

國立臺灣大學生農學院

生物產業機電工程學系

碩士論文

Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

勞工戶外作業熱危害之研究與建議

Study on the Hazard and Suggestions to Worker in
Outdoor Operations



Yang-Chieh Wang

指導教授：葉仲基 博士

Advisor: Dr.-Ing. Chung-Kee Yeh

中華民國 100 年 6 月

June, 2011

誌謝

兩年的碩士生涯裡，不知走了多少次的台大校園？不知請教指導教授多少次？因此，本論文能以順利完成，最要感謝的就是指導教授葉仲基教授的細心指導，給予本人許多的建議並且在論文裡也糾正許多錯誤，使本人受益良多，在此，向我的老師由衷的感謝。

此外，也感謝口試委員張森富博士與吳剛智博士對於本文的建議與指教，並且感謝勞工安全衛生研究所經費資助以及林桂儀博士協助儀器操作才得以完成本論文。

感謝學長弘彥、暉程、孟成、昱翔以及士淳的照顧與指導，也感謝在一起努力的同窗振岳和敏港，還有學妹佳蓉的陪伴。有了這些重要人物存在，讓整個實驗室才充滿歡樂氣氛。

在此，本論文將獻給我的家人，因為他們的鼓勵與支持，才能順利的完成學業。



摘要

本研究主要目的為探討戶外熱環境作業對勞工容許熱暴露之影響，以研究如何有效利用規範來將熱危害降低之方法。此研究重點於蒐集戶外熱環境參數資料，例如：乾球溫度、濕球溫度及輻射溫度等變數。研究方法是利用一台高溫環境熱應力監測計，分別在台北、台中及台南三地由九月至十一月，量測上述三個變數進行加權，即可得知室外綜合溫度熱指標(Wet Bulb Globe Temperature，簡稱為WBGT)。戶外工作有許多種，本研究是以割草工作為對象。由美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists，簡稱為ACGIH)規範可知，割草工作界定為中度工作，在不同的綜合溫度指標下，可以將中度工作的工作時間及休息時間進行不同的分配。但是，濕球溫度和輻射球溫度一般較難以取得，所以再利用酷熱指標(Heat Index)進行熱環境評估，因為酷熱指數是由較容易取得的溫度與相對濕度數值加權而得。以迴歸法進行分析，可得酷熱指標與溫度以及相對濕度之關係。

關鍵字：綜合溫度熱指標，酷熱指標，熱危害，迴歸分析

Abstract

The purpose of this study is to examine the effect of the outdoor thermal environment on the allowable exposure time of workers. In this study, a suitable specification is chosen and used to evaluate the thermal hazard. Important outdoor thermal environment data, such as Dry Bulb temperature, Wet Bulb temperature and Globe temperature will be collected by an apparatus called a Heat Stress Monitor. The locations and months for measurement were Taipei, Taichung and Tainan from September to November 2010, respectively. From these data, an outdoor Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) can be obtained. There are numerous outdoor works. Our subject focuses on workers who use grass trimmers and brush cutters. According to the standard proposed by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), this kind of work is medium duty. However, it is difficult to obtain the data of the wet bulb temperature and globe temperature. Another convenient way to evaluate the thermal environment is to use a Heat Index (HI). The heat index can only be calculated from the temperature and relative humidity through a weighted process. By means of regression analysis the relationship between the heat index, temperature, and relative humidity can then be obtained.

Keywords: Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), Heat Index (HI), Thermal Hazard, Regression Analysis

目錄

誌謝.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	viii
第一章 前言與研究目的.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 研究目的.....	2
第二章 文獻探討.....	3
2-1 熱環境作業產生危害.....	3
2-2 綜合溫度熱指標.....	3
2-3 熱危害指標.....	4
2-4 人體對熱積蓄及水分流失之熱危害.....	9
2-5 傳統 WBGT 儀器量測方法與架設.....	12
2-6 酷熱指標與 WBGT 指標比較.....	13
第三章 材料與方法.....	15
3-1 實驗器材.....	15
3-2 實驗規格.....	18
3-3 實驗步驟.....	21
第四章 結果與討論.....	23
4-1 WBGT 測量結果.....	23
4-2 酷熱指標與溫濕度迴歸分析.....	57
4-3 討論.....	68
4-4 結論與建議.....	69
參考文獻.....	70

圖目錄

圖 2-1	傳統 WBGT 量測方法.....	12
圖 2-2	傳統 WBGT 儀器架設.....	13
圖 3-1	TES 高溫環境熱迫害監測計簡圖.....	16
圖 3-2	TES 高溫環境熱迫害監測計.....	16
圖 3-3	TES 高溫環境熱迫害監測計之感應器平台與機台.....	17
圖 3-4	高溫環境熱迫害監測計與蒸餾水.....	17
圖 3-5	TES 高溫環境熱迫害監測計正面.....	18
圖 3-6	感應器平台與機台利用纜線連接.....	22
圖 3-7	腳架支撐著感應平台.....	22
圖 4-1	北部 99 年 9 月 27 日之全部參數曲線圖.....	24
圖 4-2	北部 99 年 9 月 27 日之 WBGT 曲線圖.....	24
圖 4-3	北部 99 年 9 月 28 日之全部參數曲線圖.....	25
圖 4-4	北部 99 年 9 月 28 日之 WBGT 曲線圖.....	25
圖 4-5	北部 99 年 9 月 30 日之全部參數曲線圖.....	26
圖 4-6	北部 99 年 9 月 30 日之 WBGT 曲線圖.....	26
圖 4-7	北部 99 年 10 月 7 日之全部參數曲線圖.....	27
圖 4-8	北部 99 年 10 月 7 日之 WBGT 曲線圖.....	27
圖 4-9	北部 99 年 10 月 9 日之全部參數曲線圖.....	28
圖 4-10	北部 99 年 10 月 9 日之 WBGT 曲線圖.....	28
圖 4-11	北部 99 年 11 月 3 日之全部參數曲線圖.....	29
圖 4-12	北部 99 年 11 月 3 日之 WBGT 曲線圖.....	29
圖 4-13	北部 99 年 11 月 11 日之全部參數曲線圖.....	30
圖 4-14	北部 99 年 11 月 11 日之 WBGT 曲線圖.....	30
圖 4-15	北部 99 年 12 月 2 日之全部參數曲線圖.....	31
圖 4-16	北部 99 年 12 月 2 日之 WBGT 曲線圖.....	31
圖 4-17	北部 99 年 12 月 6 日之全部參數曲線圖.....	32
圖 4-18	北部 99 年 12 月 6 日之 WBGT 曲線圖.....	32

圖 4-19	北部 99 年 12 月 9 日之全部參數曲線圖.....	33
圖 4-20	北部 99 年 12 月 9 日之 WBGT 曲線圖.....	33
圖 4-21	北部 100 年 2 月 23 日之全部參數曲線圖.....	34
圖 4-22	北部 100 年 2 月 23 日之 WBGT 曲線圖.....	34
圖 4-23	北部 100 年 3 月 24 日之全部參數曲線圖.....	35
圖 4-24	北部 100 年 3 月 24 日之 WBGT 曲線圖.....	35
圖 4-25	中部 99 年 11 月 12 日之全部參數曲線圖.....	36
圖 4-26	中部 99 年 11 月 12 日之 WBGT 曲線圖.....	36
圖 4-27	中部 99 年 11 月 20 日之全部參數曲線圖.....	37
圖 4-28	中部 99 年 11 月 20 日之 WBGT 曲線圖.....	37
圖 4-29	中部 99 年 11 月 21 日之全部參數曲線圖.....	38
圖 4-30	中部 99 年 11 月 21 日之 WBGT 曲線圖.....	38
圖 4-31	中部 99 年 11 月 22 日之全部參數曲線圖.....	39
圖 4-32	中部 99 年 11 月 22 日之 WBGT 曲線圖.....	39
圖 4-33	中部 99 年 11 月 23 日之全部參數曲線圖.....	40
圖 4-34	中部 99 年 11 月 23 日之 WBGT 曲線圖.....	40
圖 4-35	中部 100 年 3 月 5 日之全部參數曲線圖.....	41
圖 4-36	中部 100 年 3 月 5 日之 WBGT 曲線圖.....	41
圖 4-37	中部 100 年 3 月 6 日之全部參數曲線圖.....	42
圖 4-38	中部 100 年 3 月 6 日之 WBGT 曲線圖.....	42
圖 4-39	中部 100 年 3 月 26 日之全部參數曲線圖.....	43
圖 4-40	中部 100 年 3 月 26 日之 WBGT 曲線圖.....	43
圖 4-41	中部 100 年 3 月 27 日之全部參數曲線圖.....	44
圖 4-42	中部 100 年 3 月 27 日之 WBGT 曲線圖.....	44
圖 4-43	中部 100 年 4 月 16 日之全部參數曲線圖.....	45
圖 4-44	中部 100 年 4 月 16 日之 WBGT 曲線圖.....	45
圖 4-45	南部 99 年 10 月 9 日之 WBGT 曲線圖.....	46
圖 4-46	南部 99 年 10 月 11 日之 WBGT 曲線圖.....	46
圖 4-47	南部 99 年 10 月 12 日之 WBGT 曲線圖.....	47

圖 4-48	南部 99 年 10 月 13 日之 WBGT 曲線圖.....	47
圖 4-49	南部 99 年 10 月 14 日之 WBGT 曲線圖.....	48
圖 4-50	南部 99 年 10 月 15 日之 WBGT 曲線圖.....	48
圖 4-51	南部 99 年 10 月 16 日之 WBGT 曲線圖.....	49
圖 4-52	南部 99 年 10 月 17 日之 WBGT 曲線圖.....	49
圖 4-53	南部 99 年 10 月 25 日之 WBGT 曲線圖.....	50
圖 4-54	南部 99 年 11 月 11 日之 WBGT 曲線圖.....	50
圖 4-55	北部 99 年 9 月 28 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	58
圖 4-56	北部 99 年 9 月 28 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	58
圖 4-57	北部 99 年 9 月 30 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	59
圖 4-58	北部 99 年 9 月 30 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	59
圖 4-59	北部 99 年 10 月 9 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	60
圖 4-60	北部 99 年 10 月 9 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	60
圖 4-61	北部 99 年 11 月 11 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	61
圖 4-62	北部 99 年 11 月 11 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	61
圖 4-63	北部 99 年 12 月 6 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	62
圖 4-64	北部 99 年 12 月 6 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	62
圖 4-65	中部 99 年 11 月 12 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	63
圖 4-66	中部 99 年 11 月 12 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	63
圖 4-67	中部 99 年 11 月 20 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	64
圖 4-68	中部 99 年 11 月 20 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	64
圖 4-69	中部 99 年 11 月 21 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	65
圖 4-70	中部 99 年 11 月 21 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	65
圖 4-71	中部 99 年 11 月 22 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	66
圖 4-72	中部 99 年 11 月 22 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	66
圖 4-73	中部 99 年 11 月 23 日之酷熱指標與溫度迴歸分析.....	67
圖 4-74	中部 99 年 11 月 23 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析.....	67

表目錄

表 2-1	每小時作息時間比例之時量平均 WBGT 範圍.....	5
表 2-2	每小時作息時間比例之時量平均 WBGT 範圍.....	6
表 2-3	四種不同工作負荷之區分.....	7
表 2-4	每小時工作與休息時間比例之熱暴露建議值與行動標準(Action Limit, AL) 之時量平均綜合溫度熱指數(°C)範圍.....	8
表 2-5	體心溫度量測方法優缺點.....	11
表 2-6	熱壓力指數危險等級(運動生理學網址).....	14
表 3-1	黑球(輻射球)大小差別.....	15
表 3-2	高溫環境熱迫害監測計規格.....	20
表 4-1	上午北部數值整理分析.....	51
表 4-2	下午北部數值整理分析.....	52
表 4-3	上午中部數值整理分析.....	53
表 4-4	下午中部數值整理分析.....	54
表 4-5	上午南部數值整理分析.....	55
表 4-6	下午南部數值整理分析.....	56
表 4-7	北部 99 年 9 月 28 日複迴歸統計.....	58
表 4-8	北部 99 年 9 月 28 日複迴歸方程式.....	58
表 4-6	北部 99 年 9 月 30 日之複迴歸統計.....	59
表 4-7	北部 99 年 9 月 30 日之複迴歸方程式.....	59
表 4-8	北部 99 年 10 月 9 日之複迴歸統計.....	60
表 4-9	北部 99 年 10 月 9 日之複迴歸方程式.....	60
表 4-10	北部 99 年 11 月 11 日之複迴歸統計.....	61
表 4-11	北部 99 年 11 月 11 日之複迴歸方程式.....	61
表 4-12	北部 99 年 12 月 6 日之複迴歸統計.....	62
表 4-13	北部 99 年 12 月 6 日之複迴歸方程式.....	62
表 4-14	中部 99 年 11 月 12 日之複迴歸統計.....	63
表 4-15	中部 99 年 11 月 12 日之複迴歸方程式.....	63

表 4-16	中部 99 年 11 月 20 日之複迴歸統計.....	64
表 4-17	中部 99 年 11 月 20 日之複迴歸方程式.....	64
表 4-18	中部 99 年 11 月 21 日之複迴歸統計.....	65
表 4-19	中部 99 年 11 月 21 日之複迴歸方程式.....	65
表 4-20	中部 99 年 11 月 22 日之複迴歸統計.....	66
表 4-21	中部 99 年 11 月 22 日之複迴歸方程式.....	66
表 4-22	中部 99 年 11 月 23 日之複迴歸統計.....	67
表 4-23	中部 99 年 11 月 23 日之複迴歸方程式.....	67



第一章 前言與研究目的

1-1 前言

近年來全球討論的議題一直圍繞在氣候異常的問題上，每年氣候溫度的變化越來越大了，這幾年夏季溫度持續的升高，甚至冬天也毫無感覺到冬天的氣息，這種情況如果持續下去，許多生物與環境無法承受氣候如此大的變化，可想而知，氣候暖化的問題已影響了地球上的所有的生物。導致地球暖化主要原因是全球排放大量的碳，因為碳排放量的多寡是造成全球溫度上升重要因素，造成全球暖化的原因除了興建工廠以及土地過度開發外，還有能源使用率的問題，這些因素也是造成至今氣候嚴重的變化。因此在戶外工作的勞工們受到高溫下所曝曬，工作時間較長時勞工產生熱危害機率較高，尤其市區溫度往往比郊區或農地區域高出攝氏5度以上，因為植物葉子表面會產生水氣蒸發過程，使得整體溫度得以冷卻降溫，但當森林被砍伐而建造道路及高樓建築，上述冷卻降溫之功能將會大幅降低，這種效應簡稱為都市熱島效應。

1-2 研究目的

1. 割草作業對勞工造成之熱危害為主題。不只割草工作會造成熱危害，只要在戶外或室內為高溫環境下進行作業，勞工都會產生熱中暑等熱危害。因此為了防止熱危害對人體產生傷害，必須尋找各種方法解決問題。
2. 蒐集國內北、中及南部資料，再與國內及國外之相關標準進行分析。勞工割草作業時間約在早上八點到十二以及下午一點到五點左右，在這兩段時間資料研究最佳工作休息時間分配。
3. 利用酷熱指標(Heat Index)代替綜合溫度熱指標，再利用迴歸方法分析溫度和相對濕度對酷熱指標之相關性。



第二章 文獻探討

2-1 熱環境作業產生的危害

在高溫場所下工作，是許多產業中是很具有危險性的，尤其在戶外高溫底下作業更有高溫危險性的存在。例如：農業(割草等工作)、道路維修(鋪路等)、維持交通的警察等由於整天在戶外工作，長時間在熱環境下工作會產生身體不適的情況。長時間在高溫工作之下會造成體內熱調節機轉失調而造成熱衰竭(Heat exhaustion)、熱痙攣(Heat cramps)、熱暈厥(Heat syncope)或熱中暑(Heat stroke)等症狀，最後甚至於死亡，以上熱危害對我國勞工有非常大的威脅，因此要特別注意熱危害之防護。

2-2 綜合溫度熱指標

評估溫濕度環境的指標非常多，而我國衛生安全的法規中評估溫濕度條件所用的指標為「綜合溫度熱指標」(Wet Bulb Globe Temperature，簡稱 WBGT)是用來評估熱危害的重要指標。為了防止上述提及的職業傷害，保障勞工安全與健康，所以我國的勞工安全衛生法對高溫場所工作之勞工特別規範作息時間標準，除了明定高溫度場所每日工作時間不得超過六個小時以上，並且在特定 WBGT 之下，可分出輕、中、重度工作裡之實際工作和休息時間應有一定之配合。

在高溫環境工作下，人體必須藉著排汗的動作來排出體內的熱能量，以免體熱持續增加導致體溫上升；若在該溫度下工作，並非只要應付環境溫度，同時也要設法排除工作本身產生的代謝熱，這個時候熱調節機能和心臟血液循環系統必須有效的運作，否則心跳和溫度會不斷提升此時就會危害到生命。因此，高溫工作下對環境的熱壓力、工作負荷及工作者之生理反應皆必須同時兼顧。

人體代謝後的能量只有 0~25%的效率，其餘的都以熱方式散失在大氣之中，在環境溫度不變之下，工作時數越長時，所產生的代謝熱也越高，所以產生熱危害機率也越高。

2-3 熱危害指標

我國政府於民國 63 年 8 月發布及於 87 年 3 月修訂「高溫作業作息時間標準」是按照工作負荷之程度規定，採用平均綜合溫度熱指標及工作至休息時間互相配合的方法進行規範。另外，美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists，簡稱 ACGIH)於 1974 年所建議的熱暴露作息時間標準，有關於熱危害預防之標準分成六個部分，(1)熱危害議題的開始；(2)建立熱暴露建議值(Threshold Limit Value，簡稱 TLV)；(3)時量平均觀念導入；(4)TLV 基本假設與熱危害之評估、控制與管理；(5)熱壓力與熱應變評估流程；(6)將過去規範加以改善。

1. 熱危害議題的開始

對於熱危害的議題從 1960 年時就開始討論，當時由 Lind 提出兩個建議來保護熱暴露勞工。第一個在 1963 年提出三組不同代謝率(180kcal/h、300kcal/h 及 420kcal/h)及不同有效溫度(Corrected Effective temperature，簡稱 CET)進行量測。第二個在 1969 年世界衛生組織(World Health Organization，簡稱 WHO)提出如長時間在熱暴露之勞工體心溫度不得超過 38°C。

2. 建立熱暴露建議值(TLV)

在 1971 年 ACGIH 會議提出，並且在 1974 年正式將此建議進行採納。自 1957 年由 Yaglou 和 Minard 共同提出綜合溫度熱指數(Wet Bulb Globe Temperature，簡稱 WBGT)，作為評估熱環境之熱壓力的指標。其環境因

素包括：乾球溫度、濕球溫度及黑球(輻射)溫度作為 WBGT 評估指標。

3. 時量平均觀念導入

ACGIH 在 1976 年修訂無論是連續工作或間歇性工作都以時量平均 (Time Weighted Average, TWA) 的 WBGT 及代謝熱值作為平均值。

4. 熱暴露建議值基本假設與熱危害之評估、控制與管理

1990 年將把 Lind 所提出的兩個理論與實驗結果利用表格化呈現(表 2-1)，分成輕度工作、中度工作以及重度工作下每小時作息時間比例的 WBGT 溫度下分配工作與休息的時間。此表格中為假設在熱暴露下的勞工，但有許多可變因素尚未考慮，(1) 均經過熱適應(acclimatized)，若未經過熱適應之勞工者則 WBGT 值減 2.5°C；(2) 穿著厚重與輕便的衣服，如果穿著棉質材料較輕便工作服則 WBGT 值加 2°C；穿著冬天較厚重工作服則 WBGT 值減 4°C；全身防護衣則 WBGT 值減 10°C；(3) 定時補充水分；(4) 體心溫度不得超過 38°C；(5) 休息地點接近工作場所且 WBGT 溫度應比工作場所低。

表 2-1 每小時作息時間比例之時量平均 WBGT 範圍(ACGIH, 1990 年)

工作時間比例 工作負荷	連續工作	75%工作 25%休息	50%工作 50%休息	25%工作 75%休息
	輕度工作 【小於 200kcal/h】	30.0	30.6	31.4
中度工作 【200-350kcal/h】	26.7	28.0	29.4	31.1
重度工作 【350-500kcal/h】	25.0	25.9	27.9	30.0

(WBGT 值之單位為 °C)

5. 熱壓力與熱應變評估流程

ACGIH 在 2000 年時以熱應力與熱應變規範熱暴露建議值建議值，將表 1-1 表格加入經熱適應者與未經熱適應者作為分類。由表 2-2 所示。同時，也區分一般五種不同工作負荷模式，方便不同工作模式進行工作與休息分配。由表 2-3 所示。

表 2-2 每小時作息時間比例之時量平均 WBGT 範圍(ISO7243, 1989 年)

每小時 作息時間比 例工作負荷	經熱適應者				未經熱適應者			
	連續工 作	75%工 作 25%休 息	50%工 作 50%休 息	25%工 作 75%休 息	連續工 作	75%工 作 25%休 息	50%工 作 50%休 息	25%工 作 75%休 息
輕度工作	29.5	30.5	31.5	32.5	27.5	29.0	30.0	31.0
中度工作	27.5	28.0	29.5	31.0	25.0	26.5	28.0	29.0
重度工作	26.0	27.5	28.5	30.0	22.5	24.5	26.5	28.0
極重度工作	X	X	27.5	29.5	X	X	25.0	26.5

(WBGT 值之單位為 °C)

表 2-3 四種不同工作負荷之區分(ACGIH, 2000 年)

類型	活動事項
休息	靜止坐著 坐著時有微風吹動
輕度工作	坐著時手臂或腿部動作 站著時手臂操作工作台或機器，有時走動
中度工作	站著時從事擦洗工作 走路時提著中度提舉或重壓 走路速度達到 6 km/h 並提舉 3kg 之重物
重度工作	鋸木工作 鏟乾砂 非連續性實施重度工作 間歇性重物提舉推或放(如鏟或挖掘等工作)
極重度工作	鏟濕砂

6. 將過去規範加以改善

ACGIH 在 2007 年時將熱暴露建議值建議值修正為「每小時工作與休息時間比例之熱暴露建議值(Threshold Limit Value, 簡稱 TLV)與行動標準(Action Limit, 簡稱 AL)之時量平均綜合溫度熱指數(°C)範圍」,除了將「經熱適應者」及「未經熱適應者」修正為「TLV 建議值」與「AL 建議值」,且也修正了時量平均綜合熱溫度熱指數,將 TLV 建議值向上調整,AL 建議值減少。除了改變了上述之數值之外,也增加代謝熱值加以判別工作負荷的區分(表 2-4)。

表 2-4 每小時工作與休息時間比例之熱暴露建議值與行動標準(Action Limit, AL)
之時量平均綜合溫度熱指數(°C)範圍(ACGIH, 2006 年)

每小時 作息時間比 例工作負荷	熱暴露建議值				行動標準建議值			
	A	B	C	D	A	B	C	D
輕工作	31.0	31.0	32.0	32.5	28.0	28.5	29.5	30.0
中度工作	28.0	29.0	30.0	31.5	25.0	26.0	27.0	29.0
重工作	X	27.5	29.0	30.5	X	24.0	25.5	28.0
極重工作	X	X	28.0	30.0	X	X	24.5	27.0

註：上表簡稱 A:100%~75%; B:75%~50%; C:50%~25%; D:25%~0%

上述表格中所有不同工作量除了 ACGIH 所訂之外，在國際勞工聯盟 (International Labor Organization, 簡稱 ILO) 則將以代謝量分類標準訂為，輕度工作：150-300 kcal/h；中度工作：300-450 kcal/h；重度工作：450-600 kcal/h；另外，也依照心跳速度區分成，輕度工作：75-100 bpm (beat per minute)；中度工作：100-125 bpm；重度工作：125-150 bpm。

2-4 人體對熱積蓄及水分流失之熱危害

1. 熱危害除了研究氣候中的溫濕度之外，勞工生理上實際上產生熱應變間關係也必須列入重點研究；而以往長期以來對此一直欠缺有系統之研究。在高溫下進行工作的工人會使得體內發生熱積蓄以及水分流失等熱應變之生理危害。因此國際標準組織(International Standard Organization，簡稱 ISO)之標準方法 ISO-7933，就以勞工之熱蓄積(heat storage)及流汗脫水(dewatering)的角度求出容許工作時(Allowable Exposure Time，簡稱 AET)。在 ISO-7933 規範裡有許多未知參數必須要利用其他的規範之方法來進行研究，例如：代謝率(利用氧氣消耗率與二氧化碳產生來推估)、生理參數(含皮膚溫度、體心溫度)、物理參數(乾球、濕球以及黑球溫度與環境風速)之量測，及勞工衣著的熱絕緣與蒸發阻礙的判別，將分別依據 ISO-8996、ISO-9886、ISO-7726 以及 ISO-9920 所規範來進行此研究。
2. 熱能傳遞方法有傳導、對流、輻射及蒸發等四種方法。
 - (1) 傳導(conduction)：是兩種相接觸溫度不同之物體進行熱轉換。熱能從體內產生，由鄰近的組織，將熱能傳達至皮膚表面，再經由皮膚傳導出去至與皮膚接觸之衣服。
 - (2) 對流(convection)：對流是由液體或氣體的形式傳遞。當環境溫度比皮膚表面溫度低時，傳導和對流會將熱能帶走約 15%；如果人體在冷水中，因水的導熱性較高，經由傳導使身體熱能產生發散，將 26 倍於暴露在相同溫度的空氣環境中。
 - (3) 輻射(radiation)：在室內大約 21~25°C 時，輻射主要來自散熱，約有 60% 的身體熱能是利用輻射散發出來。

- (4) 蒸發(evaporation):是由液體轉化氣體所導致熱流失,靜態時,有 12%的熱能利用蒸發發散出來。

3. 溫濕度與散熱

- (1) 濕度是空氣中水的含量指標,一般稱為相對濕度。台灣濕度大約在 70~80%間,因此在夏天時會讓人感覺悶熱。
- (2) 當濕度高時,表示空氣中的水分子較多,而會降低吸收水分的能力,因此,高濕度會降低蒸發及散熱,相反之,低濕度會提高蒸發及散熱。
- (3) 濕度會影響人體對熱壓力的知覺。當濕度在 10%左右之低濕度環境下,雖然流許多汗,但因為蒸發及散熱佳,使人不自覺在流汗;但濕度在 90%左右之高濕度環境下,由於空氣幾乎飽和於水分,只有少許的汗水可蒸發,熱能存在體內不易排出,容易產生中暑。

