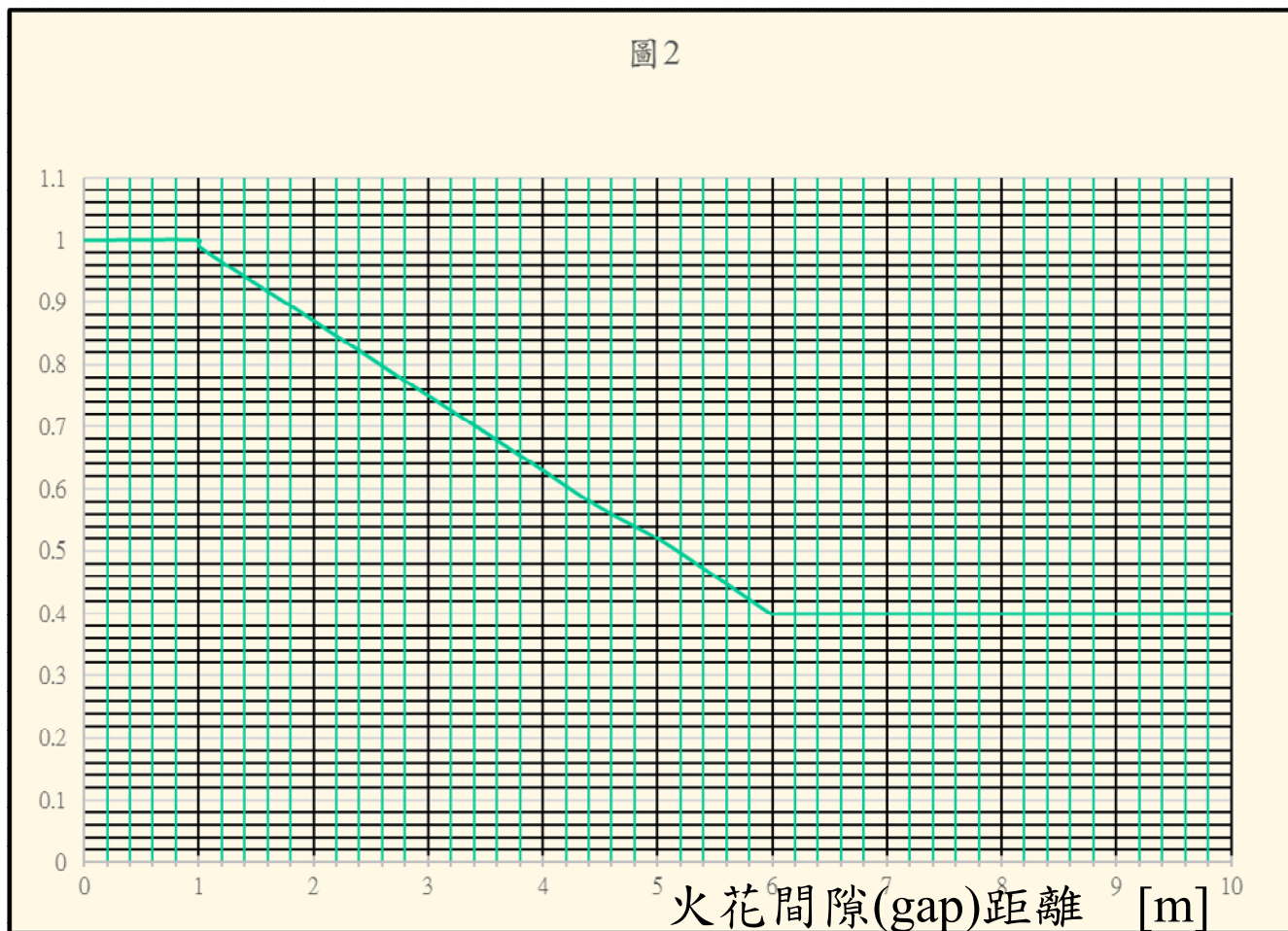
以mbar表示大氣壓力。並以°C表示溫度t時，則相對空氣密度補正因數得以下式求得之。

$$K_d = \left(\frac{b}{b_0}\right)^m \times \left(\frac{273+t_0}{273+t}\right)^m$$

