

Reprint 743

與 2008 奧運馬術比賽相關的暑熱壓力分析

王德勤、李子祥

第二十二屆粵港澳氣象科技研討會，  
中國，中山，2008 年 1 月 22 - 23 日

# 與 2008 奧運馬術比賽相關的暑熱壓力分析

王德勤 李子祥  
香港天文台

## 摘要

2008 年奧運馬術賽將於 8 月在香港沙田及雙魚河舉行。每年 8 月期間正值香港盛夏，天氣炎熱潮濕，亦會出現雷暴、暴雨和與熱帶氣旋相關的惡劣天氣。由於這些惡劣天氣對賽事進度和馬匹表現有所影響，所以相關之氣候分析資料對主辦單位及參賽人馬在賽前的預備工作非常有用。

本文利用香港天文台總部、沙田和雙魚河的氣象資料統計分析了在競賽場地不同天氣要素，包括反映暑熱壓力程度的濕球黑球溫度之平均值和極端值，與及各種惡劣天氣出現的概率。

分析結果顯示，在沙田及雙魚河的濕球黑球溫度通常在正午到下午 2 時期間會較高，而日間出現每小時平均濕球黑球溫度 $\geq 33^{\circ}\text{C}$ (高暑熱壓力)的百分比少於 2%。

## **Heat Stress Analysis Related to the 2008 Olympic Equestrian Events in Hong Kong**

T.K. Wong T.C. Lee  
Hong Kong Observatory

## Abstract

The 2008 Olympic equestrian events will be held in Sha Tin and Beas River of Hong Kong in August. The weather of Hong Kong in August is hot and humid and is likely to be affected by thunderstorms, rainstorms and tropical cyclones. Since these adverse weather conditions could affect the progress of the events and the performance of the athletes and participating horses, relevant climatological information and analysis results are very useful for organizers and participants' reference and preparation.

In this paper, the mean and extreme values of different meteorological elements, including the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) which reflects the corresponding heat stress, in the venues as well as statistics of severe weather of Hong Kong were compiled using data of the Hong Kong Observatory Headquarters, Sha Tin and Beas River.

The analysis results show that, in Sha Tin and Beas River, WBGT is usually highest from noon to 2:00 p.m. and the percentage of time with hourly mean WBGT value  $\geq 33^{\circ}\text{C}$  (high heat stress) is less than 2%.

## 1. 前言

2008 年奧運馬術比賽將會於八月在香港舉行，比賽場地包括沙田及上水雙魚河。圖 1 顯示這兩個比賽場地在香港之位置。8 月香港天氣炎熱潮濕，不時還會受到雷暴、暴雨和熱帶氣旋影響。由於這些不利天氣有可能妨礙賽事進度及影響參賽者和馬匹的表現，因此相關的氣候分析和統計資料對賽前之準備工作十分有用。根據馬術比賽專家的研究，炎熱天氣是影響馬匹表現的其中一個重要氣象因素(Schroter, 1995; Marlin, 2007)。有見及此，除了沙田現有的自動氣象站外(建立於 1984 年 10 月)，香港天文台亦已於 2006 年 6 月在雙魚河裝設了氣象儀器，收集相關的氣象數據。為了更有效評估馬匹在競賽期間所承受的暑熱壓力，天文台還於 2006 年 6 月在這兩個比賽場地安裝了用以測量暑熱壓力的“濕球黑球溫度儀”。

本報告之第 2 節會簡述香港在 8 月的氣候和相關的統計資料。第 3 及第 4 節會分別介紹濕球黑球溫度的觀測和分析賽場之暑熱壓力數據。第 5 節總結了有關暑熱壓力的評估結果。

## 2. 香港八月氣候簡述

根據 1971 至 2000 年間之三十年氣候平均資料，8 月是香港全年中雨量最高的月份(平均月雨量為 444.6 毫米)，氣溫則是第二最高(平均氣溫為 28.4 °C)，僅次於 7 月。香港在 8 月份受到雷暴及熱帶氣旋(3 號強風信號或以上)影響的平均日數分別為 8.1 天及 1.7 天(Lee et al, 2006)。

在沙田自動氣象站從 1986 至 2007 年間所得之觀測數據顯示，8 月亦是該區氣溫和雨量其中一個最高的月份(圖 2)。表 1 總結了沙田自動氣象站由 1986 至 2007 年間在 8 月各氣象要素的平均值、極端值及相關的統計資料。期間沙田之最高氣溫紀錄為 36.6°C，最高每小時雨量可達 69.0 毫米。

