

韌性城市的規劃研究：澳門的思考

顧朝林 曹根榕

[摘要] 澳門作為世界袖珍型發達經濟體，如何通過建設韌性城市來應對當前和未來面臨的各類風險和壓力，是城市發展中的一個重要問題。本文通過對“韌性”、“韌性城市”、“韌性城市規劃”的概念內涵、特徵、理論框架和具體實踐等方面的梳理，明晰相關領域的理論研究和應用實踐的現狀。基於對上述理論的學習和案例的借鑑，從經濟、資源、用地、社會、設施、防災六個方面探討澳門韌性城市規劃的思路和方法，以期為開展澳門的韌性城市規劃進一步的研究和實踐工作提供借鑑。

[關鍵詞] 澳門 韌性 韌性城市 韌性城市規劃 研究框架

城市承載着人類各種經濟、社會、文化、政治等活動，與人類其他的棲息地相比，面臨着更多的風險和災害，如若遭受洪水、地震、氣象等自然突發災害以及疾病、貧窮、經濟波動等非自然衝擊，都將會對城市帶來巨大的經濟損失和社會動盪。因此，有必要探尋韌性城市相關理論，並按照韌性相關理論指導城市規劃和建設，進而應對這些風險和危機。

一、韌性城市及其研究框架

（一）韌性概念和應用研究

韌性的概念最早出現自1970年代的生態學。^①生態系統的韌性是指生態系統通過適應性循環重新組織和形成新的結構。^②後來經濟學家引用這個概念，定義經濟系統的韌性，是指一個城市

作者簡介：顧朝林，清華大學建築學院城市規劃系教授、中國未來研究會副理事長；曹根榕，清華大學建築學院規劃系博士研究生。北京 郵編100084

- ① C. S. Holling, “Resilience and Stability of Ecological System,” *Annual Review of Ecological System*, Vol. 4 (1973), pp. 1-23; S. B. Manyena, “The Concept of Resilience Revisited,” *Disaster*, Vol. 30, No. 4 (2006), pp. 434-450.
- ② C. S. Holling, “Engineering Resilience Versus Ecological Resilience,” *Engineering Within Ecological Constraints*, 1996, pp. 31-44; M. Alberti, Modeling the Urban Ecosystem: A Conceptual Framework,” *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 26, No. 3 (1999), pp. 605-630; M. Alberti, J. M. Marzluff, “Ecological Resilience in Urban Ecosystems: Linking Urban Patterns to Human and Ecological Functions,” *Urban Ecosystems*, Vol. 7, Issue 3 (2004), pp. 241-265. R. Pendall, K. A. Foster, M. Cowell, “Resilience and Regions: Building Understanding of the Metaphor,” *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 3, Issue 1 (2010), pp. 71-84.

或區域的經濟或產業具備應對內部波動或外來衝擊的適應能力和恢復能力。^① 韌性也引入工程領域，工程韌性是指一項具體的工程建成後具備應對外部衝擊的能力，特別強調基礎設施在災後實現有效恢復的能力。^② 更進一步，韌性的概念被引入“社會—經濟”系統，首先認識到“社會—生態”系統既包含“自然和環境生態”要素，也包括“社會經濟發展”要素；“社會—經濟”系統韌性強調系統基於適應性循環（adaptive cycle）的演化過程，以及系統內部的多尺度變換的穩定程度。^③ 韌性理論視角的轉變如下（表1）：

表1 韌性理論視角的轉變

韌性視角	工程韌性	經濟系統韌性	生態系統韌性	社會—生態系統韌性	城市系統韌性
特點	恢復時間、效率	適應力、恢復能力	緩衝能力、抵擋衝擊、保持功能	重組、維持、發展	“轉換—學習”能力
關注	恢復、恒定	波動、衝擊	堅持、魯棒性	適應能力、可變換性、學習、創新	組織制度、治理模式和政策安排
語境	鄰近單一平衡狀態	增長和發展	多重平衡	適應性循環，跨尺度動態交互影響	綜合系統回饋

（二）韌性城市概念

對於城市而言，韌性城市（resilient cities）是指城市系統具備能夠準備、回應特定的多重威脅且從中恢復，並將其對公共安全健康和經濟的影響降至最低的能力，即城市系統具備能夠吸收干擾，同時維持同樣基礎結構和功能的能力。^④ 一些研究機構提出：城市韌性是一個城市的個

① S. Carpenter, B. Walker, J. M. Anderies, N. Abel, “From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?” *Ecosystems*, Vol. 4, Issue 8 (2001), pp. 765-781; Adam Rose, Shu-Yi Liao, “Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions,” *Journal of Regional Science*, Vol. 45, Issue 1 (2005), pp. 75-112; 彭翀、袁敏航、顧朝林、彭仲仁：〈區域彈性的理論與實踐研究進展〉，《城市規劃學刊》（上海）2015年第1期，第84—92頁；陳夢遠：〈國際區域經濟韌性研究進展——基於演化論的理論分析框架介紹〉，《地理科學進展》（北京）2017年第11期，第1435—1444頁；孫久文、孫翔宇：〈區域經濟韌性研究進展和在中國應用的探索〉，《經濟地理》（長沙）2017年第10期，第1—9頁。

② Brad Allenby, Jonathan Fink, “Toward Inherently Secure and Resilient Societies,” *Science*, Vol. 309, Issue 5737 (2005), pp. 1034-1036; T. McDaniels, S. Chang, D. Cole, J. Mikawoz, H. Longstaff, “Fostering Resilience to Extreme Events within Infrastructure Systems: Characterizing Decision Contexts for Mitigation and Adaptation,” *Global Environmental Change*, Vol. 18, Issue 7 (2008), pp. 310-318.