此處 **$b_0$** 及 **$t_0$** 為標準之基準值。

指數 **$m$**

**$m$** 之值在交流電壓時則依右圖2。





# 05-大氣補正因數計算(CNS 3990&15452-1)-h

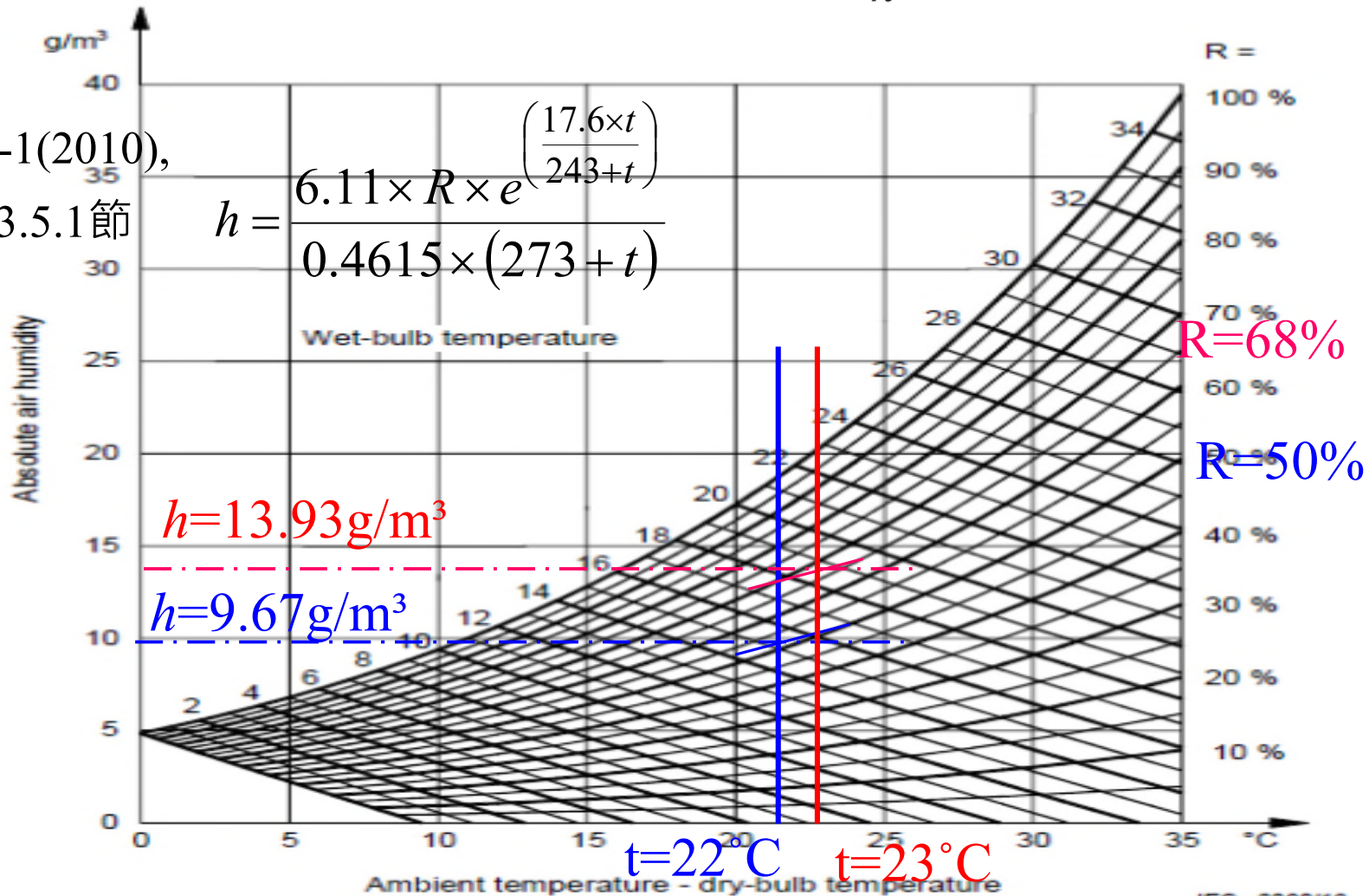
IEC 60-1(1973), p39, Fig 5 ↔ IEEE Std 4(1978), p26, Fig 1.5

溼度補正因數得以右式求得之。

$$K_h = \alpha^w$$

IEC 60060-1(2010),  
p16, 第4.3.5.1節

$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\left(\frac{17.6 \times t}{243+t}\right)}}{0.4615 \times (273+t)}$$



CNS 3990(附錄CC-大氣補正係數之計算)  $\Leftrightarrow$  IEC 694(Appendix A & Fig. 4)