## 3. 濕球黑球溫度觀測

濕球黑球溫度(Wet Bulb Globe Temperature, 簡稱 WBGT)是目前其中一種被廣泛採用的暑熱壓力指數(ISO, 1989; USAF, 2002)。而國際馬術聯會(Federation Equestre Internationale (FEI))指定使用 WBGT 為參考標準，指它比單靠測量溫度和相對濕度更有效顯示馬匹實際感受到的暑熱壓力(Jeffcott and Nichols, 2004; FEI, 2007)。2000 年悉尼奧運會和 2004 年雅典奧運會都使用 WBGT 作暑熱壓力指數。圖 3 為安裝在沙田及雙魚河的濕球黑球溫度儀。該儀器自 2006 年 6 月開始啟用，測量乾球溫度、自然濕

球溫度 (naturally wet-bulb temperature) 和黑球溫度 (globe temperature)。綜合這 3 個參數可計算出相應的 WBGT，計算公式如下 (ISO, 1989; Juang and Lin, 2007)：

$$\text{WBGT} = 0.7 T_{\text{nw}} + 0.2 T_{\text{g}} + 0.1 T_{\text{a}}$$

當中：

$T_{\text{nw}}$  為自然濕球溫度 - 未被遮蔽而外包濕紗布的溫度計，所得之溫度代表溫度、濕度、風速等之綜合效應；

$T_{\text{g}}$  為黑球溫度 - 中空黑色不反光金屬球，中央插入溫度計，所得之溫度代表輻射熱之效應；

$T_{\text{a}}$  則為乾球溫度 - 乾球溫度計不直接曝露在陽光下，所測量的氣溫代表單純空氣溫度之效應。

根據國際馬術聯會 (FEI) 的指引，WBGT 在 30 至 32°C 時，需要採取額外措施預防馬匹體溫過熱。當 WBGT 到達 33°C 或以上，酷熱天氣可能危害到馬匹健康，需要諮詢獸醫意見才可繼續比賽 (FEI, 2007)。

## 4. 暑熱壓力分析

### 4.1 數據來源

在這報告使用了在京士柏、沙田及雙魚河氣象站的觀測資料進行暑熱壓力分析，相關數據種類及時段見表 2。基於 FEI 的建議，用作評估暑熱壓力的參數為每小時平均 WBGT 值 (即過去 60 分鐘之平均 WBGT 值)。

### 4.2 暑熱壓力評估

#### (i) 沙田

有關沙田之數據分析，為了延長數據時段，我們利用了 2006 及 2007 年夏季 (6 月至 9 月) 於沙田日間 (香港時間 08 至 19 時) 收集得到的 WBGT 數據及沙田自動氣象站錄得的對應每小時氣溫、每小時相對濕度和每小時總太陽輻射數據發展出以下之回歸公式：

$$\text{每小時平均 WBGT 值} = -8.29 + 1.01 \times \text{每小時氣溫} + 0.0812 \times \text{每小時相對濕度} + 0.81 \times \text{每小時總太陽輻射}$$

該回歸公式的相關係數(correlation coefficient)是 0.9126，而標準差為 0.718°C。

基於上述之回歸公式，我們使用沙田自動氣象站過去的每小時氣溫、每小時相對濕度，及京士柏之每小時總太陽輻射數據，推算出在 1986 至 2005 年期間 8 月份沙田的估計每小時平均 WBGT 值。

以 1986 至 2005 年的估計數據和 2006 至 2007 年的觀測數據，我們分析了過去 22 年 8 月份在沙田可能出現的暑熱壓力情況。分析結果顯示，8 月份該區曾出現的最高每小時平均 WBGT 值為 34.4°C(表 3)，WBGT 值在正午到下午 2 時期間會較高(圖 4)。從頻率分佈分析所見(圖 5)，日間(香港時間 08 至 19 時)在沙田出現每小時平均 WBGT 值 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 及  $33^{\circ}\text{C}$ 的百分比分別為 31.3% 及 1.4 %。

## (ii) 雙魚河

在雙魚河方面，由於 WBGT 和其它氣象觀測均始於 2006 年 6 月，所以只有 2006 年和 2007 年的數據作參考。根據這兩年的 8 月份觀測數據，期間的最高每小時平均 WBGT 值為 32.8 °C，在 8 月份 WBGT 值也是在正午到下午 2 時期間會較高(圖 6)。而日間(香港時間 08 至 19 時)在雙魚河出現每小時平均 WBGT 值 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的百分比為 29.2 % (圖 7)。

## 5. 總結

這報告利用 2006 年和 2007 年兩個夏季在沙田及雙魚河所錄得的 WBGT 觀測數據及過去沙田自動氣象站的氣象數據分析了沙田及雙魚河在 8 月份的暑熱壓力情況。分析結果顯示，8 月份在沙田及雙魚河的 WBGT 值通常在正午到下午 2 時期間會較高。日間在沙田和雙魚河出現每小時平均 WBGT $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的百分比分別約為 31%及 29%，而在沙田出現每小時平均 WBGT $\geq 33^{\circ}\text{C}$ 的百分比則少於 2%。

## 6. 參考文獻

Schroter, R.C. and D.J. Marlin, *An index of the environmental thermal load imposed on exercising horses and riders by hot weather conditions*. Equine Vet J Suppl, 1995(20): p. 16-22.