③ Jane Duxbury, Sarah Dickinson, “Principles for Sustainable Governance of the Coastal Zone: In the Context of Coastal Disasters,” *Ecological Economics*, Vol. 63, Issue 2-3 (2007), pp. 319-330; J. Arjan Wardekker, Arie de Jong, Joost M. Knoop, Jeroen P. van der Sluijs, “Operationalising a Resilience Approach to Adapting an Urban Delta to Uncertain Climate Changes,” *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 77, Issue 6 (2010), pp. 987-998; Elinor Ostrom, “Polycentric Systems for Coping with Collective Action and Global Environmental Change,” *Global Environmental Change*, Vol. 20, Issue 4 (2010), pp. 550-557; 汪輝、徐蘊雪、盧思琪、任懿璐、偉寧：〈恢復力、彈性或韌性？——社會—生態系統及其相關研究領域中“Resilience”一詞翻譯之辨析〉，《國際城市規劃》（北京）2017年第4期，第29—39頁。

④ T. J. Wilbanks, J. Sathaye, “Integrating Mitigation and Adaptation as Responses to Climate Change: A Synthesis,” *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 12, Issue 5 (2007), pp. 957-962; 蔡建明、郭華、汪德根：〈國外彈性城市研究述評〉，《地理科學進展》（北京）2012年第10期，第1245—1255頁；李彤玥、牛品一、顧朝林：〈韌性城市研究框架綜述〉，《城市規劃學刊》（上海）2014年第5期，第23—31頁。

人、社區和系統在經歷各種慢性壓力和急性衝擊下存續、適應和成長的能力，^①包含創新性、獨立性、多樣性、相互依賴性、靈活性、冗餘性、魯棒性、足智多謀性、恢復力、自學習、包容性和自組織等12個主要特徵（表2）。^②在城市研究領域，韌性城市更加側重強調城市應對週期性經濟危機、全球溫度增加、極端氣候災害、城市恐怖襲擊等危機威脅的恢復力。

表2 韌性城市應該具備的特徵

韌性特徵	具體內容
創新性 (innovation)	城市經濟和產業發展能夠通過“去鎖定”、“重定向”、“破壞式創新”等方式打破隨時間而僵化形成的路徑依賴，實現韌性提升。此外，也包括城市規劃和管理創新。
獨立性 (independence)	系統在受到干擾影響時能夠在沒有外部支援的情況下保持最小化功能運轉。
多樣性 (diversification)	城市經濟具備多元平衡部門，能夠保護免受外生經濟衝擊的影響；土地利用模式、基礎設施、人口結構的多樣性確保城市系統存在冗餘功能。
相互依賴性 (interdependency)	確保系統作為綜合集成網絡的一部分，獲得其他網絡系統的支援。
靈活性 (flexibility)	系統塑造具有伸縮性、機動性，抗擾動能力。
冗餘性 (redundancy)	基礎設施等系統具備相似功能元件的可用性及跨越尺度的多樣性和功能複製重疊，確保某一元件或某一層次的能力受損，城市仍然能夠依靠其他層次運轉以防止全盤失效。
魯棒性 (robustness)	系統能夠抵擋內部和外部衝擊，確保主要功能不受損傷。
足智多謀性 (resourcefulness)	決策者可以使用所有資源，進行準備、回應和從可能的破壞中恢復。
恢復力 (Recovery)	具有可逆性和還原性，受到衝擊後仍能回到系統原有的結構或功能。
自學習 (self-learning)	“幹中學”、“邊做邊學”，從過去的干擾中吸取經驗，及時實現物理性和制度性的調整以更好地應對下一次災害。
包容性 (Inclusive)	重視各子系統存在意義，尊重其差異性。
自組織 (self-organization)	災害來臨時，市民和公共管理者能夠立即行動起來實現局部修復，而無需等待相對滯後的來自於政府或其他機構的援助。