4. 人體正常體溫

- (1) 人體體溫並非恆常不變,會因為空氣溫度、運動情況及衣物穿的多寡等影響而變動。人體體溫正常大約於攝氏 37 度左右,在運動之後體溫會上升 1°C 左右,但是當體溫異常上升至 38°C 則有可能為產生熱疾病。

量測體溫方法有很多,最常用為下列這四種:

- a. 直腸溫:量測時將體溫計插入直腸中而獲得數據,就是為肛溫。
- b. 耳溫:利用紅外線取得耳膜的溫度,如耳溫槍等。
- c. 舌下溫:利用溫度計測量舌下的溫度,此方法通常比直腸溫低 0.3°C 至 0.8°C。

d. 腋下溫：也是利用溫度計量測腋下皮膚的溫度，此方法較容易受到外界溫度的影響，因此其量測出來的值會比直腸溫低 0.5°C 至 1.5°C。

(2) 量測體溫方法有多種，有些方法是必須放在人體內進行測量，並不是每個人可以接受，例如：直腸溫及食道溫，但是這兩種測量方法取到溫度是最準確。表 2-5 中分類出體心溫度量測方法之優缺點。

表 2-5 體心溫度量測方法優缺點(2002, 羅)

	優點	缺點
食道溫	1. 最接近溫度調節中心血液的溫度	1. 無法紀錄平均溫度 2. 會受到唾液溫度的影響 3. 侵入性高
肛溫	1. 可提供體內平均溫度	1. 腿部運動時會高估數值 2. 侵入性高，不易工作間量測
口溫	1. 測量容易 2. 侵入性低	1. 會受到測量者呼吸所影響
耳道溫	1. 可以為頭部溫度的參考	1. 會受環境溫度及臉部溫度所影響
鼓膜溫	1. 測量位置固定	1. 受局部交換熱影響 2. 稍微疼痛
尿溫	1. 檢測容易 2. 不具侵入性	1. 受外在因素所影響
腋溫	1. 檢測容易 2. 不具侵入性	1. 受到流汗量影響大 2. 與體心溫度稍有差異

- (3) 人類的下視丘是負責體溫調節，藉著皮膚感覺到冷熱正確的提供體溫，利用下視丘傳達溫度以平衡體溫。當在運動或工作時，身體的血液溫度會因為身體產生代謝熱而升高，這時，中樞神經會傳達訊息下視丘，使血管擴張及血液流速會加快，將過多的熱能利用傳遞、對流及輻射等方法散失體外。但是，體溫若無法降低的話，再藉由流汗方法使得體溫降低，這就是當我們運動或工作時會流汗及心跳加速的原因。

2-5 傳統WBGT儀器量測方法與架設

WBGT綜合溫度熱指標儀器可分傳統式WBGT與直讀式WBGT。

- (1) 傳統式WBGT：其黑球直徑為15公分，各水銀溫度計之精密度為 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，使用前必須將溫度計進行校正（黑球溫度計是球心放入校正，而乾球溫度計、濕度溫度計也必須在環境中校正），由圖2-1和圖2-2之表示。傳統式因為無法記憶每秒的溫度，同時攜帶也困難，因此將傳統式WBGT淘汰換取直讀式WBGT。

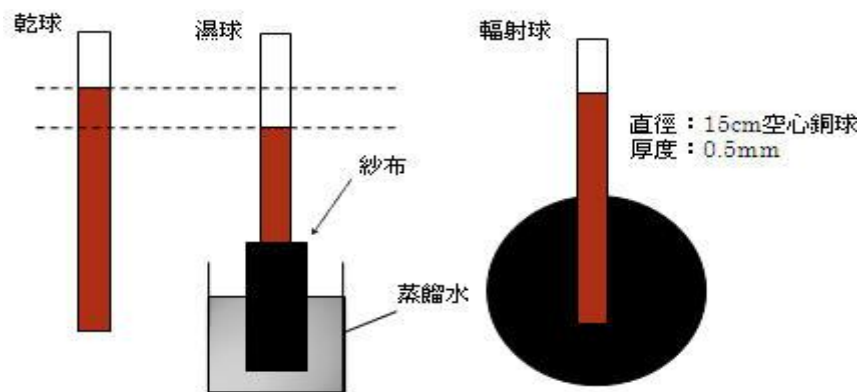


圖2-1 傳統WBGT量測方法

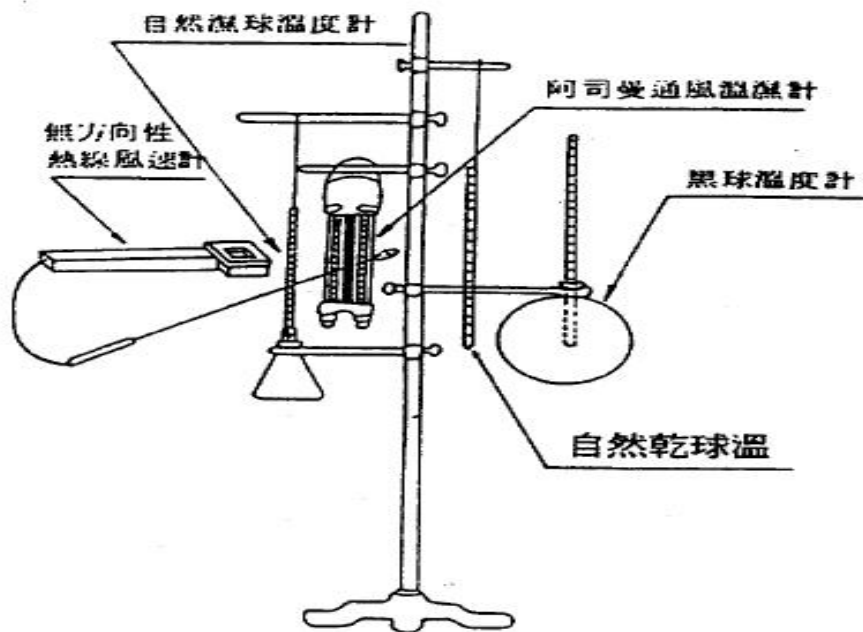


圖 2-2 傳統 WBGT 儀器架設 (勞工安全衛生研究所, 1999)

- (2) 直讀式WBGT：其黑球直徑為15公分，儀器的精密度為 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，可以連續記憶每秒的WBGT溫度，在量測前也必須要進行校正。現在市面上已有許多直讀式WBGT，可以攜帶著到處測量不同地點溫度。

2-6 酷熱指標與WBGT指標比較

1. WBGT數值需要量測乾球溫度、濕球溫度以及輻射球溫度(黑球溫度)，濕球溫度和輻射球溫度數值較難取得。以溫度和相對濕度較容易取得，將數值進行加權為酷熱指標(Heat Index, HI)，過去文獻中實驗都是以WBGT溫度進行環境評估，因此本研究再加入酷熱指標進行環境溫度評估。
2. 酷熱指標(Heat Index)：酷熱指數是由溫度、濕度比數據計算出的綜合指數，是反映人體是常溫下的舒適性。若酷熱指數超過攝氏32度時，每上升一度，產生中暑機會增加兩倍，如表2-6所示。

表2-6 酷熱指數危險等級(運動生理學網站，2010)

酷熱指數 (°C)	危險等級	可能產生熱危害種類
低於26.7	無	沒有危險或很少危險發生
26.7-32.2	警戒	長時間的身體活動容易出現疲勞
32.2-40.6	極度警戒	長時間的身體活動可能出現熱痙攣(Heat cramps)或熱衰竭(Heat exhaustion)
40.6-54.4	危險	長時間的身體活動可能出現熱痙攣、熱衰竭及熱中暑(heat stroke)
54.4以上	極度危險	立即產生熱中暑

3. 以下公式為利用華氏溫度及相對濕度計算出酷熱指標的公式，當溫度80°F(約攝氏27度)以上以及濕度比40%以上時，這個公式才會具有影響力。(2006，徐)

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

其中，T=環境溫度，以華氏溫度為主
R=相對濕度(百分比)

$$c_1 = -42.379$$

$$c_2 = 2.0$$

$$c_3 = 10.14$$

$$c_4 = -0.22$$

$$c_5 = -6.8 \times 10^{-3}$$

$$c_6 = -5.5 \times 10^{-2}$$

$$c_7 = 1.23 \times 10^{-3}$$

$$c_8 = 8.5 \times 10^{-4}$$

$$c_9 = -2 \times 10^{-6}$$

第三章 材料與方法

3-1 實驗器材

本文研究儀器主要為一台高溫環境熱應力監測計(泰仕公司,型號TES-1369),用以量測及記錄高溫熱環境的資料。監測計使用乾球、濕球以及黑球作為量測的感測器(圖 3-1)。乾球,是感應周遭的溫度,就像一般溫度計所量測出之溫度。濕球,是感應蒸發冷卻的考量並且提供一個獨立個別的濕度影響指示。濕球的表面外面包了一片濕紗布且未遮蔽外界氣動所得的溫度。在濕球裡放進蒸餾水,讓濕紗布確切吸入蒸餾水情況下量測(圖 3-4)。黑球,是感應暴露於周圍環境的直接陽光照射或高溫物體下提供一個獨立個別的熱輻射影響指示。其為在一定規格之中空黑色不反光之銅球,中央插入溫度計所測量出的溫度(圖 3-2),本儀器可將分成於感應器平台與儀器機台(圖 3-3),用處在於量測較高溫環境且會影響到儀器機台表面損壞(圖 3-5),利用 RS-232 延長線將儀器機台放置於常溫下進行量測。該公司有附給半徑 2" 與 6" 之兩種輻射球,這兩種尺寸不同的黑球各有優缺點(如表 3-1 所示),因實驗量測必須準確,故選擇 6" 之黑球進行量測。

表 3-1 黑球(輻射球)大小差別

黑球(輻射球)直徑	2"	6"
準確度	較低	較高
消耗容量	較少	較多

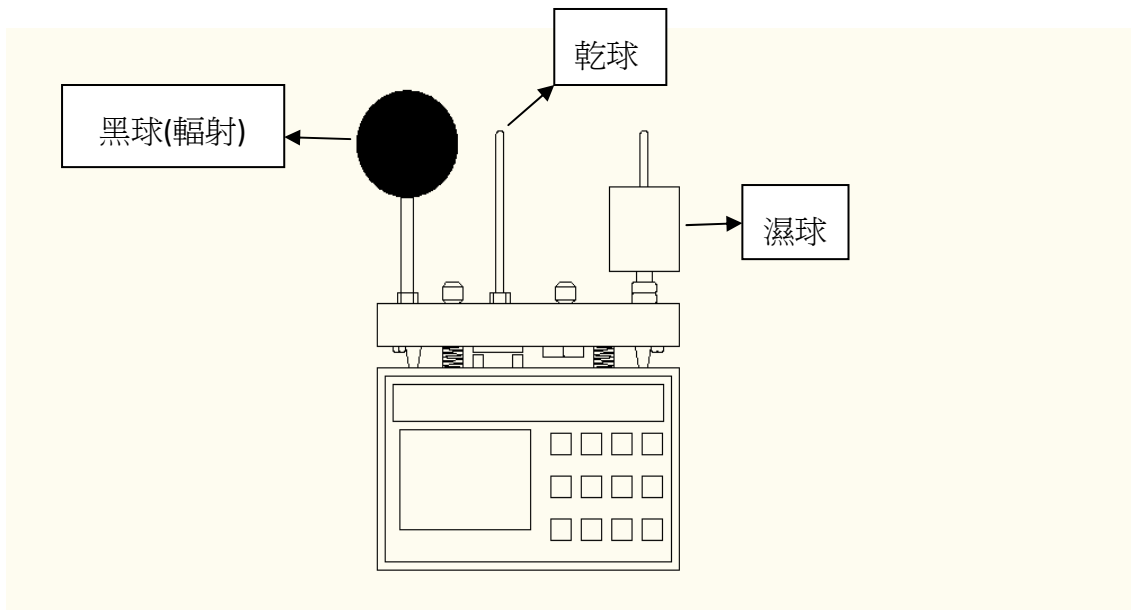


圖 3-1 高溫環境熱應力監測計簡圖



圖 3-2 高溫環境熱應力監測計



圖 3-3 高溫環境熱應力監測計之感應器平台與機台



圖 3-4 高溫環境熱應力監測計與蒸餾水



圖 3-5 高溫環境熱應力監測計正面

3-2 量測規格

在一般的溫度計中量測出來的參數就只有空氣中的溫度，無法量測到輻射溫度與濕度等等重要的參數。在 TES 高溫環境熱應力監測計裡可以量測出許多的數據，

- a. 輻射球溫度 (Globe temperature,GT)： 將一支溫度感應器置入黑色球體中，測量其暴露於周遭環境下之溫度。黑球溫度提供該環境下的平均輻射示。

- b. 乾球溫度 (Dry bulb temperature,DB)： 將一支溫度感應器置入於空氣中，測量其暴露於周遭環境下之空氣溫度。

- c. 濕球溫度 (Wet bulb temperature, WB)： 將一支溫度感應器披覆於濕潤的棉線，測量其暴露於周遭環境下之溫度。濕球溫度提供了人體經由蒸發而導致冷卻量的指示值。
- d. 室內輻射球濕球溫度 WBG_{Tin}： $WBG_{Tin} = 0.7WB + 0.3GT$ 。
- e. 室外輻射球濕球溫度 WBG_{Tout}： $WBG_{Tout} = 0.7WB + 0.2GT + 0.1DB$ 。
- f. 相對濕度 Relative Humidity(ϕ)：在大氣空氣中，水蒸氣質量(m_v)與當時溫度所對應之飽和空氣所含之水蒸氣質量(m_g)比值。即 $\phi = \frac{m_v}{m_g}$ ，若已達到飽和空氣 ($m_v = m_g$)，則 $\phi = 1$ 。故 ϕ 值介於 0 至 1 之間。
- g. 濕指標 Humidex：濕指標首先使用於加拿大，概念起於與熱指標相同，但數值有稍微不同。此濕指標定義所涵蓋的溫度範圍為 21°C 至 43°C 及相對濕度範圍為 20% 至 99%。超過這範圍此儀器是無法顯示出來的。

其中，室內輻射球濕球 WBG_{Tin} 和室外輻射球濕球 WBG_{Tout} 之計算公式為加權平均三個數值，WB 為濕球溫度、GT 為輻射球以及 DB 為濕球。上列所有的指標可以在此儀器利用 RS-232 傳輸線將所有參數傳至電腦，並且可以儲存 512 MB 的

記憶容量，記憶 150,000 組資料。此儀器可量測範圍為溫度-5°C 至 60°C，在台灣平地的溫度皆在這範圍裡，但若拿到高山上的話，量測出來的數據可能為亂數無法辨識溫度。就像濕度範圍從 0% 至 100%，有時候早晨濕度會超過此量測範圍，就會產生亂數無法辨識。儀器詳細規格如表 3-3：

表 3-3 高溫環境熱應力監測計規格(泰仕網站，2010)

測量項目	輻射球、乾球與濕球
測量計算項目	室內 WBGT _{in} 、室外 WBGT _{out} 、相對濕度、酷熱指數、濕潤指數及露點
溫度測量	感應器：NTC
	範圍：-5°C 至 +60°C (23°F 至 140°F)
	解析度：0.1°C/0.1°F
記憶容量	準確度：±0.5°C/±0.9°F
	手動：99 組
操作條件	自動：15000 組
	-5°C 至 60°C (23°F 至 140°F)，0%RH 至 100%RH(未凝結)
電源	一只 9V 電池或交流電源轉換器
電池壽命	約 100 小時
尺寸	221(高) × 154(寬) × 53(厚) 單位為 mm
重量	約 1000g
附件	說明書、電池、RS-232 纜線、CD 軟體、交流電源轉換器、10 米感應器纜線、2" 輻射球以及 6" 輻射球

3-3 實驗步驟

高溫環境熱壓監測計可以量測室內與室外的溫濕度。在室內量測時就只要把儀器放在想要量測的點即可。若儀器是無法承受過高的溫度，要把感應器平台與機身分開，可以利用纜線將感應器與機身分開 10 公尺遠處(圖 3-6)。如此特別適用於室外量測，這樣以防遇到下雨時將機身淋濕而損壞。

要實施量測 WBGT 之前的準備，首先確定濕球棉線是否乾淨，將濕球容器裡加滿蒸餾水不能加自來水，因為用一般自來水會導致濕球棉線產生雜質，因為有雜質時會量測出來的數據會有影響導致水分蒸發的速率會改變。所用的棉線也是有規格的，太厚或者太薄都是不符合標準，何況棉線的緊密度也是有要求的。儀器測量時置於工作區域中之安全位置約離開地面約 1.1 公尺高(約與肩同高)，建議利用腳架固定儀器來使避免有任何可能阻隔輻射熱或氣流之處，腳架的設計也是要注意，以免被一陣風將把儀器吹倒(圖 3-7)。進行測量前必須要進行溫度等參數穩定 10 分鐘左右，達到熱平衡狀態。



圖 3-6 感應器平台與機台利用纜線連接



圖 3-7 腳架支撐感應平台

第四章 結果與討論

4-1 WBGT 測量結果

利用儀器進行量測，地點分成：北部與中部；每次量測必須量八小時，分成上午八時至十二時及下午十三時至十七時兩個時段。將使用自動記憶模式紀錄，紀錄間隔時間可以設定 1 至 59 秒或者 1 至 60 分鐘紀錄一個參數，此研究是每秒取一次參數，每次記錄七至八小時裡的參數應有兩千多筆以上。北部地區量測的地點為台灣大學生物產業機電系之動力機械實驗室前；中部地區量測地點為住宅區；南部地區量測地點為國立成功大學。

本研究是以割草工作為主題，割草工作將區分為中度工作及重工作，由美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 簡稱 ACGIH)規範，在不同的綜合溫度指標下可以將中度工作及重工作的工作時間以及休息時間進行不同分配。工作時間分為兩個時段，上午 9 點至中午 12 點以及下午 13 點至下午 16 點。由表 4-1 至表 4-6 分成北部、中部以及南部三個地區之兩個時段的工作及休息之時間分配。

因為這次研究主要的是測量室外的綜合溫度指標，WBGT 溫度曲線圖可以分成兩張不同的曲線圖，一為全部參數之曲線圖，另一為 WBGT 曲線圖。不過，南部量測儀器的不同，因此只有 WBGT 曲線圖。

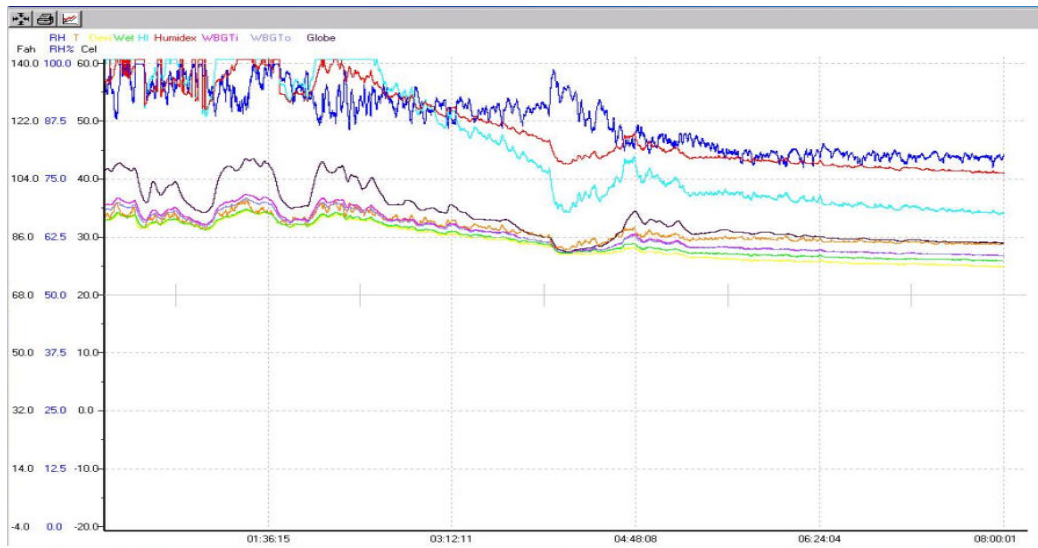


圖 4-1 北部 99 年 9 月 27 日之全部參數曲線圖

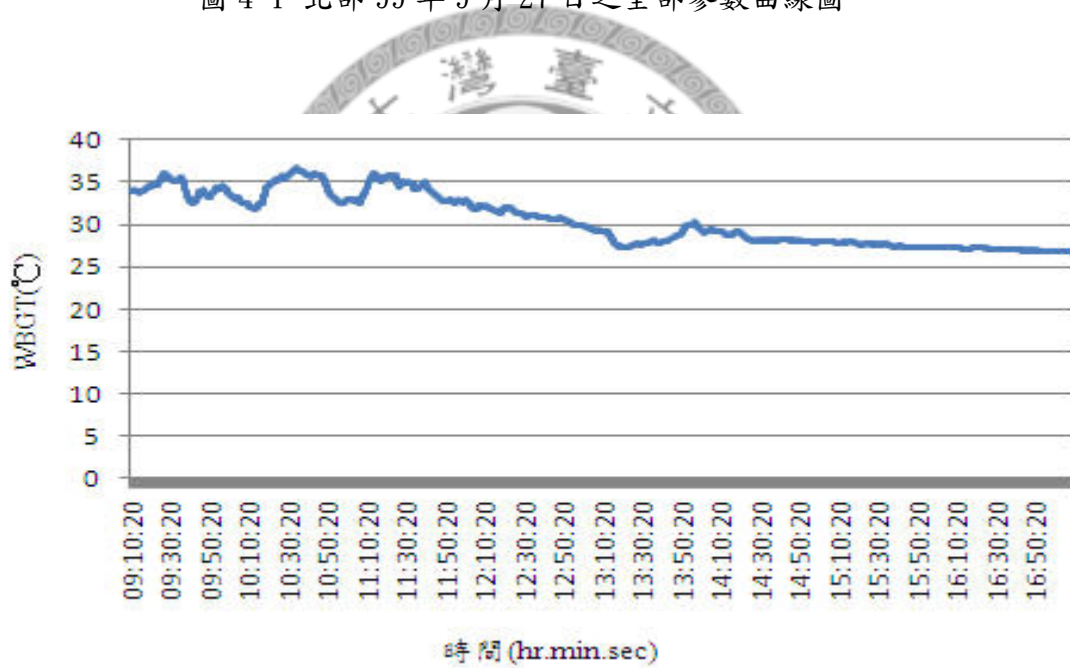


圖 4-2 北部 99 年 9 月 27 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-1 及圖 4-2 可知，上午天氣為晴朗，直到下午有短暫陣雨。因九月入秋，天氣為晝長夜短，五點時天色逐漸變暗，因此四點左右溫度也慢慢往下降。此研究量測時間為七至八小時，只要雨量並不是很大時實驗不會中斷，所以在參數曲線圖變化較明顯。

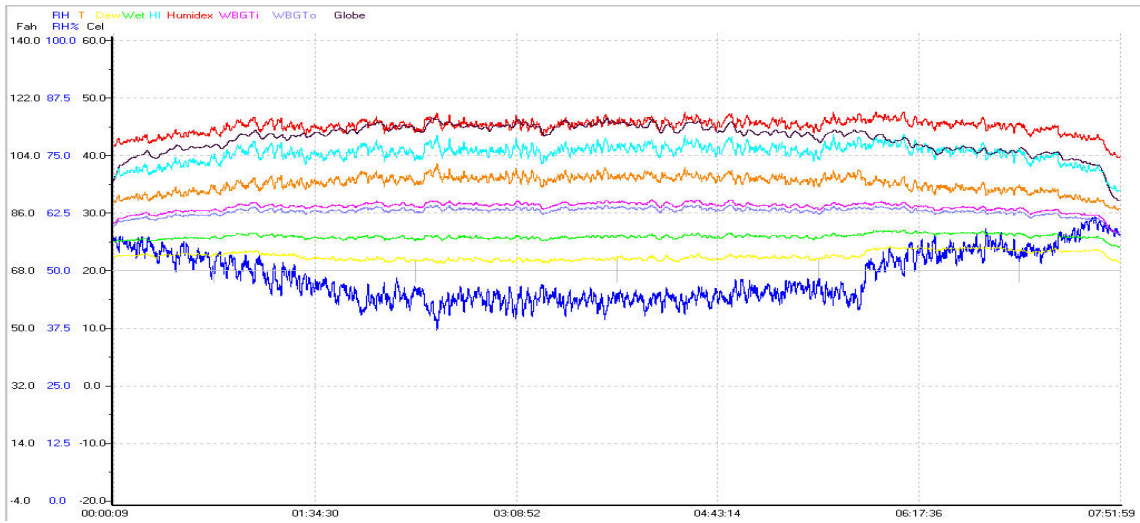


圖 4-3 北部 99 年 9 月 28 日全部參數之曲線圖

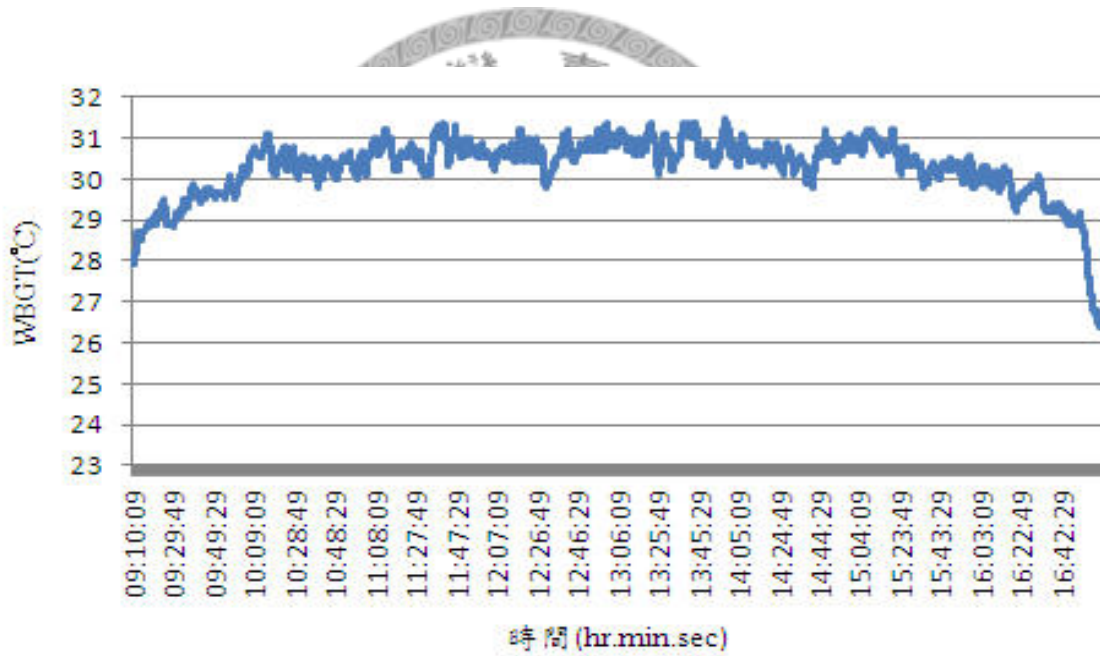


圖 4-4 北部 99 年 9 月 28 日之 WBGT 曲線圖

當日環境：由圖 4-3 及圖 4-4 可知，一天溫度曲線圖變化穩定，綜合溫度指標都是在 30°C 左右，以達到熱危害標準值。下午四點之後氣候溫度逐漸下降，綜合溫度指標也跟著溫度下降。