Marlin, D. J., *The effect of thermal environmental conditions on the health and performance of horses*. <http://www.davidmarlin.co.uk/archive.html>, 2007

Lee, T.C., Leung W.M. and Chan, K.W. *Climatological Normals for Hong Kong 1971-2000*, Hong Kong Observatory Technical Note (Local) No. 83, 2006.

Juang, Y.J. and Lin, Y.C., *The Effect of Thermal Factors on the Measurement of Wet Bulb Globe Temperature*, *Journal of Occupational Safety and Health* 15: 191-203, 2007

ISO (1989). ISO 7243. *Hot environments - Estimation of the heat stress on working man based in the WBGT-index (wet bulb globe temperature)*. Geneva, Switzerland, International Organisation for Standards.

USAF, *Thermal Injury*, Air Force Pamphlet 48-151, 2002

Jeffcott, L, Nichols, N, *Veterinary Report on the Equestrian Events at the Athens Olympics*, Federation Equestre Internationale, 2004

Federation Equestre Internationale Eventing Rules, *Annex V: Guidelines of measures to be taken in adverse climatic conditions of heat and humidity*. [http://baltimore.fei.org/PDFS/C/04\\_02/anx\\_\\_Climatic.pdf](http://baltimore.fei.org/PDFS/C/04_02/anx__Climatic.pdf), 2007