係數 $\alpha$ 得以右圖1之曲線求得之。此處之曲線a適用於交流電壓，而曲線b適用於衝擊電壓。

溼度補正係數得以右式求得之。

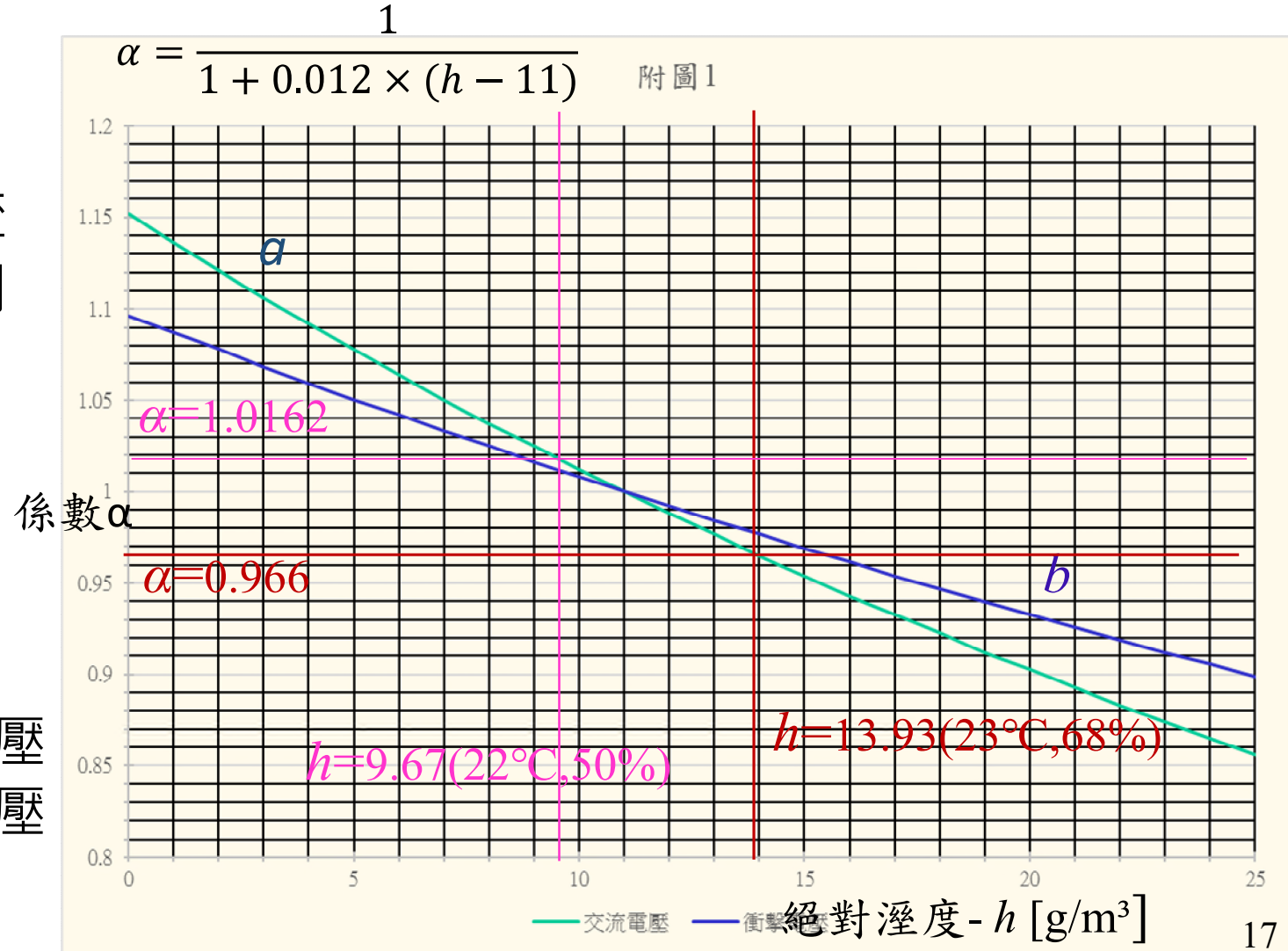
$$K_h = (\alpha)^w$$

指數 $w$ 則規定如下：

$w=1$  正極性衝擊電壓

$w=0$  負極性衝擊電壓

$w=m$  交流電壓



# 05-大氣補正因數計算(CNS 3990)-範例1

$$t = 22^{\circ} \text{C} ; R = 50\% ; b = 1002 \text{ hPa}$$

$m$ 之值在交流電壓時  
依圖2。得 $m=1$

$$k_d = \left( \frac{b}{b_0} \right)^m \times \left( \frac{273+t_0}{273+t} \right)^m = \frac{1002}{1013} \times \frac{293}{295} = 0.982$$

$$h = \frac{6.11 \times 50 \times e^{\left( \frac{17.6 \times 22}{243+22} \right)}}{0.4615 \times (273+22)} = \frac{6.11 \times 50 \times e^{\left( \frac{387.2}{265} \right)}}{0.4615 \times 295} = 9.67 \text{ g/m}^3$$

$$\alpha \approx \frac{1}{1+0.012 \times (h-11)} = \frac{1}{1+0.012 \times (9.67-11)} = 1.0162$$

交流電壓  $w=m=1$

$$K_h = (\alpha)^w = (1.0162)^1 = 1.0162$$

$$K = k_d / k_h = 0.982 / 1.0162 = 0.966$$

$$U = U_0 \times K = 0.966 U_0$$

## 05-大氣補正因數計算(CNS 3990)-範例2

$$t = 23^{\circ}\text{C} ; R = 68\% ; b = 1002 \text{ hPa}$$

$m$ 之值在交流電壓時  
依圖2。得 $m=1$

$$k_d = \left(\frac{b}{b_0}\right)^m \times \left(\frac{273+t_0}{273+t}\right)^m = \frac{1002}{1013} \times \frac{293}{296} = 0.979$$

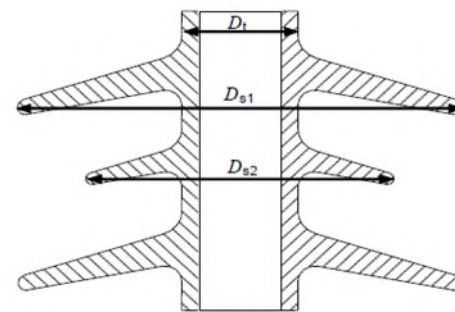
$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\left(\frac{17.6 \times 23}{243+23}\right)}}{0.4615 \times (273+23)} = \frac{6.11 \times 68 \times e^{\left(\frac{404.8}{266}\right)}}{0.4615 \times 296} = 13.93 \text{ g/m}^3$$

$$\alpha \approx \frac{1}{1+0.012 \times (h-11)} = \frac{1}{1+0.012 \times (13.93-11)} = 0.966$$

交流電壓  $w=m=1$        $K_h = (\alpha)^w = (0.966)^1 = 0.966$

$$K = k_d / k_h = 0.979 / 0.966 = 1.0135$$

$$U = U_0 \times k = 1.013 U_0$$



CNS 3991 (3.1.1節)  $\Leftrightarrow$  IEC 694(6.1.1 Ambient air conditio

擁有外部絕緣及內部絕緣的高壓配電盤時，則補正因數 $K$ ，如在0.95與1.05之間的話則可適用。

$$D_m = (2D_t + D_{s1} + D_{s2})/4$$

但是，為避免對內部絕緣之過度應力補正因數 $K$ 之適用，如外部絕緣的性能能充分確認時，將之省略亦可。  $1.0 \leq K \leq 1.05$

$a$ ：相間 $=\sqrt{3}$ ；相對地及跨開關裝置極間=1

$l_t = a \times l_f \times U_r \times K_d$  [mm]  $l_f$ ：最小標稱比沿面距離(取決於外部絕緣汙穢等級) [mm/kV]

$U_r$ ：高壓配電盤額定電壓 [kV]

IEC 694(1996)

$K_d$ ：1( $D_m < 300\text{mm}$ )；1.1( $300\text{mm} \leq D_m < 500\text{mm}$ )；1.2( $D_m > 500\text{mm}$ )

補正因數在此範圍外時，則絕緣試驗之細節依製造業者與使用者同意行之。

由於大氣壓空氣以外之媒體(media)而擁有充分餘裕的內部絕緣的高壓配電盤時，周圍之空氣條件則不甚重要。補正因數 $K$ 對於內部絕緣之試驗則不適用。(GIS)