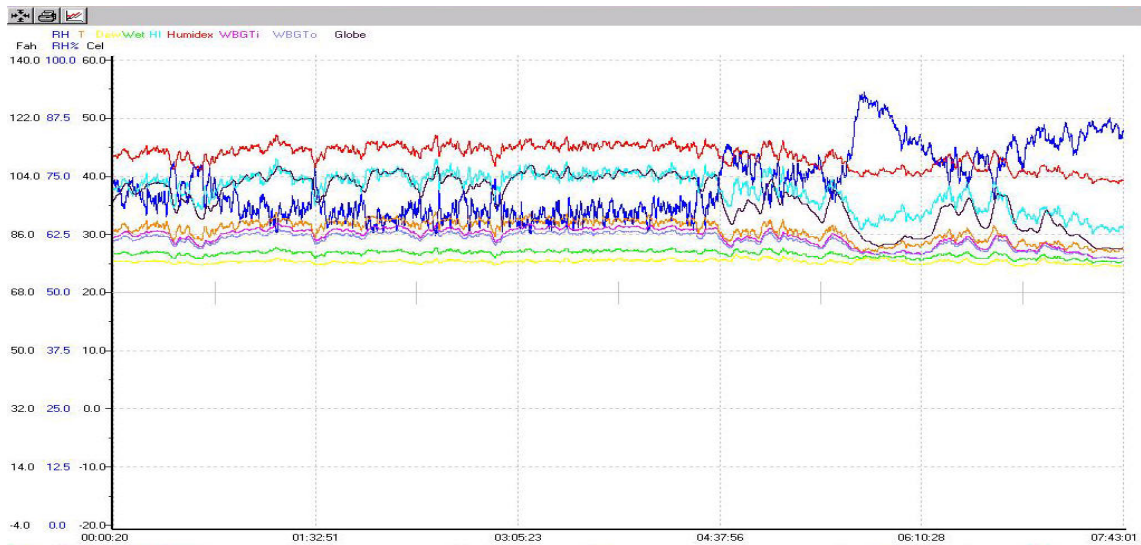


圖 4-5 北部 99 年 9 月 30 日全部參數之曲線圖

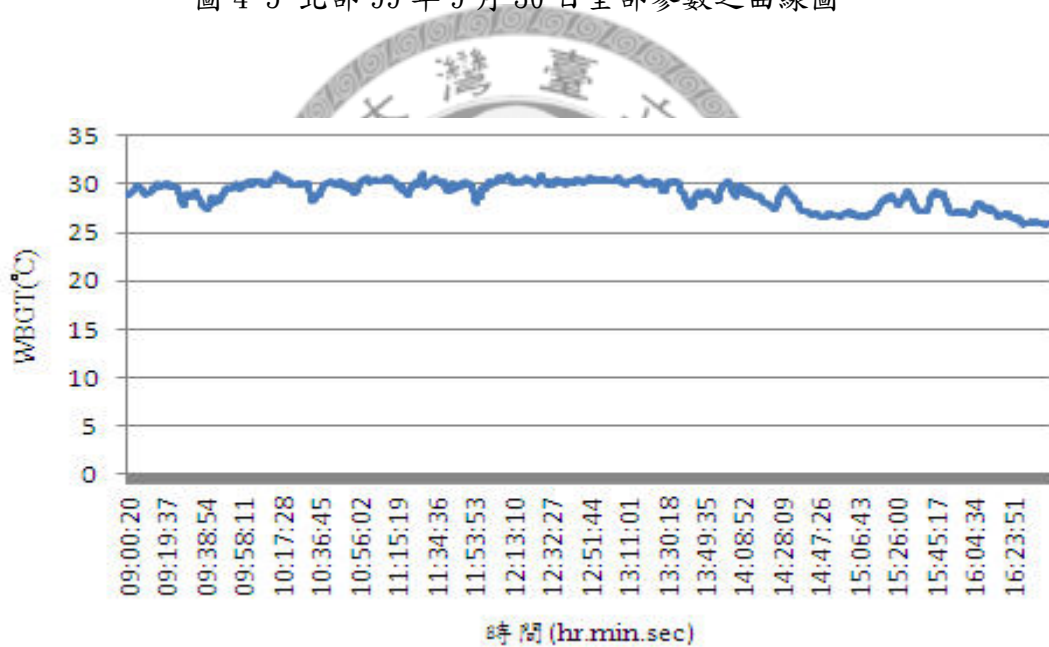


圖 4-6 北部 99 年 9 月 30 日 WBGT 之曲線圖

當日氣候環境：因受到東北季風影響，當天氣象局發布大雨特報。量測之前，有短暫細雨，直到九點量測開始雨量漸漸停止，對實驗量測並不影響。直到下午兩點至三點期間有午後陣雨，由圖 4-5 及圖 4-6 可知，這段時間參數曲線圖有較大變化及綜合溫度指標也有明顯下降。

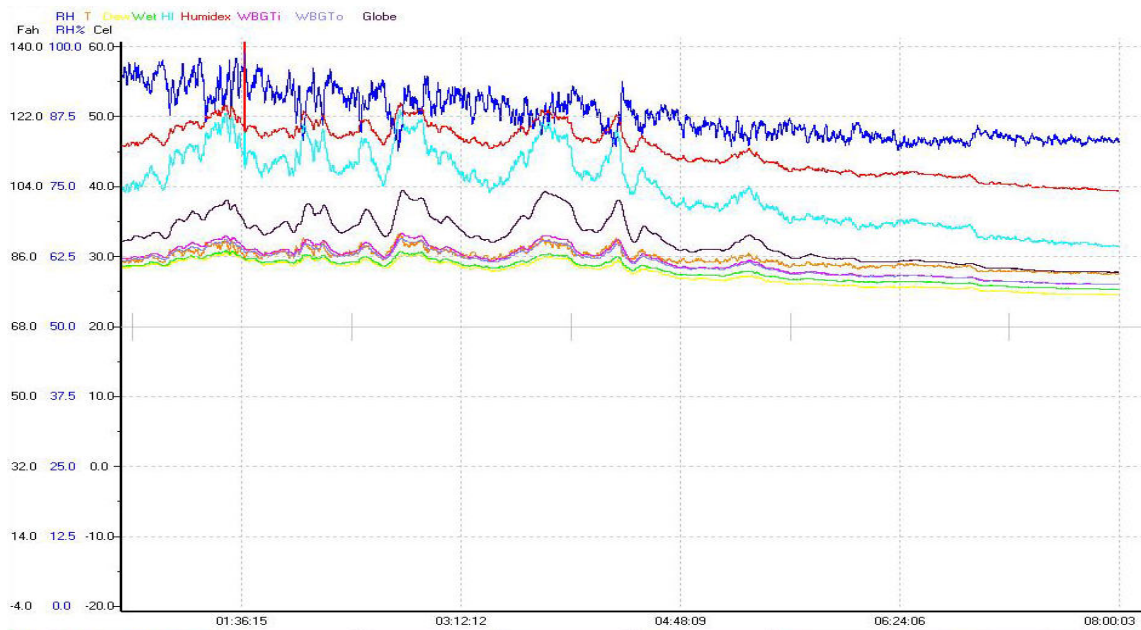


圖 4-7 北部 99 年 10 月 7 日之全部參數曲線圖

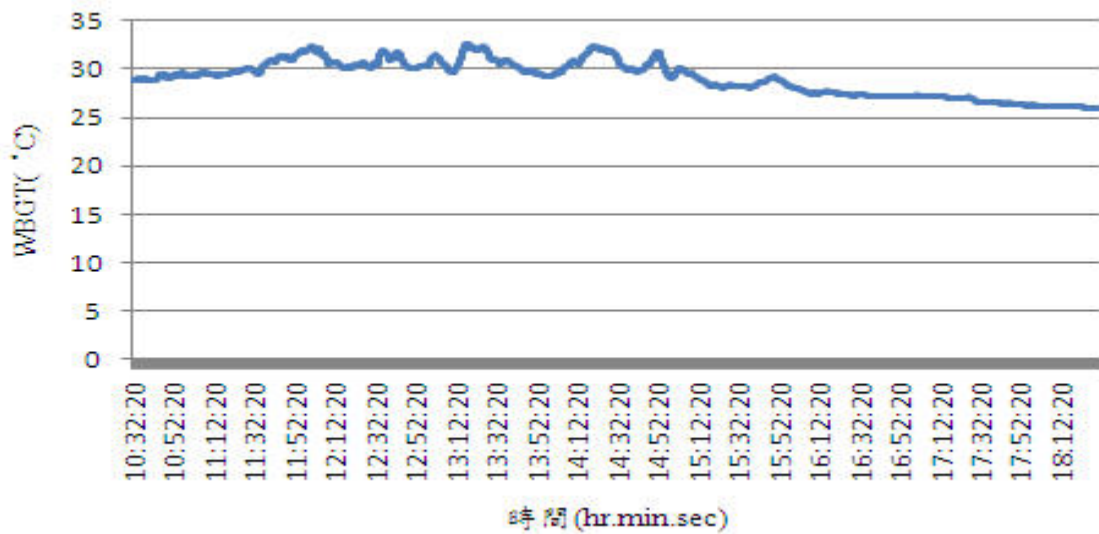


圖 4-8 北部 99 年 10 月 7 日之 WBGT 曲線圖

當日環境：當天溫度是呈現穩定狀態，溫度最高為中午左右大概約 32.6°C，建議這段時間盡量不要進行割草工作。由圖 4-7 及圖 4-8 可知，下午三點之後溫度慢慢降低，因此割草等工作可以選擇下午時實施。

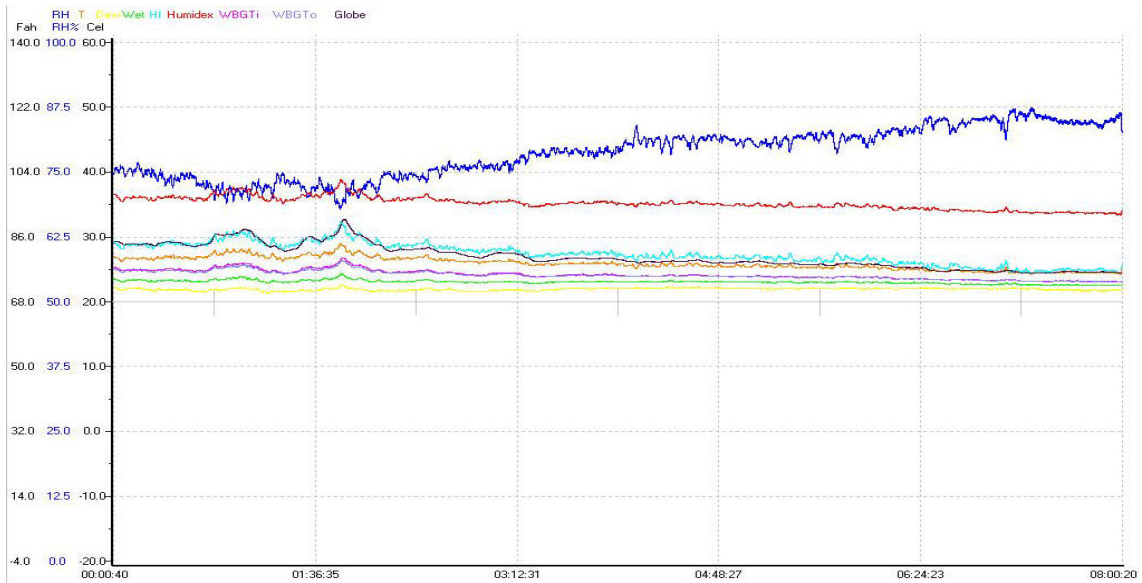


圖 4-9 北部 99 年 10 月 9 日之全部參數曲線圖

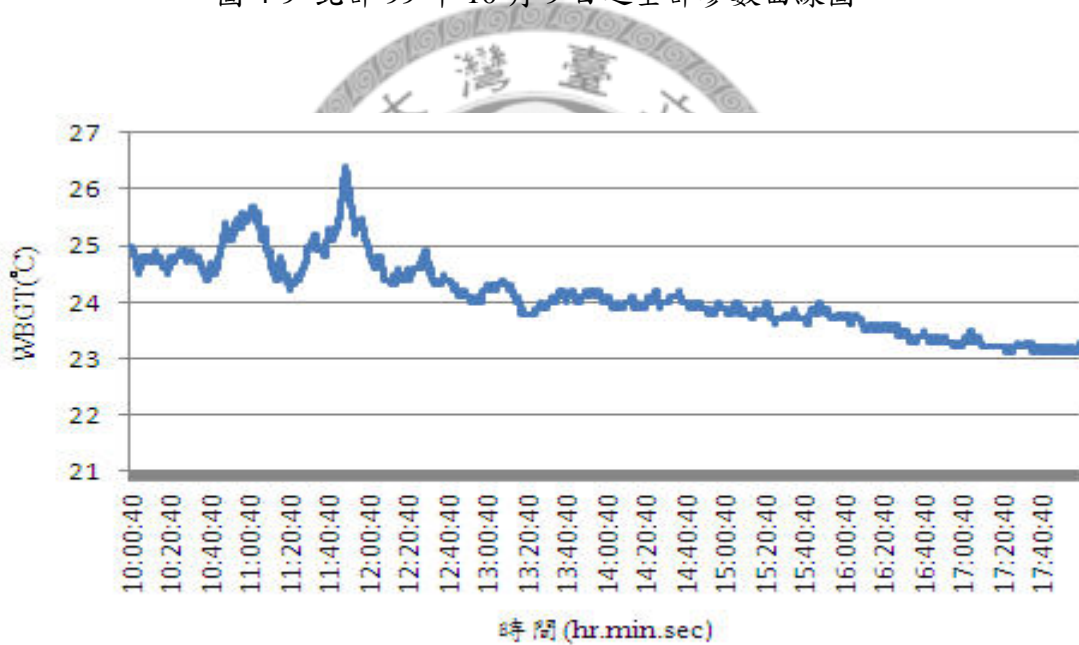


圖 4-10 北部 99 年 10 月 9 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：因為進入冬天季節所以天氣慢慢轉涼了。在此情況下，量測出來的數據偏低，適合實施各種工作。由圖 4-9 及圖 4-10 表示，最高之綜合溫度指標約 26.5°C 左右，做任何工作都可達到最低標準實施。

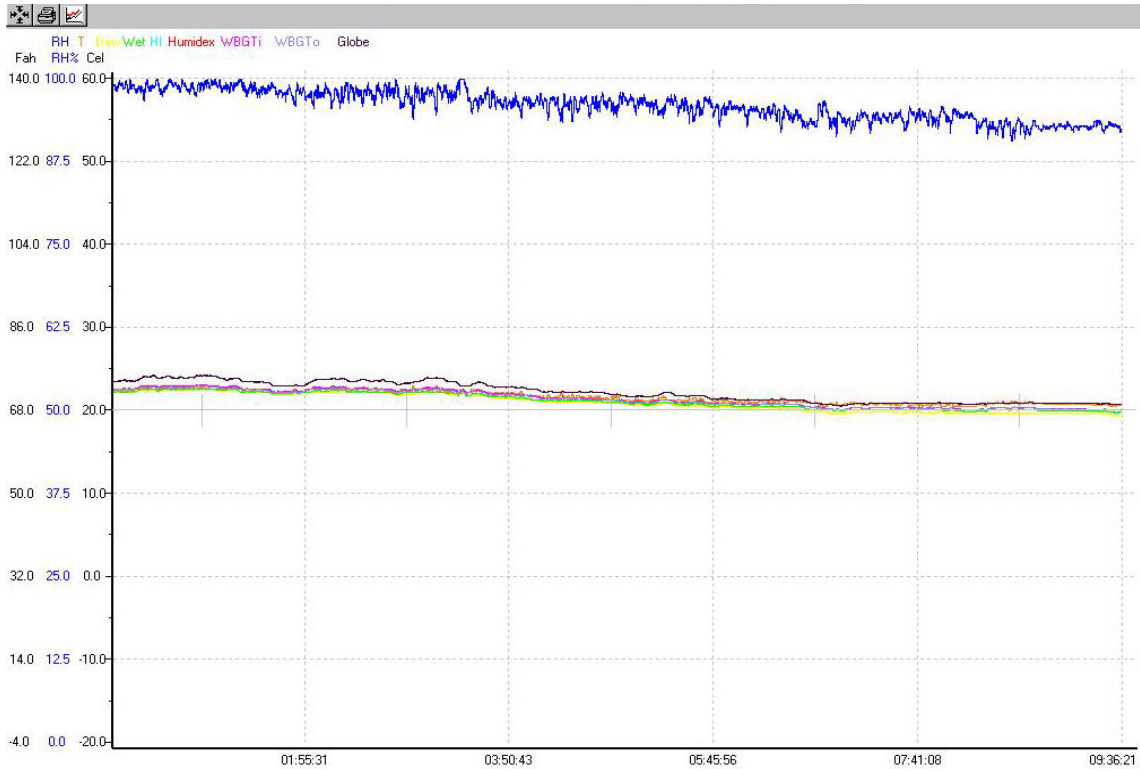


圖 4-11 北部 99 年 11 月 3 日之全部參數曲線圖



圖 4-12 北部 99 年 11 月 3 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：以圖 4-11 及 4-12 可知，今天溫度依然偏低，最高綜合溫度指標約 22.8°C 左右，在勞工安全標準值中是都符合熱危害標準之下。

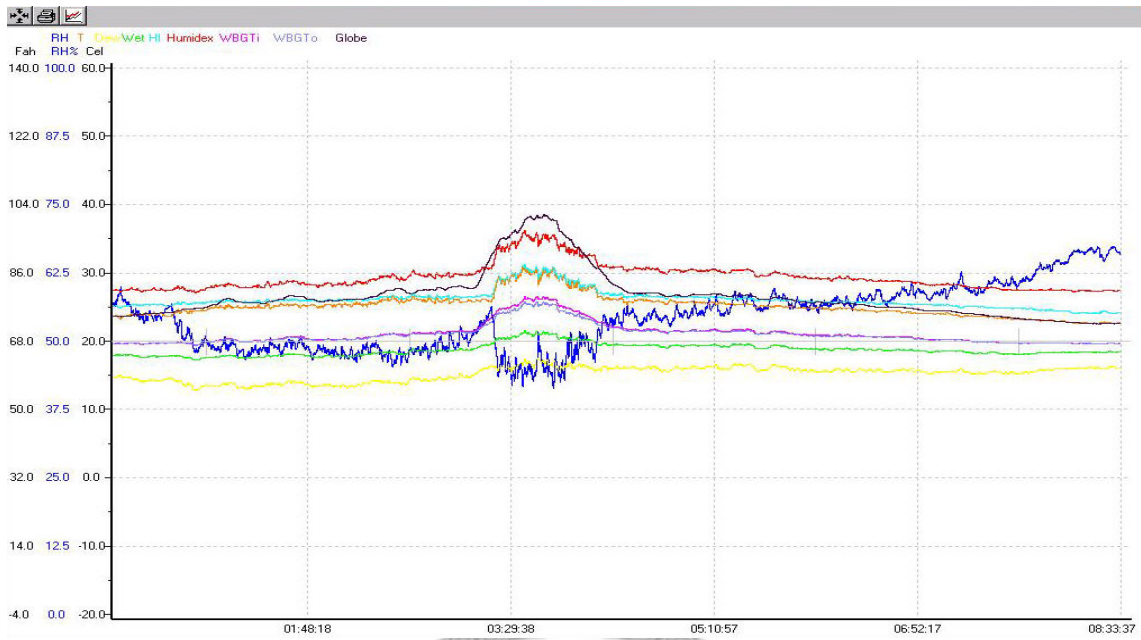


圖 4-13 北部 99 年 11 月 11 日之全部參數曲線圖

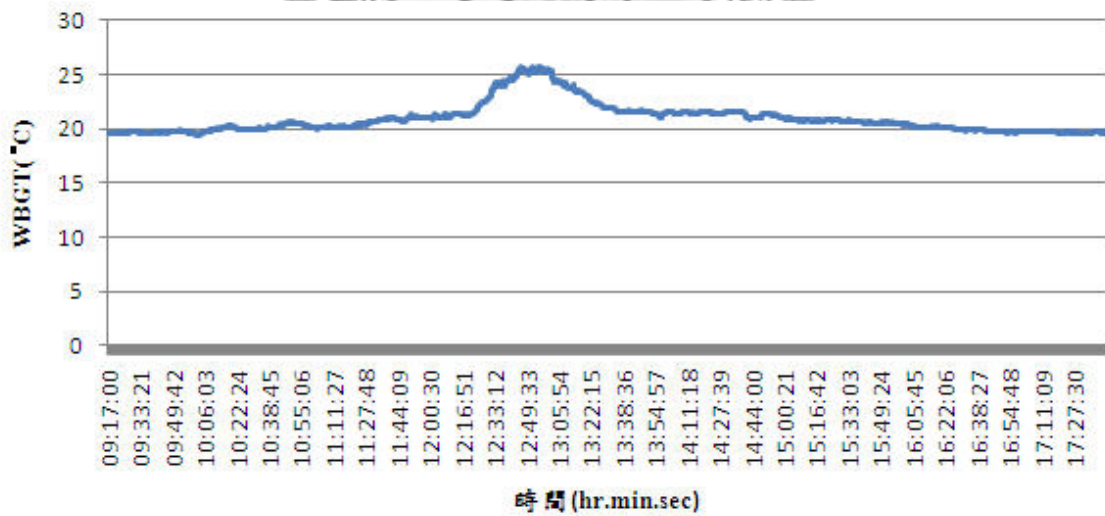


圖 4-14 北部 99 年 11 月 11 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-13 及圖 4-14 可知，綜合溫度指標最高為 25°C 左右，低於勞工安全範圍內，無論在重、中及輕度工作都可以以連續工作標準進行。

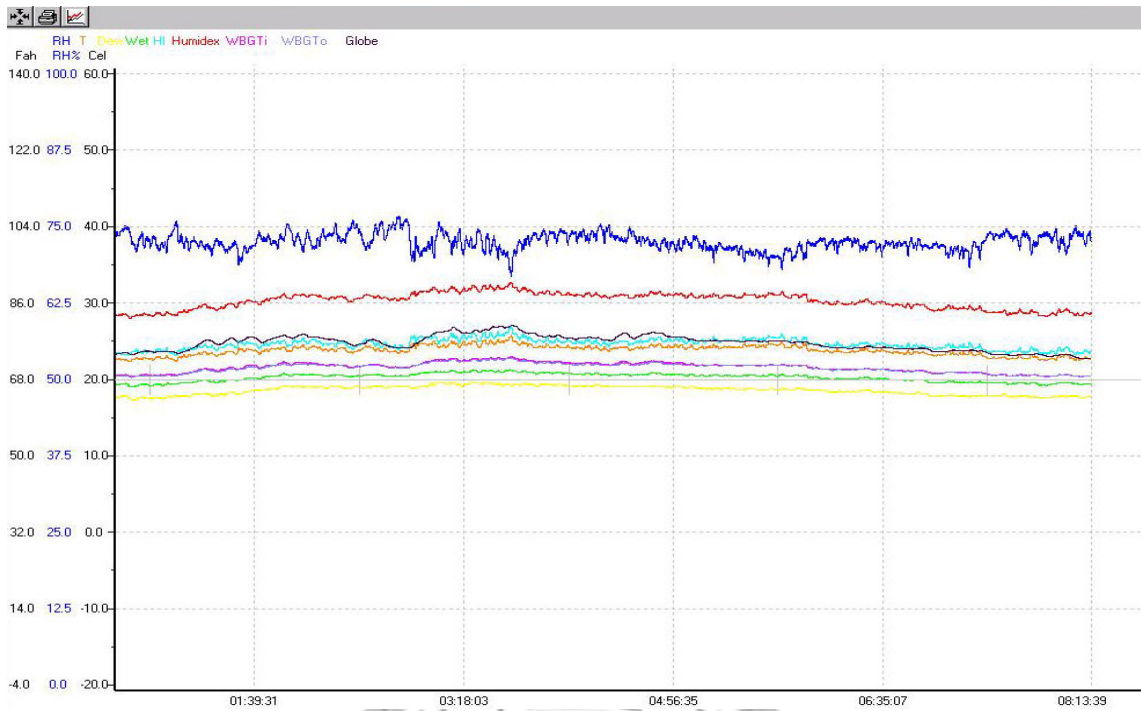


圖 4-15 北部 99 年 12 月 2 日之全部參數曲線圖

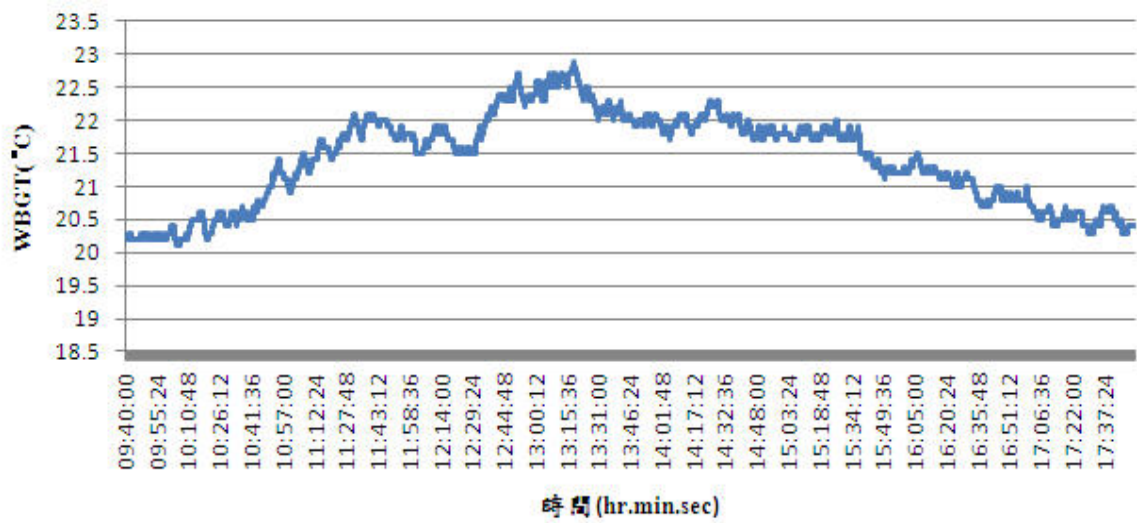


圖 4-16 北部 99 年 12 月 2 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-16 及圖 4-17 可知，在下午一點時為綜合溫度指標最高，大約 23°C 左右。此日都是在勞工安全規範內只要適當工作及休息即可。

