

Flood, Drought and Typhoon Disasters over the Last Half-Century in Guangdong Province, China*

Yongqin David Chen¹, Qiang Zhang^{2,3}, Xiaohong Chen^{2,3}

¹Department of Geography and Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong

²Department of Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou

³Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong High Education Institute, Sun Yat-sen University, Guangzhou

Email: ydavidchen@cuhk.edu.hk

Received: Apr. 1st, 2012; revised: Apr. 16th, 2012; accepted: Apr. 27th, 2012

Abstract: In this paper, we present the changing properties of social-economic losses caused by floods, droughts, and typhoon disasters in the Guangdong province, an economically prosperous province in the South China. Influences of typhoon activities on droughts and floods are also analyzed. Results based on extensive and thorough investigations indicate that: 1) Guangdong province is generally humid and warm; however, in recent decades, the negative impacts of droughts seem to be enhancing, which is proved by increasing drought-induced economic losses. In this connection, considerable importance should be attached to droughts, not solely to floods, in Guangdong; 2) Low-lying terrain of the province makes this region easy to be influenced by flood inundation. Moreover, highly urbanized areas are mostly located in the low-lying areas. Flood-induced loss was increasing before the 1990s and is decreasing after 1990s, and this should be attributed mainly to seasonal shifts of precipitation changes and enhancing human mitigation to flood disasters; 3) Typhoon activities often inflict considerable losses on the economy of Guangdong province. Moreover, flood events in the study region are mostly the results of typhoon activities. Massive floods, strong wind and storm surge accompanying typhoon activities are the major factors intensifying the negative impacts of the typhoon disasters.

Keywords: Floods; Droughts; Typhoon Activities; Guangdong Province; South China

广东省半个世纪以来的洪水、干旱与台风灾害演变特征研究*

陈永勤¹, 张强^{2,3}, 陈晓宏^{2,3}

¹香港中文大学地理与资源管理学系, 香港

²中山大学水资源与环境系, 广州

³中山大学华南地区水循环与水安全广东省普通高校重点实验室, 广州

Email: ydavidchen@cuhk.edu.hk

收稿日期: 2012年4月1日; 修回日期: 2012年4月16日; 录用日期: 2012年4月27日

摘要: 本文系统分析了广东省半个世纪以来由于洪水、干旱、台风三种自然灾害造成的社会经济损失的变化特征; 另外, 台风对广东省旱涝灾害的影响也做了探讨。研究结果表明: 1) 虽然广东省气候以湿热为主, 但近几十年来, 干旱愈益严重, 从而由干旱而导致的经济损失增加, 从这个意义上来看, 广东省除了传统意义上的防洪以外, 抗旱的重要性逐年增加; 2) 广东省部分地区地势低平, 极易受洪水淹没影响, 同时, 地势低平之处也往往是人口密集之处。由洪灾造成的损失在 90 年代之前呈上升

*基金项目: 国家自然科学基金项目(项目号: 41071020; 50839005)、新世纪优秀人才支持计划与香港中文大学地理模拟与地学计算项目(1902042)共同资助成果。

作者简介: 陈永勤(1964-), 男, 广东湛江人, 博士, 香港中文大学教授, 主要研究方向为水文水资源。

变化, 而 90 年代以后, 洪灾损失有减少的趋势, 这主要归功于降水的季节性变化以及防洪措施的改善; 3) 广东省还受台风的影响, 而且相当一部分洪水是由台风引起的。台风主要通过山洪、强风以及风暴潮对广东省造成破坏。

关键词: 洪水; 干旱; 台风; 广东省; 华南

1. 前言

近几年来, 对于水文气象极端事件的研究引起了学术界的广泛兴趣, 主要是由于近十几年来洪水、干旱以及热浪等气象水文极端事件对人类社会造成重大影响, 造成生命与财产损失^[1-4]。中国沿海地区往往是人口密集区域, 经济发达, 从这个意义上来说, 沿海区域对自然灾害具有非常大的脆弱性, 一旦发生较大自然灾害, 其损失是不可估量的。沿海区域地势低平, 极易受到风暴潮的影响, 生活在沿海地区的居民往往多靠人工工程来保护^[5]。事实上, 沿海地区的洪水以及其与风暴潮与台风的关系已经引起人们的广泛关注^[6,7]。

