

城市綜合管廊投資、建設與管理*

王 建 王恒棟 黃 劍

[摘 要] 城市綜合管廊對新型城鎮化建設、地下空間綜合利用、保障城市工程管線安全運行等具有重要意義。投資模式、技術標準及運維管理是綜合管廊健康持久發展的重要因素，近年來隨着我國綜合管廊規模化的建設與發展，在投融資、工程建設、運維及管理方面均取得了令人矚目的進展，本文通過對前述相關內容進行梳理研究，總結相關經驗，並對存在問題進行分析，提出未來發展的建議。

[關鍵詞] 綜合管廊 投融資 標準 規範 運維管理

隨着城市化的快速推進，為應對基礎設施與城市發展的不平衡，提升城市管線服務能力和抗災能力，近年來，國內多個城市開始規劃建設綜合管廊，通過將電力、通信、給水、再生水、天然氣等城市工程管線集中敷設、集中管理，可提升管線運行的安全水平、避免外力對管線的影響、延長管線的使用壽命，同時也對城市地下資源的有序開發具有重要意義。但是，綜合管廊建設也面臨一系列難題，例如：一次性投資巨大，完全由政府投資或完全由管線單位承擔建設費用，均難以持久發展；由於涉及到多個部門及管線權屬單位，打破了原有的管線建設體制，建設協調難度大；由於納入各類市政管線，如何確保其安全運行並為沿線地塊提供完善的服務，是規劃和設計應充分考慮的問題；為確保建成後的綜合管廊能夠安全運行，需制定完備的維護管理辦法，並由專業的管理公司進行運營管理。

上述一系列涉及投資、規劃建設、運營維護的問題，關係到綜合管廊能否順利推進並發揮應有作用，本文根據國內綜合管廊的相關研究和建設實例，對此進行分析闡述，並為未來發展提出建議。

作者簡介：王建，上海市政工程設計研究總院（集團）有限公司二院副總工程師；王恒棟，上海市政工程設計研究總院（集團）有限公司副總工程師；黃劍，上海市政工程設計研究總院（集團）有限公司博士後。上海 200092

* 基金項目：國家重點研發計劃項目（2016YFC0802400、2017YFC0805000）；上海工程技術研究中心建設專項（17DZ2251800）。

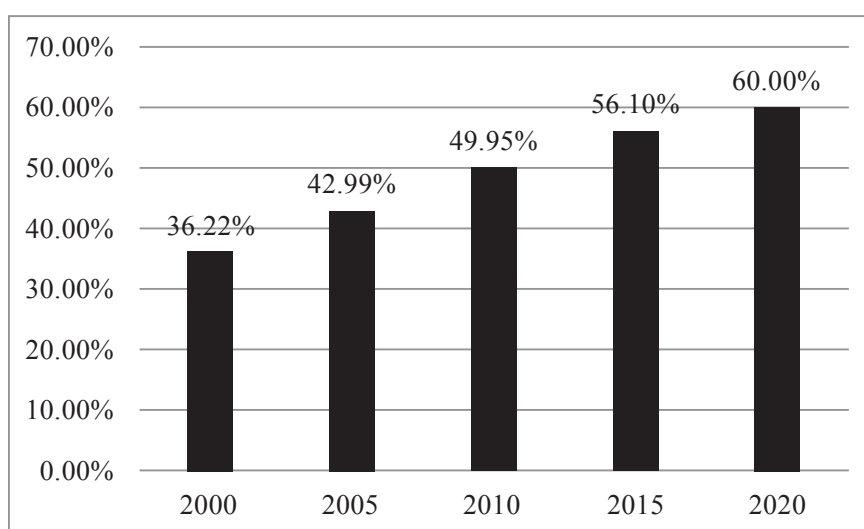
一、綜合管廊建設背景分析

我國城市綜合管廊建設從20世紀90年代開始，其建設歷程伴隨着中國城鎮化進程同步發展，隨着人口急劇聚集，城市發展“重地上、輕地下”，“重建設、輕管理”，造成一系列的城市病，城市基礎設施尤其是各類管線設施已難以滿足城市安全和可持續發展的需求，在此背景下，我國推進綜合管廊建設主要基於：