圖 1 2008 年奧運馬術比賽場地沙田及上水雙魚河之位置

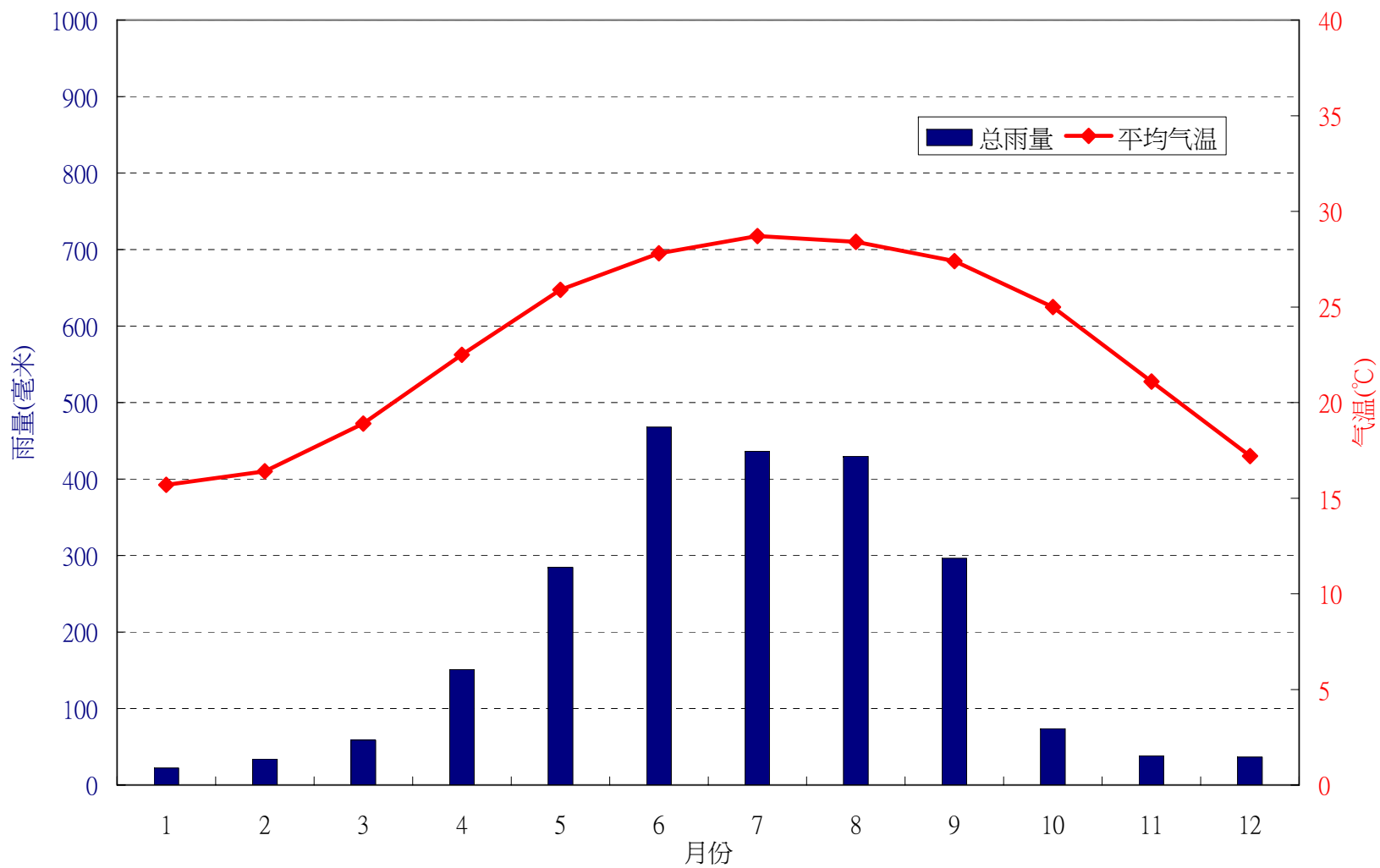


圖 2 1986 年至 2007 年八月份沙田自动气象站每月平均气温及总雨量



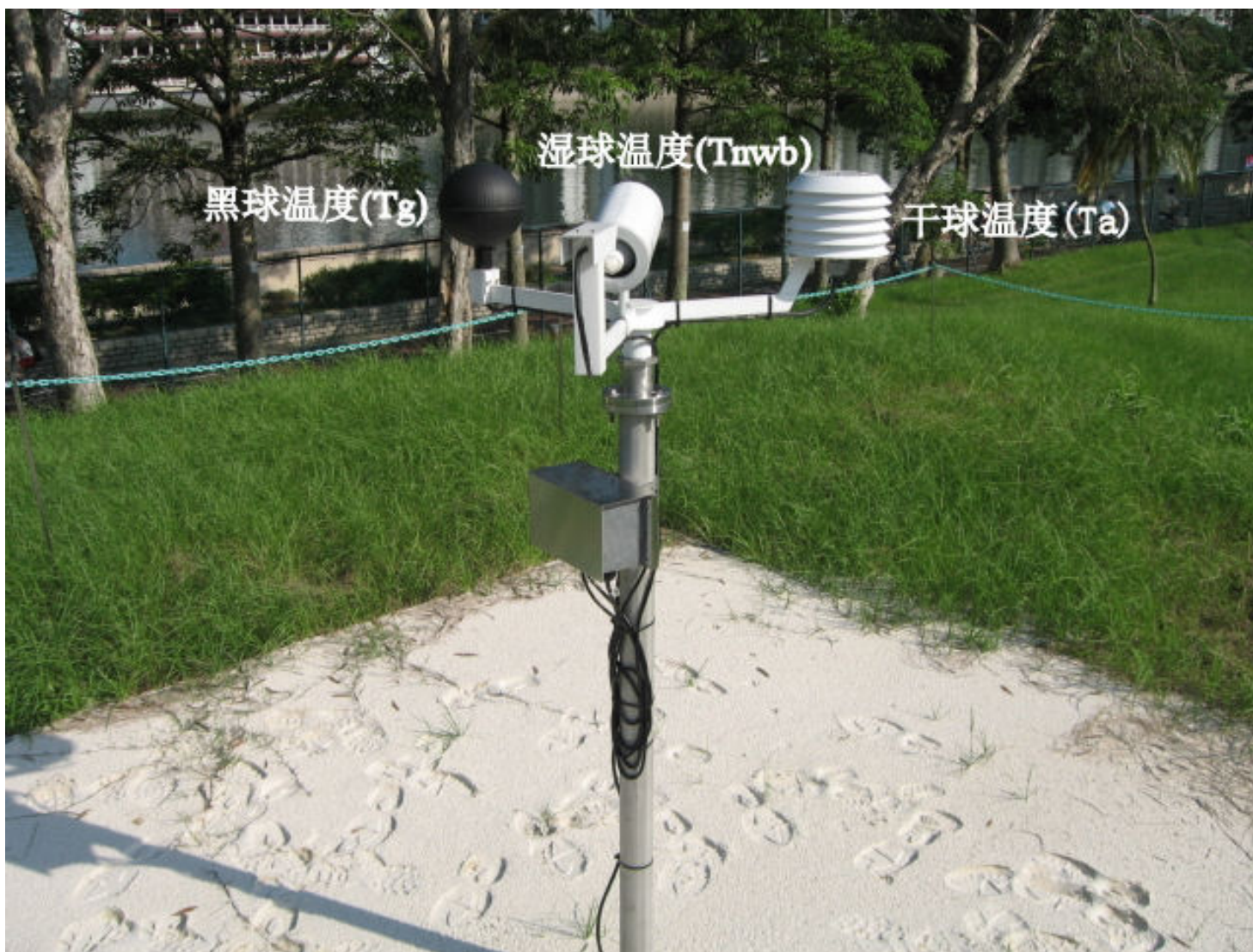