資料來源：S. L. Cutter, L. Barnes, M. Berry, et al, “A Place-based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters,” *Global Environmental Change*, Vol. 18, Issue 4 (2008), pp. 598-606; Mark Fleischhauer, “The Role of Spatial Planning in Strengthening Urban Resilience,” in Hans Pasman, Igor A. Kirillov, *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 273-298; T. G. Frazier, C. M. Thompson, R. J. Dezzani, “A Framework for the Development of the SERV Model: A Spatially Explicit Resilience-vulnerability Model,” *Applied Geography*, Vol. 51 (2014), pp. 158-172; B. Frommer, “Climate Change and the Resilient Society: Utopia or Realistic Option for German Regions?” *Natural Hazards*, Vol. 58, Issue 1 (2011), pp. 85-101; Kuei-Hsien Liao, “A theory on Urban Resilience to Floods: A basis for Alternative Planning Practices,” *Ecology and Society*, Vol. 17, Issue 4 (2012), p. 48; R. Roggema, A. van den Dobbelsteen, “Swarm Planning for Climate Change: An Alternative Pathway for Resilience,” *Building Research & Information*, Vol. 40, Issue 5 (2012), pp. 606-624; Ayyoob Sharifi, Yoshiki Yamagata, “Major Principles and Criteria for Development of An Urban Resilience Assessment Index,” International Conference and Utility Exhibition, Green Energy for Sustainable Development (ICUE), 2014, pp. 1-5.

(三) 韌性城市研究框架

M. Schrenk等人認為：^③韌性城市研究應關注三個結構，它們是：（1）自然／環境結構：

- ① Ayyoob Sharifi, Yoshiki Yamagata, “Major Principles and Criteria for Development of An Urban Resilience Assessment Index,” International Conference and Utility Exhibition, Green Energy for Sustainable Development (ICUE), 2014, pp. 1-5; 錢少華、徐國強、沈陽等：〈關於上海建設韌性城市的路徑探索〉，《城市規劃學刊》（上海）2017年第S1期，第109—118頁；翟國方、鄒亮、馬東輝等：〈城市如何韌性〉，《城市規劃》（北京）2018年第2期，第42—46、77頁。
- ② 李彤玥：〈基於彈性理念的城市總體規劃研究初探〉，《現代城市研究》（南京）2017年第9期，第14—23頁。
- ③ M. Schrenk, J. Neuschmid, D. Patti, “Towards ‘resilient cities’ - Harmonisation of Spatial Planning Information as One Step along the Way,” International Conference on Computational Science and Its Applications, 2011, pp. 162-171.

城市環境的物理要素，例如建築、基礎設施、綠地系統網絡等；（2）社會經濟結構：社會群體分佈、收入分佈、經濟和社會一致程度等；（3）制度結構：制度層級結構、制度決策合法化、公眾對制度的信任、體系人員的數量和品質、負責程度、體系之間的合作和協同程度。Desouza和Flanery基於複雜適應性系統理論（complex adaptive systems, CAS）提出了韌性城市研究框架，^①他們認為：城市是由大量智慧體（agents）組成，智慧體之間、智慧體與環境之間存在廣泛而密切的相互作用和回饋；其中，相互作用具有非線性特徵，向系統施加的微小擾動將通過非線性作用放大為宏觀模式的湧現（emerge），各智慧體具備“自學習”（self-learning）能力，從而提出基於“冗餘—靈活—重組能力—學習能力”四要素特徵的韌性城市研究框架。^②日本北九州城市中心（KUC）提出從“制度—基礎設施—生態系統”建構韌性城市研究框架。

二、韌性城市的規劃研究及其研究框架

韌性城市理論一方面為空間規劃和城市發展提供了一個建構和回應不確定性、脆弱性的新方式，另一方面也提供了一個範式，使得城市發展策略能夠應對大尺度的社會、環境或者經濟變化。

（一）韌性城市的規劃研究

在國外，“韌性”（resilience）概念的運用缺乏定義明確的方式，^③而是一種通用的涵蓋性術語，在很多情況下等同於適應（adaptation）或者緩解（mitigation）。^④從文獻來看，主要包括：

（1）城市總體規劃的韌性路徑和方法論研究；^⑤（2）城市總體規劃的韌性研究框架；^⑥（3）韌

① K. C. Desouza, T. H. Flanery, “Designing, Planning, and Managing Resilient Cities: A Conceptual Framework,” *Cities*, Vol. 35 (2013), pp. 89-99.

② A. Surjan, A. Sharma, R. Shaw, “Understanding urban resilience,” in Rajib Shaw, Anshu Sharma, *Climate and Disaster Resilience in Cities*, West Yorkshire: Emerald Group Publishing Limited, 2011, pp. 17-46.

③ S. Davoudi, K. Shaw, L. J. Haider, et al, “Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? ‘Reframing’ Resilience: Challenges for Planning Theory and Practice Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan Urban Resilience: What Does it Mean in Planning Practice? Resilience as a Useful Concept for Climate Change Adaptation? The Politics of Resilience for Planning: A Cautionary Note,” *Planning Theory & Practice*, Vol. 13, No. 2 (2012), pp. 299-333.

④ T. J. Wilbanks, J. Sathaye, “Integrating Mitigation and Adaptation as Responses to Climate Change: A Synthesis,” *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 12, Issue 5 (2007), pp. 957-962.

