

地理科

# 粵港澳大灣區學與教資源套



## 大灣區的水資源

香港教育大學編著

教育局 課程發展處 個人、社會及人文教育組

2020年9月

## 1. 概覽

中國擁有豐富的水資源，其淡水量佔全球總量的 6%，於世界排名第五。然而，由於中國人口達世界總人口的 20%，中國的人均水資源量一直偏低，僅為世界平均水平的三分之一（2018 年中國的人均水資源量為 1,971.85 立方米（國家統計局，2019））。隨著 1978 年改革開放的推動，中國城市化和工業化發展迅速，嚴重的水污染加劇水資源短缺，在國家水安全和生態平衡方面構成了重大威脅，引起各界對中國可持續發展的極大關注。

粵港澳大灣區（大灣區）位於中國南部的珠江三角洲地區，於《中華人民共和國國民經濟和社會發展第十三個五年規劃》（簡稱「十三五」規劃）中被國家列入 2016-2020 年間經濟和社會發展計劃的重要部分。水資源一直在經濟發展中發揮關鍵的作用。珠江流經大灣區，按年度排水量計算，珠江位列中國第二大河流。大灣區的水資源並不稀缺，但社會經濟的持續發展卻為大灣區帶來日益增加的水資源壓力，故迫切需要加強對水資源的保護，否則現有的水資源問題將阻礙大灣區成為世界最大灣區。

## 2. 水文特徵

大灣區的總面積約 5.6 萬平方公里，擁有一個複雜且面積約為 2.7 萬平方公里的河流流域（稱為珠江流域）。根據國家水利部於 2002 年建立的水資源分區，珠江區屬中國十個「一級」地區之一，並由十個「二級」區所組成，其中包括珠江三角洲。珠江由西江、北江和東江三大主要支流，以及潭江、遂江、六溪河、正江、新興、茅州和深圳河等支流組成。河水最終分成八個水道進入南中國海，其中包括四個位於東面的出海口門：虎門、橫門、洪奇門和蕉門，以及四個西面的出海口門：崖門、虎跳門、雞啼門和磨刀門（Mao et al., 2004）。

大灣區的水文特徵包括：（1）年平均河流徑流量豐富及（2）頻繁和強烈的洪水氾濫和乾旱，該區的水文特徵主要受其降雨量、潮差和風暴潮所影響。

## 2.1 河流徑流量

大灣區的河流徑流量取決於區內的降雨量，其年平均河流徑流量非常豐富，約為 3,360 億立方米，佔全國年平均水平的 12.7%。由於河水流量的季節性變化與降雨相同，因此雨季（4 月至 9 月）的徑流量佔總徑流量的 74%至 84%，而旱季（10 月至 3 月）的徑流量僅佔總徑流量的 16%至 26%。大灣區的河流徑流量季節分布不均使洪水災害和水量不足分別在雨季和旱季經常發生。

## 2.2 洪水和乾旱

洪水和乾旱是大灣區主要的水文災害，過去曾造成巨大的經濟損失和大量傷亡。大灣區的洪水主要由較大強度的降雨造成。在長時間的持續降雨下，洪水徑流量會變得更大，洪峰流量也會變得更高。洪水不僅影響居住於珠江中下游地區居民的生計，更令大量淡水直接流入南中國海，無法使用。由於大灣區降雨的季節分布不平均，使旱季容易發生乾旱，並以農業乾旱為主。更重要的是，隨著氣候變化，大灣區的洪水和乾旱已變得愈來愈普遍和嚴重。

### 補充資料（一）：

#### 2005 年 6 月：西江流域暴雨引發五十年一遇的洪災

2005 年 6 月，西江流域持續遭受暴雨襲擊，引發了五十年一遇的嚴重洪災，珠江三角洲是受災最嚴重的地區之一。五個城市，包括廣州、佛山、東莞、中山和珠海均受洪水影響。據報導，是次洪水造成至少 536 人死亡和近 371 萬人受影響。此外，洪水更摧毀了 3,100 萬公頃的農作物，堤防和水庫也遭受破壞。由於洪水氾濫，不少道路和鐵路線被切斷，當中包括京港高速鐵路的龍川至湖州段。是次洪水造成的經濟損失高達 203.5 億元人民幣。