广东省地处华南, 特别是珠三角以及珠江下游区域, 是中国经济最为发达的区域之一(图 1)。珠三角地区人口密集, 是中国改革开放的前沿阵地, 在占不到 0.5% 的国土面积上创造了中国 20% 多的 GDP, 吸引 30% 的外资与 40% 的出口量, 被称为“世界工厂”^[8]。另外, 珠三角区域有着世界上最为复杂的河网, 河网密度高达 0.68~1.07 km/km²^[9,10]。从地貌上来讲, 广东省北高而东南部低, 而且地势低平之处人口密集, 极易受

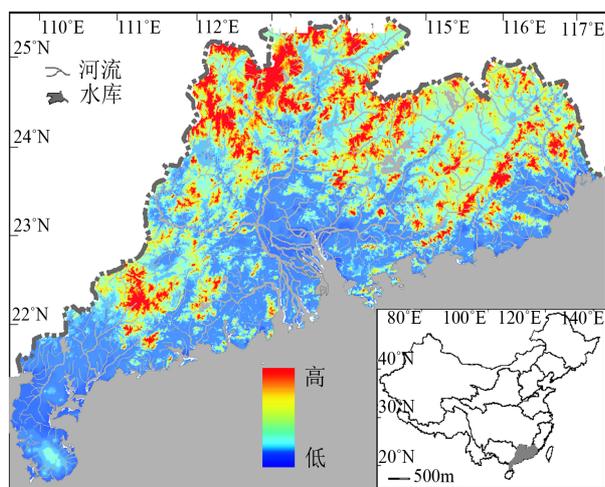


Figure 1. Location and topographical properties of the study region
图 1. 研究区及河流域与水库位置示意图

洪旱灾害影响^[11]。由于地势低平, 加上极端降水加剧, 使洪水与风暴潮频发, 成为影响广东经济社会发展的主要灾种之一^[12], 而这些灾害当中有相当一部分是由于台风造成的, 这是本文研究的最为主要的原因。

2. 数据

本文研究所用数据包括经济损失(按当年价格)、台风频率以及台风引起的经济损失与社会影响。所有这些数据均取自广东省三防办数据集^[13]。数据的时间序列长度不一, 有一部分数据是从 1950 年~2005 年; 另外一些数据是从 1980 年~2005 年。台风数据主要取自上海台风研究所。数据在分析之前均做了严格的质量控制。

3. 结果

3.1. 旱涝灾害的经济损失与社会影响

一般来讲, 洪水灾害主要发生在聚多个大城市的珠三角地区, 导致巨大的生命与财产损失。如果广东省诸河发生洪水, 则极易发生范围较广、程度较大的经济损失与负面社会影响。由图 2 可以看出, 由洪水

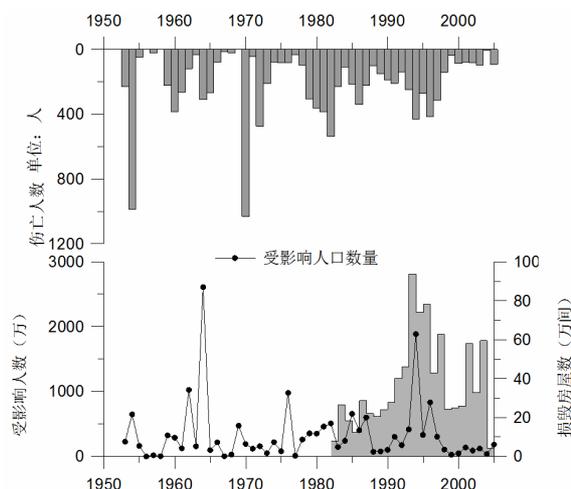


Figure 2. Temporal variations of affected population, number of damaged houses and death tolls caused by flood hazards
图 2. 伤亡人口、受影响人数以及房屋损毁数的时间变化

引发的生命损失主要发生在 1954 年, 1970 年, 80 世纪早期以及 90 年代中期。然而, 广东省由洪水导致的房屋损毁数量与受洪水影响人口数以及洪灾导致的死亡人口数量变化非常一致。在最近几年, 尤其是 90 年代后期以来, 受洪灾影响以及死亡人数呈下降趋势, 这主要是由于人们对洪水防御措施的改进, 这也是与经济发展分不开的。而洪水导致的房屋的损毁数量在近几十年减少的趋势并不明显, 表明洪水淹没风险仍居高位。此外, 强度较大的洪水灾害近几年也较少, 这可能主要是由于降水的季节变化导致的, 即夏季降水在减少, 而冬季降水在增多, 虽然变化趋势以及变化幅度不尽相同^[14]。