（一）新型城鎮化和城市安全發展的內在需求

近二十年來，我國城鎮化進程十分迅速（圖1），基礎設施建設服務水平和能力亟需提高。為提升管線建設水平、保障市政管線的安全運行、提高管線設施供給品質和服務能力，有必要推行新的管線敷設方式——綜合管廊。

圖1 我國人口城市化率變動及預期



資料來源：中國產業信息，<http://www.chyxx.com/industry/201801/606314.html>。

（二）城市地下空間綜合開發與利用的需求

我國城市建設發展方式正在發生轉變，由地上到地下、由建設到管理、由高速發展到運行安全的理念逐漸清晰，地下空間開發利用，是城市集約高效發展的方向和趨勢。綜合管廊是城市道路下方地下空間利用的重要部分，通過建設綜合管廊，將各類市政管線集約敷設，優化地下空間分佈，為地下空間綜合利用創造良好條件，對城市中心區地下空間開發和利用具有重要意義（圖2）。

圖2 地下空間開發示意圖



資料來源：<http://news.hexun.com>。

（三）城市管線安全保障的需求

市政公用管線是城市賴以正常運行的生命線，管線安全是城市安全的重要內容，傳統的市政公用管線各自為政地敷設在道路的淺層空間內，因管線增容擴容不但造成了“拉鍊路”現象，也導致了管線事故頻發，極大地影響了城市的安全運行。對傳統管線敷設方式進行升級，是城市安全運行發展的客觀需要。

國家層面也出台多個文件支持綜合管廊建設。中共中央辦公廳、國務院辦公廳《關於推進城市安全發展的意見》（2018年1月7日）指出，城市基礎設施建設要堅持把安全放在第一位，嚴格把關，有序推進城市地下管網依據規劃採取綜合管廊模式進行建設。根據統計，到2017年底，我國已建和在建的綜合管廊工程總里程已達5,000公里，全國已有400多個城市編制完成綜合管廊工程規劃，並開始進行綜合管廊建設。科學有序地推進綜合管廊建設，是城市基礎設施建設的重要內容和發展趨勢。在綜合管廊推進過程中，確定合理的投融資模式、科學的建設標準以及完備的運維管理辦法，是綜合管廊發展的關鍵。

二、綜合管廊投融資模式

綜合管廊作為多種市政管線的集合體，是保障城市運行的重要基礎設施和地下生命線，其用戶消費具有一定程度的非競爭性，提供的服務具有一定程度的非排他性，屬於準公共產品的範疇，從定量的投入與效益分析可知，綜合管廊屬於低經營性的項目。儘管綜合管廊具有準公共產品屬性和明顯的利益外溢效應，如通過實施綜合管廊，可以有效地改善城市環境，提高城市精細化管理水平，使廣大市民得益，但難以直觀地量化其效益，因此，為確保綜合管廊的實施，必須利用政府的力量。

根據廣州、上海、海口等地綜合管廊建設經驗，綜合管廊在投融資方面有以下特點：

（1）初始投資量大。軟土地基路段建設的三艙斷面管廊已達到每公里1億元人民幣，其中約50%的投資為基坑圍護及地基處理費用，此外，建成後的綜合管廊尚需運行管理費用，每年的管理費用約為每公里60—80萬元人民幣。

(2) 綜合管廊的社會效益明顯，經濟效益難以計算。綜合管廊建成後，入廊管線及沿線的區域能夠直接受益，相關區域將得到環境改善、功能提升的收益，但直接的經濟效益難以計算。

(3) 綜合管廊投資回收困難。按照國內的管線收費體制，難以從管線用戶收取投資成本，與地鐵、橋樑等市政項目相比，綜合管廊缺乏可直接經營回收的資源。

(4) 綜合管廊屬於地下空間開發設施，目前我國對地下空間開發利用的權屬、責任等尚無法規明確。^①

基於前述分析，現階段我國地下綜合管廊項目建設主要有政府主導投資建設模式，以及政府和社會資本合作（PPP）投資建設模式。其中，政府主導投資建設模式大致分為兩種類型：