## 3. 影響當地水文特徵的因素

### 3.1 降雨量

大灣區是地勢低窪和受到濕潤亞熱帶氣候影響，其降雨量高，介乎 1,200 至 2,500 毫米之間，年平均降雨量約為 1,700 毫米，因此珠江的年徑流量也較大。由於大灣區地處亞

熱帶季風氣候，夏季潮濕、高溫和多雨。降雨量變化因季節而異，約 80% 的年降雨量於四月至九月的雨季錄得。區內每年的降雨日數介乎 145 至 151 天，約佔全年的 40%。在雨季期間，鋒面雨和季風降雨主要集中在四月至六月，而熱帶氣旋伴隨的降雨和對流風暴則集中在七月至九月。此外，大灣區內地九個城市的降雨量略有不同，根據表 1，深圳的年平均降雨量變化最大，肇慶的年平均降雨量變化則最小。夏天多雨就是其中一個導致該區出現洪水的原因。

表 1：大灣區內地九個城市的降雨量統計

城市	年平均降雨量 (毫米)	最高年降雨量		最低年降雨量	
		年降雨量 (毫米)	年份	年降雨量 (毫米)	年份
東莞市	1,664	2,200	1953	1,051	1963
佛山市	1,557	2,269	1961	1,059	1991
廣州市	1,845	2,548	1983	1,253	1991
惠州市	1,889	2,530	1957	1,023	1963
江門市	2,009	2,865	1973	1,121	1977
深圳市	1,906	2,500	1975	901	1963
肇慶市	1,649	2,114	1973	1,167	1991
中山市	1,749	2,563	1997	1,124	1963
珠海市	2,037	3,150	1973	1,218	1977

資料來源：廣東省水文志 (2012)

### 3.2 潮汐和風暴潮

珠江口屬潮弱河口，潮汐作用屬於不正規半日潮類型，潮差較小，平均介乎 1.0 至 1.7 米之間，當中以伶仃洋南部的潮差最為明顯。由於珠江河口呈喇叭形，潮波向上游遞增，潮波能量逐漸積聚，因此，珠江三角洲東部海岸的潮差比西部大。

風暴潮是珠江口常見的潮汐現象，由熱帶氣旋引發的風暴潮會對大灣區內的城市造成嚴重威脅。風暴潮是由熱帶氣旋低氣壓和向岸風使海平面異常上升，海水在海岸積聚，最終導致沿海和內陸洪水的現象。自 1949 年以來，廣東省每年都發生風暴潮。根據表

2，直至 1990 年，珠江三角洲一共發生了 21 次風暴潮事件，這也是導致該區出現洪水的原因之一。

表 2：1949 至 1990 年間，中國三大三角洲在不同季節的風暴潮數量

三角洲	1 月至 3 月	4 月至 6 月	7 月至 9 月	10 月至 12 月	總數
珠江三角洲	0	2	16	3	21
長江三角洲	0	1	18	1	20
黃河三角洲	20	19	22	35	96

資料來源：Storm surge disasters in China (Fang et al, 2016, p. 280). In book “Natural Disasters in China” (Shi, 2016)

## 4. 水資源問題

### 4.1 河水污染

顯著的經濟增長往往以較高的環境成本為代價。在 2002 年，國家根據地表水水域的使用目的和保護目標將其劃分為六個級別（即《地表水環境質量標準》GB 3838-2002；表 3），並對全國的河溪按月進行水質監測。評估的主要指標包括電導率、溶解氧、生化需氧量、酸鹼值、高錳酸鹽指數和氨氮。水質量在 V 級或是 V+ 級會被視為「被污染」。作為中國工業化和城市化程度最高的地區之一，水污染已成為大灣區的主要環境問題。由於大量未經處理的家庭和工業污水從城市排放至河流，使珠江部分河段的水質被受污染。在 2018 年，珠江地區內超過 17% 的河流的水質指數評級達 IV 級或以上（圖 1b），因而不適合居民飲用。此外，區內大部分主要支流，包括淡水河、茅洲河、石馬河、深圳河、練江和榕江等的水質在一年內大部分時間都被評為 V 級以上。