对于农业来讲, 90 年代中期以前, 农田受灾面积持续增加(图 3)。农田受灾面积在 1993 与 1994 年达到峰值, 90 年代中期以后, 农田受灾面积呈下降趋势, 相应的经济损失也在下降。事实上, 广东省各河流域发生洪水的时间与空间分布是很不均匀的, 因此由灾害导致的经济与生命损失主要取决于人们居住空间与洪水发生空间分布的影响^[13]。从气候上来讲, 珠江流域年均气温为 14℃~22℃, 而多年平均湿度为 71%~80%^[14], 珠江流域气候以湿热为主, 洪水一直是政府与民众所关心的最主要灾害种类。降水时空分布极端不均匀极易导致干旱的发生, 因此, 干旱是珠江流域除了洪灾以外的另外一种重要的灾害种类。从图 4 下面的图幅可以看出, 广东省耕地面积近年来一直呈下降趋势, 尤其是 80 年代以后, 水稻播种面积也呈下降趋势。然后, 农田成灾面积却没有显著下降趋势(见图 4 的上面图幅)。80 年代后期, 农田受灾面积达到峰值(图 4), 而农田受灾面积在 90 年代中期, 80 年代以及 90 年代达到峰值, 这些时期也是旱涝灾害发生频率最高的时期。由图可以看出, 农田成灾面积呈持续上升趋势, 而受灾面积也呈上升趋势。根据前面的研究结果, 由旱灾导致的农田受灾与成灾面积呈也是增加的。所有这些均说明广东省旱灾造成的损失与影响呈加剧态势。这与气候暖化导致的水循环加剧, 以及由此而引起降水时空变异有着重要关系^[1,14,15]。

3.2. 台风灾害引起的损失及社会影响

广东省主要受热带与亚热带季风气候控制, 故而经常受台风灾害事件、风暴潮以及咸潮的影响。图 1 显示广东省的南部以及靠海的区域地势较平, 极易受

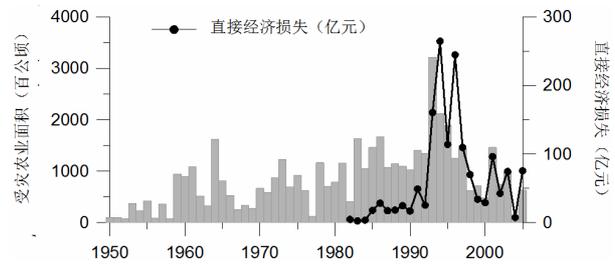


Figure 3. Temporal variations of affected area of crops and direct loss of economy as a result of flood hazards
图 3. 直接经济损失时间变化

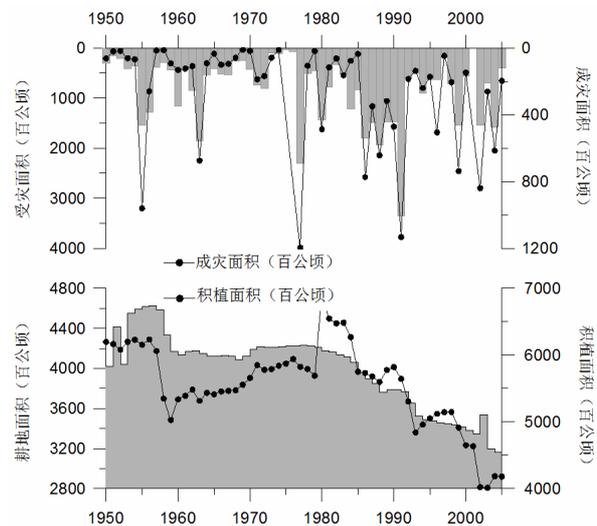


Figure 4. Temporal variations of damaged cultivated areas, affected areas as a result of drought hazards, and changes of cultivated land areas
图 4. 农田受灾面积、成灾面积时间变化