一是政府直接投資建設模式，主要是指政府直接投資建設綜合管廊主體及附屬設施，此種方式會使政府短期財政壓力增加，因此適用於地方政府或財政實力雄厚的城市和地區。如廣州大學城綜合管廊，2003年由廣州市政府授權廣州大學城建指揮部辦公室開發，管廊建成後作為資產注入廣州大學城投資經營管理有限公司進行管理；上海市地下綜合管廊包括張楊路、安亭新鎮、世博會園區等，均由政府出資建設，籌資來源則包括財政撥款、地方政府土地出讓金以及市政公用基礎設施配套費等。管廊建成後直接委託專業物業公司進行管理。

二是以政府為主導的投資建設模式，如政府主管單位和管線單位共同出資建設模式。我國台灣地區就採用這種建設模式。台灣綜合管廊建設採用政府引導和立法先行的方式，綜合管廊建設資金由政府主管單位和管線單位按1：2的比例共同出資，管線單位可享受政策性資金支援。

政府和社會資本合作（PPP）模式是政府通過特許經營、股權合作等方法，採取競爭方式擇優選擇具有投資、運營管理能力的社會資本，負責地下綜合管廊項目的投融資、建設、運營和移交等工作。政府和社會資本合作（PPP）的通常模式是由社會資本承擔設計、建設、運營、維護基礎設施的大部分工作，並通過“使用者付費”、“可行性缺口補助”、“政府付費”等方式獲得合理投資回報；政府部門負責基礎設施及公共服務價格和品質監管。我國自2015年啟動的綜合管廊國家試點工程建設，大部分城市都採用了PPP的投融資模式，如海口、長沙、景德鎮、白銀（位於甘肅省）等，採取PPP模式有利於解決當前城市地下綜合管廊建設資金緊張的壓力，有利於推進地下綜合管廊市場化運作。引入市場競爭機制，不僅能吸收社會資本先進的管理經驗，而且能有效提高項目經營水平，降低運營成本，提高服務水平和品質。

綜合管廊項目本身具有一定的“使用者付費”基礎，對於經營收費不足，通過政府補貼機制，可為社會投資者獲得合理回報創造條件。PPP模式結合地下綜合管廊的公益性和盈利性，既滿足地下綜合管廊的社會屬性，又可實現社會資本投資回報的要求。

但是，採用PPP模式仍需相關的技術和政策作為支撐，首先，在規劃階段，應充分考慮到管線的需求，確保建成後的綜合管廊能較快地投入運行使用，降低空置期，並為未來發展預留空間，在設計階段，應採取合理措施，降低工程造價；其次，政府應有強制入廊或鼓勵支持政策，確保綜合管廊充分發揮效益；第三，應有配套的收費和資金支援政策，充分考慮管線單位運行的實際情況，建立綜合管廊建設及運維成本的分攤機制，確定費用分攤比例。

綜合管廊的投融資方式，除了政府全額投資、政府和社會資本合資外，尚有相關衍生的TOT+BOT及PPP+EPC等模式，無論何種投資模式，都不能偏離綜合管廊的基本屬性和基本特點，此

^① 王恒棟、薛偉辰：《綜合管廊工程理論與實踐》，北京：中國建築工業出版社，2013年。

外，政府在推進綜合管廊建設中，宜用更寬的視野，如從綜合管廊對環境改善、節約土地（高壓線入地）、抵抗災害等角度，將綜合管廊沿線一定的土地提供給綜合管廊投資企業開發，或從綜合管廊服務範圍的土地收益中提取建設資金等，諸如此類地拓寬資金路徑，可幫助綜合管廊的持續發展。

二、技術標準發展

我國綜合管廊技術標準體系自2007年開始逐步構建。為適應2010年上海世博會園區綜合管廊工程建設及管理的需要，2007年6月由上海市政工程設計研究總院和同濟大學主編完成了《上海世博會園區綜合管溝建設技術標準》（DG/TJ08-2017-2007），該技術標準在國內外首次列入了有關預製預應力綜合管廊設計、施工的規定和要求。^①