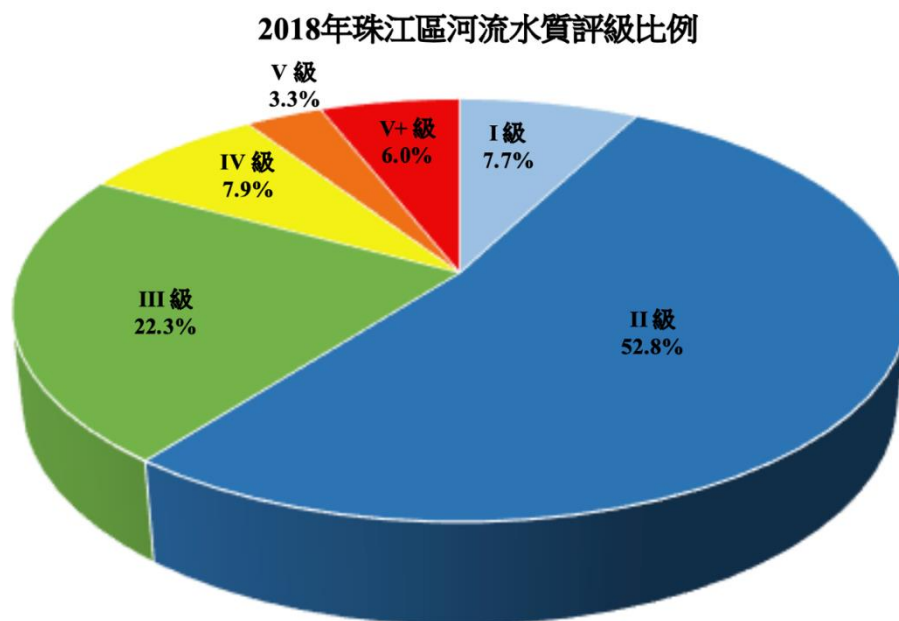
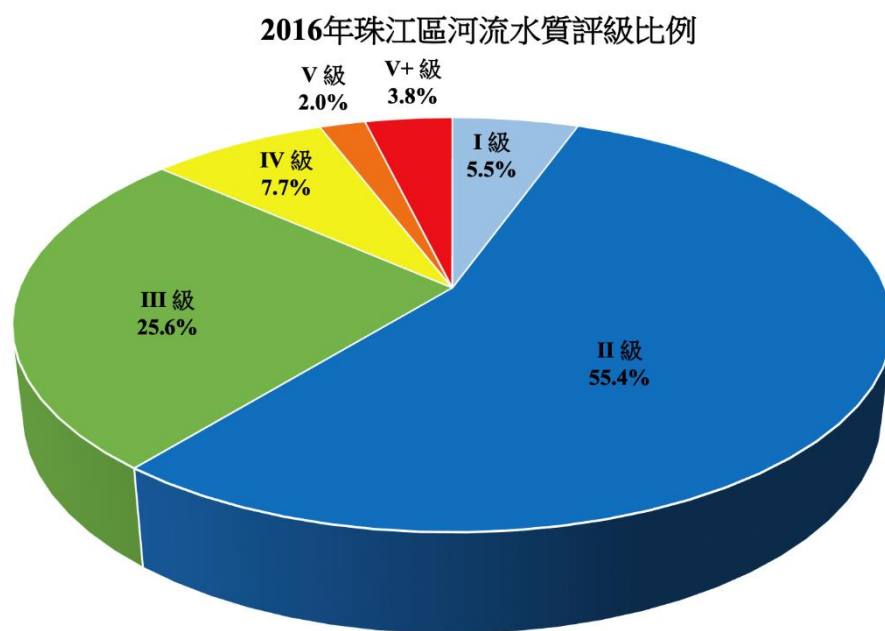
表 3：國家地表水環境質量標準