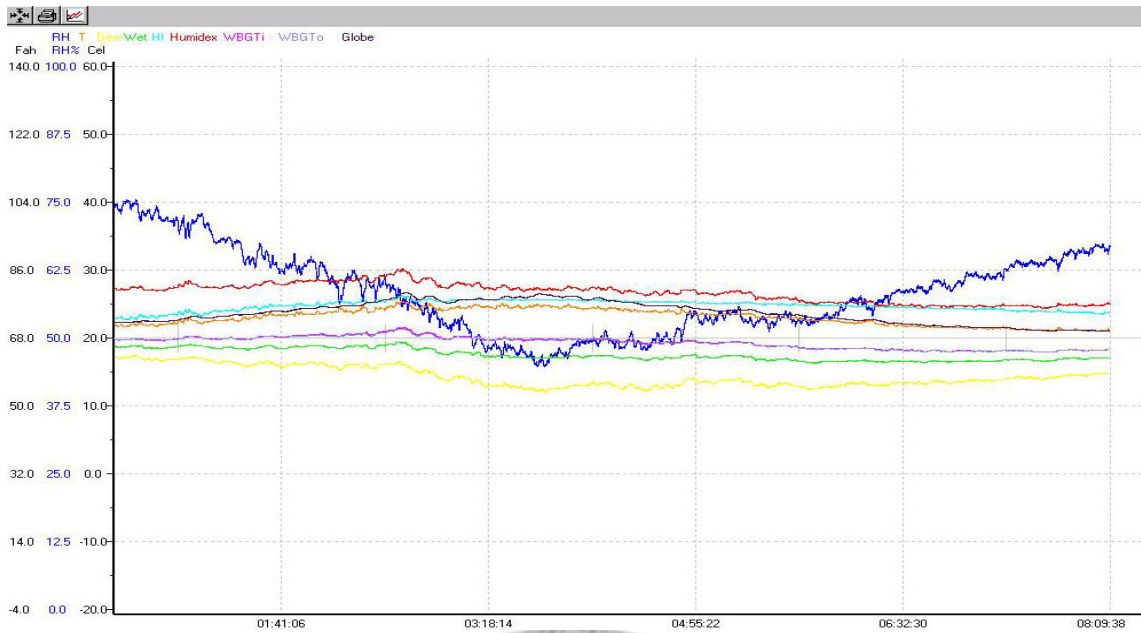


圖 4-17 北部 99 年 12 月 6 日之全部參數曲線圖



圖 4-18 北部 99 年 12 月 6 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-17 及圖 4-18 可知，綜合溫度指標最高在中午 12 點左右約 21.5°C，此最高溫度可以利用連續工作進行工作，只要適當休息就能降低熱危害產生。

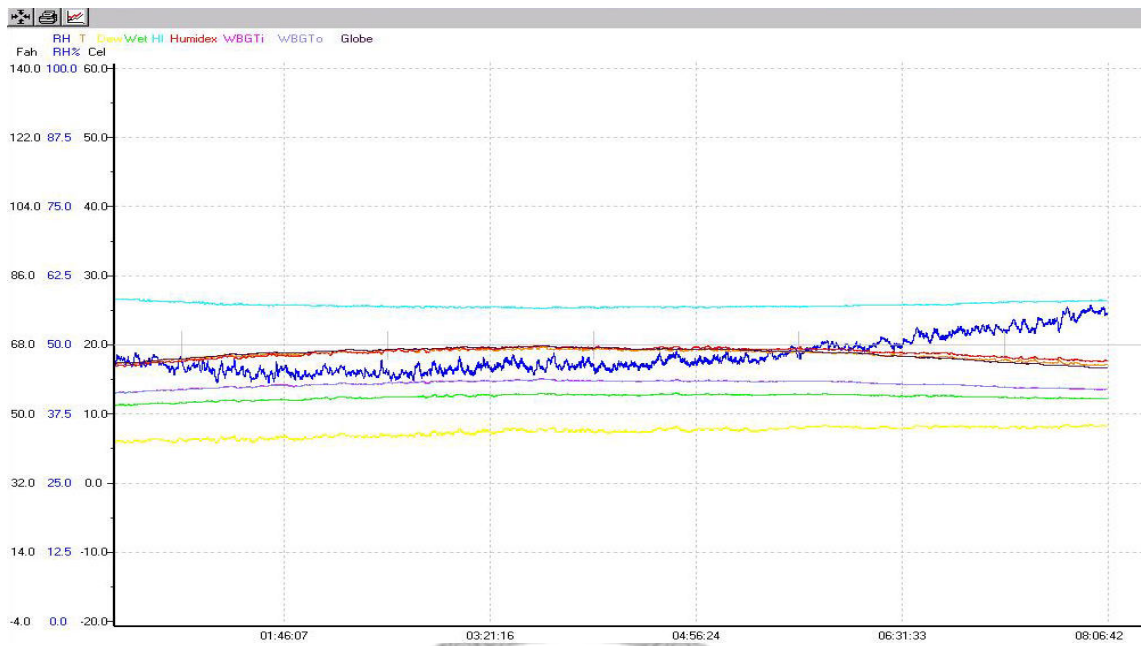


圖 4-19 北部 99 年 12 月 9 日之全部參數曲線圖

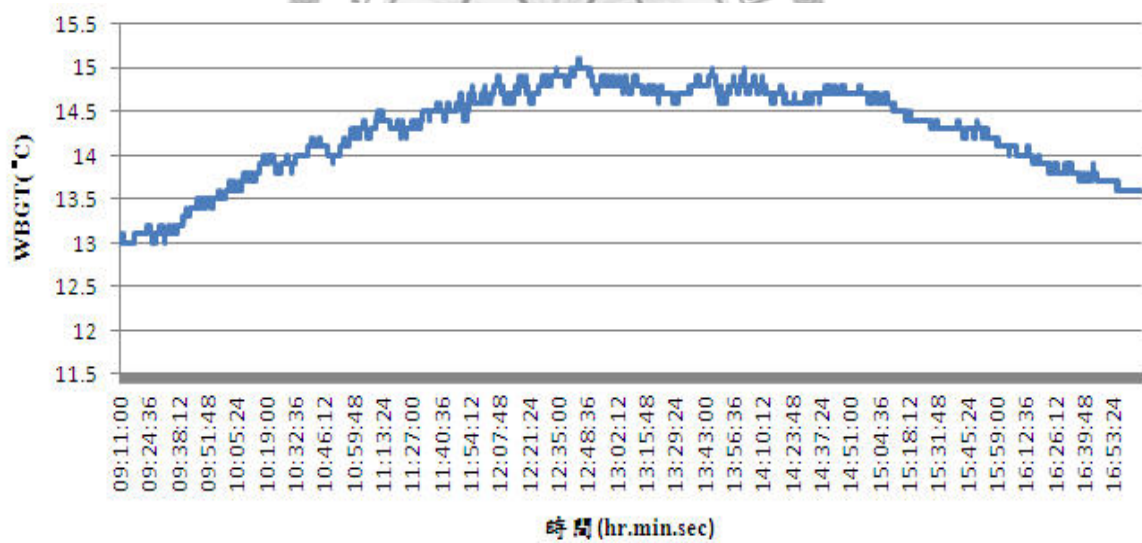


圖 4-20 北部 99 年 12 月 9 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：量測時間從上午 9 點 11 分至下午 16 點 51 分，在上午開始綜合溫度指標大約在 13°C。直到中午時，溫度最高溫度只有 15°C 左右。因此，今天若要實施重度等工作都可以。

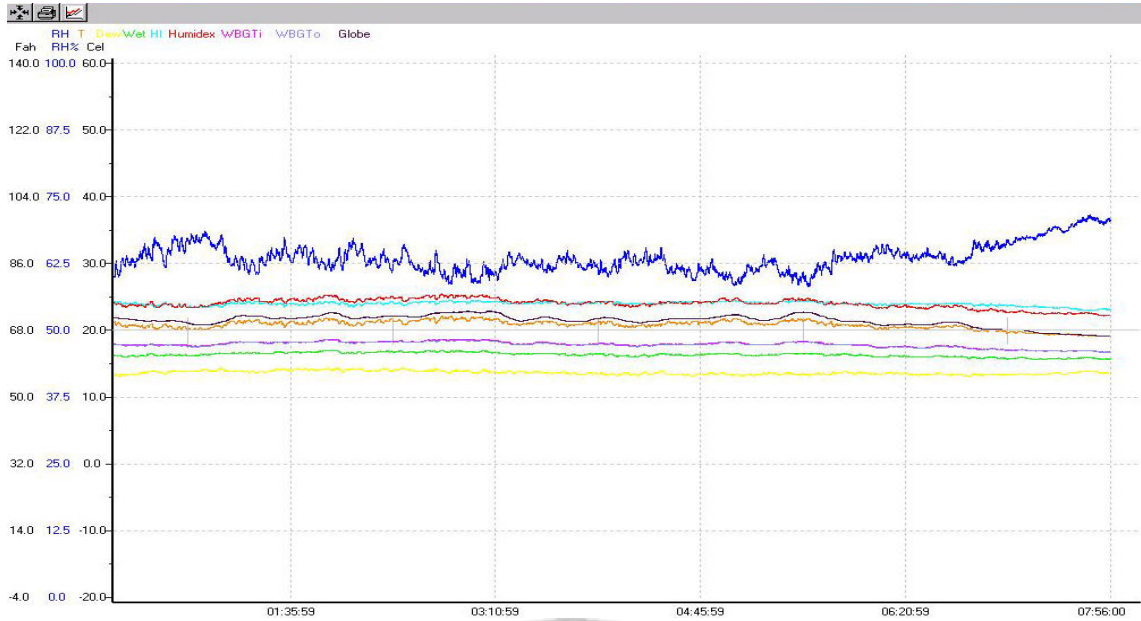


圖 4-21 北部 100 年 2 月 23 日之全部參數曲線圖

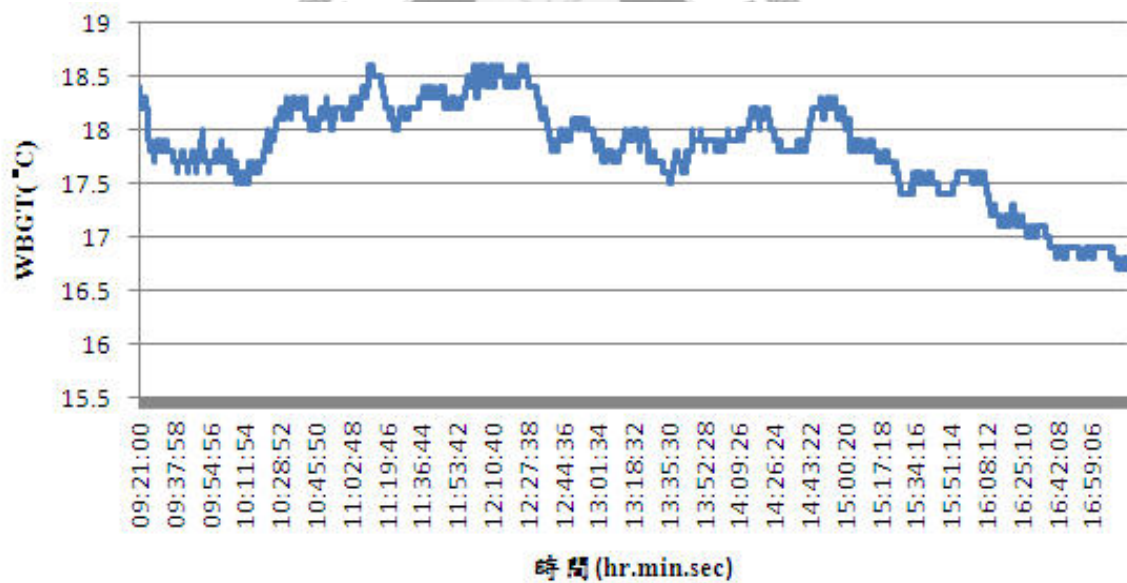


圖 4-22 北部 100 年 2 月 23 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-21 及圖 4-22 可知，量測時間從上午 9 點 21 分至下午 17 點 01 分。今天綜合溫度指數大約為 17°C 到 18.5°C 左右，任何工作都可以以連續工作進行。

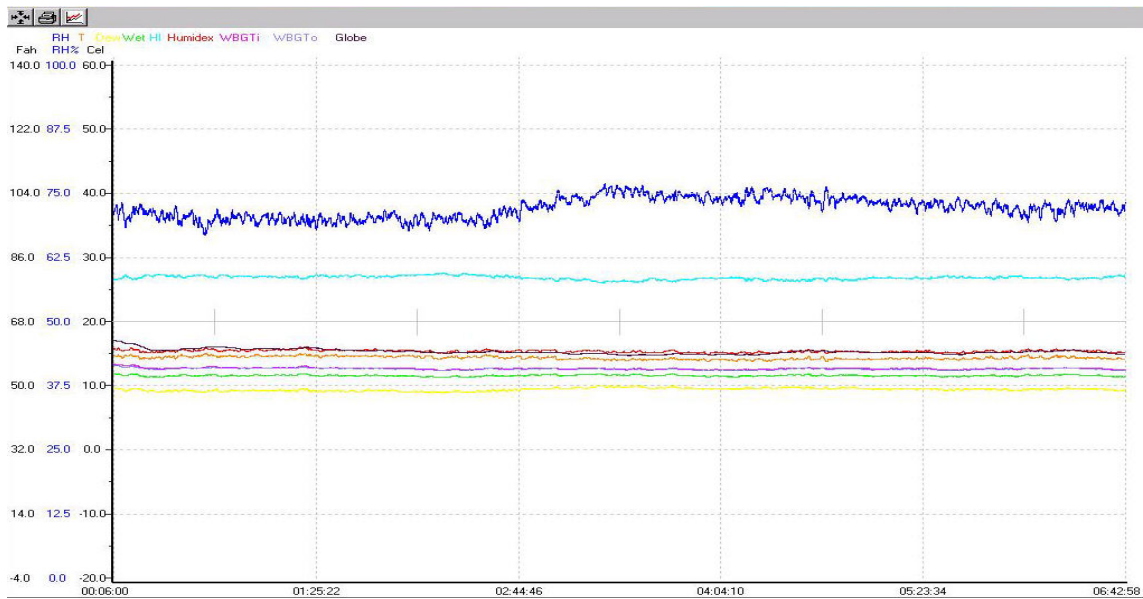


圖 4-23 北部 100 年 3 月 24 日之全部參數曲線圖

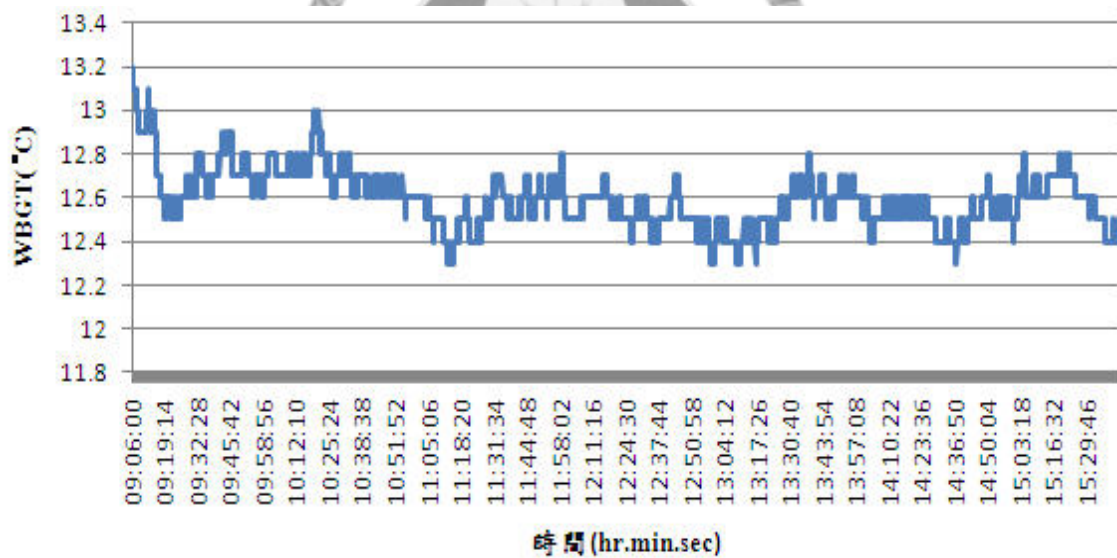


圖 4-24 北部 100 年 3 月 24 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-23 及圖 4-24 可知，今天的綜合溫度指標大約在 12°C 至 13°C，因為氣候溫度偏低，會產生熱危害機率低。因此，任何工作都可以以連續工作進行。

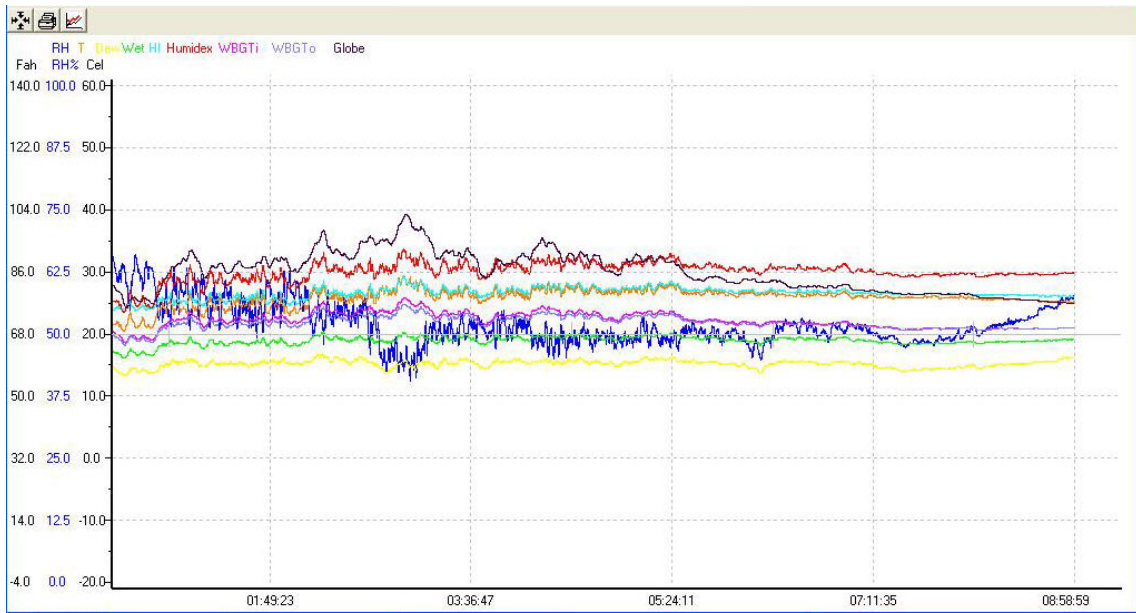


圖 4-25 中部 99 年 11 月 12 日之全部參數曲線圖

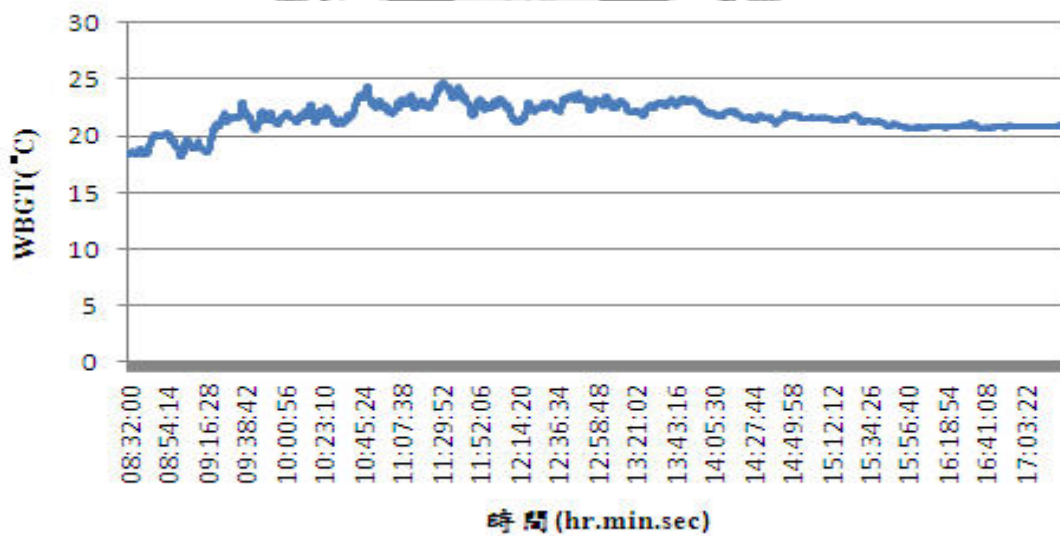


圖 4-26 中部 99 年 11 月 12 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-25 及圖 4-26 可知，量測時間從上午 8 點 20 分至下午 17 點。早上 8 點多時氣候為晴天不過綜合溫度指標不到 20°C，所以早上實施割草等工作，勞工會產生害危害機率低。此日，最高綜合溫度指標約為 24°C 左右，其溫度在勞工安全範圍之內。

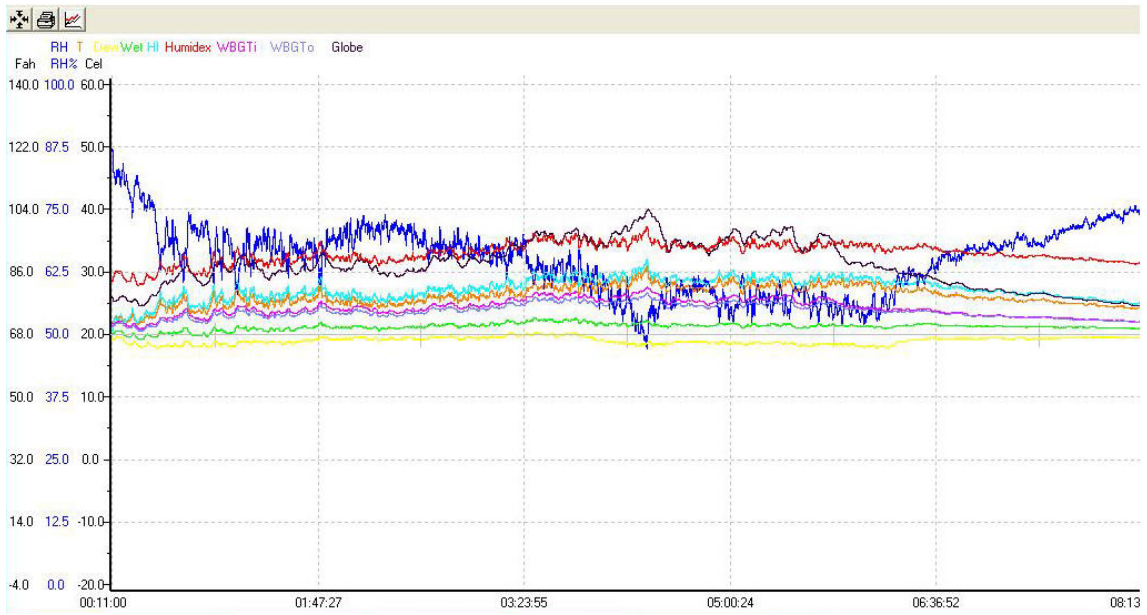


圖 4-27 中部 99 年 11 月 20 日之全部參數曲線圖

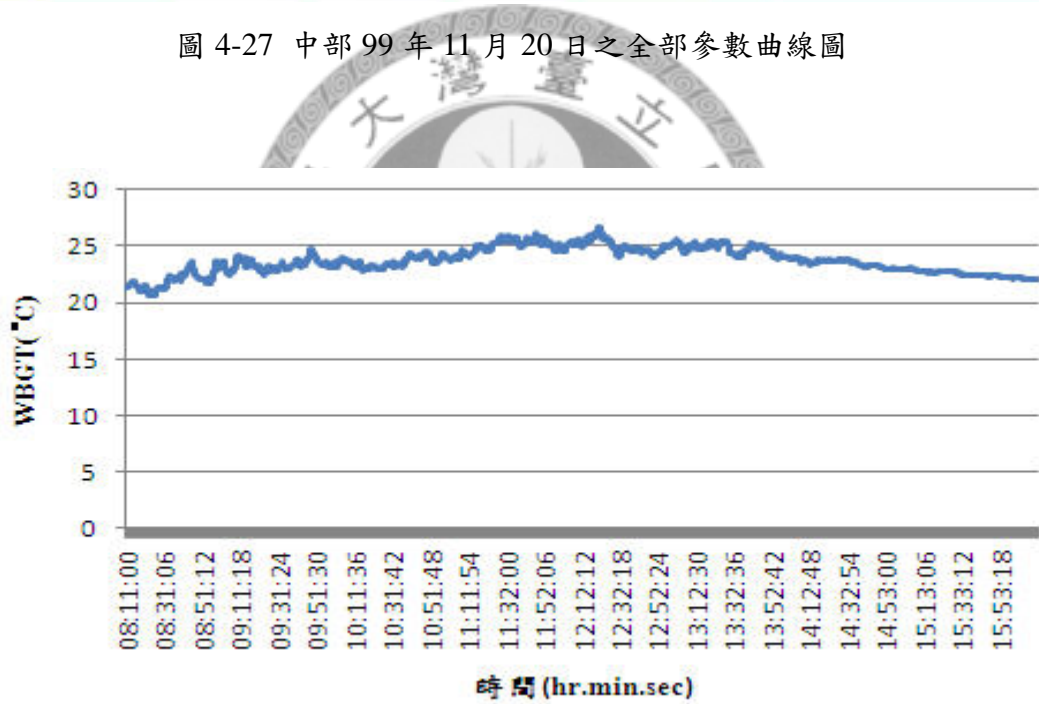


圖 4-28 中部 99 年 11 月 20 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境:由圖 4-27 及圖 4-28 可知,量測時間從上午 8 點 11 分至下午 16 點,此日最高綜合溫度指標為 27°C 左右,如果以重度工作實施,必須利用 75%工作及 25%休息方案進行;假設以中度工作就可以以連續工作進行。