2012年，在《上海世博會園區綜合管溝建設技術標準》（DG/TJ08-2017-2007）和《上海市綜合管廊工程技術規範》（DGJ08-2017-2014 J10982-2014）的基礎上，通過總結廣州大學城、上海世博會園區、武漢王家墩等地綜合管廊建設經驗，依託國家“十一五”科技支撐計劃“城市市政綜合管廊工程技術研究與開發”重大課題，第一本國家級綜合管廊規範《城市綜合管廊工程技術規範》GB50838-2012編制完成，包括總則、術語和符號、綜合管廊系統規劃、綜合管廊土建工程設計、綜合管廊附屬工程設計、綜合管廊施工及驗收、綜合管廊維護及管理內容。規範系統地對綜合管廊規劃、設計、施工驗收、維護管理進行了技術規定，明確了綜合管廊基本功能，確立了綜合管廊規劃設計的基本思路和方法，規定了綜合管廊設計內容和要求，對我國綜合管廊規劃建設起到了良好指導作用。

2015年，國家啟動綜合管廊試點城市申報，共有蘇州、廈門、海口等10個城市入圍，國家給予每個試點城市每年3—5億元人民幣的專項財政補貼，同年7月底，國務院常務會議專題研究推進綜合管廊建設，並出台了《國務院辦公廳《關於推進城市地下綜合管廊建設的指導意見》》（國辦發〔2015〕61號），我國綜合管廊進入全面建設的階段，在此背景下，研究新一輪綜合管廊建設的技術標準及發展模式成為重要課題。受住房和城鄉建設部委託，規範編制組（由上海市政總院、同濟大學牽頭，參加編制的還有中國城市規劃設計研究院、北京城建設計研究總院等單位）緊急啟動對《城市綜合管廊工程技術規範》的修編工作，新的規範包括基本規定、規劃、總體設計、管線設計、附屬設施設計、結構設計、施工及驗收、維護管理等十章。與12版規範相比，新規範對綜合管廊建設的關鍵內容進行了系統梳理，完善了規劃的技術規定，明確了總體設計的內容，增加了管線設計的技術規定，並對天然氣、排水管線入廊的相關技術措施進行了補充。作為綜合管廊專業的國家級技術文件，新規範自頒佈實施以來，為近4,000公里的綜合管廊工程建設提供了重要技術支撐。

正如規範所明確的：“綜合管廊工程建設應以綜合管廊工程規劃為依據。”^② 規劃在工程建設中起到關鍵作用，為了指導規劃編制，2015年5月，住建部發佈了《城市綜合管廊工程規劃編制指引》（簡稱《指引》），明確了綜合管廊工程規劃的編制要求、編制內容。按照《指引》的

① 王恒棟、薛偉辰：《〈上海世博會園區綜合管溝工程建設標準〉簡介》，《特種結構》（北京）2009年第2期。

② 《城市綜合管廊工程技術規範》GB50838第3.0.2條，<http://www.chinautia.com/file/upload/201712/19/090034954.pdf>。

要求，規劃應做到科學、合理：通過對綜合管廊的建設需求進行分析，確定科學的系統與斷面方案，合理即為可實施，應對綜合管廊的建設條件進行充分調查研究，確保工程可以經濟合理地落地。根據《指引》規定，規劃內容應包括系統佈局、斷面方案、位置關係、三維控制、關鍵節點、附屬設施、建設時序、規劃保障等。綜合管廊規劃的編制方法應做到“多規合一”，以城市總體規劃為依據，與各類管線專項規劃、地下空間規劃、交通規劃等融合銜接，實現對管線專項規劃的統領，必須特別指出的是，在確定綜合管廊規劃後，相關的管線規劃應進行優化整合，以發揮綜合管廊效能為優化方向，使盡可能多的管線納入到綜合管廊內。

