

南非開普敦（2018 年）缺水危機探討

林又青¹、張志新¹、顏啟安²、蘇元風¹、黃柏誠³

¹ 國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

² 國立臺灣大學 公共事務研究所

³ 國家災害防救科技中心 氣象組

摘要

南非開普敦市(Cape Town)自 2015 年起面臨缺水危機，主要水壩的總蓄水量長期低於 50%，2018 年初開普敦市更發出「臨界日」(Day Zero)警訊，恐成為第一個無水可用的大城市。缺水危機增加疫病蔓延風險，並衝擊當地的農產與觀光業。為此，政府採用分級用水限制措施、建設水資源供給設施與改善輸水管線工程等方案，盡力避免水資源枯竭。所幸在 5 月，因為降雨豐沛再加上周圍農業協會的捐水，開普敦市於 6 月宣布「臨界日」移到 2019 年以後。整體而言，開普敦採取的方案具有多面向、互補與促進災害學習等優點，尤其限水措施與水價調控，對於同樣面臨潛在缺水風險的我們而言，開普敦的經驗實為重要之借鏡。

一、災害概述

根據南非氣象局(South African Weather Service)自 1921 年的觀

測紀錄，開普敦地區的年降雨量約 820 毫米。然而，自 2015 年起，連續三年年降雨量為 549 毫米、634 毫米與 499 毫米，2017 年更是自 1921 年有紀錄以來降雨最少的一年。

2018 年 1 月，西開普省(Western Cape)推估主要水壩的整體蓄水位在 4 月份可能降到嚴重低水位，而無法供水，故開普敦宣布「臨界日」，表示當主要水壩整體蓄水下限低於 13.5%時，市府將關閉大部份供水系統，民眾將只能在定點取水。同年 3 月南非政府更將開普敦的乾旱列為「國家災難」。最後，透過節水和增加供水措施，7 月開普敦每日的用水量已減少了一半以上，降到 4.98 億公升。再加上今年 5 月降雨充沛，主要大壩整體蓄水量在 8 月已達 60%，暫解除缺水危機，水源使用限制將持續到主要大壩整體水位達到 85% 以上。

二、地理環境與氣象簡介

南非地處南半球，土地面積約為 1,219,090 平方公里，北面與納米比亞、波札那、辛巴威、莫三比克及史瓦濟蘭接壤，其他三面被印度洋與大西洋環抱。開普敦為南非立法首都及人口排名第二大城市，位於南非西開普省西南方，也是國際知名的觀光景點，開普敦市位置如圖 1 所示。

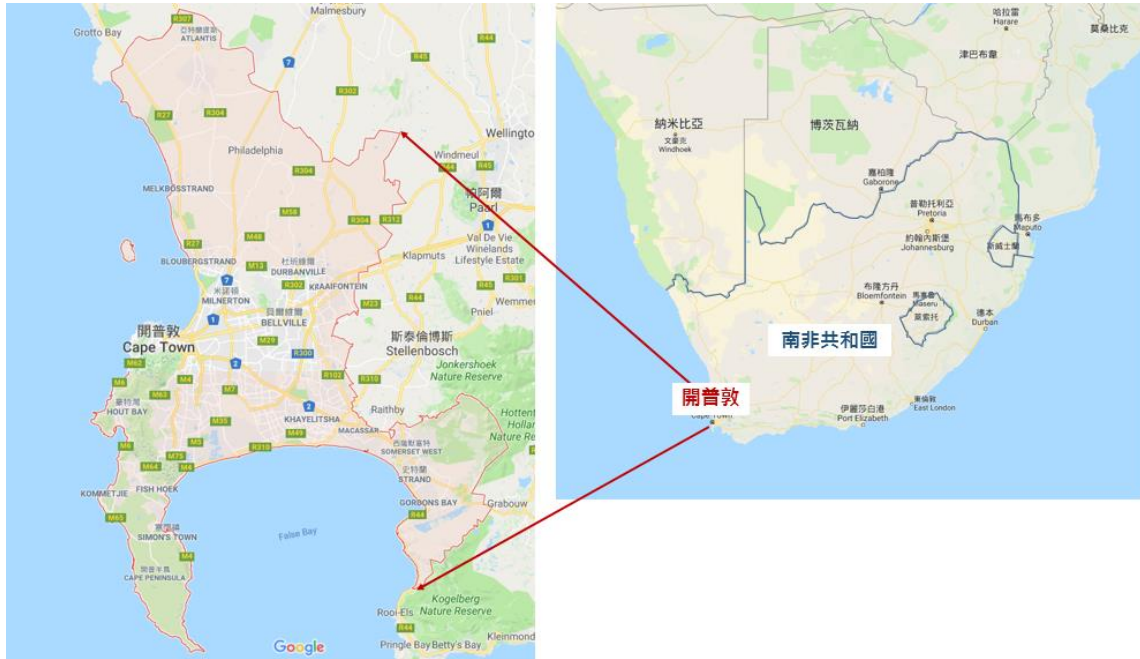


圖 1、南非及開普敦地理位置示意圖（地圖來源：Google Map）

開普敦屬於地中海型氣候，四季分明。夏季是每年 11 月到隔年 2 月，因副熱帶高壓壟罩，氣候溫暖而乾燥；冬季為每年 5 月至 8 月，西風帶和鋒面氣旋從大西洋帶來豐沛的降水。圖 2 為開普敦市近 30 年的月統計資料，包含每日最低及最高溫度、平均降雨與平均降雨日數等。整體而言，雨季大致是 4 月至 10 月，是開普敦市仰賴的主要用水來源。過去十年間，除 2013 年降雨較為豐沛與 2015~2017 的乾旱外，其餘年份的降雨量大致呈現穩定狀態。