級別	指標	使用目的
I	好	源頭水和國家自然保護區
II	比較乾淨	飲用水源、稀有水生物種的棲息地以及魚類和蝦類的養殖區
III	輕微污染	飲用水源、水產養殖區和游泳區
IV	中度污染	工業用水和非接觸式娛樂用水區
V	高度污染	農業灌溉和一般的景觀美化
V+	極度污染	基本上不建議使用

資料來源：China Water Quality Management: Policy and Institutional Considerations (2006)

近年，區內政府積極治理河流污染，但部分河流的水質仍有待改善。在 2016 至 2018 年期間，珠江地區被評為 IV 級至 V 級的河流已從 9.7% 增加到 11.2%，而被評為 V+ 級的河流亦從 3.8% 增加到 6.0%（圖 1a 和 1b），證明區內水質仍有很大的改善空間。

圖 1a 及 1b：2016 年和 2018 年珠江區河流水質評級比例



資料來源：2016 年及 2018 年全國地表水水質

隨著經濟的發展和生活水平的提高，大量污水被排放到大灣區的河流中，水中的污染物對地表水質量造成重大影響。在 2014 至 2017 年期間，廣州市每年平均排放約 2.025 億噸工業污水，當中的化學需氧量和氨氮分別為 45,750 噸和 3,025 噸（表 4）。此外，城市污水的排放量呈增加趨勢，進一步加劇地表水的污染，主要的水質污染物包括重金屬、硝酸鹽、氨、磷和油。

**表 4：廣州市污水和污染物排放量統計**

	2014	2015	2016	2017
工業廢水排放量（億噸）	2.2	1.9	1.9	2.1
生活污水排放量（億噸）	14.2	14.3	14.2	15.2
工業污水中的化學需氧量排放量（千噸）	23.3	141.5	9.4	8.8
生活污水中的化學需氧量排放量（千噸）	104.2	106.3	106.4	105.4
工業污水中氨氮排放量（千噸）	1.6	9.4	0.6	0.5
生活污水中的氨氮排放量（千噸）	17.4	17.5	19.2	19.1

資料來源：《中國統計年鑑》2015 至 2018

此外，中國是一個農業大國，各種農業活動也造成了水污染。化學肥料和殺蟲劑的過度使用，以及畜牧業牲畜排泄的糞便均會引致藻華頻生和水體富營養化，使水質變差。除了上述水污染物的來源外，其他人類活動，包括有毒廢物的傾倒、伐木、採礦活動造成的土壤侵蝕、海上活動和土地開發等，也會導致水污染。

#### **4.2 用水需求量迅速增加**

近年來，隨著人口的增加，廣東省對住宅用水的需求也日益增加。儘管全省用水總量由 2011 年開始不斷減少，但住宅用水需求量卻不斷上升。2017 年的住宅用水量為 100.9 億立方米，年均增長率為 1.26%（表 5）。此外，大灣區內一直存在農業用水和工業用水的衝突，隨著傳統農業逐漸被製造業和服務業取代，工業現已成為大灣區的最大用水戶，佔總用水量的 37%。



表 5：2011 至 2017 年廣東省的用水需求和人均水資源量

年份	水資源需求量 (十億立方米)	住宅用水需求量 (十億立方米)	人均水資源 (立方米)
2011	46.90	9.42	456.0
2012	45.10	9.54	427.5
2013	44.32	9.48	417.3
2014	44.25	9.61	414.2
2015	44.31	9.83	410.8
2016	43.50	9.99	398.2
2017	43.35	10.09	391.1