三、典型工程解析

綜合管廊已有近二百年的建設歷史，1830年代從巴黎起源的綜合管廊（下水道工程）在19—20世紀於德國、英國、西班牙等歐洲城市逐漸發展，到20世紀50年代在日本等地快速發展，經歷了工程技術的多樣變遷。綜合管廊在歐洲（以巴黎為代表）和日本等亞洲國家的發展模式並不相同，歐洲早期綜合管廊主要以單艙大空間、管線混艙設置為主，這與其起源自下水道工程（以排水為主要功能）有關。日本綜合管廊（共同溝）以管線分艙設置為主，較多考慮管線的相互影響，如日本近年建設的綜合管廊，電力電纜與熱力管道均採用分艙設置，天然氣管道採用單艙設置，此外，日本發展綜合管廊與其為地震高發區有關，因此對綜合管廊的抗震要求較高。

縱觀綜合管廊工程在國外的發展，無一不是隨着城市化的快速推進而同步建設，在人口快速集聚、城市基礎設施服務供給短缺的背景，綜合管廊提升了管線服務能力和品質，正如上文所述，綜合管廊是城市化、地下空間開發和管線安全的產物，也是我國綜合管廊發展的基本路徑。在技術發展模式方面，我國綜合管廊較多地借鑑了日本的經驗，並在多年的實踐中逐漸形成我國綜合管廊的技術體系。近年來，我國在預製拼裝、盾構管廊等方面也取得重要的技術突破。我國綜合管廊的技術發展進程，大約以2015年為時間分界線，之前是探索和研究階段，理清了綜合管廊的基本功能，明確了綜合管廊設計程序和設計內容，基本建立了綜合管廊規劃和設計標準。這一階段的代表性工程有廣州大學城綜合管廊和上海世博會綜合管廊。

廣州大學城綜合管廊位於廣州市番禺區小谷圍島，規劃總長度18公里，有三艙、雙艙和單艙斷面，容納了電力、通信、給水、熱力等管線，是我國第一條體系完善、功能完備的綜合管廊工程。該工程在我國綜合管廊發展中具有里程碑意義，主要體現在：（1）規劃融合，實現了綜合管廊規劃對管線規劃的整合，以及規劃對工程建設的科學指導；（2）設計工藝，通過本工程建設，建立了通風、消防、供電、管線分支等綜合管廊設計工藝；（3）運營收費，廣州大學城綜合管廊是我國第一個對入廊管線進行收費的管線項目（圖3）。

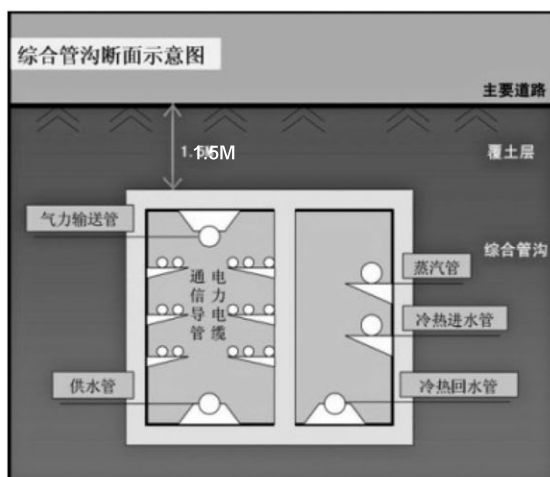
圖3 廣州大學城綜合管廊



圖片來源：作者拍攝。

上海世博會園區綜合管廊的主要特點是：（1）首次在國內綜合管廊建設中採用預製裝配施工工藝，並開展一系列的實驗研究，為國家規範編制提供了重要技術支撐；（2）編制完成第一部綜合管廊地方標準；（3）高水平的運行維護確保了世博管廊的安全運行，並出台了相關的運行維護技術標準（圖4）。