	平均每日最低溫度 (°C)	平均每日最高溫度 (°C)	平均降雨 (mm)	平均降雨日數(天)
1月	15.7	26.1	15	5.5
2月	15.6	26.5	17	4.6
3月	14.2	25.4	20	4.8
4月	11.9	23	41	8.3
5月	9.4	20.3	69	11.4
6月	7.8	18.1	93	13.3
7月	7	17.5	82	11.8
8月	7.5	17.8	77	13.7
9月	8.7	19.2	40	10.4
10月	10.6	21.3	30	8.7
11月	13.2	23.5	14	4.9
12月	14.9	24.9	17	6.2

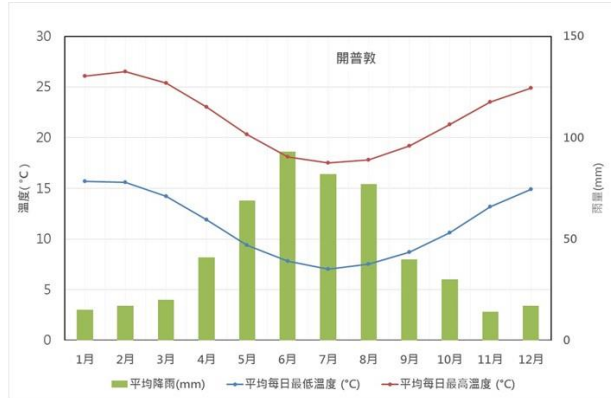


圖 2、開普敦市逐月平均氣候圖（資料來源：World Meteorological Organization）^[6]

西開普省地區的供水系統共包含 14 個水壩，總庫容為 9025.98 億公升。其中，Berg River、Steenbras Lower、Steenbras Upper、Theewaterskloof、Voëlvelei、Wemmershoek 為主要水壩，上述 6 個主要水壩的容量合計 8982.21 億公升，佔西開普省地區整體的 99.6%，主要水壩位置如圖 3 所示，相關資訊詳見表 1，以 Theewaterskloofk 水壩的庫容最大，約為 4801.88 億公升，佔整體的 53%，為開普敦仰賴的重要水源。

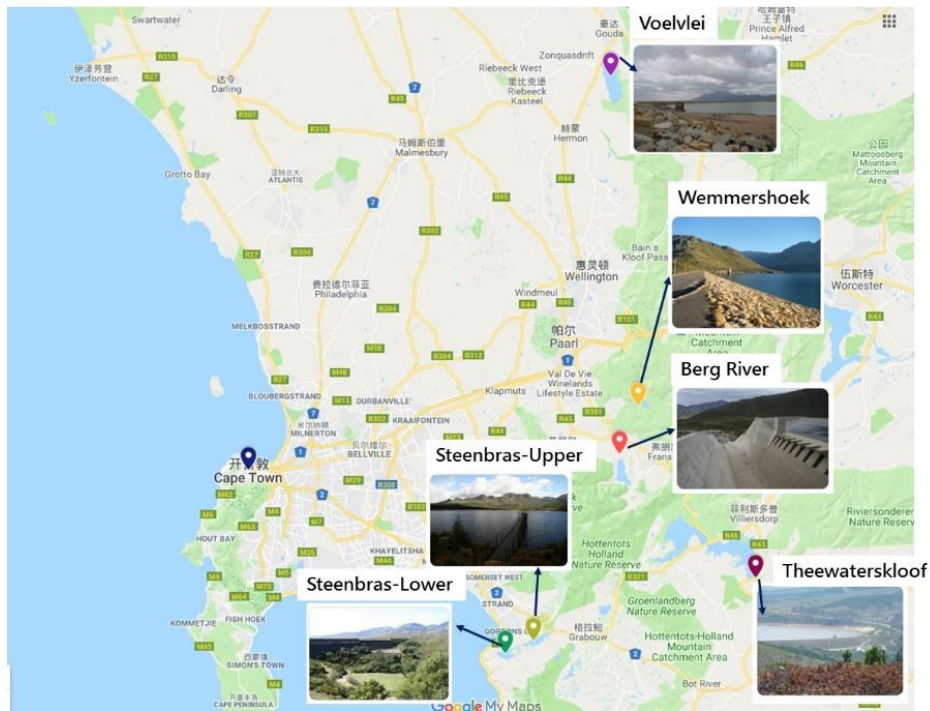


圖 3、西開普省主要水壩分布圖（照片來源：Western Cape Government Agriculture）^[7]

表 1、主要水壩列表（資料來源：Dam Safety Office）^[8]