資料來源：《中國統計年鑑》2012 至 2018

#### 4.3 嚴重的海水倒灌

近年來，由於氣候變化所驅動的海平面上升和頻繁的人類活動，大灣區的磨刀門水道（珠江八個主要河流徑流出口之一）遭受愈來愈頻繁且嚴重的海水倒灌，並威脅附近城市的淡水供應。磨刀門水道是珠江三角洲主要的淡水來源，其徑流量佔珠江河流總徑流量的三分之一。雖然如此，磨刀門水道的海水倒灌現象愈來愈嚴重，不僅持續時間長，河水鹽度更顯著上升，超過了國家供水水源的標準（250 毫克／升）。嚴重的海水倒灌現象大大降低水質，並減少區內農業灌溉用水及飲用水的供應，造成巨大的經濟損失。中山、珠海和東莞等城市易受海水倒灌影響，特別是在 11 月至 2 月的乾旱季節。根據記錄，在 2003 年底至 2004 年初，大灣區曾發生持續數月的海水倒灌，導致區內超過 500 萬名居民受到影響。在 2005 年年中的旱季期間，大灣區更遭遇一次嚴重的海水倒灌，為確保城市內的淡水供應，當時廣東省政府更啟動了第一個大規模的調水項目，從珠江上游調度補水（Liu et al., 2019）。

## 5. 水資源管理

根據「十三五」環境保護規劃，中國制定及推行多項以綜合管理為基礎的法例和政策，當中包括水污染控制和城市水質監測，以保護大灣區的水資源。根據「十三五」規劃，全國水質達 III 級或同等水平的河流的比重需由 66% 逐步提高至 2020 年的 70% 以上，並將水質達到高度污染的 V 級河流的比重由 9.7% 下降至不超過 5%。為實現目標，中

國加強了對水質污染的綜合預防和控制。由 2017 年初開始，為更有效進行水質管理，每個省份均需定期向市民披露水質管理情況（中華人民共和國國務院，2016）。此外，自 2018 年開始，中國政府更以新實施的環境保護稅代替排污費制度，以直接向排污單位收取稅項來減少工業污染物向河流排放。在原有的排污費制度下，統一收費並未能有效減少工業排污者排出工業廢水；在新制定的環境保護稅制度下，收費額是完全取決於污染物的種類、數量、濃度、危害程度等方面。換句話說，重度排污者必須比輕度排污者多付稅款。不繳稅則會造成嚴重後果，包括最高繳納五倍的罰款和刑事罰款（Cicenia，2018），這種稅收制度可大大減低排污者的排污意欲。

## 補充資料（二）

### 中國負責水資源管理的機構

由於中國各部門過去在環境管理中所擔當的角色較為分散，部分職責也出現重疊（過去被稱為「九龍治水」），因此國家主席習近平在 2018 年宣布成立兩個新的部門，即生態環境部和自然資源部，來統合下列九個部門的職責，以提高環境管理及保護的效率：

- (1) 水利部；
- (2) 國土資源部；
- (3) 住房和城鄉建設部；
- (4) 國家發展和改革委員會；
- (5) 環境保護部；
- (6) 農業部；
- (7) 國家林業局；
- (8) 國家海洋局；及
- (9) 國家測繪地理信息管理局。

生態環境部和自然資源部在水資源管理方面的主要職責：

管理部門	主要職責
生態環境部	污染控制： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 水污染控制</li> <li>• 農業非點源污染控制</li> <li>• 流域管理</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 水功能區規劃</li> <li>• 廢水排放點管理</li> <li>• 環保項目區</li> </ul>
自然資源部	資源管理： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 城市供水、節水、排水和污水處理的管理</li> <li>• 水質監測</li> <li>• 調查和確認自然資源資產權登記</li> </ul>