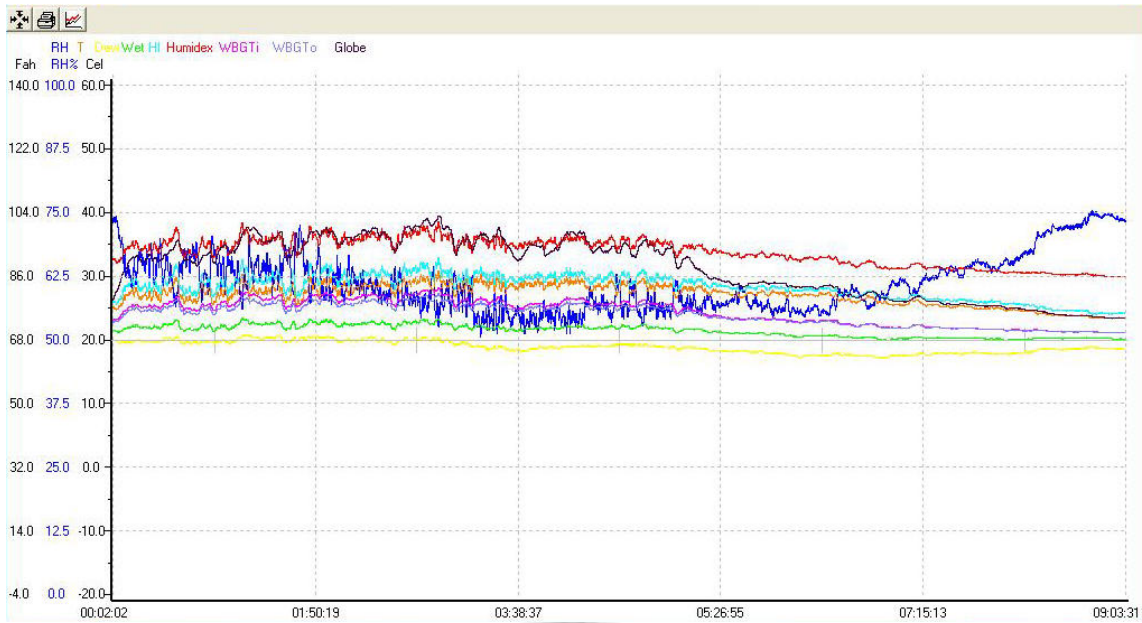


圖 4-29 中部 99 年 11 月 21 日之全部參數曲線圖

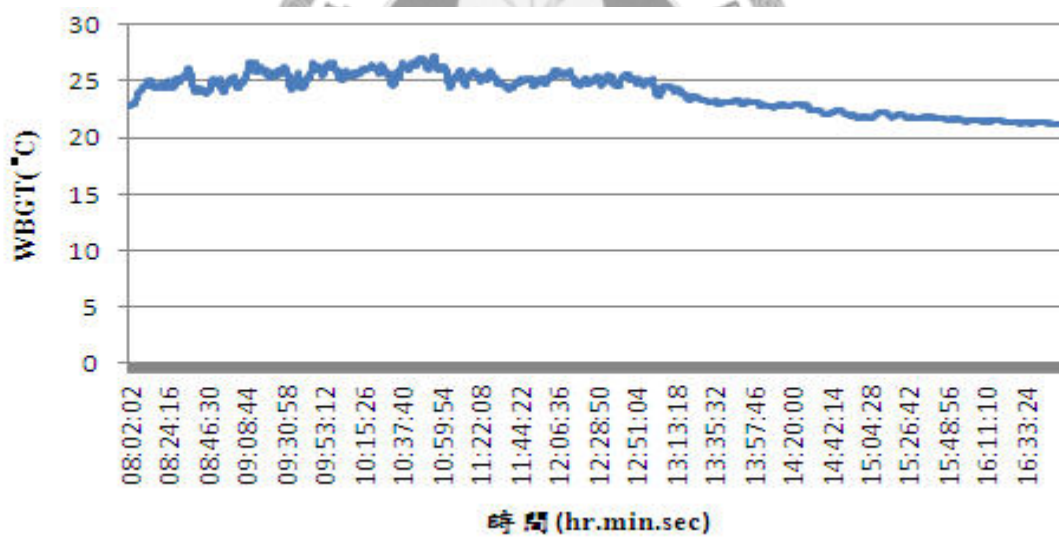


圖 4-30 中部 99 年 11 月 21 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-29 及圖 4-30 可知，早上 8 點至中午 12 點之間綜合溫度指標為溫度最高部分，至下午後發現綜合溫度指標漸漸往下降。早上實施割草工作也是要注意熱危害並且適當休息；到下午就可以以連續工作進行。

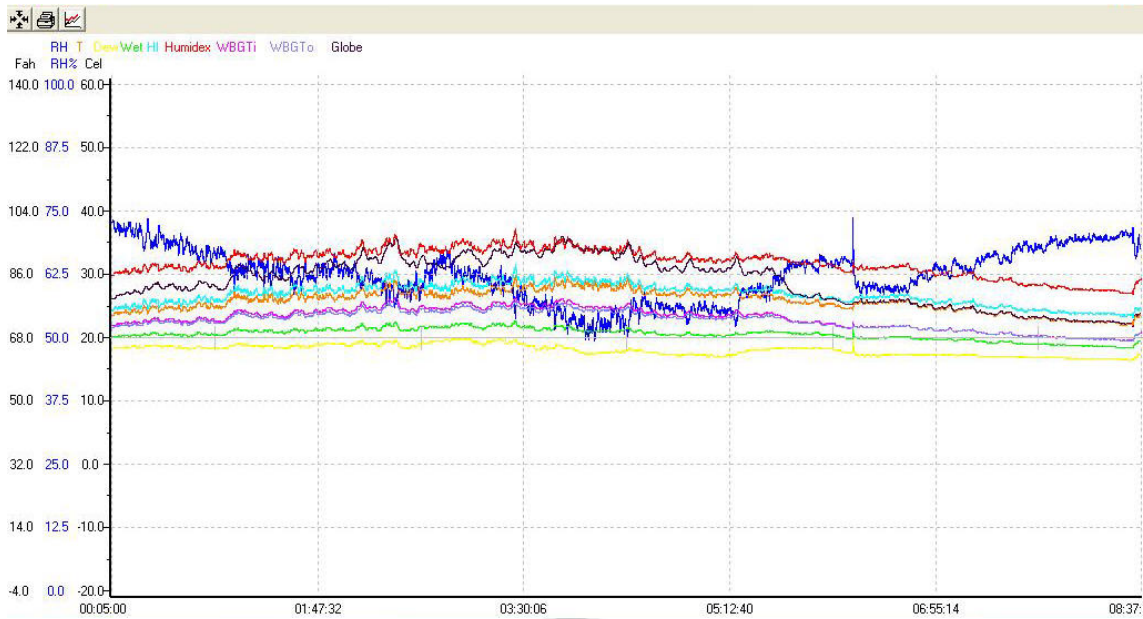


圖 4-31 中部 99 年 11 月 22 日之全部參數曲線圖

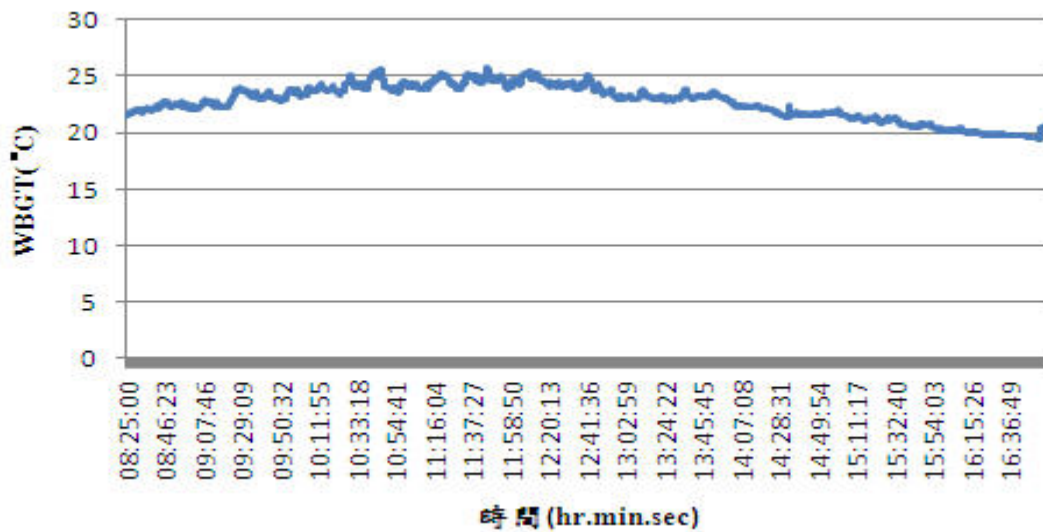


圖 4-32 中部 99 年 11 月 22 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境:由圖 4-31 及圖 4-32 可知,量測時間由上午 8 點 25 分至下午 17 點,上午 8 點 25 分之綜合溫度指標約為 22.5°C,直到中午 12 點溫度漸漸上升至 25°C 左右,此溫度為當日最高,因此中午時段不要實施工作;下午時,持續下降至 20°C 以下,所以在下午實施割草工作可以以連續工作進行。

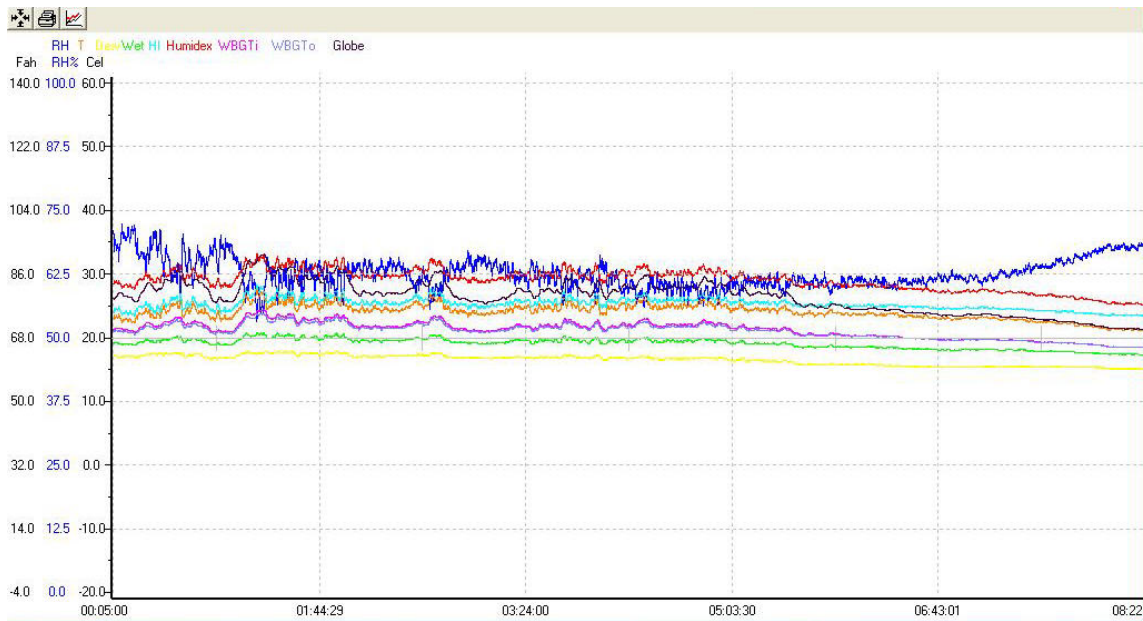


圖 4-33 中部 99 年 11 月 23 日之全部參數曲線圖

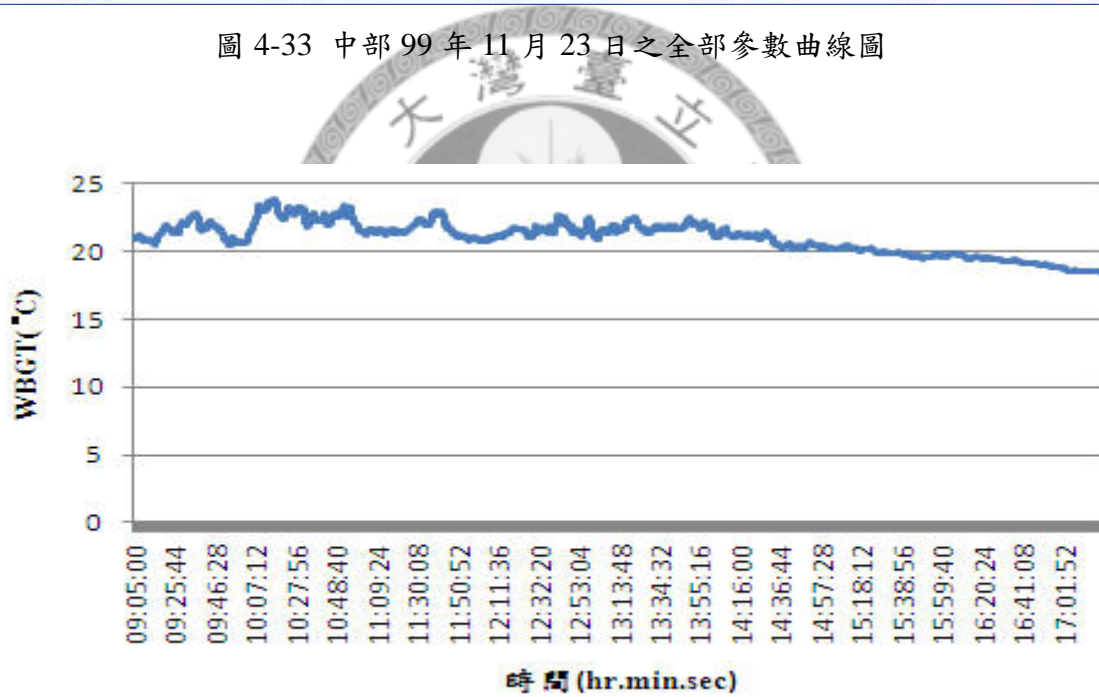


圖 4-34 中部 99 年 11 月 23 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-33 及圖 4-34 可知，上午 9 點至下午 1 點左右之綜合溫度指標都在 20°C 與 25°C 之間，直到下午 2 點溫度逐漸往下降。此日，綜合溫度指標最高只有 24°C 左右，是符合勞工安全標準。

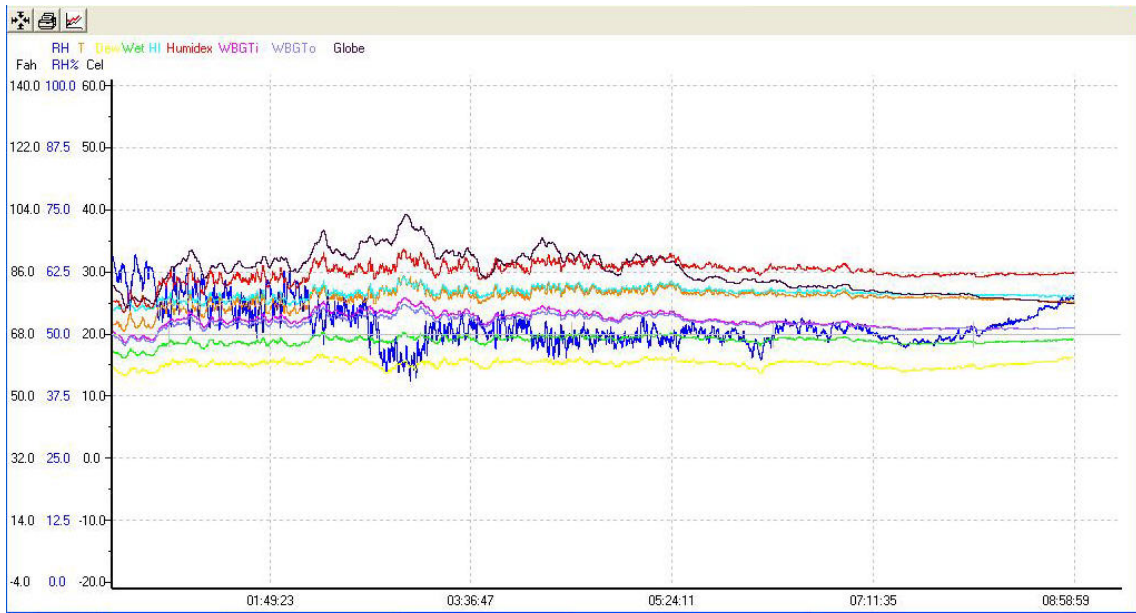


圖 4-35 中部 100 年 3 月 5 日之全部參數曲線圖

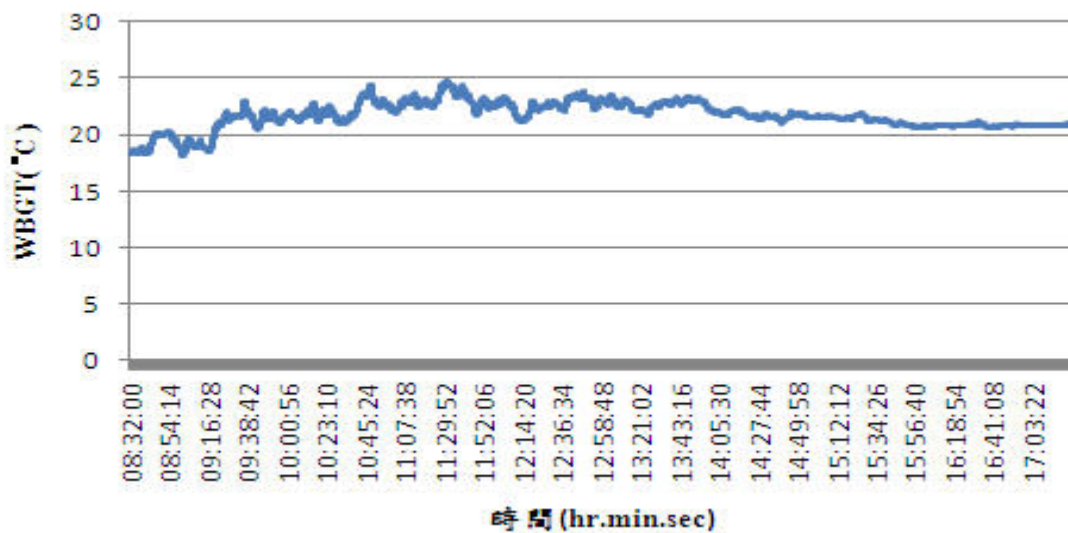


圖 4-36 中部 100 年 3 月 5 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-35 及圖 4-36 可知，量測時間從上午 8 點 52 分至下午 17 點，當日綜合溫度指標都為 20°C 至 25°C 之間，只有上午 9 點之前低於 20°C 以下。因此，實施割草工作可以利用連續工作進行。

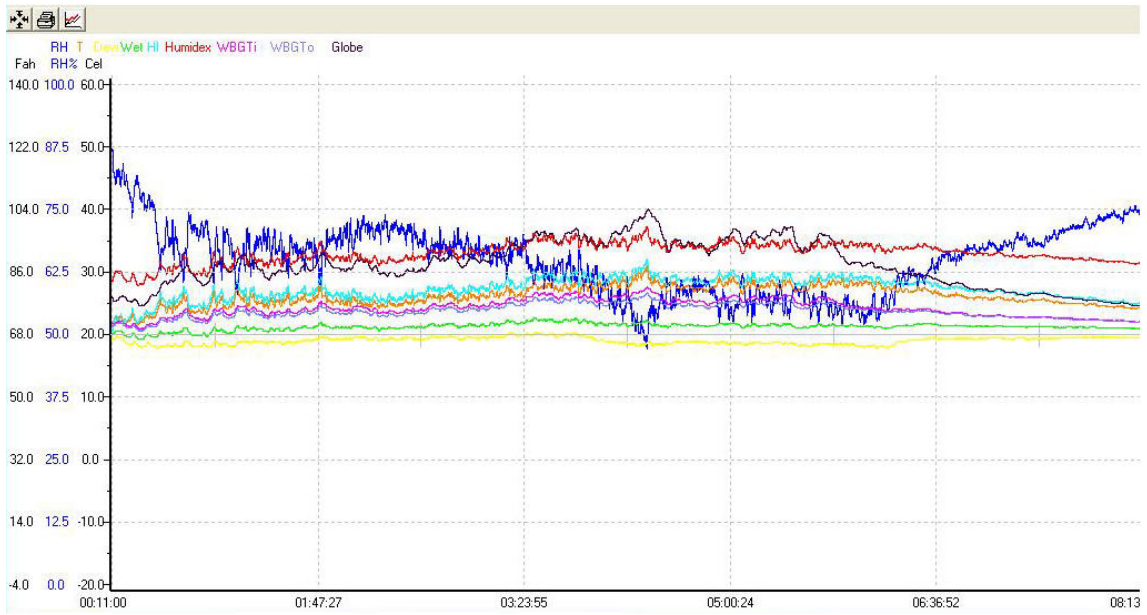


圖 4-37 中部 100 年 3 月 6 日之全部參數曲線圖

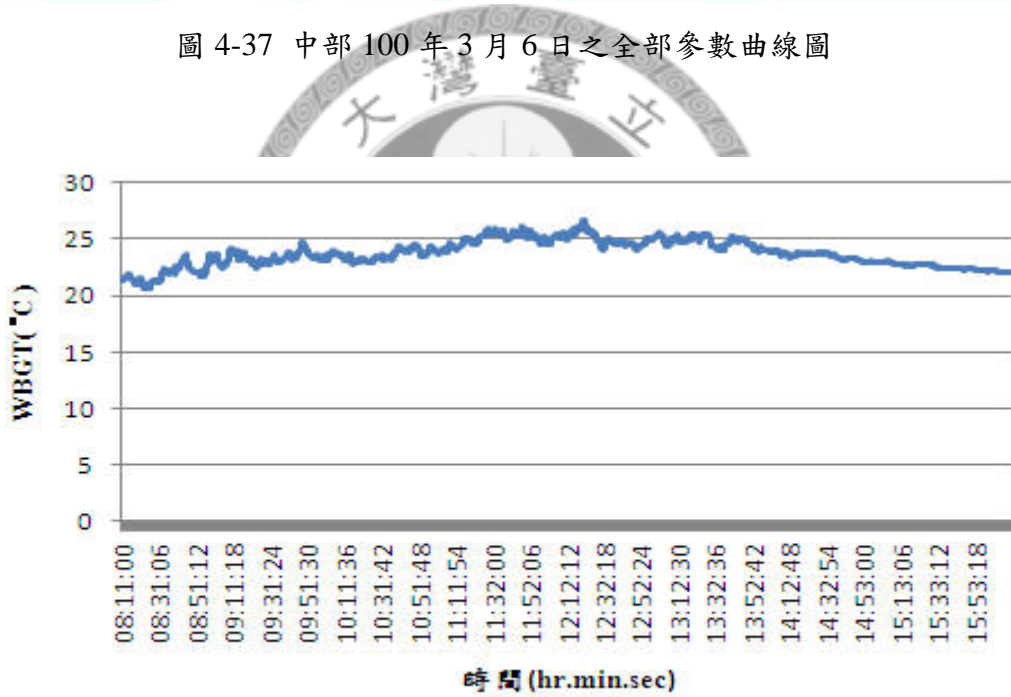


圖 4-38 中部 100 年 3 月 6 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-37 及圖 4-38 可知，量測時間從上午 8 點 35 分至下午 16 點。綜合溫度指標之最高溫度約 25°C 左右，若實施割草工作可以以連續工作進行，符合勞工安全標準。

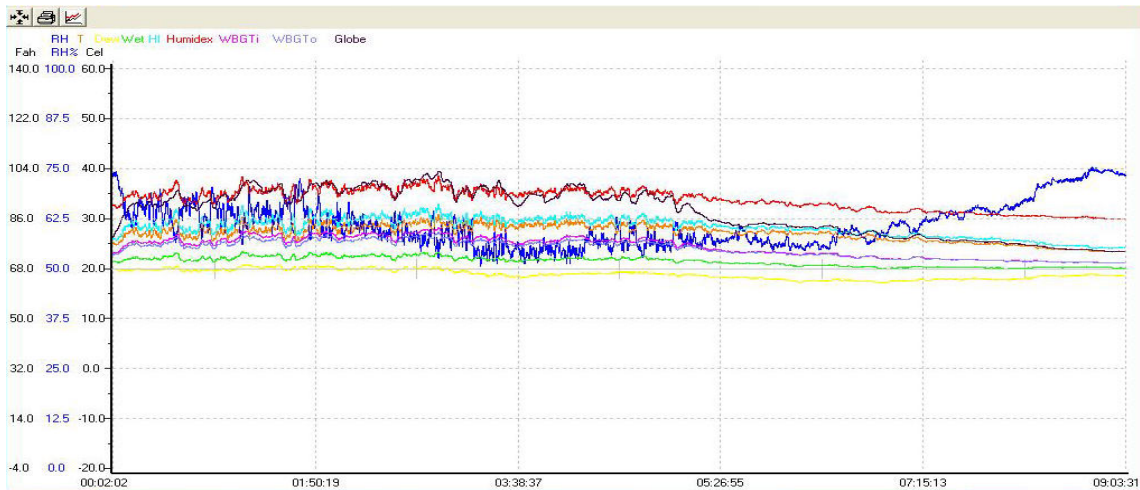


圖 4-39 中部 100 年 3 月 26 日之全部參數曲線圖

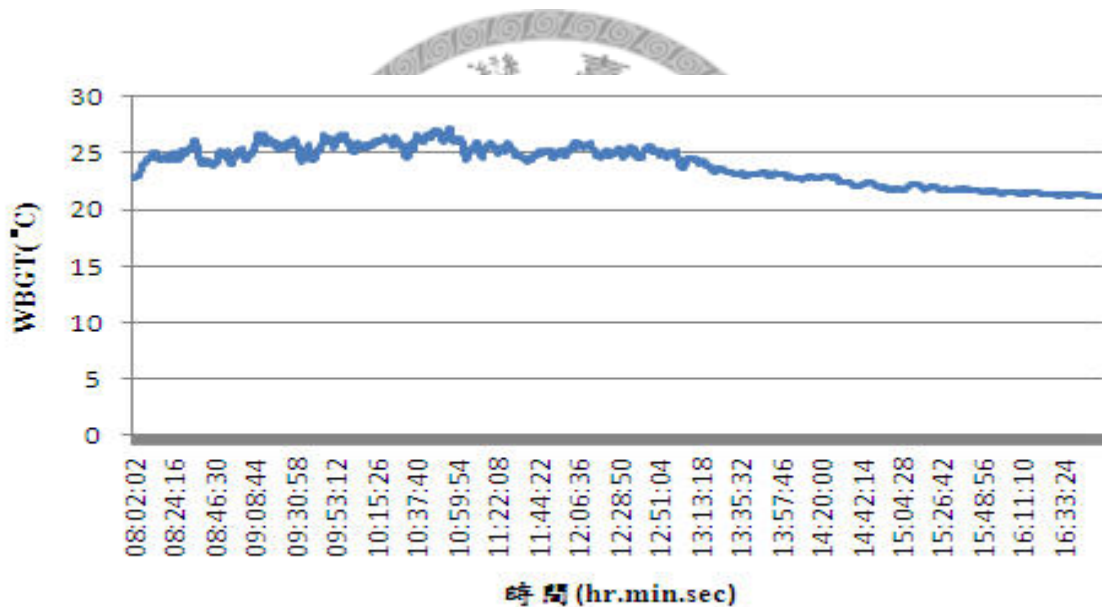


圖 4-40 中部 100 年 3 月 26 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境，由圖 4-39 及圖 4-40 可知，從上午 8 點 25 分至中午 12 點之綜合溫度指標約為 25°C 左右，所以若在上午實施割草工作，以免熱危害產生必須以 75% 工作及 25% 休息。從中午至下午 16 點左右綜合溫度指標逐漸降低到 25°C 以下，所以割草工作時間可增加至連續工作。