⑤ F. Teigão dos Santos, M. R. Partidário, “SPARK: Strategic Planning Approach for Resilience Keeping,” *European Planning Studies*, Vol. 19, No. 8 (2011), pp. 1517-1536; M. Mitchell, R. Griffith, P. Ryan, et al., “Applying Resilience Thinking to Natural Resource Management through a ‘Planning-By-Doing’ Framework,” *Society & Natural Resources*, Vol. 27, Issue 3 (2014), pp. 299-314; B. Pizzo, “Problematizing Resilience: Implications for Planning Theory and Practice,” *Cities*, Vol. 43 (2015), pp. 133-140; S. T. A. Pickett, M. L. Cadenasso, M. M. Grove, “Resilient Cities: Meaning, Models, and Metaphor for Integrating the Ecological, Socio-economic, and Planning Realms,” *Landscape & Urban Planning*, Vol. 69, Issue 4 (2004), pp. 369-384; C. Wilkinson, “Social-Ecological Resilience: Insights and Issues for Planning Theory,” *Planning Theory*, Vol. 11, Issue 2 (2012), pp. 148-169; Kuei-Hsien Liao, “A theory on Urban Resilience to Floods: A basis for Alternative Planning Practices,” *Ecology and Society*, Vol. 17, Issue 4 (2012), p. 48.

⑥ Mark Fleischhauer, “The Role of Spatial Planning in Strengthening Urban Resilience,” in Hans Pasman, Igor A. Kirillov, *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 273-298; Y. Jabareen, “Planning the Resilient City: Concepts and Strategies for Coping with Climate Change and Environmental Risk,” *Cities*, Vol. 31 (2013), pp. 220-229; Peiwen Lu, Dominic Stead, “Understanding the Notion of Resilience in Spatial Planning: A Case Study of Rotterdam, The Netherlands,” *Cities*, Vol. 35 (2013), pp. 200-212; M. Schrenk, J. Neuschmid, D. Patti, “Towards ‘resilient cities’ - Harmonisation of Spatial Planning Information as One Step along the Way,” International Conference on Computational Science and Its Applications, 2011, pp. 162-171; M. G. Lloyd, D. Peel, R. W. Duck, “Towards a Social-ecological Resilience Framework for Coastal Planning,” *Land Use Policy*, Vol. 30, Issue 1 (2013), pp. 925-933.

性理念下城市和區域發展戰略研究；^①（4）韌性理念下土地利用和道路系統規劃研究；^②（4）韌性理念下城市總體規劃評估；^③（5）韌性理念下相關案例研究。^④

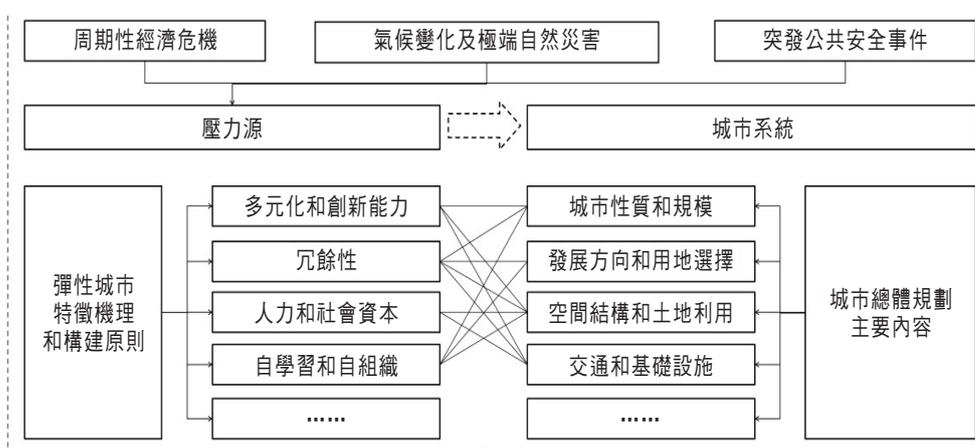
在國內，韌性城市的規劃研究尚處於起步階段。已發表成果主要包括翻譯文章、^⑤綜述文章，^⑥以及綜述為主的啟發討論性文章。^⑦