水壩名稱	完工年	壩高 (m)	壩長 (m)	庫容 (億公升)	供水用途
Theewaterskloof	1980	35	646	4801.88	都市與工業用水、灌溉
Voelvlei	1971	10	2910	1640.95	都市與工業用水
Berg River	2008	62	938	1300.10	民生、灌溉
Wemmershoek	1957	55	518	586.44	都市與工業用水
Steenbras Lower	1921	28	412	335.17	都市與工業用水
Steenbras Upper	1977	34	940	317.67	都市與工業用水

三、抗旱發展時序

以下紀錄開普敦市政府從 2015 年到 2018 年，各階段限水的發展

時序以及對應措施：

■ 2015 年

開普敦市於 2015 年開始出現乾旱，當年 6 個主要水壩的總庫容量，從 2014 年的 71.9% 下降到 50.1%。由於開普敦市的水資源極為缺乏，始終處於用水限制第 1 等級狀態，第 1 等級是建議全市整體用水量應減少 10%。

■ 2016 年

隨著缺水情況加劇，1 月 1 日起用水限制進入第 2 等級，全市整體用水量建議需節省 20%。同年 11 月 1 日用水限制提升第 3 等級，相當於要求全市用水量需節省 30%。

在用水限制第 2 等級時，除了列出個人與家戶用水提出限制外，並提及工商企業、機構以及政府單位的用水注意事項，如：商業用苗圃、農場及菜園等區域，可申請用水豁免，不受用水限制；只能使用回收水或無水洗滌劑，來清洗商用車輛及設備；禁止使用公共飲用水清洗道路鋪路；獲得書面許可的屠宰場和食品加工業，可用公共飲用水進行清潔；鼓勵工商業推廣節水行動和傳播節水信息；公共場所的水龍頭、淋浴噴頭和其他輸水管道，必須更換為節水設備。

■ 2017 年

6 月 1 日：開普敦市水情嚴重惡化，5 月主要水壩整體蓄水量不到 10%，

因此在 6 月實施用水限制第 4 等級，明文禁止使用公共飲用水灌

溉運動場、高爾夫球場、學校、托兒所及公園等處的花壇、草坪與植物，但從事農業活動或歷史花園的使用者，可申請豁免；市府機構在獲得水利與衛生部門同意後，可以在許可時段內用非飲用水灌溉運動場及公園；鼓勵使用鑽井處理過後的水，所有鑽井點都需向市政府登記，遵循相關規定。使用鑽井水者，也僅能在周二和周六的 9 時之前或 18 時之後，最多灌溉一小時；建議使用洗滌水(greywater)、雨水或其他非飲用水沖洗廁所；禁止將公共飲用水用於觀賞噴泉或水景。另外強烈建議每人每天限制用水 100 公升的公共飲用水。

7 月 1 日：用水限制提升到第 4B 等級，用水限制措施大致與第 4 等級相同，但是嚴加要求所有用水者，立即執行一天只能用 87 公升的公共飲用水。

9 月 3 日：用水限制提升到第 5 等級，禁止戶外和非必要用水，重申無論是在家、工作或是其他地方，所有用水者每人每天使用公共飲用水不得超過 87 公升。另外，並祭出罰則，如果單一住宅單位，每月使用超過 2 萬公升公共飲用水，市府將依據 2010 年水資源施行細則(City's Water By-Law)給予處罰。所有工商業用水量需比去

年同期減少 20%；而農業用戶的用水量則需比去年同期減少 30%，若沒有達到也會依法進行處罰。

■ 2018 年

1 月 1 日：用水限制進入第 6 等級，開普敦市每戶家庭的每月用水限制為 1.5 萬公升，每人每天用水限制為 87 公升，等於一般蓮蓬頭沖澡四分鐘的水量。與前一次乾旱的 2015 年同期相比，所有工商業及學校機構，每月的公共飲用水消耗量減少 45%；而所有農業用戶則必須確保每月公共飲用水消耗量減少 60%。

1 月中旬：開普敦市長 Patricia de Lille 宣佈，當主要水壩水位低於 13.5% 時，便將啟動「臨界日」計劃，該市將關閉大部分城市供水，並將「臨界日」設定在 4 月 22 日，屆時開普敦市將成為第一個缺水的大城市，居民將只能在政府指定的 149 處地點取水。

2 月 1 日：用水限制進入第 6B 等級，嚴格限制開普敦市每戶家庭每月用水量為 6,000 公升，每人每天用水限制則為 50 公升。6B 等級的詳細限水措施列於表 2。另外，圖 4 為開普敦政府製作的每日 50 公升用水使用宣導海報。

表 2、用水限制第 6B 等級措施列表（資料來源：經濟部水利署）^[11]