圖 3 安裝在沙田的濕球黑球溫度儀

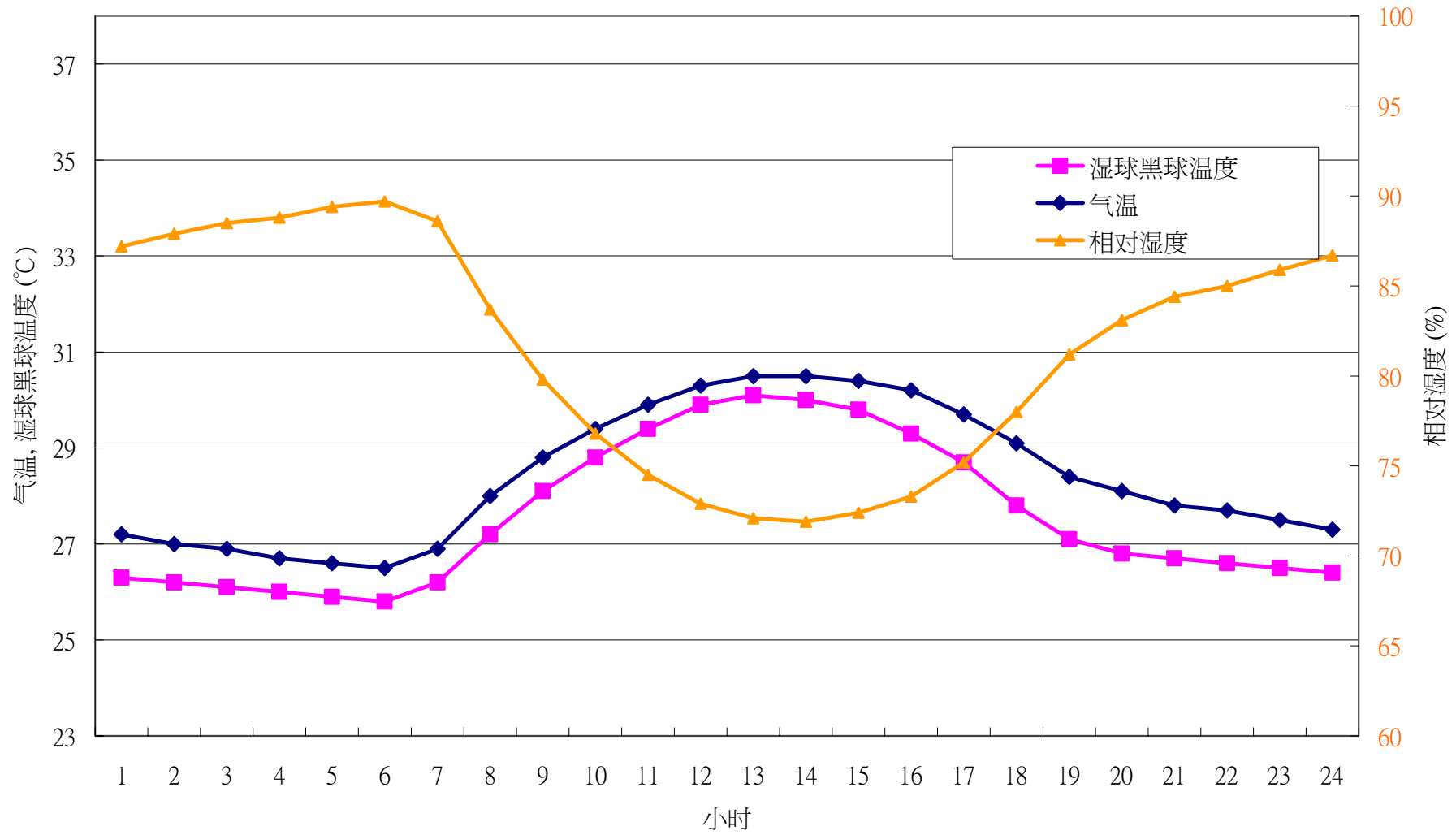


圖 4 1986 年至 2007 年八月份沙田每小时气温、相对湿度及每小时平均湿球黑球温度平均值