- ① M. M. Cowell, "Bounce Back or Move on: Regional Resilience and Economic Development Planning," *Cities*, Vol. 30 (2013), pp. 212-222; Mike Raco, Emma Street, "Resilience Planning, Economic Change and The Politics of Post-recession Development in London and Hong Kong," *Urban Studies*, Vol. 45, No. 5 (2012), pp. 1065-1087; K. Alam, Md Shamsuddoha, T. Tanner, et al, "The Political Economy of Climate Resilient Development Planning in Bangladesh," *Ids Bulletin*, Vol. 42, No. 3 (2011), pp. 52-61; N. Bonnet, "The Functional Resilience of an Innovative Cluster in the Montpellier Urban Area (South of France)," *European Planning Studies*, Vol. 18, Issue 9 (2010), pp. 1345-1363.
- ② Meike Albers, Sonja Deppisch, "Resilience in the light of Climate Change: Useful Approach or Empty Phrase for Spatial Planning?" *European Planning Studies*, Vol. 21, Issue 10 (2013), pp. 1598-1610; H. Storch, N. Downes, L. Katzschner, N. X. Thinh, "Building Resilience to Climate Change Through Adaptive Land Use Planning in Ho Chi Minh City, Vietnam," in Konrad Otto-Zimmermann, *Resilient Cities*, Dordrecht Springer, 2011, pp. 349-363; W. Douven, J. Buurman, L. Beevers, H. Verheij, M. Goichot, N. A. Nguyen, H. T. Truong, H. M. Ngoc, (2012-12). "Resistance Versus Resilience Approaches in Road Planning and Design in Delta Areas: Mekong Floodplains in Cambodia and Vietnam," *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 55, Issue 10 (2012), pp. 1289-1310.
- ③ Xinyu Fu, Zhenghong Tang, "Planning for Drought-resilient Communities: An Evaluation of Local Comprehensive Plans in the Fastest Growing Counties in the US," *Cities*, Vol. 32 (2013), pp. 60-69.
- ④ C. Saavedra, W. W. Budd, "Climate Change and Environmental Planning: Working to Build Community Resilience and Adaptive Capacity in Washington State, USA," *Habitat International*, Vol. 33, Issue 3 (2009), pp. 246-252; Hee-Jung Jun, M. M. Conroy, "Linking Resilience and Sustainability in Ohio Township Planning," *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 57, Issue 6 (2014), pp. 904-919; D. K. Khailani, R. Perera, "Mainstreaming Disaster Resilience Attributes in Local Development Plans for the Adaptation to Climate Change Induced Flooding: A Study Based on the Local Plan of Shah Alam City, Malaysia," *Land Use Policy*, Vol. 30, Issue 1 (2013), pp. 615-627.
- ⑤ 廖桂賢、林賀佳、汪洋：〈城市韌性承洪理論——另一種規劃實踐的基礎〉，《國際城市規劃》（北京）2015年第2期，第36—47頁；西明·達武迪、曹康、王金金、陶舒晨：〈韌性規劃：紐帶概念抑或末路窮途〉，《國際城市規劃》（北京）2015年第2期，第8—12頁。
- ⑥ 李彤玥、牛品一、顧朝林：〈韌性城市研究框架綜述〉，《城市規劃學刊》（上海）2014年第5期，第23—31頁；湯瑪斯·J·坎帕內拉、羅震東、周洋岑：〈城市韌性與新奧爾良的復興〉，《國際城市規劃》（北京）2015年第2期，第30—35頁；N. Perera, E. Boyd, G. Wilkins, R. P. Itty, "Literature Review on Energy Access and Adaptation to Climate Change," Department for International Development, UK, 2015; S. Meerow, J. P. Newell, M. Stults, "Defining Urban Resilience: A review," *Landscape and Urban Planning*, Vol. 147 (2016), pp. 38-49; 楊敏行、黃波、崔翀、肖作鵬：〈基於韌性城市理論的災害防治研究回顧與展望〉，《城市規劃學刊》（上海）2016年第1期，第48—55頁。
- ⑦ 鄭豔：〈推動城市適應規劃，構建韌性城市——發達國家的案例與啟示〉，《世界環境》（北京）2013年第6期，第50—53頁；劉丹、華晨：〈彈性概念的演化及對城市規劃創新的啟示〉，《城市發展研究》（北京）2014年第11期，第111—117頁；徐振強、王亞男、郭佳星、潘琳：〈我國推進彈性城市規劃建設的戰略思考〉，《城市發展研究》（北京）2014年第5期，第79—84頁；邵亦文、徐江：〈城市韌性：基於國際文獻綜述的概念解析〉，《國際城市規劃》（北京）2015年第2期，第48—54頁；李亞、翟國方、顧福妹：〈城市基礎設施韌性的定量評估方法研究綜述〉，《城市發展研究》（北京）2016年第6期，第113—122頁；楊敏行、黃波、崔翀、肖作鵬：〈基於韌性城市理論的災害防治研究回顧與展望〉，《城市規劃學刊》（上海）2016年第1期，第48—55頁；景天奕、黃春曉：〈西方彈性城市指標體系的研究及對我國的啟示〉，《現代城市研究》（南京）2016年第4期，第53—59頁；歐陽虹彬、葉強：〈彈性城市理論演化述評：概念、脈絡與趨勢〉，《城市規劃》（北京）2016年第3期，第34—42頁；王祥榮、謝玉靜、徐藝揚、魯逸、李昆：〈氣候變化與韌性城市發展對策研究〉，《上海城市規劃》（上海）2016年第1期，第26—31頁。

(二) 韌性城市規劃的概念框架

Y. Jabareen提出“脆弱性分析—城市治理—預防—不確定性導向”的韌性規劃框架；^①黃曉軍、黃馨從“脆弱性分析與評價—面向不確定性的規劃—城市管治—韌性行動策略”四個維度構建了韌性城市規劃的概念框架。^②首先，進行脆弱性分析，識別城市中相對脆弱的人群和社區，評估城市非正式空間的規模及其社會經濟環境狀況，^③同時分析城市未來可能的不確定性情景，進行空間分佈表達。其次，建立政府管制機制，將與韌性相關的多樣化參與者納入規劃協作過程，考慮影響公平的社會要素，制定減緩氣候變化的有效制約行動。第三，實施預防策略，減少城市溫室氣體排放、宣導替代性能源等。^④最後編制不確定導向規劃，運用土地利用管理、街區和建築設計來調節災害頻發地區的發展，營造可持續城市形態。^⑤P. Lu、D. Stead提出基於系統動力過程的韌性規劃框架。^⑥李彤玥基於彈性理念提出城市總體規劃研究框架（圖1）。^⑦