1.不論在居家、工作場合或學校等任何場所，每人每日用水限制50公升或以下。
2.戶外開鑿井水是強烈不被鼓勵的；灌溉用水的限制一小時為最大上限，只能於每周二、周六的上午9點前以及下午6點後。
3.開鑿井水必須被計量，所有的使用者需保留紀錄與數據隨時供相關單位檢驗。
4.必須得到國家水資源衛生部門核發的執照，才可以販售開鑿所得的井水。
5.與2015年同期相比，農業用水量須減少60%。
6.與2015年同期相比，商業用水量需減少45%。
7.住宅單位用水超量將被裁罰或強制安裝用水管理裝置。
8.使用公共飲用水來沖洗混凝土路面是違法的。
9.使用公共飲用水來灌溉或澆水是違法的。
10.使用公用飲用水來洗車、船是違法的。
11.私人泳池使用公共飲用水蓄水是違法的。
12.強烈鼓勵居民在所有水龍頭、蓮蓬頭安裝有效的省水裝置來減少水的使用。
資料來源：南非開普敦城市官網(http://www.capetown.gov.za/thinkwater)



圖 4、50 公升用水指引海報（圖片來源：經濟部水利署）^[11]

2月初：開普敦周圍 Grabouw 區的 Groenland 農業用水協會(Groenland Water User Association)，從其大壩無償轉移 100 億公升水到開普敦的 Upper Steenbras 大壩。

6月28日：因為5月的降雨充沛，主要大壩整體水量已增加到43%，透過節水與增水措施，普敦每天的用水量減少了一半以上，達到每天使用量約4.98億升，這使得開普敦市宣布2019年不太可能出現用水「臨界日」。



圖5、開普敦居民取用山泉水及警察在現場維持秩序(圖片來源：abc NEWS)^[13]

四、災因分析

導致開普敦發生缺水危機的原因，包含氣候環境影響以及用水規劃管理缺失，分述如下：

(一)氣候環境影響

開普敦大學天候系統分析小組(Climate System Analysis Group at the University of Cape Town, CSAG)的測站資料，以及開普敦市府的水壩蓄水量資料。Theewaterskloofk 水壩在2014~2018間各年的降雨累積圖，可看出年累積降雨自2015年起明顯減少(圖6)。圖7則是主要水壩在2012~2018年間的蓄水變化量，又以Theewaterskloofk 水壩的減少幅度最為明顯，足見開普敦面臨水資源枯竭的危機，圖8為

Theewaterskloof 水壩蓄於 2017 年蓄水位情形，幾乎可見壩底。

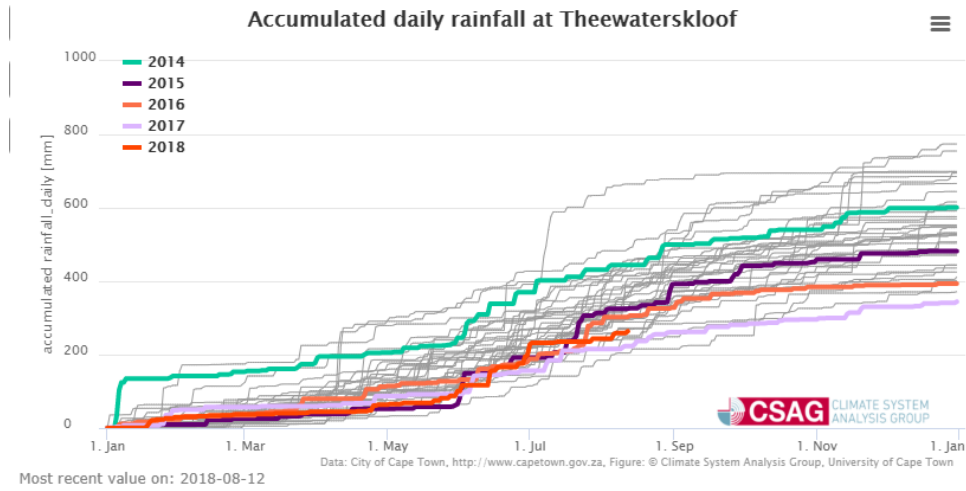


圖 6、Theewaterskloof 水壩 2014~2018 年累積降雨圖 (資料來源：CSAG) [14]