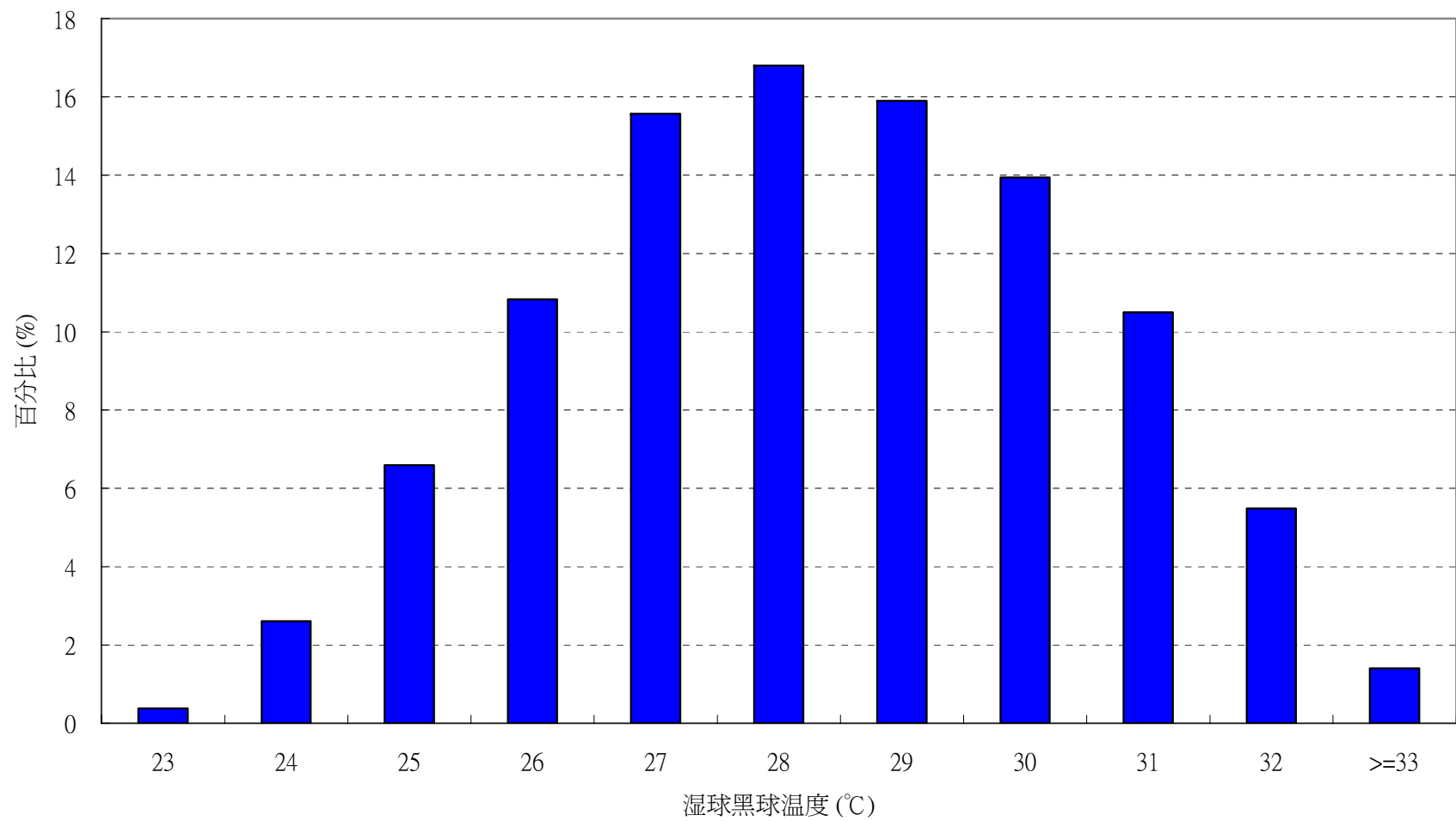


圖 5 1986 年至 2007 年八月份日間(上午 8 時至下午 7 時)沙田每小時平均湿球黑球溫度頻率分布圖  
(1986 年至 2005 年為估計湿球黑球溫度，而 2006 年至 2007 年為實測湿球黑球溫度)