CNS 15156-200 第23 頁第6.2 .1節電介質試驗  
適用 IEC 60694 之6.2.1。

第6.2.1節 試驗期間之周圍空氣條件  
適用IEC 60694 之6.2.1。

CNS 15156-1 第49頁

第 6.2節 電介質試驗(dielectric test)

高壓配電盤之電介質試驗應依CNS 15452-1 進行，除非本標準  
另有規定。

第6.2.1節 試驗期間之周圍空氣條件

有關標準參考大氣條件及大氣補正因數，應參考 CNS 15452-1。  
對於空氣中以外部絕緣為主要考量之高壓配電盤，應使用修正因  
數 $K_t$ 。

CNS 15452-1,第13頁,第11 節  
基準大氣

$$k_1 = \delta^m$$

$$k_2 = k^w$$

$$K_t = k_1 \times k_2$$

$$U_t = U_0 \times K_t$$

$t_0$ (基準大氣溫度)：20°C ;  $t$ (試驗大氣溫度)： [°C]

$b_0$ (基準大氣壓力)：1013hPa(mbar) ;  $b$ (試驗大氣壓力)： [hPa]

$h_0$ (基準大氣絕對溼度)：11g/m<sup>3</sup> ;  $R$ (試驗大氣相對溼度)： [%]

$U_0$ (基準大氣規定試驗電壓)： [V] ;  $U$ (大氣條件試驗電壓)： [V]



06

▶ 大氣補正因數計算-  
CNS 15156-200

CNS 15452-1, 第13 & 14頁, 第11.2.1 節  
相對空氣密度補正因數

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273 + t_0}{273 + t}$$

CNS 15156-1, 第49頁, 第6.2.1節

$$k_1 = \delta^m$$

濕度修正因數應僅適用於自由空氣中以絕緣為主要考量之乾式試驗。

對於額定電壓在52 kV以下之高壓配電盤，可假定

- 當絕對溼度高於基準大氣之溼度 (亦即  $h > 11 \text{ g/m}^3$ ) 時，  $m=1$  。
- 當絕對溼度低於基準大氣之溼度 (亦即  $h < 11 \text{ g/m}^3$ ) 時，  $m=1$  。

$t_0$ (基準大氣溫度) :  $20^\circ\text{C}$  ;  $t$ (試驗大氣溫度) :  $[\text{ }^\circ\text{C}]$

$b_0$ (基準大氣壓力) :  $1013\text{hPa(mbar)}$  ;  $b$ (試驗大氣壓力) :  $[\text{hPa}]$

CNS 15452-1, 第14頁, 第11.2.2 節  
AC耐之電壓濕度補正因數

$$k_2 = k^w$$

$$k = 1 + 0.012 \times \left( \frac{h}{\delta} - 11 \right)$$

CNS 15156-1, 第49頁, 第6.2.1節

濕度修正因數應僅適用於自由空氣中以絕緣為主要考量之乾式試驗。

對於額定電壓在52 kV以下之高壓配電盤，可假定

- 當絕對溼度高於基準大氣之溼度 (亦即  $h > 11 \text{ g/m}^3$ ) 時，  $w = 0$ 。
- 當絕對溼度低於基準大氣之溼度 (亦即  $h < 11 \text{ g/m}^3$ ) 時，  $w = 1$ 。

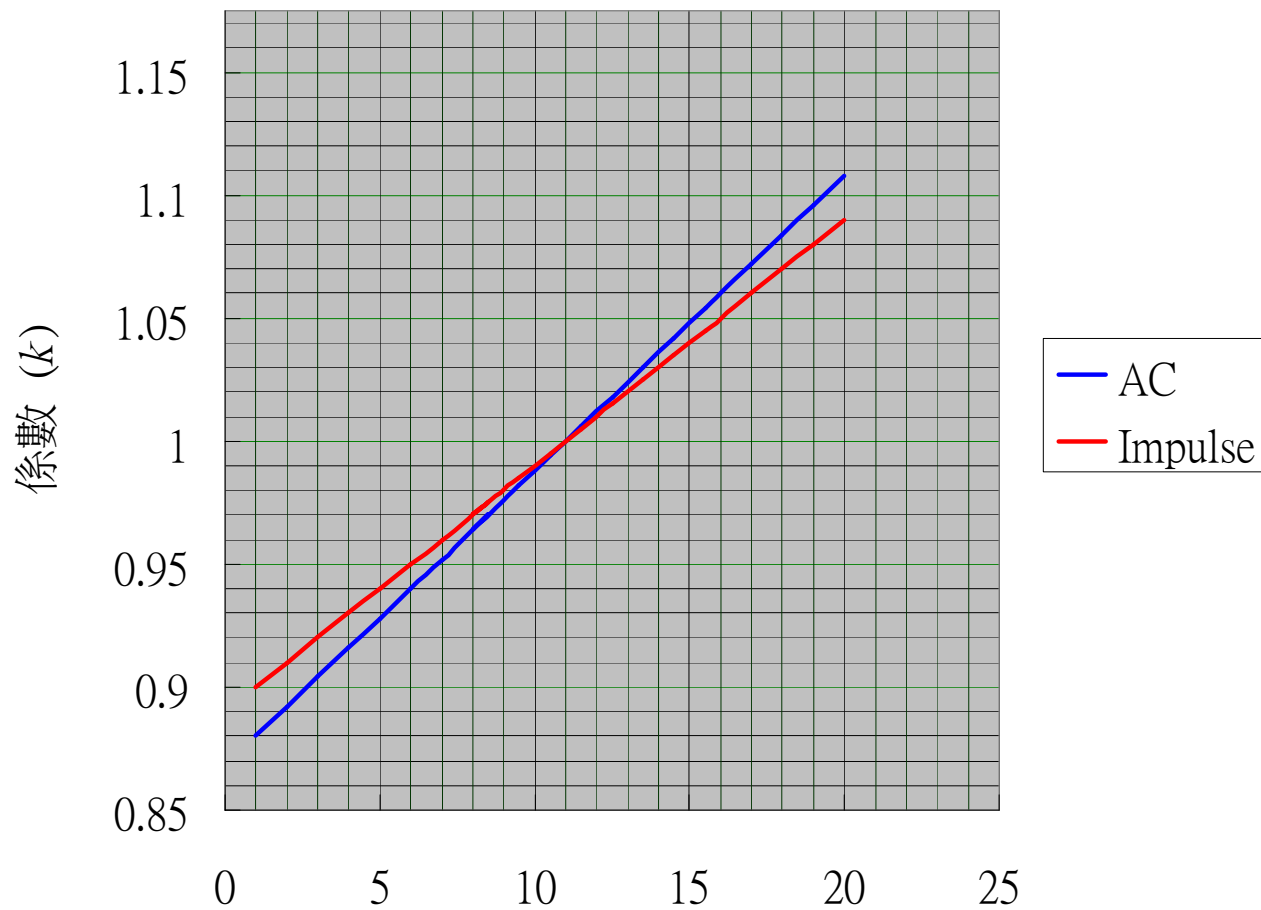
$t_0$ (基準大氣溫度) :  $20^\circ \text{C}$  ;  $t$ (試驗大氣溫度) :  $[\text{ }^\circ \text{C}]$