圖1 基於韌性理念提出城市總體規劃研究框架



資料來源：李彤玥：〈基於彈性理念的城市總體規劃研究初探〉，《現代城市研究》（南京）2017年第9期，第14—23頁。

- ① Y. Jabareen, “Planning the Resilient City: Concepts and Strategies for Coping with Climate Change and Environmental Risk,” *Cities*, Vol. 31 (2013), pp. 220-229.
- ② 黃曉軍、黃馨：〈彈性城市及其規劃框架初探〉，《城市規劃》（北京）2015年第2期，第50—56頁。
- ③ 彭翀、林櫻子、顧朝林：〈長江中游城市網絡結構韌性評估及其優化策略〉，《地理研究》（北京）2018年第6期，第1193—1207頁；鍾琪、戚巍：〈基於態勢管理的區域彈性評估模型〉，《經濟管理》（北京）2010年第8期，第32—37頁。
- ④ C. Béné, L. Mehta, G. McGranahan, et al, “Resilience as a Policy Narrative: Potentials and Limits in the Context of Urban Planning,” *Climate and Development*, Vol. 10, Issue 2 (2017), pp. 116-133; T. G. Frazier, C. M. Thompson, R. J. Dezzani, “A Framework for the Development of the SERV Model: A Spatially Explicit Resilience-vulnerability Model,” *Applied Geography*, Vol. 51 (2014), pp. 158-172; S. Tyler, M. Moench, “A Framework for Urban Climate Resilience,” *Climate and Development*, Vol. 4, Issue 4 (2012), pp. 311-326.
- ⑤ 戴偉、孫一民、韓·邁爾·塔轟爾·庫轟考·巴項：〈氣候變化下的三角洲城市韌性規劃研究〉，《城市規劃》（北京）2017年第12期，第26—34頁。
- ⑥ Peiwen Lu, Dominic Stead, “Understanding the Notion of Resilience in Spatial Planning: A Case Study of Rotterdam, The Netherlands,” *Cities*, Vol. 35 (2013), pp. 200-212.
- ⑦ 李彤玥：〈基於彈性理念的城市總體規劃研究初探〉，《現代城市研究》（南京）2017年第9期，第8—17頁。

（三）韌性空間規劃應用

歐洲如德國、荷蘭等國家在地區規劃（regional planning）、地方土地利用規劃（local land-use planning）和部門規劃（sectoral plans，包括水管理、景觀規劃、交通規劃等）三個層面空間規劃（spatial planning）框架下，通過影響城市結構在緩解多元災害、降低城市脆弱性中扮演重要作用（表3）。^①德國城市Rostock，將“模組性”原則用於空間規劃，強調多中心的城市空間結構，即使城市的其他部分受到極端事件的影響，具備獨立性的城市中心功能仍然能夠繼續運轉；瑞典Stockholm將“多樣性”原則用於佈局多樣綠地空間和公園，如居住區綠地空間、公園、森林公園等。^②法國城市Orléans在規劃分析中，基於圖論，以道路網絡“冗餘率”表徵交通系統“吸收能力”。紐西蘭城市Christchurch在經歷強震之後，當地規劃研究者提出基礎設施分散式網絡的規劃原則，以取代傳統分散式網絡。^③

表3 韌性城市原則在不同層次規劃的運用

城市韌性原則	地區規劃 regional planning	地方土地利用規劃 local land-use planning	部門規劃 sectoral plans
冗餘性、多樣性	多中心結構	用多元節點降低城市密度、物理結構	多元節點的物理結構
力量	保護自然環境要素，吸收或降低災害影響；確保保護性基礎設施可用性	結構性防禦措施；確保保護性基礎設施空間的可用性	建設和保護基礎設施

資料來源：Mark Fleischhauer, “The Role of Spatial Planning in Strengthening Urban Resilience,” in Hans Pasman, Igor A. Kirillov, *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 273-298.

三、澳門韌性城市規劃的思考

澳門是世界袖珍型發達經濟體，人口密度、交通密度、人均GDP和單位面積經濟密度都高居全球前五位。假如遭受自然災害，經濟損失會巨大；假如產生社會突發事件，必然造成社會動盪。按照韌性的理論進行城市規劃和建設，具有特別重要的意義。基於上述研究，筆者認為澳門韌性城市規劃可以從下述六個方面考慮。

（一）基於經濟多元化和創新發展城市發展戰略

韌性理論認為，增長快速並且具有經濟多元化和多元平衡部門的城市韌性較強，^④ 相比於過份依賴小量產業的區域，更能夠保護自己免受外生經濟衝擊的影響，^⑤ 即：經濟多元化是確保城

① Mark Fleischhauer, “The Role of Spatial Planning in Strengthening Urban Resilience,” in Hans Pasman, Igor A. Kirillov, *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats*, Dordrecht: Springer Netherlands, 2008, pp. 273-298.