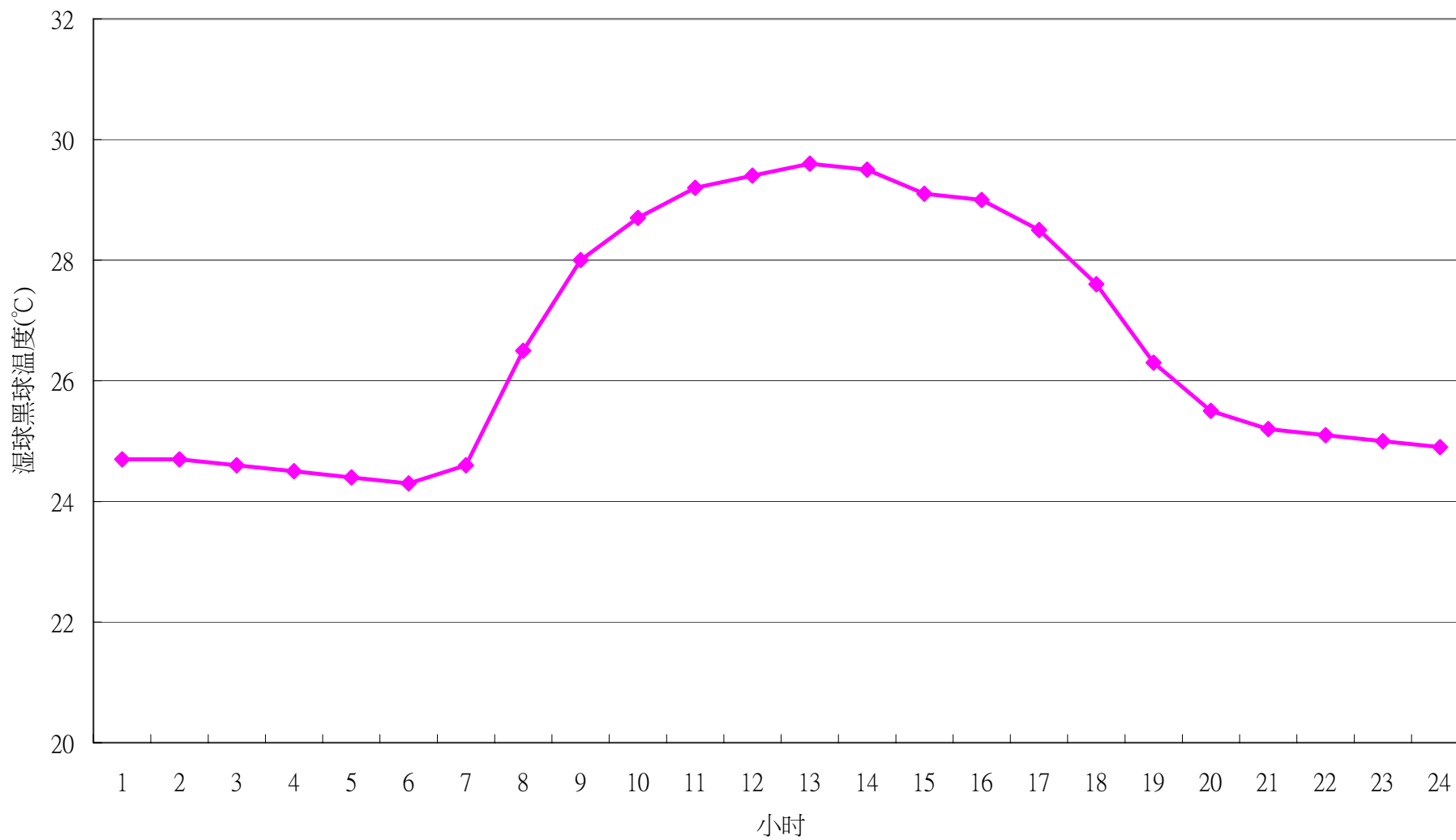


圖 6 2006 年至 2007 年八月份双鱼河每小时平均湿球黑球温度平均值

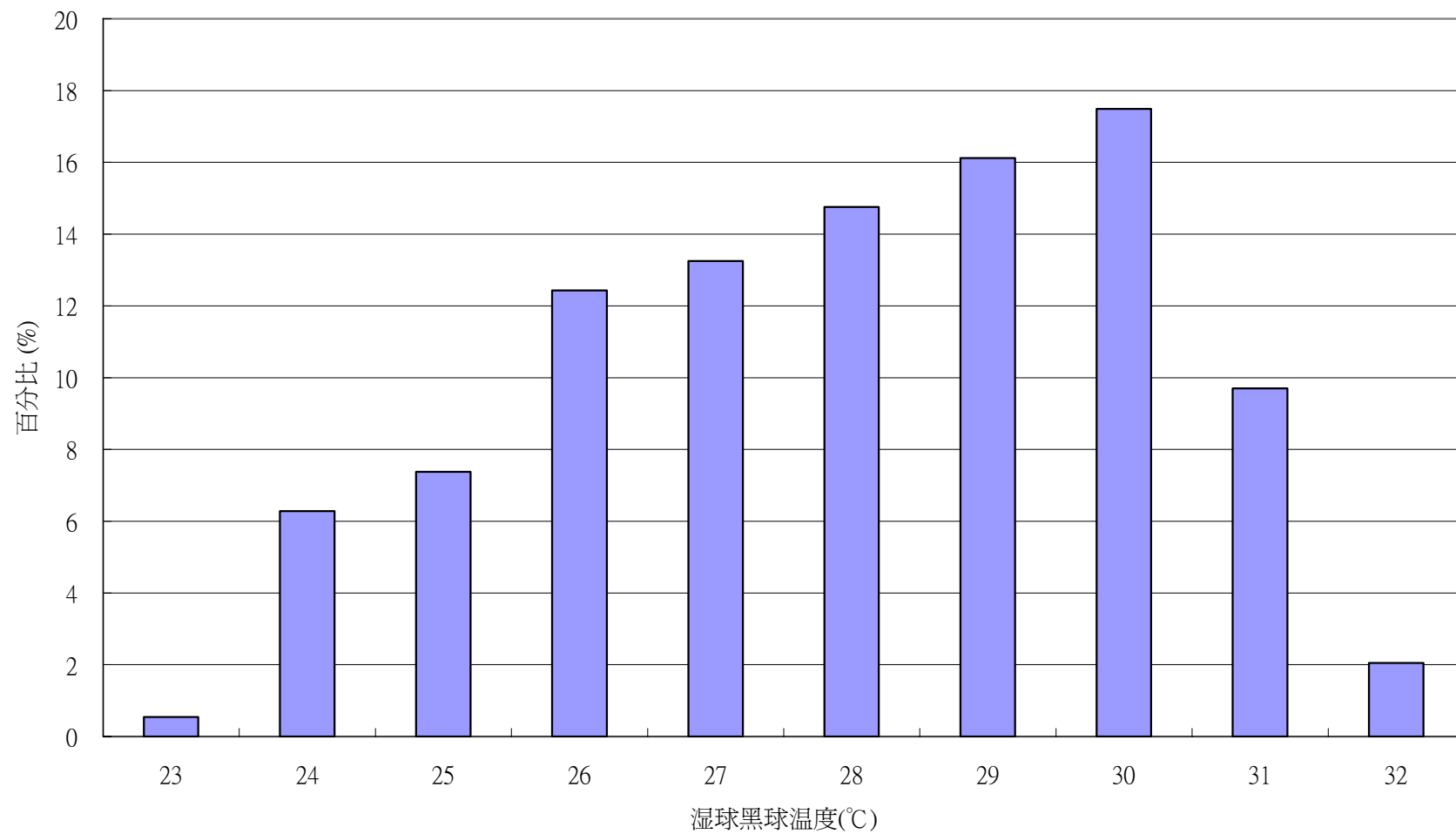


圖 7 2006 年至 2007 年八月份双鱼河日間(上午 8 時至下午 7 時)每小时平均湿球黑球温度频率分布图

表 1 1986 年至 2007 年 8 月份沙田自動氣象站各氣象要素的平均值及極端值

	平均值	極端最高	極端最低
氣溫(°C)	28.4	36.6	22.4
濕球黑球溫度(°C)*	27.6	34.4	22.2
相對濕度(%)	81	100	37
雨量(毫米/小時)	-	69.0	-

\*1986 年至 2005 年為估計濕球黑球溫度，而 2006 年至 2007 年為實測濕球黑球溫度。

表 2 京士柏、沙田及雙魚河氣象站的觀測資料相關數據種類及時段

地點	數據種類	時段
京士柏	太陽總輻射	1986 年至 2007 年的 8 月份
沙田	氣溫	1986 年至 2007 年的 8 月份
	相對濕度	1986 年至 2007 年的 8 月份
	濕球黑球溫度*	1986 年至 2007 年的 8 月份
雙魚河	濕球黑球溫度	2006 年至 2007 年的 8 月份

\*1986 年至 2005 年為估計濕球黑球溫度，而 2006 年至 2007 年為實測濕球黑球溫度。

表 3 8 月份沙田及雙魚河自動氣象站的每小時平均濕球黑球溫度極端值

地點	每小時平均濕球黑球溫度(°C)	
	極端最高	極端最低
沙田	34.4	22.2
雙魚河	32.8	22.6