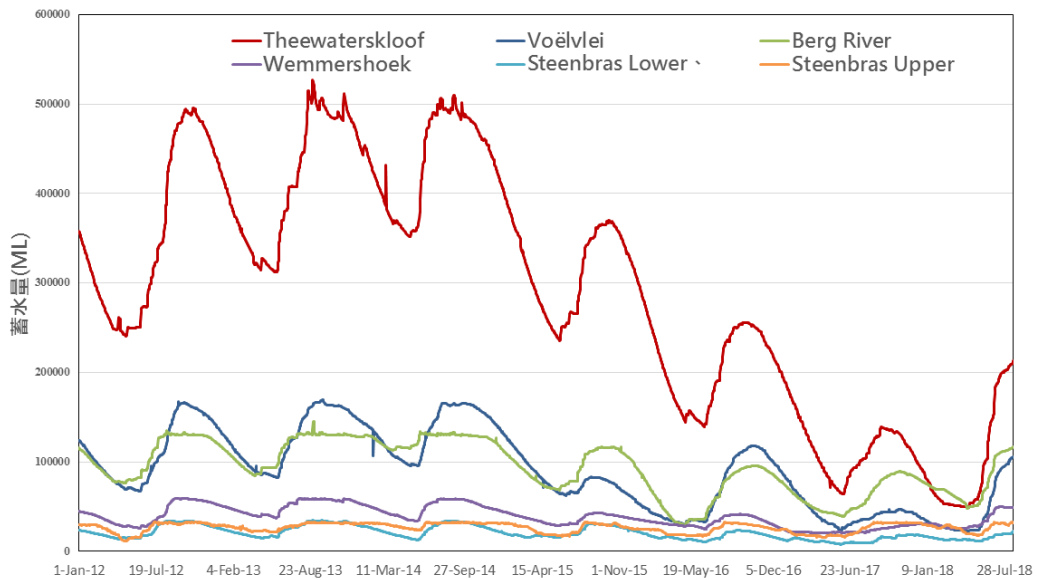


圖 7、主要水壩的蓄水量變化 (資料來源：City of Cape Town) [5]



圖 8、Theewaterskloof 水壩於乾旱時情況（照片來源：Time Lives）^[15]

(二)用水規劃未能立即配合城市的發展

首先，開普敦的人口快速成長，導致用水需求增加。自 1950 年代起，開普敦的人口呈現穩定成長趨勢，數十年間，人口數從 1950 年的 61.8 萬、1980 年的 160.9 萬成長至 2015 年的 366 萬人，到 2018 年達 377.6 萬人。然而，供應開普敦的 6 座主要水壩當中，有 5 座興建在 1980 年代之前，只有 Berg River 水壩在 2008 年完工。換言之，在開普敦人口與用水需求快速增長的時期，政府開發的水資源有限，可能埋下水資源匱乏的遠因。

第二，開普敦市府曾調查 2014 與 2015 年的居家用水情形，結果指出，居民裝設省水設備的比例低於 30%、使用洗滌水的比例為 25%，平均用水量的差異隨著所得階層愈高而擴大(Viljoen, 2015)。整體

而言，民眾在缺水危機前並未意識到節約用水的重要性，使用水需求的管理成效有限。

五、災害衝擊

缺水危機分別對開普敦市的公共衛生、農業及觀光產業有所影響，詳述如下：

(一)公共衛生

缺水導致民眾難以保持個人衛生以及水分攝取不足，容易滋生疾病、擴大傳染以及造成夏季熱傷害。根據 2018 年 1 月開普敦市政府衛生部(The City of Cape Town's Health Department)對於公共衛生問題回應，缺水期間的傳染病防治確實面臨嚴峻挑戰。2017 年出現 3 批白喉桿菌(Diphtheria)的感染案例；百日咳(Pertussis)則是從前一年的 42 例擴大至 101 例。此外，尚有麻疹(Measles)與傷寒(Typhoid)等疫情。2018 年 1 月時，重點疫情則是李斯特菌(Listeria)的感染，自前一年 8 月起累計感染病例達 47 人。



圖 9、開普敦健康諮詢與教育（圖片來源：City of Cape Town）^[5]

(二) 農業

產業方面，亟需灌溉水源的農業首當其衝，尤其是當地的葡萄酒釀酒業，灌溉水源因水壩蓄水量不足而減少 40% 至 60% 產量，必須付出更多成本尋找替代水源，以便維持基本的生產量。

(三) 觀光業

開普敦市以壯麗自然景觀聞名，知名地標桌山(Table mountain)被譽為「上帝的餐桌」，是南非著名的旅遊勝地，觀光旅遊業也是開普敦的重要產業之一。當地旅遊業 4 月報告內容，指出與去年同期相比，開普敦市 2018 年 1 月的旅遊人數、飯店入住人數和入境人數都有減少趨勢。其中，開普敦國際機場總入境人數少 4%、飯店入住率下降了 10%。但在 7 月的報導中，旱象解除且旅遊與住宿人數回穩，整體而言，尚無旅客因為考量旅遊便利情形而卻步之跡象。

觀光業因應缺水情況，執行以下措施：旅館安裝低水量蓮蓬頭、移除浴缸塞；要求旅客不得泡澡且沐浴的時間要在 90 秒以內；盡量少沖馬桶；以洗手液洗手；床巾用品不每天更換；餐廳不主動提供飲用水等。圖 10 為機場大廳提醒遊客的節水注意看板，圖 11 為開普敦機場關閉水龍頭，要求遊客使用洗手液消毒。



圖 10、機場「請像當地人一樣省水」的看板（照片來源：The Points Guy）^[19]



圖 9、開普敦機場使用洗手液圖。（照片來源：The Guardian）^[20]

六、水資源管理作為分析與討論

開普敦市府為避免「臨界日」到來之應變作為包含：開發地下水層與建置海水淡化廠來增加水源供給，實施用水限制措施來降低民眾使用水量，以及工程改善漏水問題等，各作為的內容與探討如下：

(一)地下水開發計畫

為增加開普敦市之水源供給，市府持續在進行地下水開發計畫，目標期許透過抽取地下水能增加 20% 的飲用水。圖 12 是目前地下水層開

發計劃的鑽孔位置示意圖，目前有三個主要開發水層：桌山群地下水層(Table Mountain Group Aquifer, TMGA)、Atlantis-Silwerstroom 地下水層與開普平原地下水層(Cape Flats Aquifer, CFA)。市長 Patricia de Lille 認為這些計畫不僅因應當前的缺水危機，也是為了確保未來面對缺水危機時的韌性。