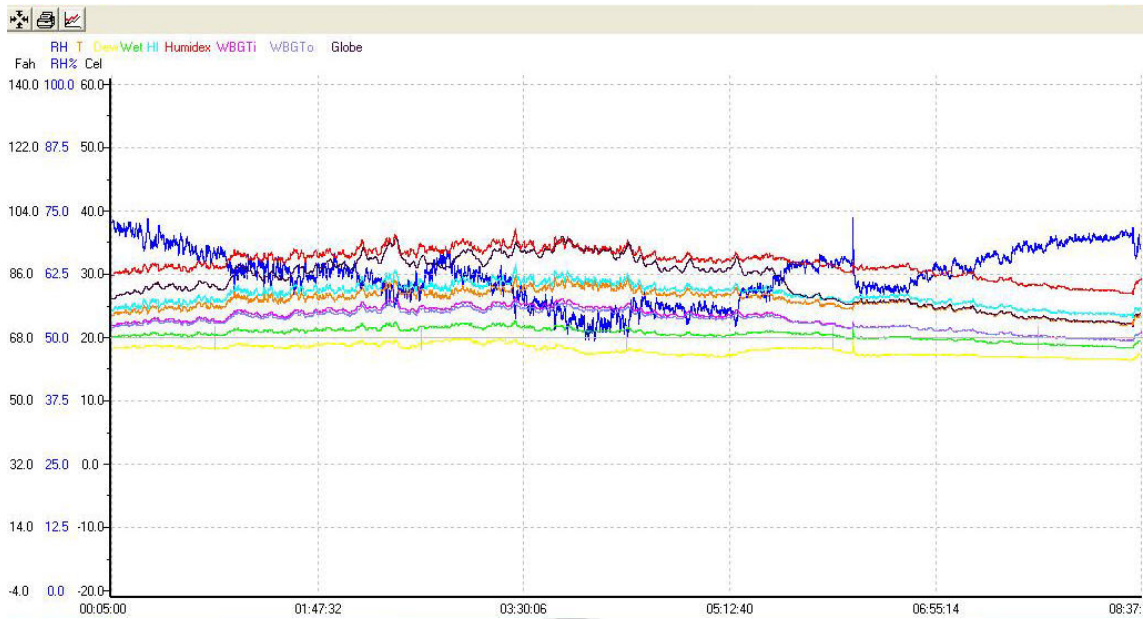


圖 4-41 中部 100 年 3 月 27 日之全部參數曲線圖

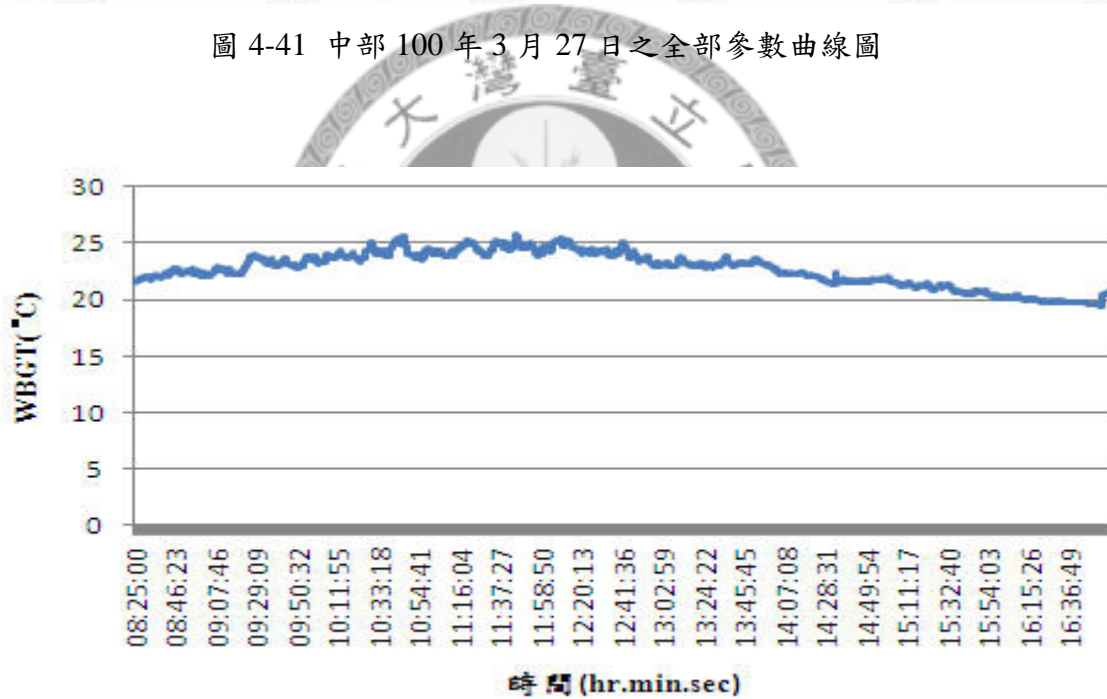


圖 4-42 中部 100 年 3 月 27 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-41 及圖 4-42 可知，量測時間從上午 8 時 50 分至下午 16 點 32 分。在中午時，綜合溫度指標為最高溫度為 25°C 左右，此時盡量避免實施割草工作。其他時間溫度位於 20°C 至 25°C 之間，可以以連續工作進行割草等重度工作。

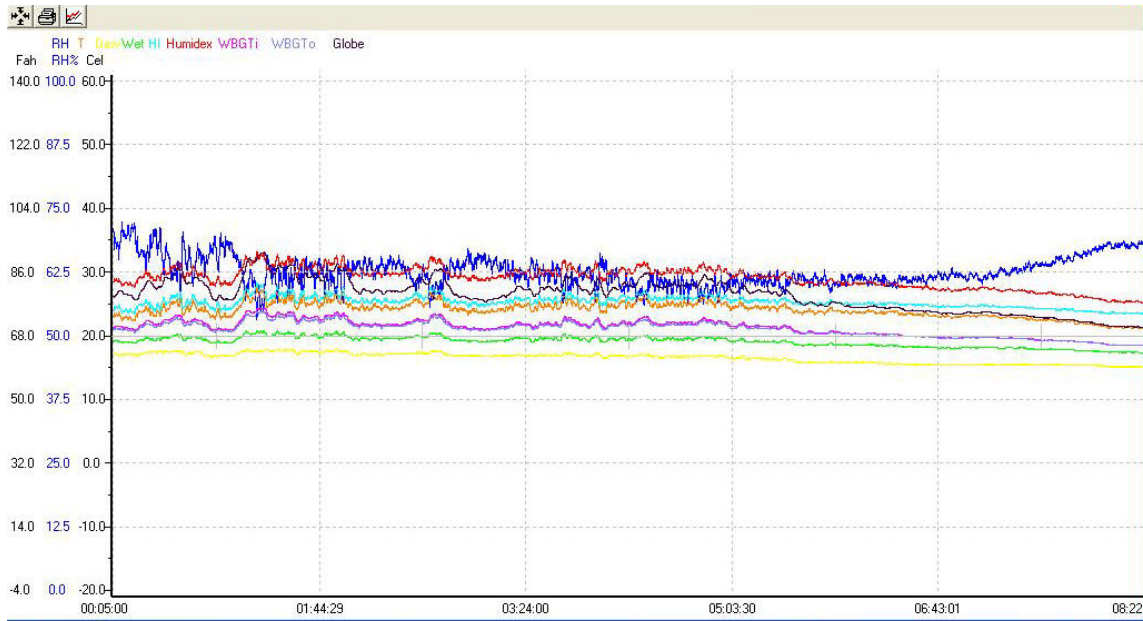


圖 4-43 中部 100 年 4 月 16 日之全部參數曲線圖

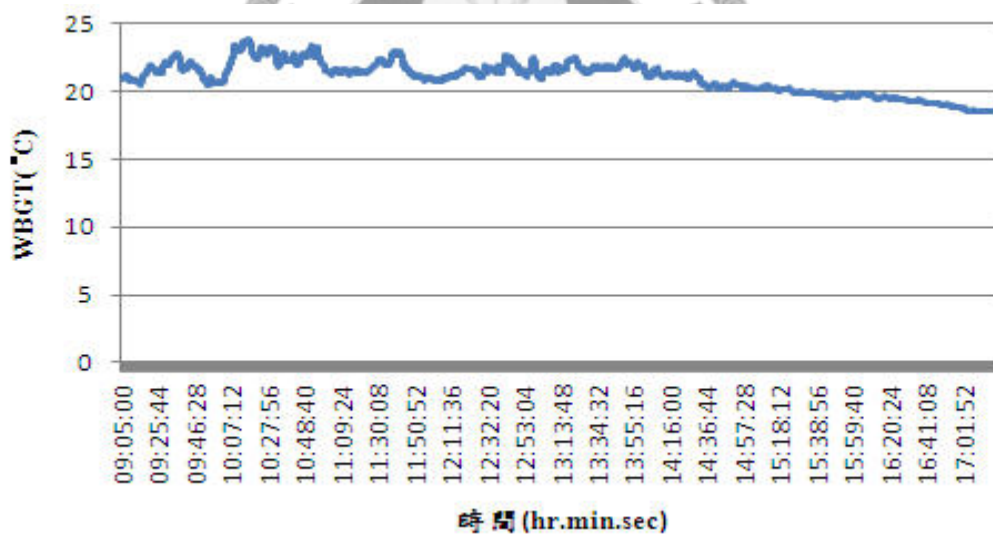


圖 4-44 中部 100 年 4 月 16 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境:由圖 4-43 及圖 4-44 可知,量測時間從上午 9 點 30 分至下午 17 點。當日綜合溫度指標平均約在 20°C 至 25°C,直到 14 點之後綜合溫度指標漸漸降溫。因此,割草工作可以利用連續工作進行實施。



圖 4-45 南部 99 年 10 月 9 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-45 可知，從上午 9 點至下午 14 點之綜合溫度指標約在 27°C 到 33°C 之間，所以，這段時間實施割草工作是以 25% 工作及 75% 休息進行分配，以免熱危害產生。下午兩點過後溫度漸漸下降，可以將工作調整到 50% 及休息調降至 50%。

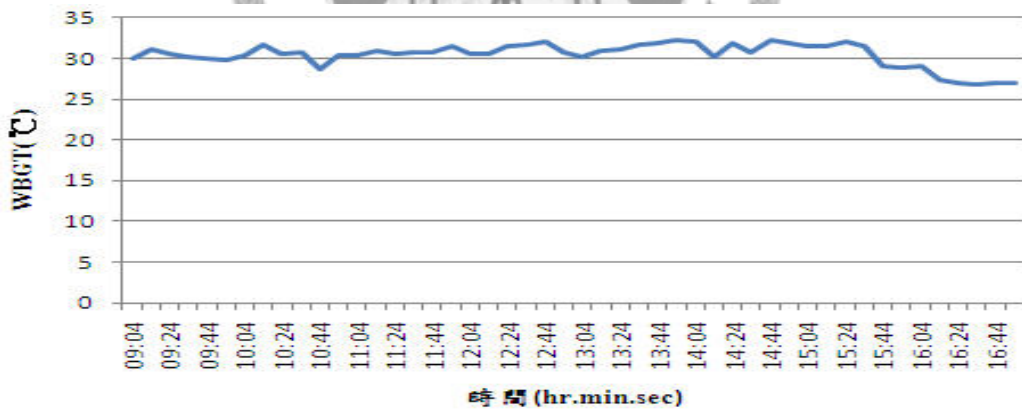


圖 4-46 南部 99 年 10 月 11 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-46 可知，從上午 9 點至下午 15 點 30 分的綜合溫度指標大約在 30°C 左右，這段時間以 25% 工作及 75% 休息進行割草工作時間分配，雖然工作時間短，以免熱危害產生也必時常需要補充水分。直到下午 15 點 30 之後，綜合溫度指標漸漸往下降，此時將工作時間提升至 50% 及休息調降至 50% 進行工作。



圖 4-47 南部 99 年 10 月 12 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-47 可知，綜合溫度指標都是為 30°C 左右，所以溫度偏高以免熱危害產生，實施割草工作以 25% 工作及 75% 休息。

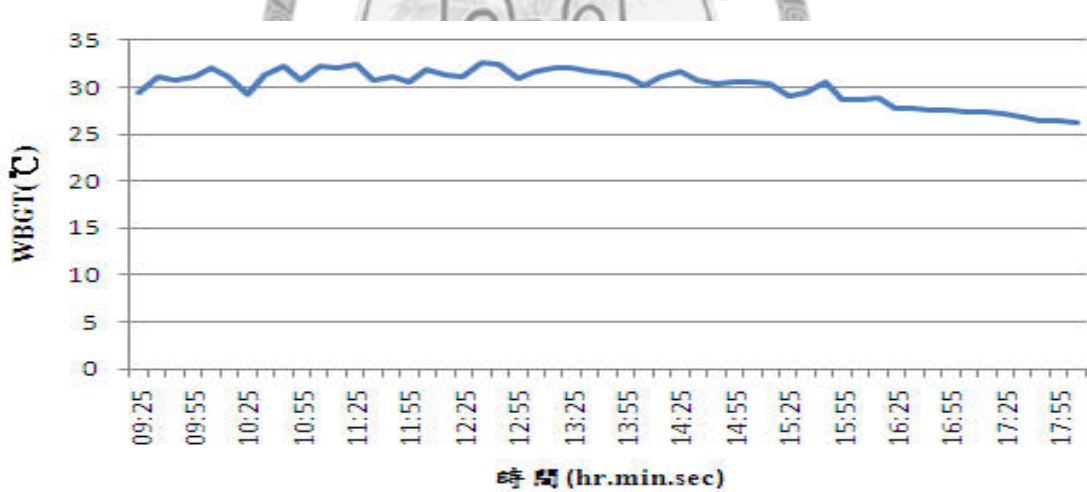


圖 4-48 南部 99 年 10 月 13 日之 WBGT 曲線圖

今日氣候環境：以圖 4-48 可知，從上午 9 點 25 分至下午 15 點之綜合溫度指標約為 30°C 左右，此時段若要進行割草工作，就必須以 25% 工作及 75% 休息進行分配。直到，從下午 15 點之後綜合溫度指標逐漸降低，就可以將工作時間提升至 50% 及休息調降至 50%。

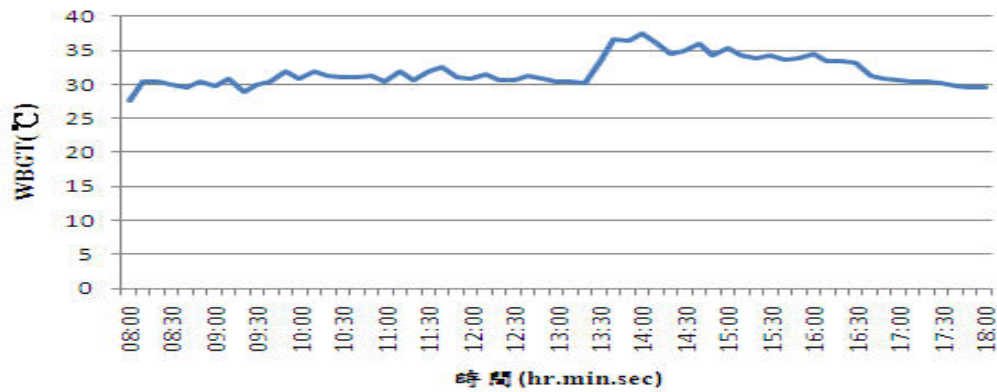


圖 4-49 南部 99 年 10 月 14 日之 WBGT 曲線圖

今日氣候環境：由圖 4-49 可知，量測時間從上午 8 點至下午 18 點，綜合溫度指標平均為 30°C，直到下午 13 點時綜合溫度指標上升至 35°C 左右。所以，實施割草工作必須以 25% 工作及 75% 休息進行分配。

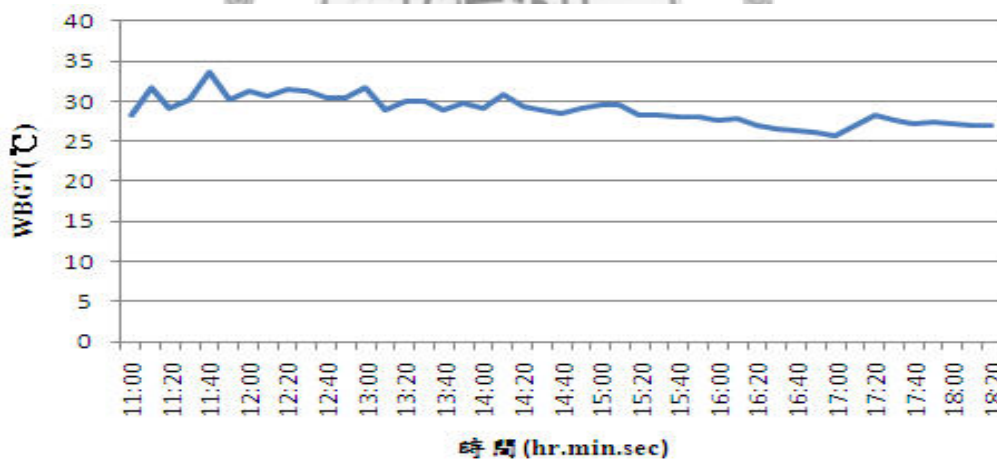


圖 4-50 南部 99 年 10 月 15 日之 WBGT 曲線圖

今日氣候環境：由圖 4-50 可知，從上午 11 點至下午 15 點之綜合溫度指標大約為 30°C 左右，此時段若要實施割草工作必須要以 25% 工作及 75% 休息為主，以免熱危害產生。從下午 15 點之後，綜合溫度指標逐漸下降至 30°C 以下，此時就能將工作可調升至 50% 及休息調降至 50%。

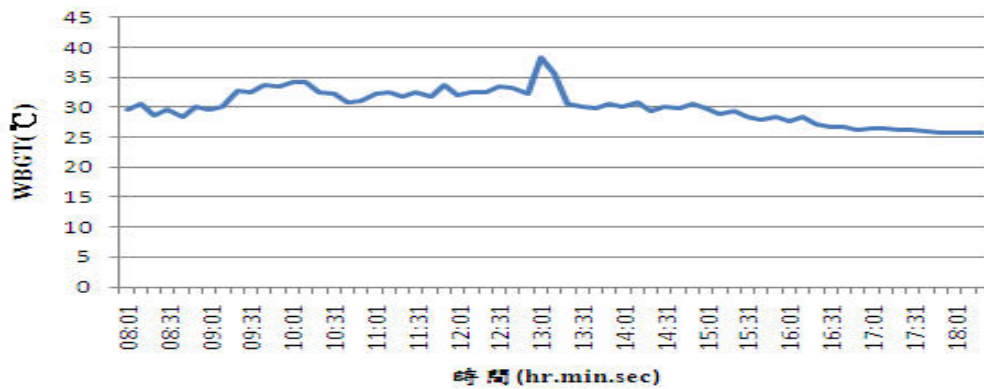


圖 4-51 南部 99 年 10 月 16 日之 WBGT 曲線圖

今日氣候環境：由圖 4-51 可知，從上午 8 點至下午 15 點時，綜合溫度指標約為 30°C 左右，因此，這段時間欲實施割草工作，必須以 25% 工作及 75% 休息之時間分配為主。直到下午 15 之後，綜合溫度指標逐漸下降，此時工作時間可以提升至 50% 及休息調降至 50%。

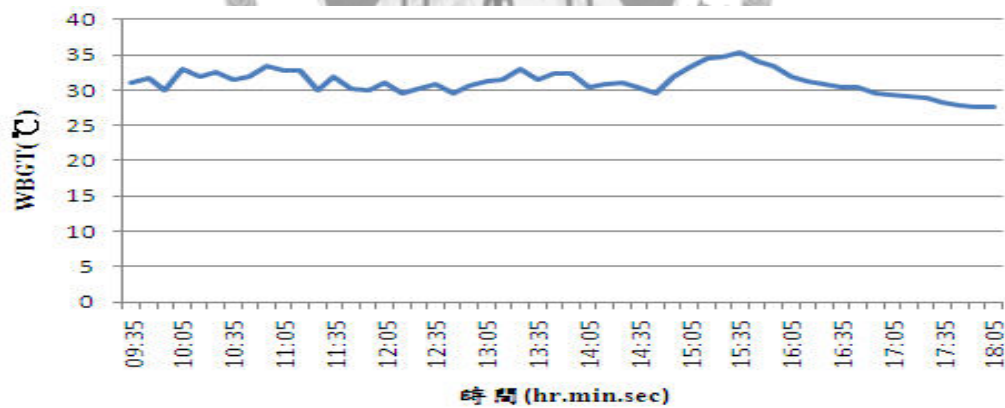


圖 4-52 南部 99 年 10 月 17 日之 WBGT 曲線圖

今日氣候環境：由圖 4-52 可知，從上午 9 點 35 分至下午 16 點 35 分之綜合溫度指標約在 30°C 與 35°C 之間，這段時間欲實施割草工作以 25% 工作及 75% 休息之時間分配為主，以免熱危害產生。直到下午 16 點 35 分之後，綜合溫度指標持續降低，此時工作時間可以提升至 50% 及休息調降至 50%。

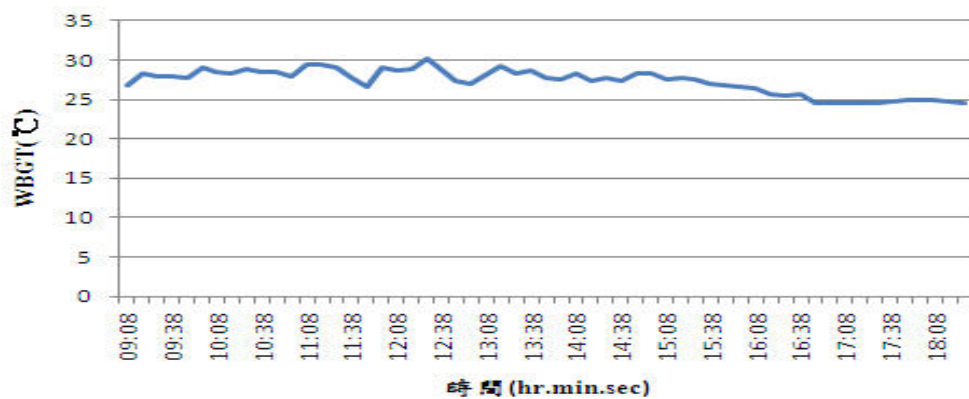


圖 4-53 南部 99 年 10 月 25 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-53 可知，量測時間從上午 9 點至下午 18 點 10 分。一整天的綜合溫度指標都位於 25°C 與 30°C 之間，欲實施割草工作必須以 50% 工作及 50% 休息為時間分配。

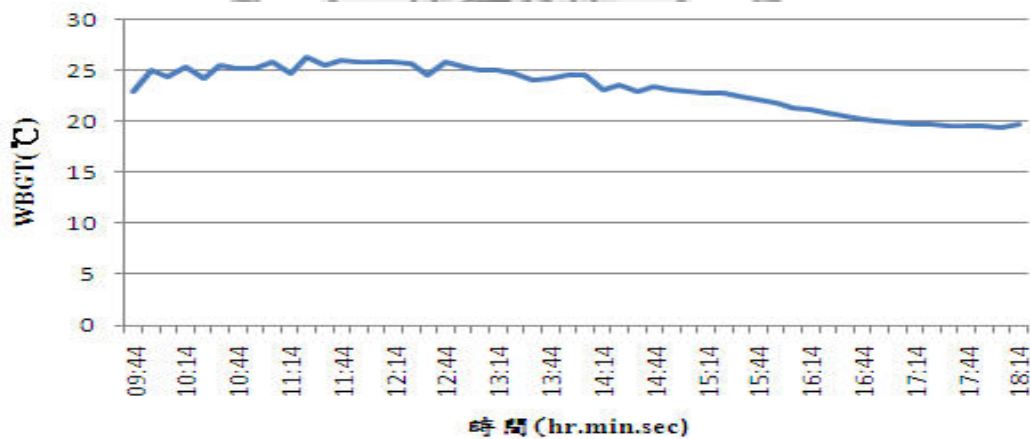


圖 4-54 南部 99 年 11 月 11 日之 WBGT 曲線圖

當日氣候環境：由圖 4-54 可知，從上午 9 點 44 分至下午 14 點之間，綜合溫度指標都在 25°C 上下波動，此時，若要實施割草工作的話，以 50% 工作及 50% 休息進行時間分配。直到下午 14 點之後綜合溫度指標逐漸往下降，大約為 20°C 至 25°C 之間，此時可以將工作時間提升至 75% 或連續工作及休息時間減少至 25%。