② Meike Albers, Sonja Deppisch, “Resilience in the light of Climate Change: Useful Approach or Empty Phrase for Spatial Planning?” *European Planning Studies*, Vol. 21, Issue 10 (2013), pp. 1598-1610.

③ Daniela Francisca González, “Strategies for Sustainability and Resilience after Earthquakes,” Chalmers University of Technology, 2014.

④ H. P. Minsky, *Stabilizing an Unstable Economy*, New York: McGraw-Hill, 2008.

⑤ F. Berkes, “Understanding Uncertainty and Reducing Vulnerability: Lessons from Resilience Thinking,” *Natural Hazards*, Vol. 41, Issue 2 (2007), pp. 283-295; A. Pike, S. Dawley, J. Tomaney, “Resilience, Adaptation and Adaptability,” *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 3, Issue 1 (2010), pp. 59-70.

市應對經濟波動和衝擊的重要屬性，民眾能夠用以實現生計的多元經濟資源條件（收入、儲蓄和投資）的多樣性確保城市系統存在冗餘功能。相反地，經濟基礎“狹窄”的城市，面對市場情況的變化脆弱性明顯。澳門是博彩業獨大、經濟系統非常脆弱的城市，應以韌性理論的“多元化”、“相互依賴性”和“創新能力”為原則，制定更加深入地融入粵港澳大灣區產業分工的產業政策，逐步形成多元化的產業部門，城市規劃為這些新產業提供空間支撐。同時，建立動態的、不確定導向的、高靈活性的規劃框架，允許持續的調整，不斷將外部挑戰轉化為發展機遇，便於借助外部衝擊或經濟衰退的契機，對城市經濟發展進行重新定位，增強城市經濟系統的韌性。

（二）基於資源環境承載力的城市發展規模

韌性城市理論強調冗餘性，即通過一定程度的功能重疊以防止系統的全盤失效，但是也存在重複、備用和浪費資源與設施的現象。尤其像澳門這樣的城市，土地資源非常珍貴，水資源基本依靠外部輸入，適度規模韌性城市理念，能夠確保城市在建設用地、用水兩大制約城市發展的條件下，存在一定的緩衝，消除城市規模超過承載力極限，以及對城市未來空間拓展可能造成的威脅。首先，澳門韌性城市規劃研究，需要基於資源環境承載力分析確定城市規模（人口規模、用地規模）。其次，採用“資源超載度”和“資源寬鬆度”、^①“因災超載度”等表徵城市規模針對資源約束閾值的冗餘性特徵指標，^②基於不同資源環境風險（地震、水污染等）影響下城市資源環境約束條件變化情景，確定可供參考的城市適度規模。第三，針對承載力弱、地質災害複雜、易發地區，需要建立“承載力評價——發展安全評價——用地條件評價”為一體的用地規模控制體系。結合城市建設用地選址和生態保育防護措施，進一步對城市發展規模提出比較明確的環境限制，使城市的發展規模控制在城市本身的承載範圍之內。

（三）基於脆弱性研究城市建設用地選址

脆弱性一般由暴露度、敏感性和適應能力三方面構成，共同表徵城市在發展過程中抵抗資源、生態環境、經濟、社會發展等內外部自然要素和人為要素干擾的應對能力。^③澳門地域狹小，城市運行過程中脆弱性特別明顯。首先，進行災害危險性和城市用地暴露性評估，加快搬遷城市新區接近的電廠、垃圾焚燒發電廠等市政設施。^④其次，調整災害脆弱地區的土地利用，禁止居住、商業、工業用地和城市生命線系統佈局在高暴露性（災害高發）地區，減緩人口和經濟活動暴露在災害風險的範圍和程度，以道路、綠地與廣場、地下空間等為載體構建城市安全防

^① 趙建世、王忠靜、秦韜、李海紅：〈海河流域水資源承載能力演變分析〉，《水利學報》（北京）2008年第6期，第647—651頁。

^② 高曉路、陳田、樊杰：〈汶川地震災後重建地區的人口容量分析〉，《地理學報》（北京）2010年第2期，第164—176頁。

^③ F. Thomalla, T. Downing, E. Spanger-Siegfried, Guoyi Han, Johan Rockström, “Reducing Hazard Vulnerability: Towards a Common Approach Between Disaster Risk Reduction and Climate Adaptation,” *Disasters*, Vol. 30, No. 1 (2006), pp. 39-48; J. E. Ahen, “From Fain-safe to Safe-to-fail: Sustainability and Resilience in the New Urban World,” *Landscape and Urban Planning*, Vol. 100, Issue 4 (2011), pp. 341-343; S. L. Cutter, “Vulnerability to Environmental Hazards,” *Progress in Human Geography*, Vol. 20, Issue 4 (1996), pp. 529-539; 方創琳、王岩：〈中國新型城鎮化轉型發展戰略與轉型發展模式〉，《中國城市研究》（北京）2015年，第3—17頁。