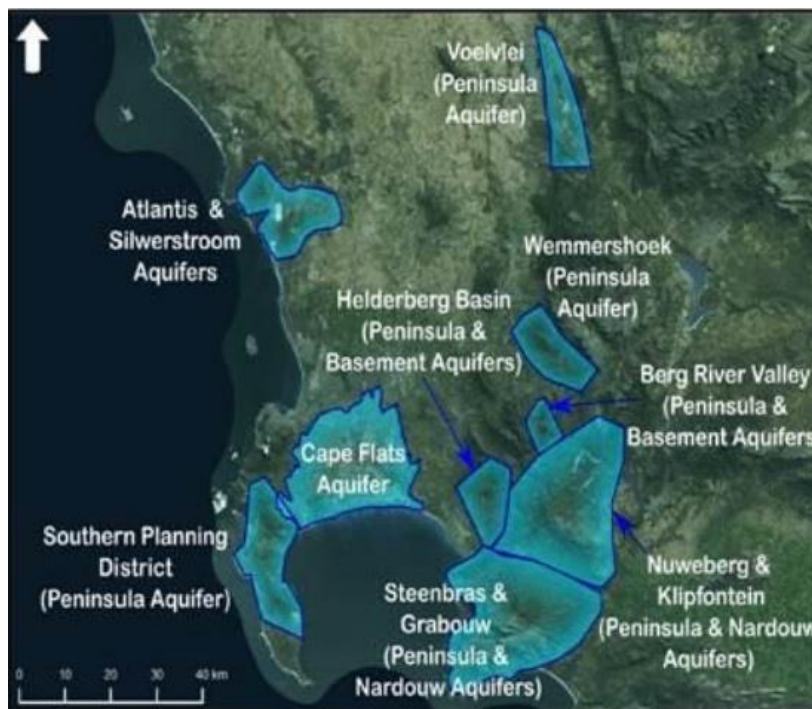


圖 12、地下水層開發區域分布圖（圖片來源：City of Cape Town）^[5]

(1) 桌山群地下水層：是世界上第二大的地下水層，開普敦市政府從 2009 年進行鑽探，初步的取水目標是一天 1,000 萬公升水，將會匯入 Steenbras 大壩，未來預期每日應能提供 5,000~6,000 萬公升水。

(2) Atlantis-Silwerstroom 地下水層：市府已開始從區域取水，目前每天產量是 500 萬公升水，預期未來每天應能供給 2,500 萬公升水。

(3) 開普平原地下水層：該區域每天也是可以供給 2,500 萬升水。另外，CFA 的供水並不會像 TMGA 一樣分配到水壩中，而是用儲水設施存放。



圖 13、開普敦市長視察地下水鑽井測試（圖片來源：City of Cape Town）^[5]

（二）興建海水淡化廠

另一方面，市府興建海水淡化廠的計劃也在 2017 年底通過並執行，規劃在 9 個位址建置海水淡化設施(見表 3)，Strandfontein、VA Waterfront 與 Monwabisi 三個廠為第一波執行計畫，其餘則視水資源情勢再決定執行與否。2018 年 5 月，Strandfontein 成為第一個成功淡化出飲用水的海水淡化廠，預計在 6 月能夠達到每日 700 萬公升水的目標產能。

表 3、開普敦海水淡化廠列表（資料來源：City of Cape Town）^[5]

位址名稱	目標供水量 (萬公升/日)	位址名稱	目標供水量 (萬公升/日)
VA Waterfront*	200	Monwabisi*	700
Hout Bay	400	Harmony Park	800
Granger Bay	800	Cape Town Harbour	5000
Red Hill/Dido Valley	200	The universal sites	2000
Strandfontein*	700		

*：2018 年執行中



圖 14、Strandfontein 海水淡化廠設備。(圖片來源：City of Cape Town) ^[5]

(三) 分階段實施用水限制措施

為管理民眾的用水需求，開普敦自 2016 年 1 月起進入用水限制第 2 等級，並隨著水情嚴峻於強化限水，到 2018 年已達到用水限制第 6B 等級，以下根據 Schneider & Ingram(1990)提出的政策工具類型，來分析用水限制第 6B 等級的措施。

第一，用水上限與相關禁止規定屬於權威型工具(authority tools)，

藉強制力約束民眾行為，隨著水情日益嚴峻與限水階段的提升，管制強度也愈大。其中，第 6B 等級的用水上限包含每人每日生活用水¹，不得超過 50 公升，家庭用水（以一家四口計算）限制為每月不得超過 6,000 公升。此為非常嚴苛的限制，因為依據世界銀行（World Bank）建置之國際水與衛生設施資料庫(The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities, IBNET)顯示，開普敦市從 2010 年~2016 年每日每人生活用水量介於 176 到 216 公升間(詳見表 4)，是 50 公升水的 3~4 倍。另外，106 年台灣自來水事業統計年報資料，台灣近 10 年來每人每日生活用水量介在 257 至 268 公升之間（如圖 15），是開普敦限水期間的 5~6 倍。