圖4 上海世博會園區綜合管廊



圖片來源：作者製作及拍攝。

2015年以來，城市綜合管廊向着集約、多艙、全管線入廊的趨勢發展，以海口和上海為例：海口是第一批綜合管廊試點城市，試點項目建設長度43.2公里，其中椰海大道綜合管廊位於交通繁忙的城市主幹道上，採用雙層四艙斷面，容納有電力、通信、給水、天然氣等管線。該工程的主要特點是：（1）建於城市中心區交通繁忙路段，斷面方案較好的解決了綜合管廊建設與交通的影響；（2）對雙層綜合管廊的設計進行有益探索，解決了管線吊裝、通風等技術難題；（3）採用U型盾構+預製拼裝的施工工藝，為國內首創，具有較好的社會和經濟效益（圖5）。

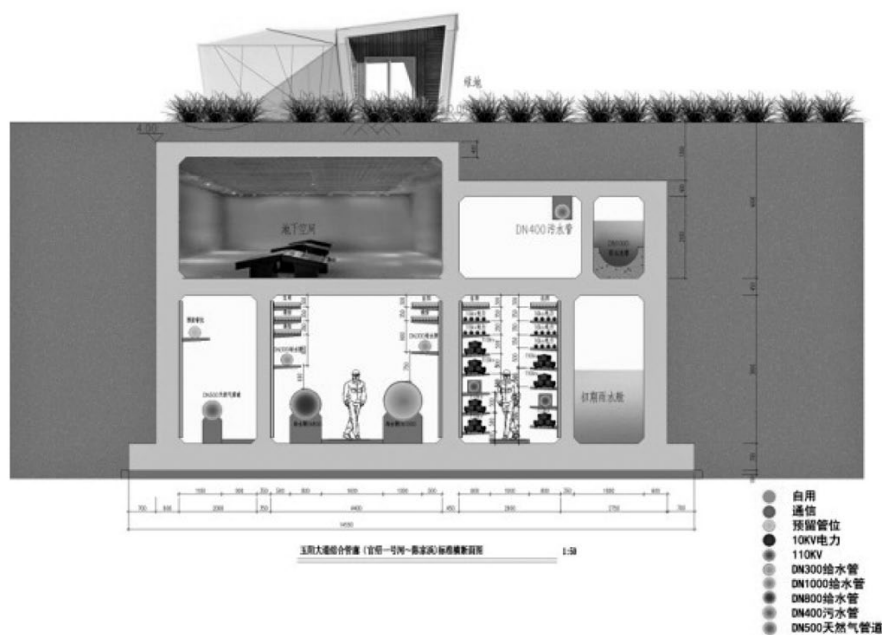
圖5 海口椰海大道綜合管廊



圖片來源：作者製作及拍攝。

上海松江新城綜合管廊的主要特點是：（1）結合了海綿城市理念，設置初期雨水調蓄艙，對區域水環境改善有重要意義；（2）地下空間綜合利用，為地塊開發預留發展空間；（3）實現全管線入廊，對管線集約敷設進行有益探索（圖6）。

圖6 上海松江新城綜合管廊



圖片來源：作者製作。

四、運維及管理

綜合管廊運營維護是指運營管理單位與入廊管線單位對管廊及入廊管線開展的日常管理和應急管理工作，包括巡查、保養、檢測及維修等，以保證其正常運行。

（一）綜合管廊的運維管理應明確管廊管理單位和管線單位的工作介面，以及雙方的責任及義務^①

維護管理單位應當履行以下義務：（1）保持綜合管廊內的整潔和通風良好；（2）做好安全監控和巡查等安全保障；（3）配合和協助管線單位的巡查、養護和維修；（4）負責綜合管廊內共用設施設備養護和維修，保證設施設備正常運轉；（5）綜合管廊內發生險情時，採取緊急措施並及時通知管線單位進行搶修；（6）制定綜合管廊應急預案；（7）為保障綜合管廊安全運行應履行的其他義務。

管線單位應當履行以下義務：（1）對管線使用和維護應嚴格執行相關安全技術規程；（2）建立管線定期巡查記錄，記錄內容應包括巡查時間、地點（範圍）、發現問題與處理措施、上報記錄等；（3）編制實施管廊內管線維護和巡檢計劃，並接受市政工程管理機構的監督檢查；（4）在綜合管廊內實施明火作業時，應當嚴格執行消防要求，並制定完善的施工方案；（5）制定管線應急預案；（6）為保障入廊管線安全運行應履行的其他義務。