洪水淹没的影响。相当部分的洪水淹没是由台风灾害引起。与台风相伴生的是强风、风暴潮等。因此, 与洪旱灾害相比, 由台风造成的损失与影响要大很多。

图 5 表明, 在过去半个多世纪, 台风发生的次数增加, 尤其是在 90 年代以后。线性趋势分析结果也表明这一点。受台风影响的农田面积也在增加。特别地, 在 60 与 90 年代, 台风发生较多。此外, 由图 5 可以看出, 1980 年以前, 台风发生次数与由台风影响的耕地面积变化之间并没有很好的关联; 而在 1980 年以后, 台风发生次数与受台风影响的耕地面积之间变化较为一致, 这说明社会经济发展导致对台风发生的社会脆弱性加剧, 尤其是对于台风灾害来讲, 更是如此。广东省快速的经济的发展以及大量外来工造成的人口急剧增加, 导致该区对于自然灾害影响的脆弱性加剧。这是经济发达和人口密集的沿海地区所共有特征。图 5 还显示由台风灾害造成的直接损失。1970 年

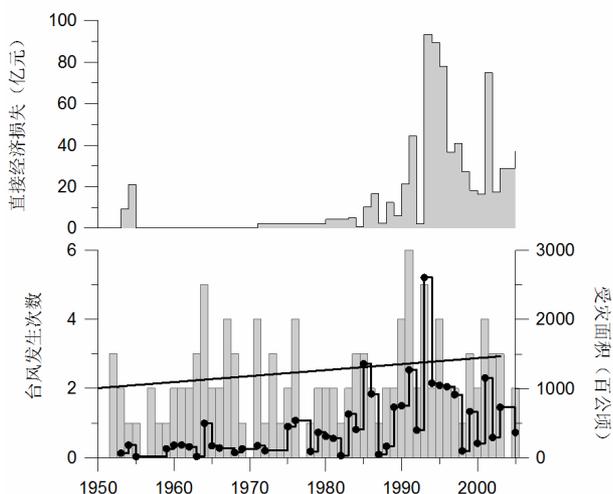


Figure 5. Changes of number of typhoon events, typhoon-affected areas and typhoon-induced direct loss of economy
图 5. 台风发生次数与直接经济损失以及受灾面积相关图

以前没有相关数据, 所以具体台风灾害损失情况无从考证。即使如此, 仍然可以从图 5 中看出, 1970 年以后由台风造成的直接经济损失在 1970~1995 年之间有急剧增加的趋势。而在大约 1995 年以后, 由台风引起的直接经济损失有减少趋势。在 1990~1995 年之间, 由台风造成的直接经济损失大约为 54.7 亿元; 而在 1995~2000 年之间, 由台风造成的直接经济损失为 33 亿元。相应地, 在 1990~1995 年期间, 有 23 次台风发生, 而在 1995~2000 年之间有 10 次台风发展。因此, 台风发生次数与台风导致的直接经济损失之间有非常显著的关系。

3.3. 旱灾、洪灾与台风之间的相关关系

需要注意的是, 广东省境内相当一部分洪水灾害是由台风事件引发的。强度较大的台风往往导致骤发洪水以及山地洪水。此外, 近年来, 珠江流域下游降水强度有加剧的趋势^[11], 因此导致珠三角地区洪水的发生风险极大地提高。图 6 显示洪水、干旱以及台风灾害影响的耕地面积的相关关系, 可以看出, 受洪水、干旱与台风灾害影响的耕地面积的变化特征有惊人的相似, 由洪灾与旱灾影响的耕地面积的变化峰谷交错, 交替发生。这种情况在近几年有显著趋势, 主要是由于降水强度所致^[11]。上述研究结果充分表明广东省洪、旱与台风灾害的互为因果的关系。