## 5.1 污染控制

大灣區內的城市投入了大量資金來提升和建造污水處理廠，以及清理被污染河流的河床。例如，佛山市對鎮安污水處理廠進行了擴建，使其污水處理量由每天 20 萬立方米提升至 25 萬立方米，而廢水的收集量和處理率更從 2005 年的 55% 增加到 2013 年的 88%。此外，污水處理廠內更新建四個總容量為 220 噸的污泥處理設施，使污泥能更安全和適當地被處理，有助防止水污染，並保護市內河流的水質。再者，佛山市政府不單通過截留廢水並將其轉移到污水處理廠進行適當處理，以減少污染物進入河流，更提高瀆江沿岸護堤，以減輕洪水災害帶來的損失。佛山市政府也設置了四個自動水質監測站和水資源管理信息系統，以控制市內污水的排放。

另一方面，江門市政府也採取了類似措施，例如擴建文昌沙污水處理廠，使其污水處理量由每天 50,000 立方米提升到 200,000 立方米，而其污水處理能力更由 2005 年的 22% 提升到 2013 年的 70%（The World Bank，2016）。換句話說，升級改造後的污水處理廠能處理大量廢水，有助減少污染物的排放量，從而改善大灣區內的河流水質。

## 5.2 穩定供水

除水質污染外，急增的水需求量亦是大灣區面臨的另一個水資源問題。由於西江的水資源總量接近東江的十倍，但開發利用率卻僅為 1.2%（東江的開發利用率為 38.3%，快超過國際標準所訂的 40%，即表示河流過度開發），因此為了增加大灣區內的供水量，廣東省政府修建了一條總長 113 公里的巨型管道，從西江佛山段引水至廣州，深圳和東莞，每年平均輸送的水量超過 17 億立方米。這項工程是廣東省政府投入資金最

多和最長輸水路線的水資源配置工程。通過將水從西江輸送到其他城市，不僅有效提高大灣區供水保證率，緩解水資源短缺問題，同時也為香港等地提供應急備用水源（Greater Bay insight，2019）。

### 5.3 跨境水管理

香港特區政府和廣東省政府已共同製定一項計劃，以保護附近水體的水質，當中包括后海灣（深圳灣）和大鵬灣。香港和深圳雖相隔一條深圳河，但兩者共享后海灣和大鵬灣的水體。在快速的城市化和牲畜飼養活動下，這些水體已被嚴重污染。對此，香港特區政府和廣東省政府分別在 1990 年和 1994 年宣布將后海灣和大鵬灣列為優先保護區，並在 2000 年通過「粵港可持續發展與環境保護聯合工作小組」成立了「大鵬灣及后海灣（深圳灣）區域環境管理專題小組」，以加強雙方的合作，保護后海灣和大鵬灣的水質，當中以拓建和優化污水基礎設施來限制污染物進入水體為主。

雙方的合作為后海灣和大鵬灣的水質帶來改善。大腸桿菌群數是判斷水質污染程度的指標之一。根據香港的水質指標，每 100 毫升海中大腸桿菌不超過 24 個的水體屬「良好」水質；每 100 毫升海中大腸桿菌超過 610 個即屬「極差」水質。大鵬灣的大腸桿菌中位數為每 100 毫升 1 個，屬水質最佳，適合游泳，但后海灣的大腸桿菌中位數為每 100 毫升 515 個，水質未能達標（環境保護署，2009 年），反映后海灣的水質需要進一步改善，也意味著香港和廣東省將需繼續合作以提高大灣區的水質（環境保護署，2018 年）。

此外，香港特區政府和廣東省政府通過「粵港持續發展與環保合作小組」成立了「珠江三角洲水質保護專題小組」，以加強兩地在保護珠江河口地區水環境的合作。專題小組於 2008 年和 2014 年間為珠江河口地區分別開發了一套水質電腦模型和進行研究，不僅能了解珠江河口的水流分布和水質變化過程，更能評估珠江河口可承受污染負荷的能力。雖然研究結果顯示珠江河口的有機污染物水平已經達到相關海水水質標準，但營養物水平仍然不符合標準，為此，香港特區政府和廣東省政府將於未來通過推行不同的措施來提高大灣區的水質（環境保護署，2018 年）。