表 4、開普敦市每人每日生活用水量列表（資料來源：IBNET）

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
生活用水量 (升/人/日)	192.16	176.19	187.36	184.4	187.76	216.0	209.86



圖 15、台灣近 10 年每人每日生活用水量圖（資料來源：自來水公司）^[26]

¹ 每人每日生活用水量，為國民一天生活中（無論在家庭或工作場所）之平均實際用水量。

第二、水費的調整屬於誘因型工具(incentive tools)，促使民眾依據個人的效用選擇不同的用水行為。累進差額的提高使用水量較多的民眾必須支付更高的水費，藉此達成以價制量的目的，並彌補因缺水而減少的售水收入，以便維持供水系統的營運。同時，政府給貧困家戶，每月 1.05 萬公升的免費用水，除了避免疾病自貧困地區蔓延，也降低弱勢者竊水的誘因。基於以價制量與反映供水設施維護成本，開普敦市政府水資源與衛生部於 2018 年 5 月調整水價，調整前後的收費與累進級距如表 5 所示。

表 5、開普敦水價累進級距修正對照表（資料來源：City of Cape Town）^[5]

	舊水價 2017/2018	提出修正 2018/2019	用水限制第 6 級修正 2018/2019
度 (1 度 = 1000 公升)	每度單價：南非幣 (ZAR)		
0 ~ 6	30.19	46.84	33.24
6 ~ 10.5	52.90	56.21	52.90
10.5 ~ 20	115.00	146.20	138.31
20 ~ 35	345.00		
35 ~ 50	920.00	883.94	1,150
> 50	920.00		

註：南非幣 (ZAR) 與新台幣匯率為：1(ZAR)：2.08(TWD)

第三，節水教育或提供資訊屬於能力型工具(capacity tools)，使民眾有足夠能力與資訊採取行動。例如：政府編製節水手冊供民眾依循；鼓勵民眾使用洗滌水、雨水或其他非公共飲用水沖馬桶；推廣裝設省水裝置和雨水回收系統。若民眾有鑽鑿水井，則強烈不建議用於

澆灌花園或沖洗地板，避免非必要的使用導致地下水源耗竭。此外，政府也設計用水計算機(Calculate Your Daily Use)²與視覺化工具(ThinkWater 網站)³，協助民眾管理用水。

第四，以「臨界日」為節水號召屬於象徵與勸說型工具(symbolic and hortatory tools)，藉由提供資訊讓民眾察覺水資源枯竭的時程與後果，搭配節水方案的實施，使民眾接受節水的價值信念，進而順從、支持節水政策。

(三)輸水系統工程改善

根據開普敦輸水系統檢修與止漏的說明，最新統計資料顯示管線的破損率自 2010 年已有明顯改善，從每 100 公里 63.9 處降低到 31 處；而整體供水系統的漏水率也從 2009 年的 25% 降至 15% 以下。

整體而言，開普敦的抗旱應變作為是同時顧及供給、需求與管理面，藉由多元方案間相互搭配，引導民眾順從政策選擇適合自己的方案達成節水目標。「臨界日」的概念具體揭示共有財的悲歌(tragedy of the commons)，向民眾傳達個人利益(用水)與公共利益(節水)衝突下的負面後果，除了有助於政策宣傳，也能成為其他方案的助力。其次，水價隨限水階段滾動式修正，能適時地以價制量，有助於相關

² 網址：<http://coct.co/thinkwater/calculator.html>

³ 網址：<http://www.capetown.gov.za/thinkwater>

禁止規定的落實。再者，政策資訊方面，開普敦市政府建置 Think Water 網站，集中發布與更新節水相關資訊，便於民眾取用。為了強化回應性，政府除製作不同方案的問答集回應民眾的疑慮外，也將民眾意見納入方案修正考量中，如：2018 年 5 月水價累進級距的簡化。最後，即使水情在 2018 年 5 月起有所改善，但政府仍然能維持限水措施在 level 6B，除了反映政府欲把握此次危機深化民眾節水習慣，也代表整體政策的順從程度已達一定水準，不因暫時舒緩而立即恢復過去的慣性。

然而，目前採取的方案中仍有些質疑處。首先，用水上限與禁止事項的落實仰賴執法，耗費的行政成本較高。因此，開普敦市政府鼓勵民眾檢舉不法的用水行為，以協助政府管制用水，到 2018 年 1 月已累計近 14,000 件相關案件。不過，執法必須立基於充足的證據與明確的處置措施之上，避免因執法不當引發民眾的反彈。再者，曾有人質疑限水規定過於針對家戶，而非工商事業與政府等用水大戶，進而質疑政府的限水規定因政治考量而扭曲。換言之，如何說服民眾限水措施的公平性與有效性，為政府的重要課題。最後，由於開源方案大多於缺水危機時才規劃執行，可能因急於解決短期問題而忽略後續議題，例如開發地下水時是否顧及永續。