研究表明广东省台风发生次数有上升的趋势, 这将进一步导致旱涝灾害风险的增加。基于此, 我们进

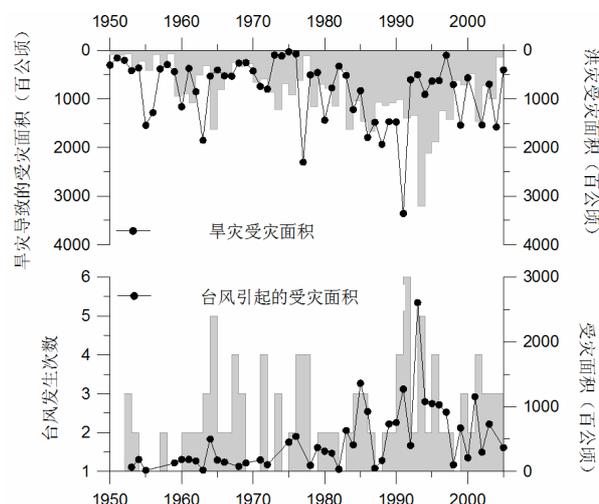


Figure 6. Comparisons between affected areas by typhoon events and those by floods and droughts respectively
图 6. 台风发生次数与洪旱灾害导致的受灾面积之关系

一步研究了登陆广东省的台风路径的情况。将时间步长设为 10 年, 图 7 显示登陆广东省的台风主要来自西太平洋, 部分来自自己南中国海。台风路径趋直, 且有集中于广东省的趋势, 而台风来源也似乎向南中国海集中。这些结果表明台风的传播时间有缩短的趋势。因此, 台风袭击广东省的概率会大大增加。然后, 由于台风传播时间趋于缩短, 台风强度则趋于减弱, 这可能使广东省受台风灾害的影响有减少的可能。但即使如此, 愈益增加的台风发生频率也会增加广东省境内旱涝灾害的风险。基于广东省旱、洪以及台风灾害之间的密切关系^[5], 台风的相关研究应相应加强, 包括台风的发生频率、台风强度以及台风的发生与海温及其他气候信息的关系^[16,17]。这将非常有助于进一步研究广东省境内的旱涝灾害的风险评估与预警。

4. 结论

广东省在中国经济社会发展中具有举足轻重的地位, 而低平的地势以及高度发达的经济社会导致此区域极易受洪旱与台风等自然灾害的影响。此外, 频繁发生的台风事件也是导致该区域洪旱灾害增加的直接原因。该研究对广东省洪、旱以及台风灾害做了较为全面的分析, 得出了一些有意义的结论:

1) 虽然广东省以湿热气候为主, 但除了洪水以外, 干旱也是影响广东省经济社会发展的重要自然灾害种类。尤其在 90 年代以后, 由旱灾导致的经济损

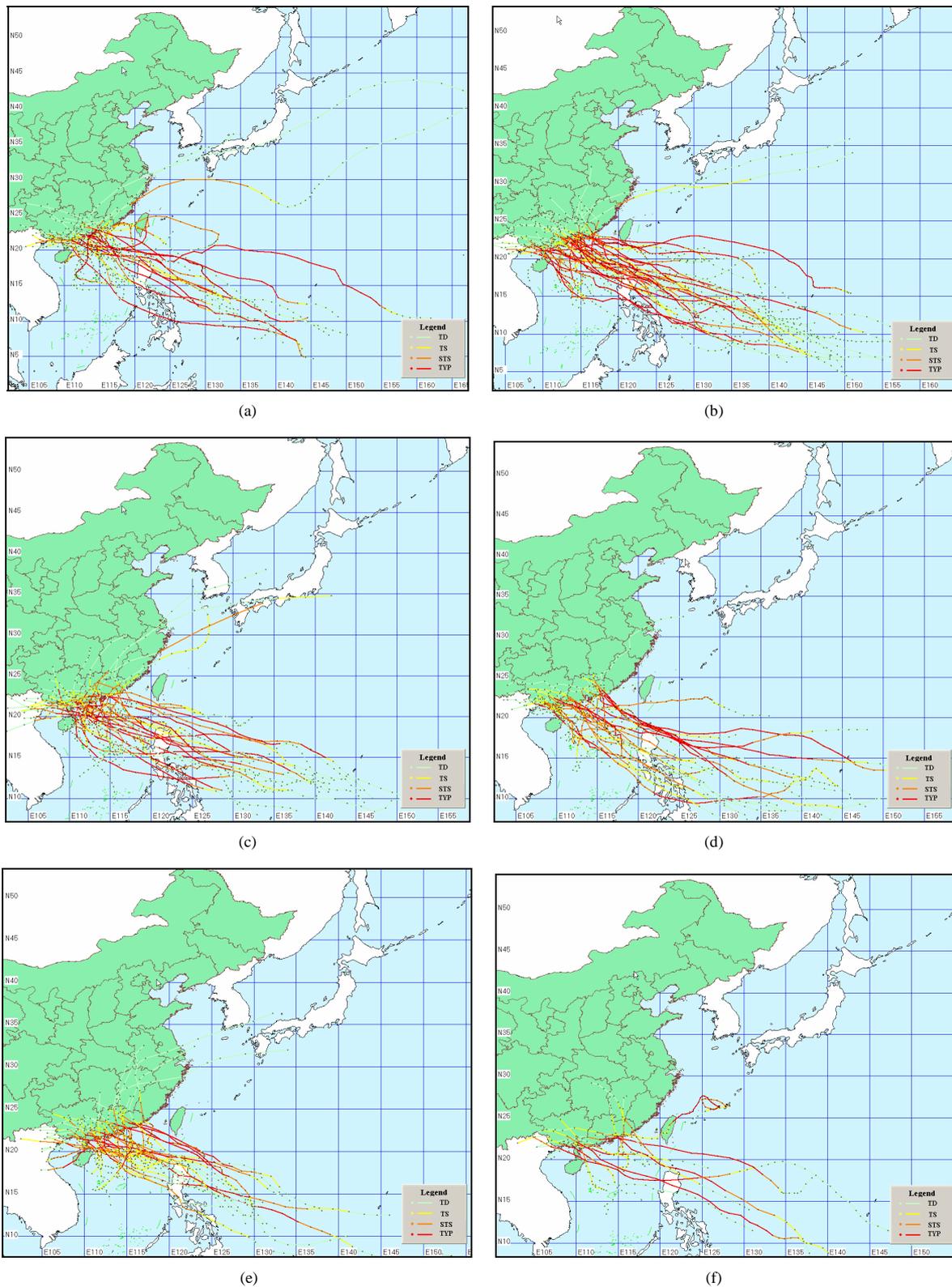


Figure 7. Intensity and routes of typhoon events related to the study region during (a) 1951-1960; (b) 1961-1970; (c) 1971-1980; (d) 1981-1990, (e) 1991-2000; and (f) 2001-2006. TD denotes tropical depression; TS denotes tropical storm; STS denotes severe tropical storm; and TYP denotes typhoon

图7. 登陆广东省台风强度与路径示意图(a) 1951~1960; (b) 1961~1970; (c) 1971~1980; (d) 1981~1990; (e) 1991~2000; (f) 2001~2006。TD 表明热带低压; TS 表明热带风暴; STS 表明强热带风暴; TYP 为台风

失呈上升趋势。这一研究结果在一定程度上澄清了人们对于华南是否缺水这一认识。本研究将有利人们对华南干旱灾害的影响、脆弱性以及洪旱灾害与台风之间的关系有一个较好的认识与理解, 尤其是在当前全球气温上升, 导致水循环加剧, 极端降水事件增加的背景下^[12,14], 这将进一步有利于人们对该区域洪旱灾害以及台风的防御以及减灾措施的实施^[18]。

2) 广东省境内低平的地势使该区域极易受洪水淹没的影响。由极端降水引发的山地洪水则对居住于低平地势之处的居民生命财产构成严重威胁。90年代初期由洪水导致的经济损失有增加的趋势, 而在90年代后期以后, 由洪水引起的经济损失有所减少, 这可能是经济发展, 同时人们对洪水防御等有了较好的认识, 从而进一步减少了洪灾损失。同时, 降水变化的季节偏移也是其中一个重要原因。传统意义上夏季是丰水季节, 而冬季是枯水季节, 但我们研究表明, 夏季降水有减少趋势, 而冬季降水有增加趋势。这也是最近几年珠江流域洪水有减少的趋势主要原因。然而, 受洪水影响的人口数量却没有减少的现象, 显示洪灾仍然是影响广东省经济社会发展的重要自然灾害之一。

3) 洪、旱与台风的之间的相关关系表明台风是导致广东省洪旱灾害发生的重要因素之一, 尤其是洪水。由台风引起的暴雨、风暴潮、洪水等是导致广东省境内洪水发生的重要诱因。此外, 强风也极易导致一些经济与生命的损失。台风的发生以及台风与广东省境内洪旱灾害的因果关系是研究区自然灾害发生的重要内容。我们研究结果表明广东省境内台风发生频率有增加的趋势。从台风路径来看, 也可以说明广东省境内发生台风频率增加的原因。因此, 下一步将进一步针对台风的路径以及成因进行较为详细的研究, 从而探讨登陆广东省台风发生的一些特征, 从而为广东省境内洪旱灾害风险评估与预警提供理论依据^[1,3]。

参考文献 (References)

[1] EASTERLING, D. E., MEEHL, A. G., PARMESAN, C., CHANGNON, A. S., KARL, R. T. and MEARN, O. L. Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 2000,

689: 2068-2074.