（二）應制定綜合管廊安全保護辦法

綜合管廊應設置安全保護區，保護區外邊線距本體結構外邊線宜不小於3米。綜合管廊安全保護區內不得從事影響綜合管廊正常運行的下列活動：（1）排放、傾倒腐蝕性液體、氣體等有害物質；（2）擅自挖掘岩土；（3）堆土或堆放建築材料、垃圾等；（4）其他危害綜合管廊安全的行為。

綜合管廊應設置安全控制區，控制區外邊線距本體結構外邊線宜不小於15米，控制區範圍內工程勘察、設計及施工對本體結構的影響應滿足綜合管廊結構安全控制指標。

綜合管廊安全控制區內，限制從事深基坑開挖、爆破、樁基施工、地下挖掘、頂進及灌漿作業等影響綜合管廊安全運行的行為，對必須從事限制的活動，應進行安全評估，對涉及的綜合管廊本體及可能影響的管線應進行監測，並採取安全保護措施。

（三）綜合管廊運維管理應採用統一管理平台

綜合管廊統一管理資訊平台是監控和報警的融合系統，具有高度的管理功能。由於各個子系統之間技術體系不盡相同，在建立過程當中需要考慮環境以及設備的監控，兼顧災難事故預警，對圖像進行全程監控，滿足報警和門禁等配套集成的聯動，消除各類資訊孤島等。

其主要功能包括：

（1）即時監測。通過資料獲取系統及即時資料庫對各系統的資料資訊進行採集，即時監測管廊運營現場狀況。

（2）管理分析。對採集的資料進行整合分析，為各級各類管理、技術、監控人員提供分析、決策的支援。主要包括運營調度、安全管理、資料分析等功能。

（3）權限管理。設置統一的權限管理模組，具有權限分配功能。將綜合管廊各系統權限無縫集成在一起，實現統一的權限分配。通過設置管理平台，不同人員就有不同的配置和權限，根據權限進入系統後所具備的功能也不同。

（4）資料存儲。對運營管理中涉及到的有價值的環境、指標、故障、報警等資料，都應作長期的存儲。

^① 上海市人民政府等：《中國2010年上海世博會園區管線綜合管溝管理辦法》，滬府發〔2007〕24號。

(5) 集中監控。平台系統具有將廊內供電、通風、排水、監控等各類設施進行集中監控的功能。同時，也可調閱管廊內各類監控資料。

五、問題及展望

如前所述，綜合管廊作為城市基礎設施現代化水平的重要標誌，具有良好發展前景，但是也面臨諸多難題：(1) 投資模式仍需研究。在相關地下空間權屬不明確及收費制度不完善的情況下，以綜合管廊基本屬性為基礎的政府投資模式，仍具有重要借鑑和推廣意義。(2) 規劃設計等技術標準仍待完善。隨着綜合管廊規模化建設，在規劃層面上，需對城市需求、規劃目標、評價指標進行深入研究，編制科學合理的規劃，指導綜合管廊這一百年工程的建設；在工程設計層面上，消防及監控、纜線管廊、抗震、預製拼裝技術等仍可進一步研究完善，以全壽命本質安全的工程理念，制定合理的技術防控標準，推進綜合管廊健康發展。(3) 安全運維是綜合管廊未來面臨的重要課題，隨着超過5,000公里的綜合管廊的建成和使用，對進入運營期的管廊項目，一是要理順運營期的費用分攤機制，確保運維費用自給自足；二是要制定完善的運維管理細則，確保管線安全運行；三是要制定安全管理辦法，特別是臨近工程建設，應保護綜合管廊結構安全。

總之，我國綜合管廊正進入發展關鍵階段，理順投資機制，完善技術標準體系，加強運維安全與管理，將能夠促進綜合管廊持續健康發展。

[責任編輯 陳超敏]