^④ 別朝紅、林雁翎、邱愛慈：〈彈性電網及其恢復力的基本概念與研究展望〉，《電力系統自動化》（南京）2015年第22期，第1—9頁。

護隔離帶；降低高敏感性地區的人口和經濟活動密度及土地開發比例和強度，避免大規模居住用地及商業服務業設施用地的佈局，增加綠地避險空間和醫療恢復資源的供給；提高低適應性地區市政基礎設施佈局的空間均衡性，加強公共管理與公共服務用地佈局，提升教育資源的空間分配品質，低適應地區往往分佈在城市邊緣地區，這些地區現存較多城中村及流動人口，由於非正規性等因素，無法獲得可靠的災後恢復援助，並且基礎設施建設水平較低、人口韌性社會資本積累相對匱乏；從用地佈局上預防工業安全事件對城市生活可能造成的不利影響，避免可能成為危險源的工業用地在城市發展地區的繼續佈局，同時嚴格控制安全距離，設置安全隔離區（綠化、道路、水系等）以減輕工業生產安全事件可能造成的危害。

（四）基於社會資本積累和管治網絡培育的社區規劃

澳門社區稱為“堂區”，以教堂位置為中心的社會網絡比較發達，“網絡、規範和信任（或認可）”三維度的社會資本，對社區恢復力具有核心影響作用；社區擁有的社會資本越多，社區群體的韌性越強。^①因為城市在受到了災害的衝擊而破壞的情況下，如果市民和基層社區組織能夠立即行動起來避免損傷，可無需等待來自於政府或其他外部機構的援助，相比於依賴往往存在滯後性的外部援助，這種“自下而上”的城市局部修復功能能夠使系統迅速、有效地重組。韌性城市的社區規劃，應注重培育基於社區社會資本的社區自組織能力，形成多中心性、透明性、責任性、靈活的、包容性的網絡式社區管治網絡。

城市再開發和更新，應避免舊城區大量傳統街坊式社區解體、公共交流空間喪失為代表的社會資本流失。新社區規劃建設應從“合理鄰里尺度”和不同社區規模對社區社會資本積累的影響考慮出發，進行居住區規模和人口密度控制，避免大規模超級街區和門禁社區的佈局，促進良好的社區互動和社區社會紐帶的形成以及社區活力公共空間的營造。

（五）基於冗餘性和多樣性的基礎設施科學規劃

基礎設施是城市運營的基礎。韌性城市規劃應加強基於冗餘性、多樣性、分散式網絡的基礎設施規劃研究，形成科學支撐的規劃方案。包括：（1）運用GIS空間分析、位置分配模型（LA）和設施服務能力冗餘率測度方法，評估城市醫療衛生設施和綠地系統的服務能力冗餘率（redundancy ratio）性能；（2）運用圖論和複雜網絡拓撲分析方法，評估城市交通系統網絡的冗餘特徵。

（六）重視城市防災減災規劃

面對氣候變化和海平面上升，空間規劃師的規劃策略基本是緩解和適應兼用。運用多智慧體系統（multi-agent system, MAS）和地理資訊系統（GIS），對城市災害應急及恢復系統佈局進行模擬類比。^②強調城市綠地系統在城市防災、減災中的重要作用，提出均衡且具有合理層級結構和平災轉換能力的綠地、廣場、學校等避險場地佈局規劃，城市道路廣場的建設和佈局以及地下空間的開發利用，都應考慮災害發生時人群疏散、臨時避災、緊急救援的需要。合理設置多種類

① W. N. Adger, “Social and Ecological Resilience: Are They Related?” *Progress in Human Geography*, Vol. 24, No. 3 (2000), pp. 347-364; S. Davoudi, J. Crawford & A. Mehmood (eds.), *Planning for Climate Change: Strategies for Mitigation and Adaptation for Spatial Planners*, Routledge, 2009; D. R. Godschalk, “Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities,” *Natural Hazards Review*, Vol. 4, Issue 3 (2003), pp. 136-143.

② R. Roggema, A. van den Dobbelsteen, “Swarm Planning for Climate Change: An Alternative Pathway for Resilience,” *Building Research & Information*, Vol. 40, Issue 5 (2012), pp. 606-624.

型的防災疏散通道，應考慮除城市公路體系以外如空中、地下等的多樣化途徑，且在各個方向至少應保證有兩條防災疏散通道。在災害高危險區的城市生命線系統，應適當提高其設防標準，加大抵禦風險的能力，確保在遭受災害時，城市生命線工程基本運轉正常。

結語

本文在梳理韌性理念下韌性城市、韌性城市規劃的研究進展，結合韌性城市理論，提出了澳門城市規劃韌性思路。它們是：基於經濟多元化和創新發展城市發展戰略、基於資源環境承載力的城市發展規模、基於脆弱性研究城市建設用地選址、基於社會資本積累和管治網絡培育的社區規劃、基於冗餘性和多樣性的基礎設施科學規劃、重視城市防災減災規劃。但從整體看，關於澳門韌性城市規劃研究並不深入。

[責任編輯 陳超敏]