[2] MILLY, P. C. D., WETHERALD, P. T. Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, 2002, 415(6871): 514-517.

[3] MUDELSEE, M., BÖRNGEN, M., TETZLAFF, G. and GRÜNEWALD, U. No upward trends in the occurrence of extreme floods in the central Europe. *Nature*, 2003, 425: 166-169.

[4] BENISTON, M., STEPHENSON, D. B. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, 2004, 44: 1-9.

[5] IMAMURA, F., To, D. V. Flood and typhoon disasters in Viet Nam in the half century since 1950. *Natural Hazards*, 1997, 15: 71-87.

[6] ZONG, Y. Q., TOOLEY, M. J. A historical record of coastal floods in Britain: Frequencies and associated storm tracks. *Natural Hazards*, 2003, 29: 13-36.

[7] HSIEH, L. S., HSU, M. H. and LI, M. H. An assessment of structural measures for flood-prone lowlands with high population density along the Keelung River in Taiwan. *Natural Hazards*, 2006, 37: 133-152.

[8] Zhang, Q., XU, C.-Y., CHEN, Y. D. and YANG, T. Spatial assessment of hydrologic alteration across the Pearl River Delta, China, and possible underlying causes. *Hydrological Processes*, 2009, 23: 1565-1574.

[9] 陈晓宏, 陈永勤. 珠三角网河区水文变异特征及成因[J]. *地理学报*, 2002, 57(4): 430-436.

CHEN, Xiaohong, CHEN, Yongqin. Hydrologic change and its causes in the river network of the Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(4): 430-436. (in Chinese).

[10] CHEN, Y. D., ZHANG, Q., XU, C.-Y. and YANG, T. Change-point alterations of extreme water levels and underlying causes in Pearl River Delta, China. *River Research and Application*, 2009, 25(9): 1153-1168.

[11] ZHANG, Q., XU, C.-Y., BECKER, S., ZHANG, Z., CHEN, Y. D. and COULIBALY, M. Trends and abrupt changes of precipitation extremes in the Pearl River basin, China. *Atmospheric Science Letter*, 2008, 10: 132-144.

[12] ZHANG, Q., JIANG, T., CHEN, Y. D. and CHEN, X. H. Changing properties of hydrological extremes in south China: Natural variations or human influences? *Hydrological Processes*, 2010, 24(11): 1421-1432.

[13] 广东省三防办公室. 广东省旱、涝与台风灾害[M]. 暨南大学出版社, 1997.

Headquarters of Flood Control, Drought Relief and Wind Break of Guangdong Province (HFDWG), Guangdong Hydraulic Department. *Floods, droughts and typhoons hazards in Guangdong Province*. Press of Jinan University, 1997. (in Chinese)

[14] ZHANG, Q., XU, C.-Y. and ZHANG, Z. Observed changes of drought/wetness episodes in the Pearl River basin, China, using the standardized precipitation index and aridity index. *Theoretical and Applied Climatology*, 2009, 98: 89-99.

[15] ZHANG, Q., XU, C.-Y., ZHANG, Z., CHEN, Y. D. and LIU, C.-L. Spatial and temporal variability of precipitation maxima during 1960-2005 in the Yangtze River basin and possible association with large-scale circulation. *Journal of Hydrology*, 2008, 353: 215-227.

[16] LAMB, H. H. *Historical storms of the North Sea, British Isles and Northwest Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

[17] WENDLAND, W. M. Tropical storm frequencies related to sea surface temperatures. *Journal of Applied Meteorology*, 1977, 16: 477-481.

[18] DOW, K. New coverage of drought impacts and vulnerability in the US Carolinas, 1998-2007. *Natural Hazards*, 2010, 54(2): 497-518.