表 4-1 上午北部數值整理分析

日期	量測地點 (台北)	最高溫度(°C)	平均溫度(°C)	最小溫度(°C)	中度工作	重工作
99年 9月27日	台大生機館	36.7	34.2	31.9	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 9月28日	台大生機館	31.4	30.2	27.9	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 9月30日	台大生機館	31.1	29.7	27.5	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月7日	台大生機館	32.2	29.9	28.8	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月9日	台大生機館	26.4	25.0	24.2	75%工作 25%休息	50%工作 50%休息
99年 11月3日	台大生機館	23	22.5	22	連續工作	連續工作
99年 11月11日	台大生機館	21.3	20.2	19.4	連續工作	連續工作
99年 12月2日	台大生機館	22.1	21.0	20.1	連續工作	連續工作
99年 12月6日	台大生機館	21.4	20.1	19.5	連續工作	連續工作
99年 12月9日	台大生機館	14.8	13.9	13	連續工作	連續工作
100年 02月23日	台大生機館	18.6	18.0	17.5	連續工作	連續工作
100年 02月24號	台大生機館	13.2	12.7	12.3	連續工作	連續工作

表 4-2 下午北部數值整理分析

日期	量測地點 (台北)	最高溫度(°C)	平均溫度(°C)	最小溫度(°C)	中度工作	重工作
99年 9月27日	台大生機館	30.3	28.2	27.3	75%工作 25%休息	50%工作 50%休息
99年 9月28日	台大生機館	31.5	30.6	29.8	50%工作 50%休息	25%工作 75%休息
99年 9月30日	台大生機館	30.8	28.5	26.3	75%工作 25%休息	50%工作 50%休息
99年 10月7日	台大生機館	32.6	30.0	28.1	50%工作 50%休息	25%工作 75%休息
99年 10月9日	台大生機館	24.4	24.0	23.6	連續工作	連續工作
99年 11月3日	台大生機館	21.5	20.7	20.1	連續工作	連續工作
99年 11月11日	台大生機館	25.5	21.5	20.4	連續工作	連續工作
99年 12月2日	台大生機館	22.9	22.0	21.1	連續工作	連續工作
99年 12月6日	台大生機館	19.9	19.0	18.1	連續工作	連續工作
99年 12月9日	台大生機館	15	14.6	14.1	連續工作	連續工作
100年 02月23日	台大生機館	18.3	18.7	17.4	連續工作	連續工作
100年 02月24號	台大生機館	12.8	12.5	12.3	連續工作	連續工作

表 4-3 上午中部數值整理分析

日期	量測地點 (台中)	最高溫度 (°C)	平均溫度 (°C)	最小溫度 (°C)	中度工作	重工作
99 年 11 月 12 日	住宅區	24.5	22.0	18.8	連續工作	連續工作
99 年 11 月 20 日	住宅區	25.6	24.0	22.6	連續工作	連續工作
99 年 11 月 21 日	住宅區	27	25.6	24.4	75%工作 25%休息	75%工作 25%休息
99 年 11 月 22 日	住宅區	25.2	24.0	22.1	連續工作	連續工作
99 年 11 月 23 日	住宅區	23.5	21.9	20.6	連續工作	連續工作
100 年 03 月 05 日	住宅區	24.5	20.0	18.8	連續工作	連續工作
100 年 03 月 06 日	住宅區	25.6	24.0	22.6	連續工作	連續工作
100 年 03 月 26 日	住宅區	27	25.6	24.4	連續工作	75%工作 25%休息
100 年 03 月 27 日	住宅區	25.2	24.0	22.1	連續工作	連續工作
100 年 04 月 16 日	住宅區	23.5	21.9	20.6	連續工作	連續工作

表 4-4 下午中部數值整理分析

日期	量測地點 (台中)	最高溫度 (°C)	平均溫度 (°C)	最小溫度 (°C)	中度工作	重工作
99年 11月12日	住宅區	24.5	22.0	20.8	連續工作	連續工作
99年 11月20日	住宅區	25.6	23.7	22.3	連續工作	連續工作
99年 11月21日	住宅區	27	22.7	21.6	連續工作	連續工作
99年 11月22日	住宅區	25.2	22.0	20.4	連續工作	連續工作
99年 11月23日	住宅區	23.5	20.9	19.5	連續工作	連續工作
100年 03月05日	住宅區	24.5	22.0	20.8	連續工作	連續工作
100年 03月06日	住宅區	25.6	23.7	22.3	連續工作	連續工作
100年 03月26日	住宅區	27	22.7	22.3	連續工作	連續工作
100年 03月27日	住宅區	25.2	22.1	20.4	連續工作	連續工作
100年 04月16日	住宅區	22.6	20.5	18.8	連續工作	連續工作

表 4-5 上午南部數值整理分析

日期	量測地點 (台南)	最高溫度 (°C)	平均溫度 (°C)	最小溫度 (°C)	中度工作	重工作
99 年 10 月 09 日	成功大學	32.9	30.4	28	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 11 日	成功大學	31.6	30.4	28.6	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 12 日	成功大學	32.2	31.1	29.9	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 13 日	成功大學	32.4	31.2	29.2	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 14 日	成功大學	32.5	31.0	28.8	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 15 日	成功大學	34.1	32.3	29.7	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 16 日	成功大學	33.4	31.4	29.6	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 17 日	成功大學	33.4	31.4	29.6	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99 年 10 月 25 日	成功大學	29.4	28.3	26.6	50%工作 50%休息	50%工作 50%休息
99 年 11 月 11 日	成功大學	26.3	25.3	22.9	75%工作 25%休息	50%工作 50%休息

表 4-6 下午南部數值整理分析

日期	量測地點 (台南)	最高溫度 (°C)	平均溫度 (°C)	最小溫度 (°C)	中度工作	重工作
99年 10月09日	成功大學	31.4	28.4	26.4	50%工作 50%休息	50%工作 50%休息
99年 10月11日	成功大學	32.3	30.2	26.8	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月12日	成功大學	33.1	31.2	29.8	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月13日	成功大學	32	29.9	27.3	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月14日	成功大學	37.5	33.7	30.2	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月15日	成功大學	31.6	28.5	25.7	50%工作 50%休息	50%工作 50%休息
99年 10月16日	成功大學	38.4	29.5	26.3	50%工作 50%休息	50%工作 50%休息
99年 10月17日	成功大學	35.3	31.8	29.3	25%工作 75%休息	25%工作 75%休息
99年 10月25日	成功大學	29.3	27.1	24.5	連續工作	75%工作 25%休息
99年 11月11日	成功大學	25	22.7	19.9	連續工作	連續工作

4-2 酷熱指標與溫度及相對濕度迴歸分析

本章節利用溫度和濕度兩種較容易取得的兩個參數數值加權得到酷熱指標 (Heat Index)，將溫度及相對濕度與酷熱指標進行迴歸分析判別彼此的相關性。

酷熱指標為因變數(Y)、溫度和相對濕度比為自變數(X)，利用 Excel 算出迴歸分析之相關係數(R)及決定係數(R^2)，並且求出迴歸方程式 $Y=b+aX$ ，其中 b 為截距、a 為迴歸係數。迴歸係數是表示因變數及自變數之間的淨關係；其中，迴歸方程式是線性關係，是用來預測未來的變動。當溫度或相對濕度增加一個單位量，酷熱指標就會變化迴歸係數(a)個單位量。

由圖 4-55 至圖 4-74 可知，北部以及中部各抽出五天進行酷熱指標與溫度及相對濕度的迴歸分析，因為南部儀器跟北部、中部儀器不相同而缺少相對濕度參數而無法進行分析。北部分別為 99 年 9 月 28 日、99 年 9 月 30 日、99 年 10 月 9 日、99 年 11 月 11 日以及 99 年 12 月 6 日；中部分別為 99 年 11 月 12 日、99 年 11 月 20 日、99 年 11 月 21 日、99 年 11 月 22 日以及 99 年 11 月 23 日。

無論酷熱指標與溫度或相對濕度的決定係數都有可能出現小於 0.9，這就代表溫度及相對濕度對酷熱指標影響力小於 90%，其於 10% 是毫無影響力的。因此利用複迴歸統計進行分析酷熱指標與溫度及相對濕度，並且也會求出複迴歸方程式 $Y=c+bX_1+aX_2$ ，其中 X_1 為相對濕度、 X_2 為溫度。由表 4-5 至表 4-24 可知，利用 Excel 可以算出複迴歸方程式及迴歸統計裡相關係數、決定係數以及溫度跟相對濕度的迴歸係數等重要係數。

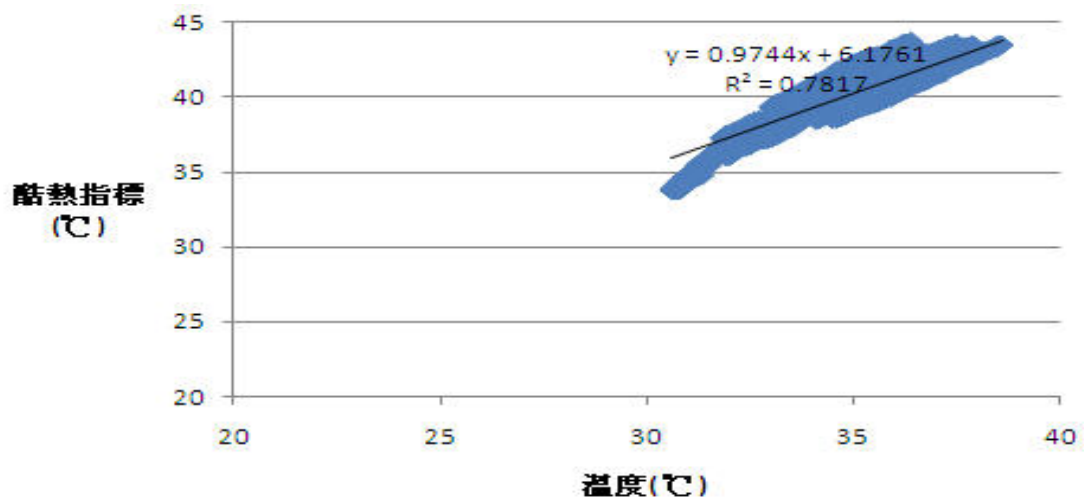


圖 4-55 北部 99 年 9 月 28 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

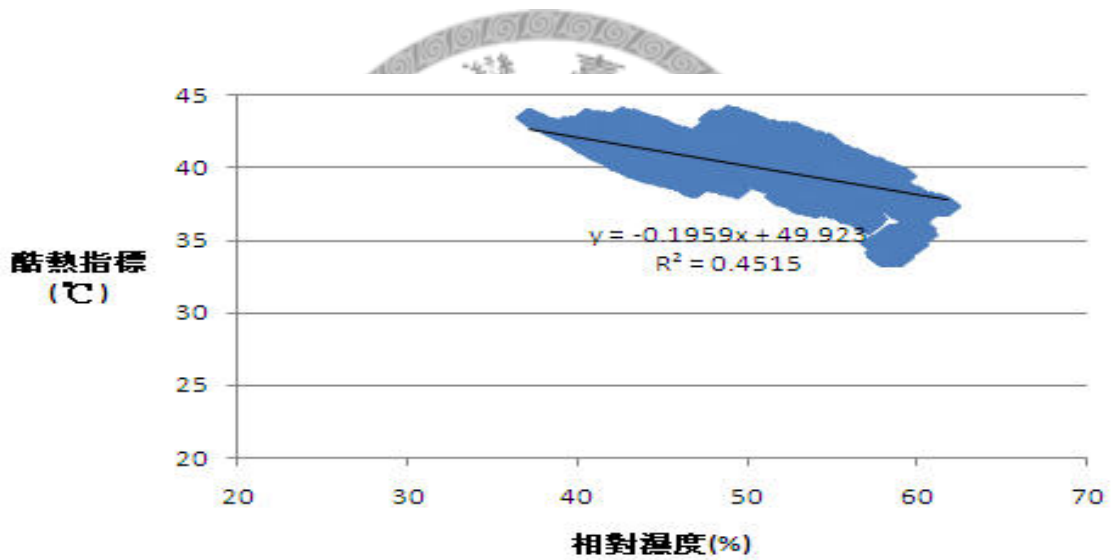


圖 4-56 北部 99 年 9 月 28 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-7 北部 99 年 9 月 28 日複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.996408
決定係數	0.992829
調整的決定係數	0.992828
標準誤差	0.131642
觀察值個數	28311

表 4-8 北部 99 年 9 月 28 日複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-61.2613	0.076397	-801.884
RH%	0.389313	0.000426	912.9982
°C	2.355857	0.001612	1461.795

複迴歸方程式：HI= -61.26+0.389R+2.35T

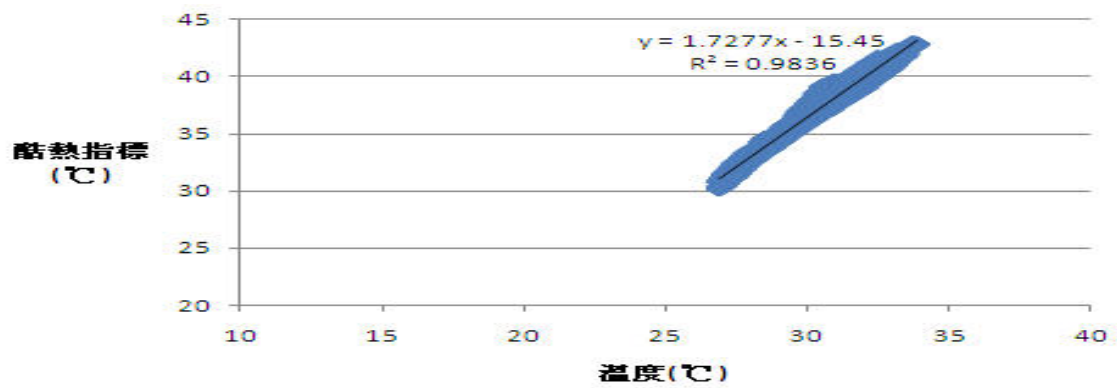


圖 4-57 北部 99 年 9 月 30 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

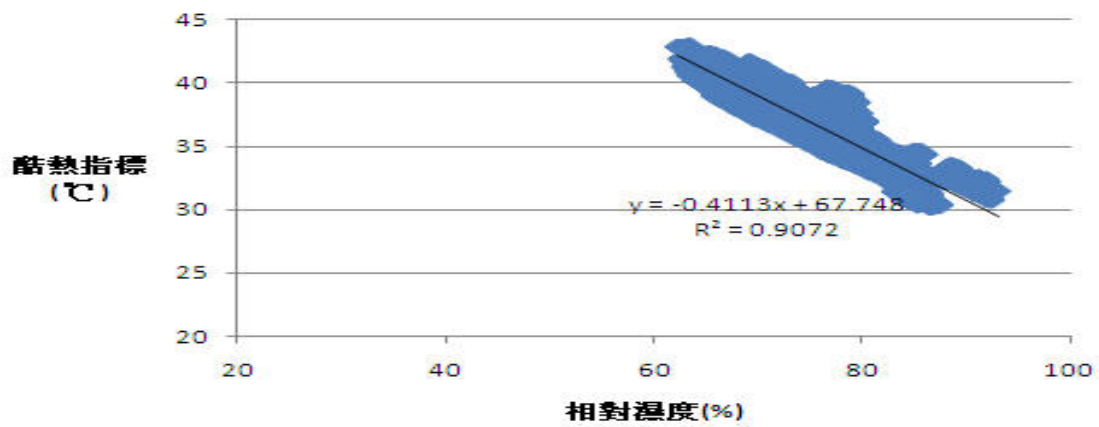


圖 4-58 北部 99 年 9 月 30 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-9 北部 99 年 9 月 30 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.996174
決定係數	0.992363
調整的決定係數	0.992363
標準誤差	0.267836
觀察值個數	27762

表 4-10 北部 99 年 9 月 30 日之複迴方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-54.4627	0.220321	-247.197
RH%	0.200445	0.001123	178.5337
°C	2.519723	0.00453	556.2829

複迴歸方程式：HI= -54.46+0.2R+2.52T

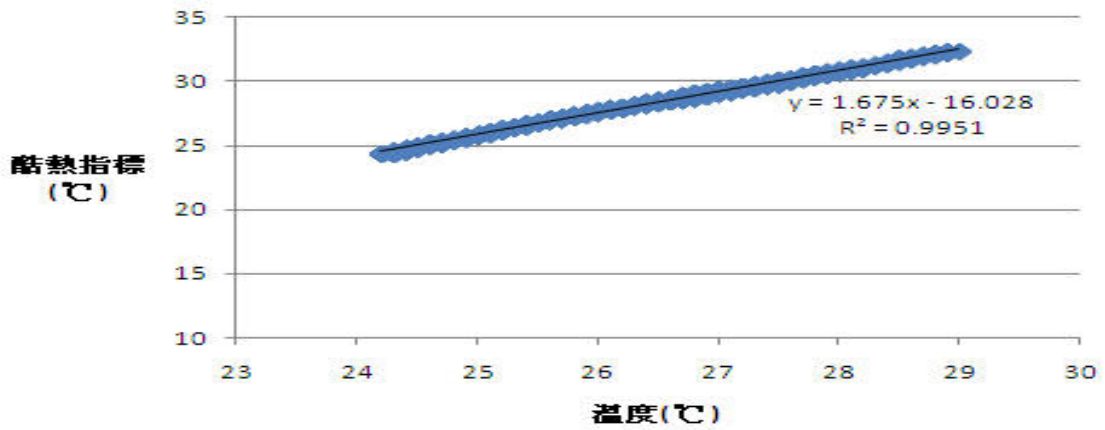


圖 4-59 北部 99 年 10 月 9 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

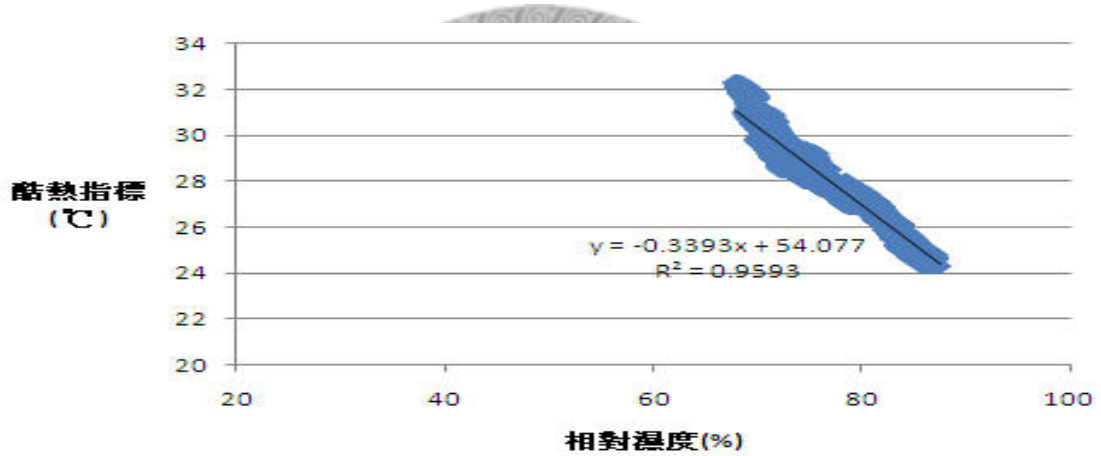


圖 4-60 北部 99 年 10 月 9 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-11 北部 99 年 10 月 9 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.997578
決定係數	0.995162
調整的決定係數	0.995161
標準誤差	0.114648
觀察值個數	28781

表 4-12 北部 99 年 10 月 9 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-18.4417	0.1575	-117.09
RH%	0.011938	0.000774	15.42152
°C	1.731863	0.003752	461.6045

複迴歸方程式： $HI = -54.46 + 0.2R + 2.52T$

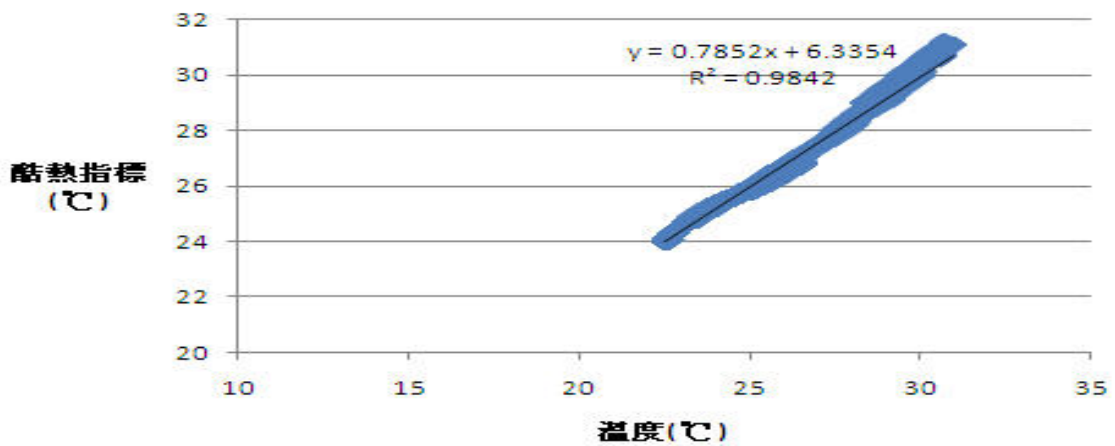


圖 4-61 北部 99 年 11 月 11 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

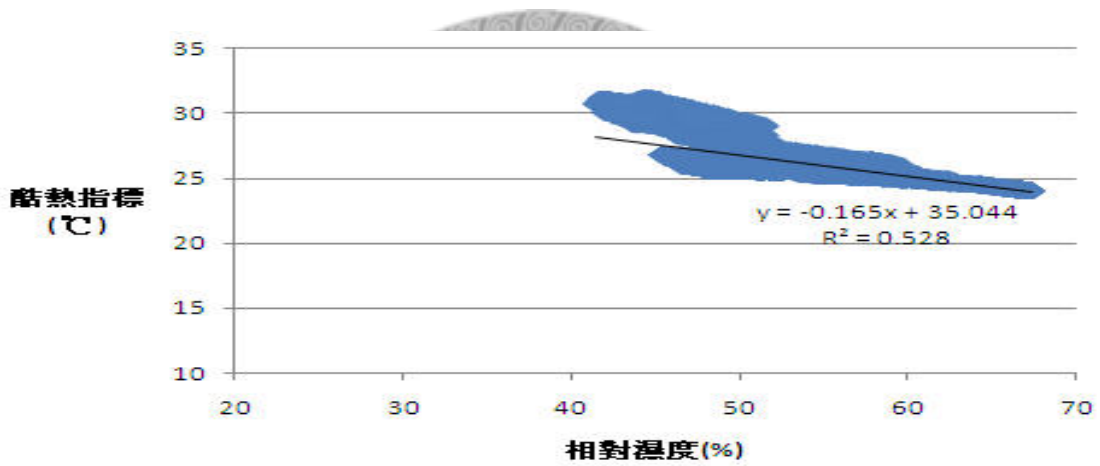


圖 4-62 北部 99 年 11 月 11 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-13 北部 99 年 11 月 11 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.994317
決定係數	0.988666
調整的決定係數	0.988665
標準誤差	0.139689
觀察值個數	30398

表 4-14 北部 99 年 11 月 11 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	3.413086	0.029443	115.9225
RH%	0.023924	0.000219	109.0461
°C	0.849779	0.000765	1111.51

複迴歸方程式： $HI = 3.413 + 0.024R + 0.85T$

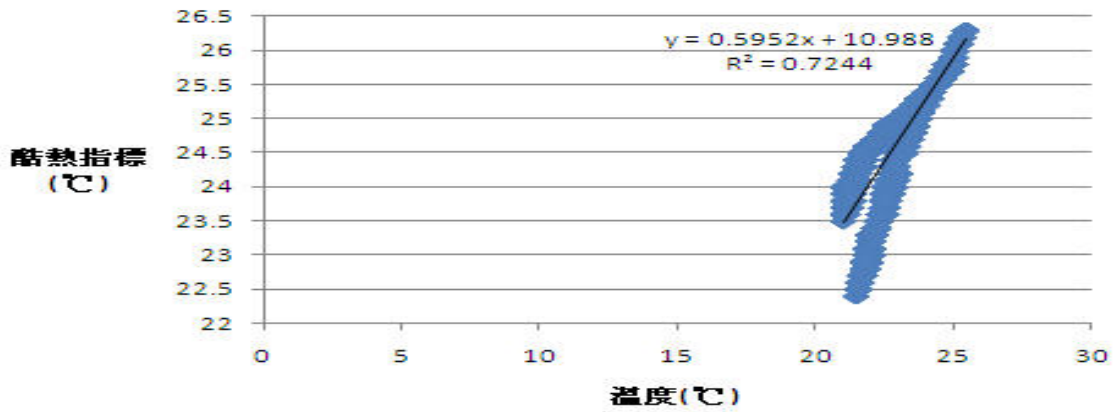


圖 4-63 北部 99 年 12 月 6 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

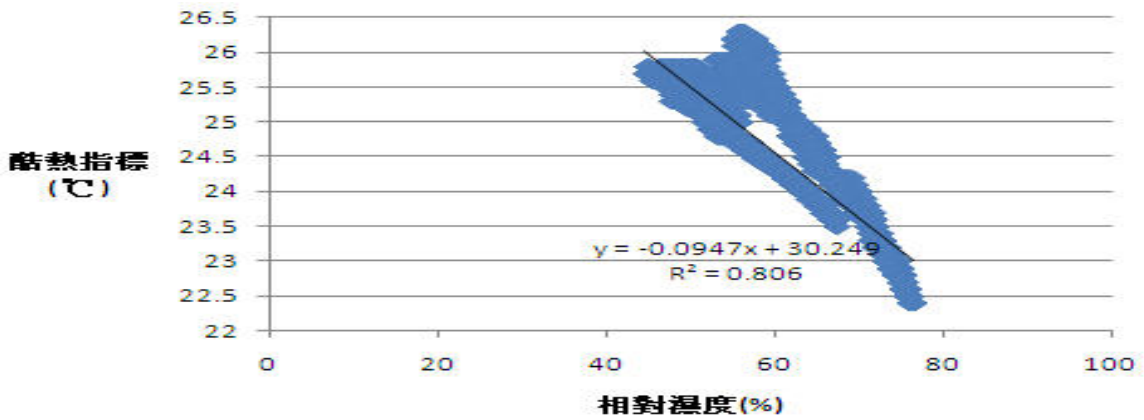


圖 4-64 北部 99 年 12 月 6 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-15 北部 99 年 12 月 6 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.955765
決定係數	0.913486
調整的決定係數	0.91348
標準誤差	0.250079
觀察值個數	29139