## 6. 總結

大灣區擁有世界最複雜和最特別的河口之一，其年降水量高、季節性降雨不均、年徑流量豐富和潮差小。在城市化和經濟快速增長的推動下，大灣區的水體因工業和農業活動，以及未經處理的生活污水的排放而受到嚴重污染。隨著最近大灣區內各個城市對污水管理系統進行改革、新增和改良水基礎設施，及加強跨境水管理，區內河流的水質已呈現改善的跡象，相信未來大灣區的各個持分者將共同努力，進一步加強水資源管理。

## 圖目錄

圖 1a 及 1b：2016 年和 2018 年珠江區河流水質評級比例.....	6
--	---

## 表目錄

表 1：大灣區內地九個城市的降雨量統計.....	4
表 2：1949-1990 年間，中國三大三角洲在不同季節的風暴潮數量 .....	5
表 3：國家地表水環境質量標準.....	5
表 4：廣州市污水和污染物排放量統計.....	7
表 5：2011 至 2017 年廣東省的用水需求和人均水資源量.....	8

## 參考資料

- 中華人民共和國生態環境部（2016）。2016 全國地表水水質。
- 中華人民共和國生態環境部（2018）。2018 全國地表水水質。
- 中華人民共和國國家統計局（2012）。中國統計年鑑 2012。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2013）。中國統計年鑑 2013。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2014）。中國統計年鑑 2014。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2015）。中國統計年鑑 2015。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2016）。中國統計年鑑 2016。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2017）。中國統計年鑑 2017。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家統計局（2018）。中國統計年鑑 2018。北京：中國統計出版社。
- 中華人民共和國國家發展和改革委員會（2007）。【國家級專項規劃】珠江流域防洪規劃。擷取自網頁：  
<https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/200804/P020191104623802066146.pdf>
- 廣東省水文局（2012）。廣東省水文志。北京：中國水利水電出版社。
- Cicenia, A. (2018). *China's Environmental Protection Tax*. Retrieved from  
<https://www.china-briefing.com/news/china-environmental-protection-tax/>
- Environmental Protection Department. (2018). *Regional collaboration Deep Bay and Mirs Bay*. Retrieved from  
<https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/water/hkwqrc/regional/deepbay.html>
- Environmental Protection Department. (2018). *Regional Collaboration Pearl River Estuary*. Retrieved from  
<https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/water/hkwqrc/regional/prdwaterqualitystudies.html>
- Environmental Protection Department. (2009). *Review and Development of Marine Water Quality Objectives*. Retrieved from  
[https://www.epd.gov.hk/epd/wqo\\_review/en/pdf/Technical%20Note\\_Website.pdf](https://www.epd.gov.hk/epd/wqo_review/en/pdf/Technical%20Note_Website.pdf)

- Fang, W., Yu, F., Dong, J., & Shi, X. (2016). 'Storm surge disasters in China', in Shi, P. (Ed.). (2016). *Natural disasters in China*. Springer: pp. 273-288.
- Greater Bay insight. (2019). *New project to boost GBA water supply*. Retrieved from <https://greaterbayinsight.com/new-project-to-boost-gba-water-supply/>
- Liu, B., Peng, S., Liao, Y., & Wang, H. (2019). The characteristics and causes of increasingly severe saltwater intrusion in Pearl River Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 220, 54-63.
- Mao, Q., Shi, P., Yin, K., Gan, J., & Qi, Y. (2004). Tides and tidal currents in the Pearl River Estuary. *Continental Shelf Research*, 24(16), 1797-1808.
- State Council of the People's Republic of China. (2016). *The 13th Five-Year Plan (FYP) for environmental protection*. Retrieved from [http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/05/content\\_5143290.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/05/content_5143290.htm)
- World Bank. (2006). *China Water Quality Management: Policy and Institutional Considerations*.
- World Bank. (2016). *Cleaning up China's polluted Pearl River*. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/results/2016/05/26/cleaning-up-china-polluted-pearl-river>