八、結論

開普敦此次缺水危機的應變作為採多方並進，且能夠相互搭配，促進整體社會的政策順從，是度過此次危機不可或缺的要素。對於同樣面臨水資源枯竭風險的我國而言，可視為需求面管理的標竿。就目前開普敦仍維持 Level 6B 的情況而言，可推測政府及民眾對於目前較為舒緩的水情仍抱持謹慎態度，足見這段期間的應變作為已有效改變民眾的用水行為與觀念，才能度過此次危機。因此，開普敦此次的經驗不僅是氣候變遷下缺水風險的警示，更是人為管理的警惕。

參考文獻

- [1]South African Weather Service, Seasonal Forecasts under the current drought conditions in the Western Cape (2018/01/26)
- [2]羅綺 (107 年 3 月 13 日)。南非鬧旱災 列國家災難。自由時報。
- [3]Philip. (2018/7/31). Cape Town water usage below 500 million litres again. <http://www.capetowngreenmap.co.za/>
- [4]Jan Bornman. (2018/7/9). Restrictions will remain in place until Western Cape dam levels exceed 85% water department. <https://www.news24.com/>
- [5]City of Cape, <http://www.capetown.gov.za/thinkwater>
 - Dam levels, 2018/8/20,
 - LEVEL 2 WATER RESTRICTIONS, 2016/1/1
 - LEVEL 3 WATER RESTRICTIONS, 2016/11/1
 - LEVEL 4 WATER RESTRICTIONS, 2017/06/1
 - LEVEL 4B WATER RESTRICTIONS, 2017/7/1
 - LEVEL 5 WATER RESTRICTIONS, 2017/9/3
 - LEVEL 6 WATER RESTRICTIONS, 2018/1/1
 - LEVEL 6B WATER RESTRICTIONS, 2018/2/1
 - Dam levels 2012 to 2018
 - City Health responds to recent disease outbreaks, 2018/1/11
 - Ground Water FAQs

- Exploration work at Steenbras of Table Mountain Group aquifer is progressing well, 2017/11/19
- Desalination
- Mayor De Lille visits desalination plant site at VA Waterfront, 2017/10/29
- First drinking water from desalination a step toward greater resilience, 2018/05/21
- Water and Sanitation Tariff FAQs, 2018/08/22
- How the City finds and fixes leaks
- [6]World Meteorological Organization, <http://worldweather.wmo.int/en/home.html>
- [7]Western Cape Government Agriculture, <http://www.elsenburg.com/agri-tools/western-cape-dam-levels>
- [8]Dam Safety Office, <http://www.dwaf.gov.za/DSO/Publications.aspx>
- [9]Aletta Harrison and Alet Janse van Rensburg. (2018/02/26). JP Smith answers Day Zero questions: 'It's going to be really unpleasant'. <https://www.news24.com>
- [10] Aryn Baker. (2018/01/15). Cape Town Is 90 Days Away From Running Out of Water. <http://time.com/>
- [11]經濟部水利署 (2018/04/15)。開普敦抗旱經驗談台灣節水抗旱作為。節水紀實專刊第 22 期。
- [12]WATCH: Cape Town gets 10bn litres of water. (2018/02/06), <https://www.enca.com>
- [13]JULIA MACFARLANE & MORGAN WINSOR(2018/2/1), Cape Town tightens water restrictions as 'Day Zero' looms. <https://abcnews.go.com/>
- [14]Climate System Analysis Group at the University of Cape Town , <http://www.csag.uct.ac.za/current-seasons-rainfall-in-cape-town/>
- [15]Dam levels stagnant in Western Cape,2017, Oct. 02, <https://www.timeslive.co.za/>
- [16]Cape Town Population 2018, 2018.2.9, <http://worldpopulationreview.com/world-cities/cape-town-population/>, World Population Review
- [17]Viljoen, N. 2015. City of Cape Town Residential Water Consumption Trend Analysis 2014/2015.
- [18]Luyol Mkentane, 2018.1.9, WaterCrisis: Drought hits wine harvest, <https://www.iol.co.za>
- [19]J. Keith van Straaten (2018/2/15)Cape Town Is Running Out of Water. What's It Like To Visit? <https://thepointsguy.com/2018/02/cape-town-water-whats-it-like-to-visit/>
- [20]How Cape Town was saved from running out of water, <https://www.theguardian.com>
- [21]http://www.capetown.travel/wp-content/uploads/2018/06/CTT-Research-Report-April-2018_Classic.pdf
- [22]Timothy Rangongo. (2018/07/09). The drought seemed to hit Cape Town tourism hard — but a new report says hotels did oka, <https://www.businessinsider.co.za>
- [23]HELEN COFFEY. (2018/02/02). CAPE TOWN DROUGHT: FROM NOT FLUSHING THE TOILET TO NOT WASHING YOUR HANDS, HERE'S WHAT YOU'LL

EXPERIENCE AT A LUXURY HOTEL, <https://www.independent.co.uk/>

[24]Schneider, A., & Ingram, H. 1990. Behavioral assumptions of policy tools. The Journal of Politics, 52(2), 510-529.

[25]The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities, <https://www.ib-net.org/>

[26]106 年台灣自來水事業統計年報，<https://www.water.gov.tw>