表 4-16 北部 99 年 12 月 6 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	21.16387	0.048946	432.3925
RH%	-0.06259	0.000248	-252.376
°C	0.312878	0.001644	190.2995

複迴歸方程式：HI= 21.16-0.063R+0.313T

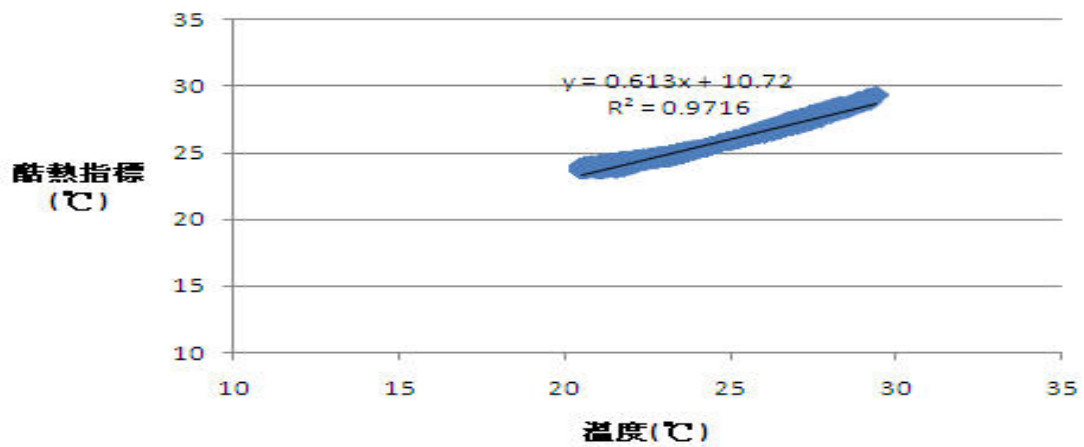


圖 4-65 中部 99 年 11 月 12 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

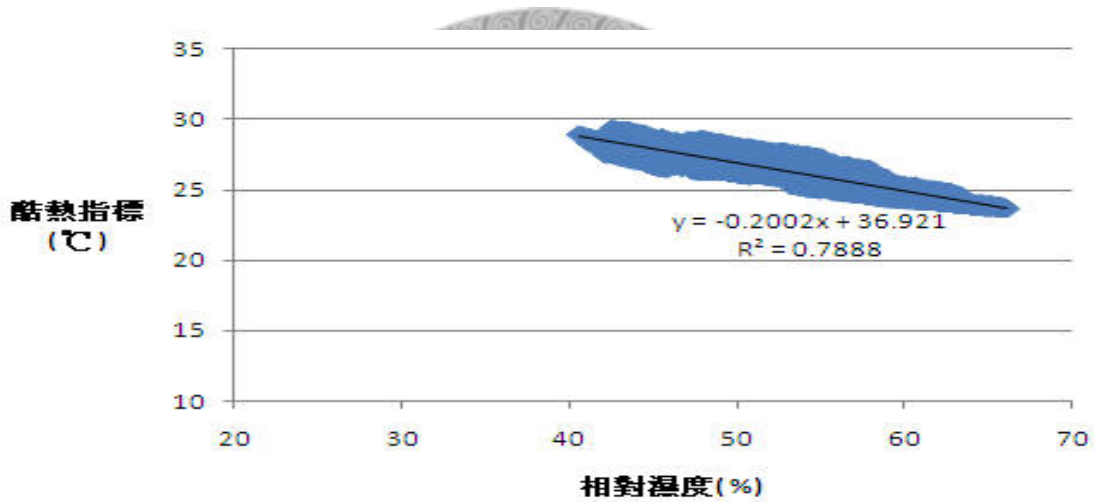


圖 4-66 中部 99 年 11 月 12 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-17 中部 99 年 11 月 12 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.98611
決定係數	0.972412
調整的決定係數	0.97241
標準誤差	0.163504
觀察值個數	32220

表 4-18 中部 99 年 11 月 12 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	8.907268	0.061064	145.8681
RH%	0.015445	0.000506	30.53499
°C	0.652126	0.001401	465.4652

複迴歸方程式： $HI = 8.9 + 0.015R + 0.652T$

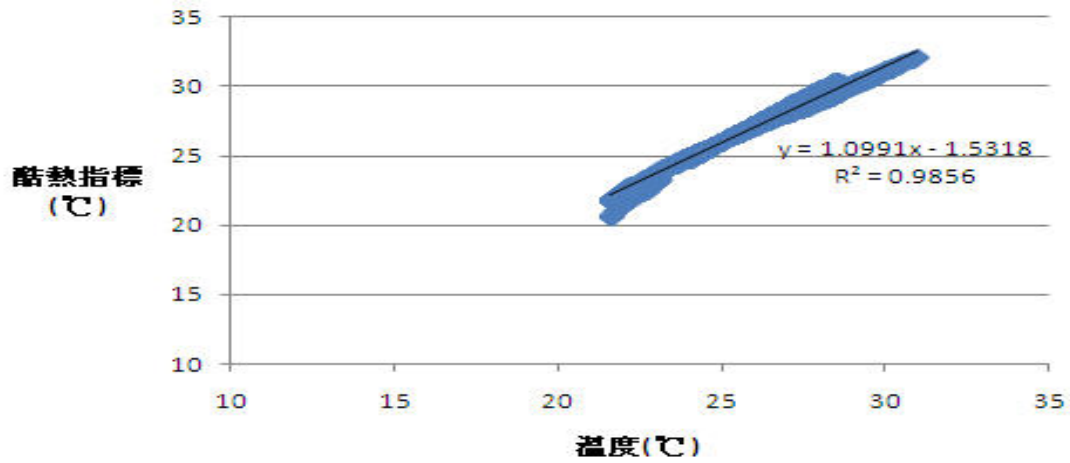


圖 4-67 中部 99 年 11 月 20 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

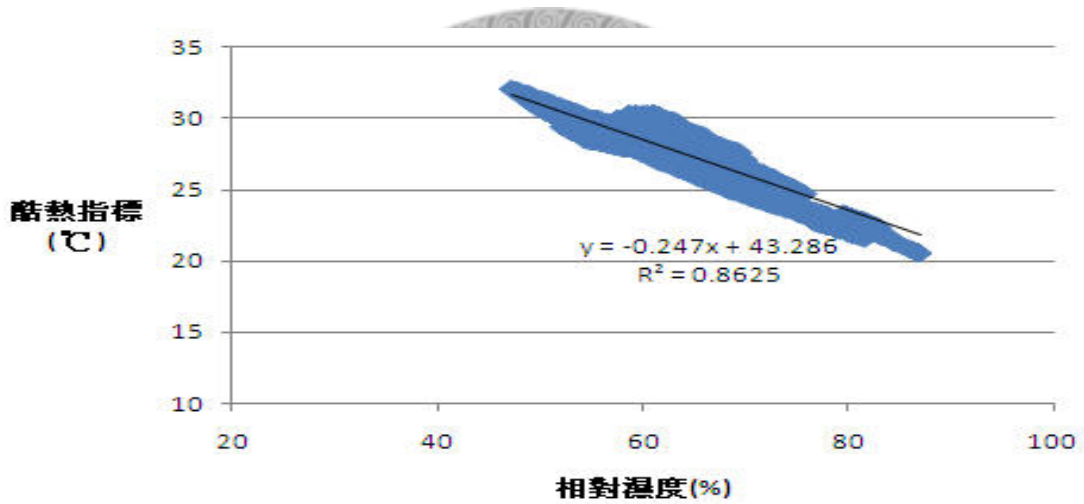


圖 4-68 中部 99 年 11 月 20 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-19 中部 99 年 11 月 20 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.994175
決定係數	0.988384
調整的決定係數	0.988383
標準誤差	0.190837
觀察值個數	28942

表 4-20 中部 99 年 11 月 20 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-9.22402	0.094394	-97.7186
RH%	0.045607	0.000549	83.08709
°C	1.279755	0.002285	560.0959

複迴歸方程式：HI= -9.22+0.046R+1.28T

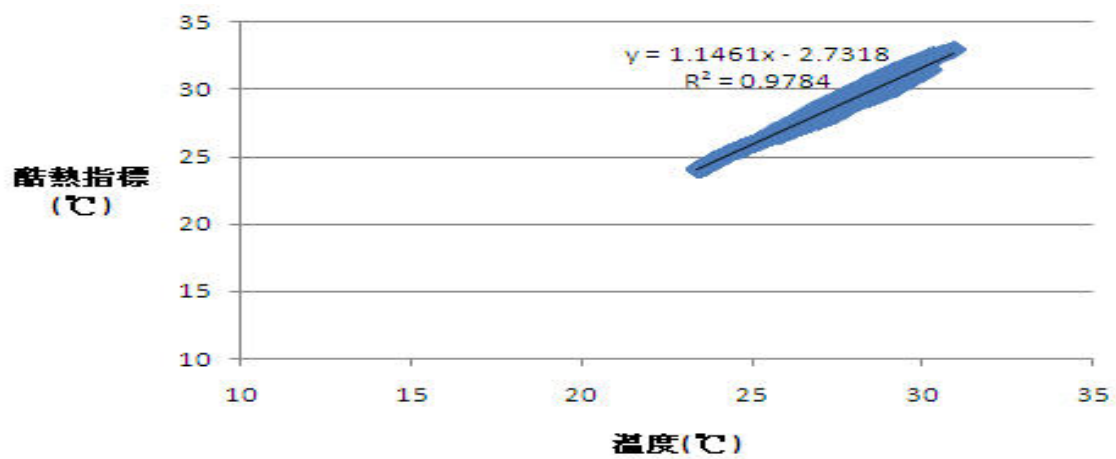


圖 4-69 中部 99 年 11 月 21 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

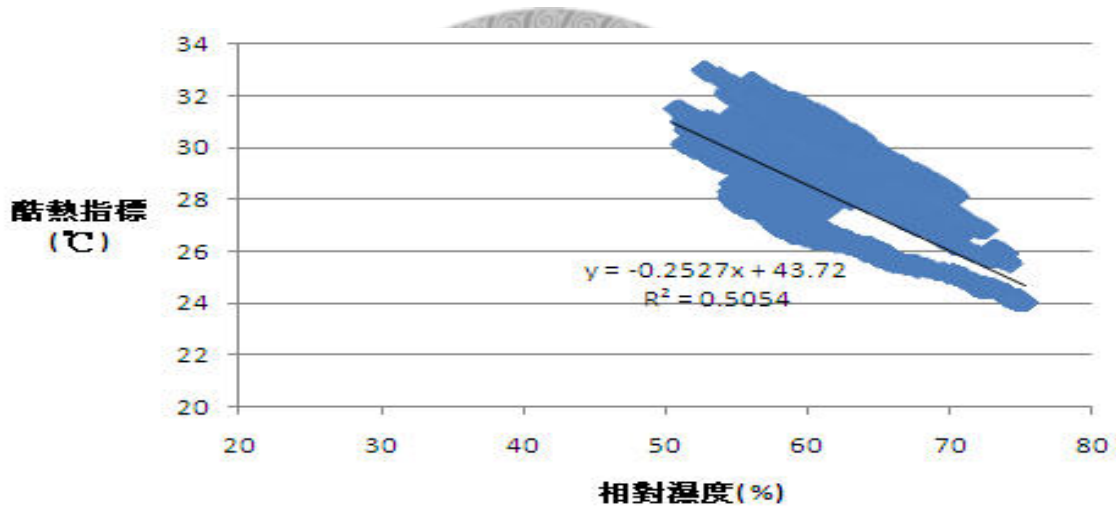


圖 4-70 中部 99 年 11 月 21 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-21 中部 99 年 11 月 21 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.996594
決定係數	0.993199
調整的決定係數	0.993199
標準誤差	0.160222
觀察值個數	32490

表 4-22 中部 99 年 11 月 21 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-11.9343	0.039171	-304.672
RH%	0.069365	0.000274	252.787
°C	1.329697	0.0009	1477.212

複迴歸方程式：HI= -11.93+0.069R+1.33T

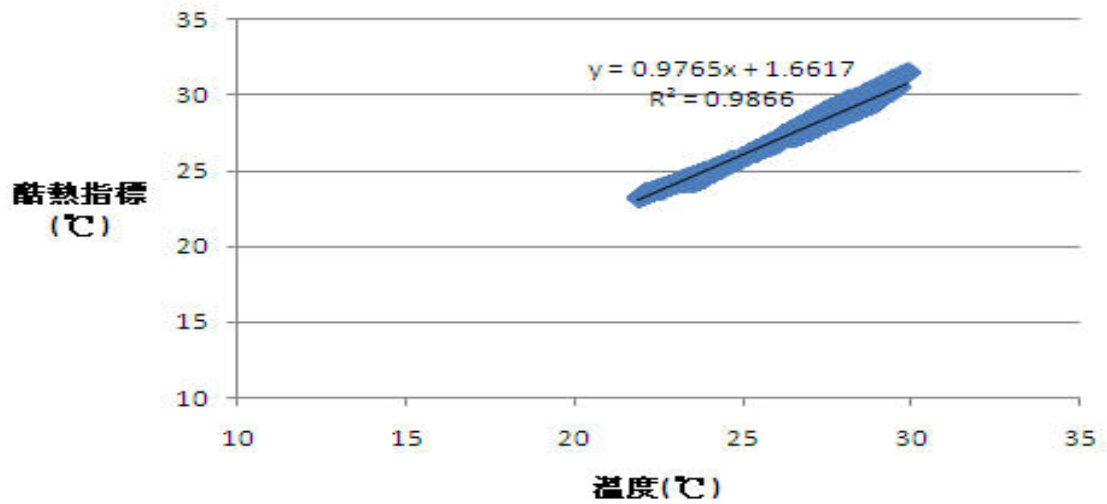


圖 4-71 中部 99 年 11 月 22 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

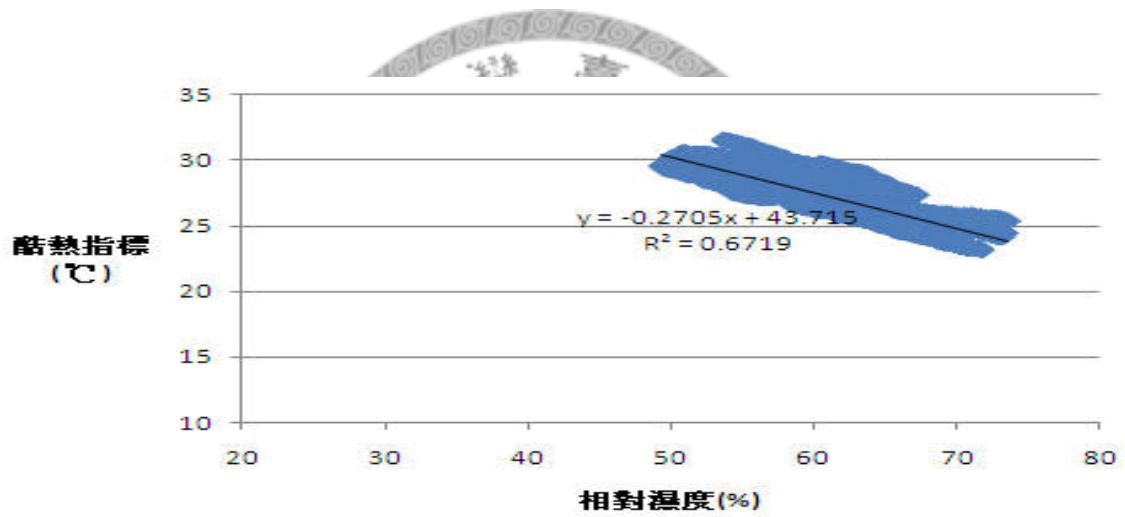


圖 4-72 中部 99 年 11 月 22 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-23 中部 99 年 11 月 22 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.994896
決定係數	0.989818
調整的決定係數	0.989817
標準誤差	0.170578
觀察值個數	30769

表 4-24 中部 99 年 11 月 22 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	-2.9793	0.049097	-60.6814
RH%	0.036242	0.000366	99.0216
°C	1.068786	0.00109	980.1334

複迴歸方程式：HI= -2.979+0.036R+1.07T

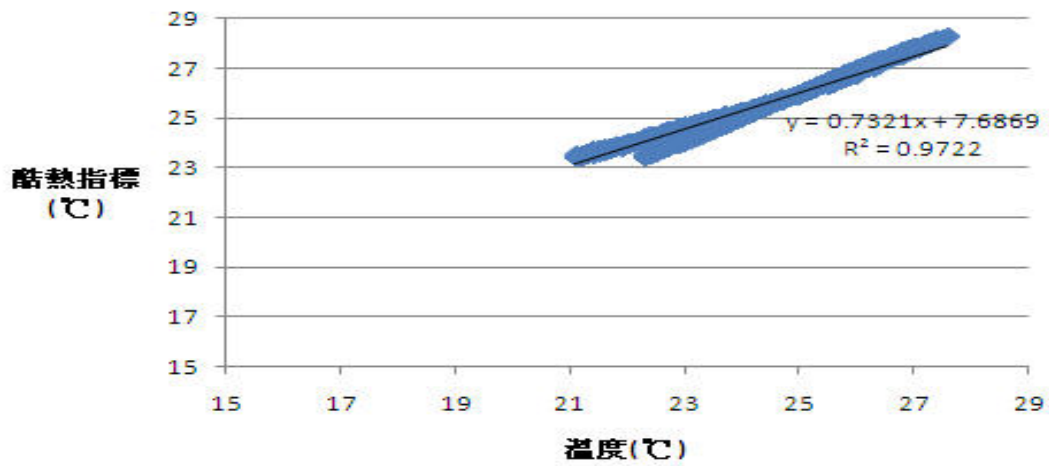


圖 4-73 中部 99 年 11 月 23 日之酷熱指標與溫度迴歸分析

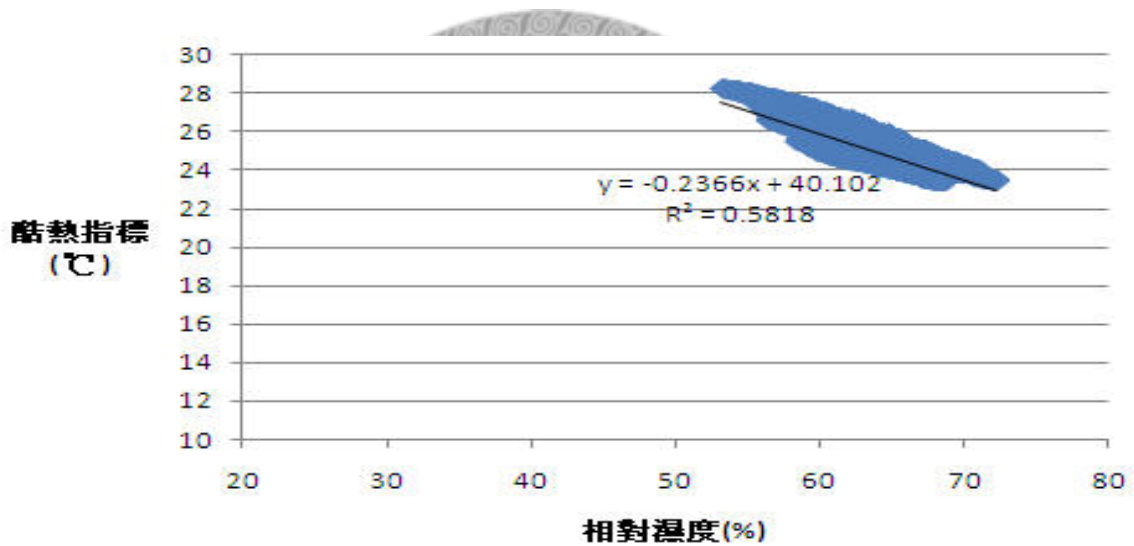


圖 4-74 中部 99 年 11 月 23 日之酷熱指標與相對濕度迴歸分析

表 4-25 中部 99 年 11 月 23 日之複迴歸統計

迴歸統計	
相關係數	0.990612
決定係數	0.981311
調整的決定係數	0.98131
標準誤差	0.122156
觀察值個數	29853

表 4-26 中部 99 年 11 月 23 日之複迴歸方程式

	係數	標準誤差	t 統計
截距	11.98605	0.038407	312.0797
RH%	-0.04167	0.000346	-120.409
°C	0.661739	0.000828	798.844

複迴歸方程式： $HI = 11.986 - 0.042R + 0.66T$

4-3 討論

1. 以上整理出北、中及南部等三地之最小值、最大值以及平均值，利用美國政府工業衛生師協會在 2000 年所規範的每小時作息時間比例之時量平均 WBGT 範圍(表 1-2)進行高溫作業之工作與休息有效率的配合進行，由本研究所測量出來之數據可以知道九月至十月之溫度及綜合溫度指標比較高，尤其 WBGT 平均溫度超過 30°C，必須預防熱危害；一旦過十月溫度逐漸下降，較不容易受到熱壓力等危害，但有幾天相對濕度(RH%)較高，空氣較悶熱不易蒸發汗水導致體內之熱能存在體內，這種情況也會造成熱危害，且穿著衣服的材質也必須選擇較能排汗。
2. 由迴歸分析可知，溫度對酷熱指標的決定係數平均為 90% 以上，這代表溫度對熱指數影響力在 90% 以上；反之，相對濕度比對熱指數的決定係數平均不到 90%。不過，由迴歸分析圖可知酷熱指標是與溫度及相對濕度是具有相關性，因此再進行複迴歸進行分析。
3. 由複迴歸分析可知，將溫度和濕度比同時進行分析，決定係數平均為 95% 以上，此數值都高於溫度及相對濕度單獨對酷熱指標的決定係數。由這十組數據可知，溫度與相對濕度對酷熱指標有極大關係。

4-4 結論與建議

1. 在高溫戶外工作產生熱危害的機率較高，無論氣候溫度如何也必須要適當的休息及補充水分，以免工作時間長而體內缺少水分產生熱中暑等熱危害之風險。勞工若從事戶外高溫工作且連續工作八小時以上有發生熱危害之虞，因此雇主必須遵守美國政府工業衛生師協會所提出的工作休息時間進行比例分配。
2. 以 WBGT 圖所示，幾乎溫度最大值位於中午至下午 3 點，這段時間 WBGT 溫度也高達至 30°C 左右，以防工作時產生熱危害盡量避免在這段時間進行中度以上之工作。
3. 綜合溫度指標 WBGT 需要的參數為乾球溫度、濕球溫度以及輻射球(黑球)溫度，因為濕球溫度與輻射球溫度需要設計儀器以及直徑 6 吋的輻射球，此較難以取得並且需要一定的花費。如果只要利用溫度與相對濕度兩個較容易取得的參數，再將溫度及相對濕度進行加權為酷熱指標。在評估熱危害作業時候，利用酷熱指標(HI)訂出與綜合溫度指標(WBGT)相同之每小時之工作與休息時間比例分配。

參考文獻

何先聰。2001。高溫作業熱適應之研究。嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

林桂儀。2010。揹負式割草機傷害案例分析與預防策略，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。

徐正威。2006。考慮氣候因素之分區短期負載預測，大同大學電機研究所碩士論文

泰仕。TES-1369 高溫環境熱壓力監測計。網址 <http://www.tes.com.tw/1369c.htm>，
上網日期：2010年10月1日。

泰仕。1999 TES-1369 高溫環境熱壓力監測計使用說明書。泰仕電子工業股份有限公司。

莊侑哲、曹達和、戴聿彤、陳秋蓉。2009。室內低溫作業冷危害評估電腦軟體之開發。工業安全科技。

陳美蓮、黃如璋、陳秋蓉、鄭淑芳、毛義方。1998。高溫作業作息時間與工作負荷量對心率之影響研究。勞工安全衛生研究季刊 6(2)：115-129

勞委會。1994。高溫作業勞工疲勞狀況研究。ISOH 勞工安全衛生研究報告。

勞委會。1997。國內勞工熱環境適應評估模是研究。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。

勞委會。2007。異常溫度作業勞工作業危害檢測量表開發。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。

勞委會。1996。營造業作業勞工安全帽戴用與熱暴露關係探討。ISOH 勞工安全衛生研究報告

勞委會。2010。高氣溫勞工熱危害預防指引，行政院勞工委員會勞工安全衛生研

究所。

勞委會。1999。勞工熱危害預防手冊，行政院勞工委員會勞工安全衛生研

究所。

葉仲基。2010。揹負式割草機手冊草稿 990817。行政院勞工委員會勞工安全衛生

研究所。

運動生理學網站。酷熱指數危險等級。網址：

<http://www.epsport.idv.tw/epsport/week/show.asp?repno=167&page=1>。上網日

期：2010-10-11

曹永偉。2004。相異風速、活動量下人體皮膚表面溫度與室溫間之相關性。聖約

翰學報 23:23-38。

蔡朋枝、謝榮裕、吳豐任、湯銘哲、葉文裕、林守香、陳旺儀。1999。以生理觀

點探討依 WBGT 規範高溫作業勞工作息標準之合理性研究。勞工安全衛生研

究季刊 7(4)：1-22。

魏夢麗、呂秀英。1999。決定係數在迴歸分析中的解釋及正確使用。科學農業

47(11,12)：341-345。

羅志綸。2002。熱作業環境變項改善最佳化系統預估模式之研發。台南：國立成

功大學環境醫學研究所碩士論文。

American Conference of Governmental Industrial Hygienists 1990. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 1990-1991.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists 2000. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 1999-2000.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists 2006. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 2005-20006.

History of ACGIH. <http://www.acgih.org/about/history.htm>.

Lind AR. 1963. Physiological effects of continuous or intermittent work in the heat. J. Appl Physiol. 18(1):57-60.

ISO7243. 1989. Hot Environment-Estimation if the Heat Stress on Working Man

ISO 7726. 1998. Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.

ISO 8996. 2004. Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic rate.

ISO 9920. 2007. Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.

ISO 10051. 1995. Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the environment using subjective judgement scales.

ISO 11079. 2007. Ergonomics of the thermal environment - Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects.

ISO 15265. 2004. Ergonomics of the thermal environment - Risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions

Yaglou, C.P.,and D Minard. 1957. Control of Heat Casualties at Military Training Centres. J. Arch. Ind. Health 16(3):302-320.

World Health Organization. 1969. Health Factors Involved in Working Under Conditions of Heat Stress.