$b_0$ (基準大氣壓力) :  $1013 \text{ hPa(mbar)}$  ;  $b$ (試驗大氣壓力) :  $[\text{ hPa}]$

$h_0$ (基準大氣絕對溼度) :  $11 \text{ g/m}^3$  ;  $R$ (試驗大氣相對溼度) :  $[\text{ \%}]$

濕度補正係數(k)

Impulse  $k = 1 + 0.010(h / \delta - 11)$  for  $1 \text{ g/m}^3 < h/\delta < 20 \text{ g/m}^3$



AC  $k = 1 + 0.012(h / \delta - 11)$  for  $1 \text{ g/m}^3 < h/\delta < 15 \text{ g/m}^3$

# 06-大氣補正因數計算(CNS 15156-1)-範例1

$$t = 22^{\circ} \text{C} ; R = 50\% ; b = 1002 \text{ hPa}$$

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273+t_0}{273+t} = \frac{1002}{1013} \times \frac{293}{295} = 0.982$$

$$h = \frac{6.11 \times 50 \times e^{\left(\frac{17.6 \times 22}{243+22}\right)}}{0.4615 \times (273+22)} = \frac{6.11 \times 50 \times e^{\left(\frac{387.2}{265}\right)}}{0.4615 \times 295} = 9.67 \text{ g/m}^3$$

額定電壓在52 kV以下 ;  $m=1$   $k_1 = \delta^m = 0.982$

$$k = 1 + 0.012 \times \left( \frac{h}{\delta} - 11 \right) = 1 + 0.012 \times \left( \frac{9.67}{0.982} - 11 \right) = 0.986$$

額定電壓在52 kV以下 ;  $h < 11 \text{ g/m}^3$  )時 ,  $w = 1$

$$k_2 = k^w = 0.986^1 = 0.986^1 = 0.986$$

$$K_t = k_1 \times k_2 = 0.982 \times 0.986 = 0.968 \quad U = U_0 \times K_t = 0.968 U_0$$



## 06-大氣補正因數計算(CNS 15156-1)-範例2

$$t = 23^{\circ}\text{C} ; R = 68\% ; b = 1002 \text{ hPa}$$

$$\delta = \frac{b}{b_0} \times \frac{273+t_0}{273+t} = \frac{1002}{1013} \times \frac{293}{296} = 0.979$$

$$h = \frac{6.11 \times R \times e^{\left(\frac{17.6 \times 23}{243+23}\right)}}{0.4615 \times (273+23)} = \frac{6.11 \times 68 \times e^{\left(\frac{404.8}{266}\right)}}{0.4615 \times 296} = 13.93 \text{ g/m}^3$$

額定電壓在52 kV以下 ;  $m=1$        $k_1 = \delta^m = 0.979$

額定電壓在52 kV以下 ;  $h > 11 \text{ g/m}^3$  )時 ,  $w=0$

$$k_2 = k^w = k^0 = 1$$

$$K_t = k_1 \times k_2 = 0.979 \times 1 = 0.979$$

$$U = U_0 \times K_t = 0.979 U_0$$

CNS 15156-1 ,第49頁,第6.2.1節

對於具有外部絕緣及內部絕緣之高壓配電盤，若補正因數  $K_t$  之值介於 0.95至1.05之間，則應使用補正因數。

然而，為避免對內部絕緣過度施加應力，當已建立良好之外部絕緣特性時，可忽略補正因數  $K_t$ 。

若  $K_t$  大於1.0，則應針對外部絕緣系統全面進行試驗，此時內部絕緣將承受過度應力，因而「可能需要分階段(steps may be necessary)」施加，以避免使內部絕緣系統承受過度應力。

若  $K_t$  小於1.0，則應針對內部絕緣系統全面進行試驗，此時外部絕緣將承受過度應力，因而可能需要分階段施加，以避免使外部絕緣系統承受過度應力。

CNS 15452-1之11.4 中有討論數種方法。對僅具有內部絕緣之高壓配電盤，周圍空氣條件無影響，故不應適用補正因數  $K_t$ 。

CNS 15452-1 ,第14頁,第11.4節

雖然已規定標準大氣條件下之耐壓位準，但當使用大氣補正(由於實驗室高海拔或極端氣候條件)可能明顯產生外部絕緣耐壓位準低於內部絕緣的額定耐壓位準。

$$K_t < 1.0$$

為對內部絕緣施加額定耐壓位準，必須採用提高外部絕緣之耐壓位準的措施，以容許對內部絕緣施加正確之試驗電壓。此措施應依據「相關開關設備(particular classes of apparatus)」標準的規定，包括將外部絕緣浸入絕緣液體或壓縮氣體中。

補正後對於外部絕緣試驗電壓高於內部絕緣試驗電壓的情況( $K_t > 1.0$ )，只有當內部絕緣具有較大設計裕度時才能正確地施加試驗於外部絕緣。否則，除非相關開關設備標準另有規定，內部絕緣應以額定值施加試驗，且外部絕緣須以「仿真品(dummy)」施加試驗，前一種情況下，由開關設備標準規定所使用之試驗程序。



07

▶ 內部/外部絕緣試驗  
條件之差異比較

## 07-內外部絕緣試驗條件之差異比較-Kt <1.0

CNS 3991/ IEC 694(1980)	CNS 15156-1/ IEC 62271-1(2011)	CNS 15452-1/ IEC 60060-1(1989)
<p>NA</p> <p><math>K_t=0.95\sim 1.0\rightarrow U_t=U_0</math></p>	<p>應針對內部絕緣系統全面進行試驗，此時外部絕緣將承受過度應力，因而可能需要分階段施加，以避免使外部絕緣系統承湊過度應力。</p>	<p>當使用大氣補正(由於實驗室高海拔或極端氣候條件)可能明顯產生外部絕緣耐壓位準低於內部絕緣的額定耐壓位準。為對內部絕緣施加額定耐壓位準，必須採用提高外部絕緣之耐壓位準的措施，以容許對內部絕緣施加正確之試驗電壓。此措施應依據相關開關設備標準的規定，包括將外部絕緣浸入絕緣液體或壓縮氣體中。</p>

CNS 3991/ IEC 694(1980)	CNS 15156-1/ IEC 62271-1(2011)	CNS 15452-1/ IEC 60060-1(1989)
<p>為避免對內部絕緣之過度應力補正係數K之適用，如外部絕緣的性能能充分確認時，將之省略亦可。</p> <p><math>K_t=1.0\sim 1.05 \rightarrow U_t=U_0 \times K_t</math></p>	<p>應針對外部絕緣系統全面進行試驗，此時內部絕緣將承受過度應力，因而「可能需要分階段(steps may be necessary)」施加，以避免使內部絕緣系統承受過度應力。</p>	<p>對於外部絕緣試驗電壓高於內部絕緣試驗電壓的情況，只有當內部絕緣具有較大設計裕度時才能正確地施加試驗於外部絕緣。除非相關開關設備標準另有規定，內部絕緣應以額定值施加試驗，且外部絕緣須以仿真品施加試驗，前一種情況下，由開關設備標準規定所使用之試驗程序。</p>

### CNS 15452-1/IEC 60060-1(1989)

While withstand levels are specified under standard reference atmospheric conditions, cases will arise where the application of atmospheric corrections (**due to laboratory altitude or to extreme climatic conditions**) results in the withstand level for internal insulation appreciably in excess of that for the associated external insulation. In such cases measures to enhance the withstand level of the external insulation **must** be adopted to permit application of the correct test voltage to the internal insulation. **These measures include immersion of the external insulation in liquids or compressed gases and should be specified by the relevant Technical Committee with reference to the requirements of particular classes of apparatus .**

### IEC 60060-1(2010)

While withstand levels are specified under standard reference atmospheric conditions, cases will arise where the application of atmospheric corrections (**due to atmospheric conditions differing from the standard reference ones**) results in the withstand level for internal insulation appreciably in excess of that for the associated external insulation. In such cases measures to enhance the withstand level of the external insulation **shall** be adopted to permit application of the correct test voltage to the internal insulation. **These measures should be specified by the relevant Technical Committee with reference to the requirements of particular classes of apparatus and could include immersion of the external insulation in liquids or compressed gases**



## 07-內外部絕緣試驗條件之差異比較-Kt > 1.0

CNS 15452-1/IEC 60060-1(1989)	IEC 60060-1(2010)
<p>In those cases where the test voltage of the external insulation is higher than that of the internal insulation, the external insulation can only be correctly tested when the internal insulation is especially designed with increased strength. If not, the internal insulation should be tested with the rated value and the external insulation be tested by means of <b>dummies</b> unless the relevant Technical Committee states otherwise, in which case it shall specify the test procedure to be used.</p>	<p>For those cases where the test voltage of the external insulation is higher than that of the internal insulation, the external insulation can only be correctly tested when the internal insulation is especially designed with increased strength. If not, the internal insulation should be tested with the rated value and the external insulation be tested by means of <b>test fixtures</b> unless the relevant Technical Committee states otherwise, in which case it shall specify the test procedure to be used.</p>



# 08

▶ 有效性試驗及無效性  
試驗之定義

與標準相關之 試驗條件	電力器材	
	通過	未通過
更嚴酷	試驗有效，結果可接受。	以正確參數重複該試驗。 不需要修改器材的設計。
欠嚴酷	應以正確的參數重複進行試驗。 不需要修改器材的設計。	器材未通過試驗。 要求修改器材的設計，以提高器材能力。 試驗將在修改過的器材上重新開始。

A photograph of a high-voltage electrical test setup. A large, white, cylindrical discharge is visible, extending from a metal structure. The background is a plain, light-colored wall. The number '09' is overlaid in a large, dark blue font.

# 09

▶ 高壓配電盤大氣補正  
因數修正後之有效性  
試驗

	相關條文	$K_t < 1$	$K_t > 1$
CNS 3991 / IEC 694 (1980)	為避免對內部絕緣之過度應力補正係數 $K_t$ 之適用，如外部絕緣的性能能充分確認時，將之省略亦可。	$U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0$	外部絕緣的性能能充分確認 $U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0$ 外部絕緣的性能不能充分確認 $U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0 \times K_t$
CNS 15156-1/ IEC 62271-1(2011)	<p><math>K_t &gt; 1</math>則應針對外部絕緣系統全面進行試驗，此時內部絕緣將承受過度應力，因而可能需要分階段施加，以避免使內部絕緣系統承受過度應力。</p> <p><math>K_t &lt; 1</math>則應針對內部絕緣系統全面進行試驗，此時外部絕緣將承受過度應力，因而可能需要分階段施加，以避免使外部絕緣系統承受過度應力。</p>	<p><math>U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0</math></p> <p><math>U_t(\text{外}) = U_0 \times K_t</math> <math>U_t(\text{內}) = U_0</math></p>	<p>外部絕緣的性能能充分確認  <math>U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0</math></p> <p>外部絕緣的性能不能充分確認  <math>U_t(\text{外}+\text{內}) = U_0 \times K_t</math></p> <p><math>U_t(\text{外}) = U_0 \times K_t</math> <math>U_t(\text{內}) = U_0</math></p>



# 10

- ▶ 大氣補正因數計算-  
> 52 kV之開關設備  
及其他高電壓設備



# 10-大氣補正因數計算- >52 kV 之開關設備及1kV以上之其他高電壓設備(LA : $U_{0(AC)}=170$ kV ; $U_{0(LI)}=300$ kV )

$t=21^{\circ}\text{C}$  ;  $R=18.2\%$  ;  $b=1008$  hPa ;  $L=0.63\text{m}$  ;  $U_{50(AC)}=175$  kV ;  $U_{50(LI)}=308$  kV

$$\delta = \frac{1008}{1013} \times \frac{273+20}{273+21} = 0.992 \qquad h = \frac{6.11 \times R \times e^{\frac{17.6 \times 21}{243+21}}}{0.4615 \times (273+21)} = 3.32 \text{ g/m}^3$$

*AC*  $k = 1 + 0.012(3.32 / 0.992 - 11) = 0.908$  for  $1 \text{ g/m}^3 < h/\delta < 15 \text{ g/m}^3$

*LI*  $k = 1 + 0.01(3.32 / 0.992 - 11) = 0.924$  for  $1 \text{ g/m}^3 < h/\delta < 20 \text{ g/m}^3$

$$g_{AC} = \frac{U_{50}}{500 \times L \times \delta \times k} = \frac{175}{500 \times 0.63 \times 0.992 \times 0.908} = 0.617$$

$$m_{AC} = w_{AC} = 0.617 \times (0.617 - 0.2) / 0.8 = 0.322$$

$$k_1 = \delta^m = 0.992^{0.322} = 0.997 \qquad k_{2(AC)} = 0.908^{0.322} = 0.97$$

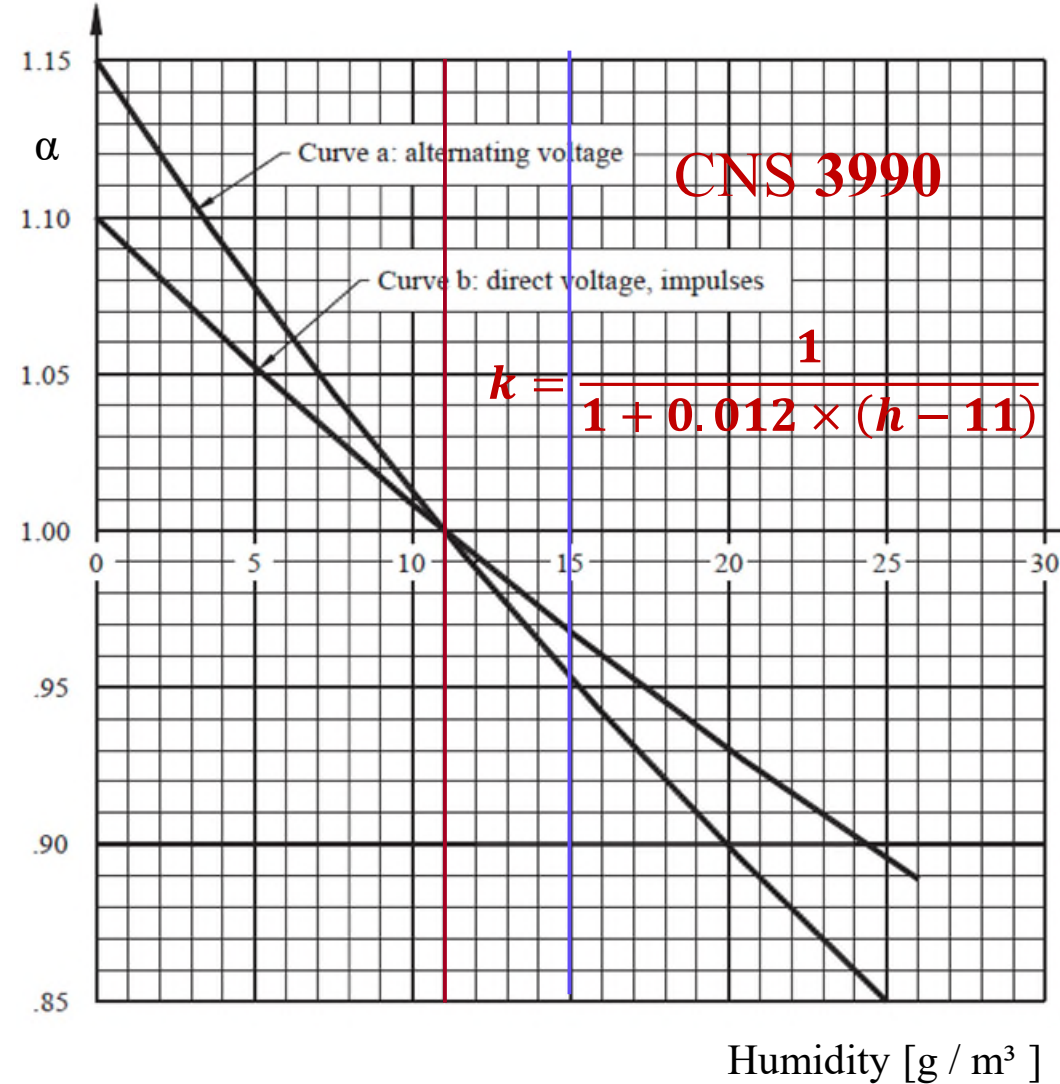
$$K_{t(AC)} = k_1 \times k_2 = 0.997 \times 0.97 = 0.97$$

$$g_{LI} = \frac{U_{50}}{500 \times L \times \delta \times k} = \frac{308}{500 \times 0.63 \times 0.992 \times 0.924} = 1.067$$

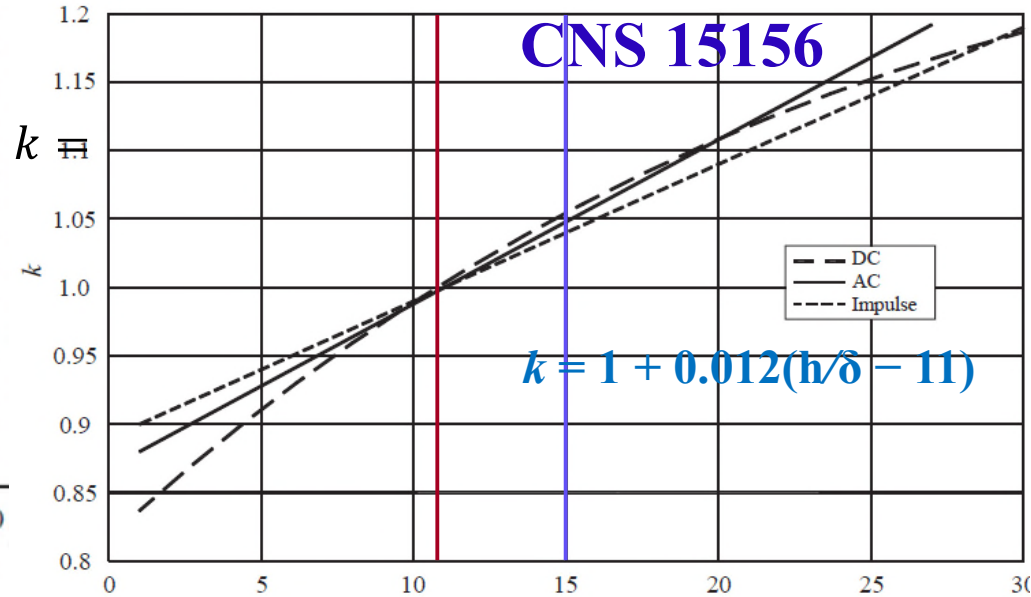
$$m_{AC} = w_{AC} = 1 \qquad k_1 = \delta^m = 0.992^1 = 0.992 \qquad k_{2(AC)} = 0.924^1 = 0.924$$

$$K_{t(LI)} = k_1 \times k_2 = 0.992 \times 0.924 = 0.917$$

<i>g</i>	<i>m</i>	<i>w</i>
<0,2	0	0
0,2 to 1,0	$g(g-0,2)/0,8$	$g(g-0,2)/0,8$
1,0 to 1,2	1,0	1,0
1,2 to 2,0	1,0	$(2,2-g)(2,0-g)/0,8$
>2,0	1,0	0



Humidity correction factor  $k$  as a function of absolute humidity( $h$ )



Parameter  $k$  as a function of  $h/\delta$

$$K_d = k_1$$

$$K_h = (\alpha)^w$$

$$k_2 = k^w$$

$$K = K_d / K_h$$

$$K_t = k_1 \times k_2$$

$$K_h \propto \frac{1}{k_2}$$

用戶用電裝置諮詢服務  
專案辦公室

Equipment Installation Consulting  
Project Office

感謝聆聽

懇請指教

財團法人台灣綜合研究院

**研究五所**

用戶用電裝置諮詢服務專案辦公室

地址:台北市中山區復興北路2號10樓之8

電話:02-2778-8818

傳真:02-2778-6995

高壓用電設備試驗審查資訊系統:

<http://www.highvoltage.org.tw>

電力工程技術規範資訊系統:

<http://www.powerinstall.org.tw>

# 附件

對應於污染環境等級之絕緣礙子的沿面距離建議值 (IEC 815 標準)

污染等級	環境說明	最小標稱沿面距離
輕度 第 I 級	沒有工業且房屋密度低的區域，設有暖氣。 工業或房屋密度低但經常有風或雨的地區。 農業領域、山區。 所有區域都位於距離大海 10 公里至 20 公里的地方，並且沒有暴露於大海的直接風中。	16 mm/kV
中等 第 II 級	行業內不會產生污染性煙霧和/或中等密度房屋的區域。 房屋密度高但經常遭受風和/或雨水侵襲的區域。 暴露在海風中但不靠近海岸的區域（至少幾公里遠）。	20 mm/kV
高度 第 III 級	工業密度高的地區和大城市的郊區，高密度的受熱房屋產生污染。 靠近海或暴露於海風較大的區域。	25 mm/kV
極高 第 IV 級	通常面積適中的區域，容易受到導電污染物和工業煙霧的影響，會產生大量污染物。 中等延伸的區域，非常靠近海岸、暴露於海浪中或遭受來自海洋污染的強風。 沙漠地區的特點是長期缺乏雨水，暴露於攜帶沙和鹽的強風中，並且經常會結露。	31 mm/kV