

共同溝之規劃與設計

姚大鈞 黃金振 秦中天 王劍虹 蘇鼎鈞
國際亞新工程顧問有限公司

摘要

共同溝之設置為現代化城市地下空間利用的重要課題之一。良好的共同溝工程須經由完善之規劃程序，配合都市發展的需要，結合跨領域之工程專業設計及高質量之施工作業方可完成。共同溝除可提升城市居民之生活品質，亦兼具防災與整合城市地下空間使用及管理之效能。然地下管線種類眾多且特性各異，埋設深度與結構尺寸不同，配合都市發展所需共同溝之佈設方式、密度與預設空間及結構形式皆須於規劃設計時縝密考量。本文將介紹都市共同溝規劃設計之流程與方法及考量重點。

關鍵詞：共同溝；規劃設計；幹管；電纜溝；支管；電磁電力干擾防護；特殊斷面

Planning and Design of City Common Duct System

Daniel T.C. Yao, Jin-Jeng Huang, Chung-Tien Chin, Mark C.H. Wang, Ting-Chiun Su
MAA Engineering Consultants International, Ltd.

ABSTRACT

Common ducts are one of the most important issues in management of underground space in cities. A well functioning common duct system can only be built with integrated planning work considering the development of city, careful engineering design in multi-disciplines, and quality construction work. The common duct system can improve the quality of living in cities, integrate the use of underground space, and mitigate the disaster impact to cities. The underground utility lines are however complicated and vary in characteristics. The depths and structure dimensions are also different. The network, reserved space, and structure of common duct system should be carefully assessed in planning stage with the forecast of city development. The major issues in planning and design of common duct system are introduced in this paper.

Key Words: Common duct system, Planning and design, Trunk line common duct, Cable trench, Supply pipe common duct, Power electromagnetic interference shielding, Specified part

前言

都市地下空間之利用近年來於國內已引起相當之關注。於人口密集之都市內，各種地下管線之設置與維修，甚至災後之復建，常因主管機關不同，財務狀況不一，缺乏相互間協調及完善之長期營運計畫，造成城市道路經常處於施工狀態下。因施工時造成之市容影響及交通不便所引致之無形損失，對都市長期發展及市民生活皆產生負面影響。此外於城市大眾運輸及地鐵建設時，亦常因地下管線之佈設狀況複雜與紀錄不全，增加施工困難度，及因地下管線問題引致之工程災變可能性。如何解決上述地下管線引致之問題，已逐漸引起工程界之注意。

共同溝（綜合管廊、共同管道）系統將都市維生管線及其他地下管線作一系統化之合併與管理，收納之管線包括電力、電信、上水（自來水）、下（污）水、瓦斯（天然氣）、油管等。由主管機關提供道路上方及下方設置共同溝所需之空間，構築結構體容納兩種以上之地下管線並根據都市長期發展預估提前投資，預留發展空間及維修所需之空間，使作業時減少影響地面活動，維持市容之美觀及提升市民之生活質量。

雖然共同溝有眾多優點，但是設置時所可能遭遇之困難仍不可輕忽。由於共同溝建設費用龐大，且效益非明顯立即可期，可能造成都市發展時之重大財務負擔及投資時之考量。此外地下管線之特性各異，工程及設置所需之條件不盡相同，共同置於同一管道內可能相互影響，如電力線產生之磁場可能對電信訊號產生干擾，或如下水管線為順向收集至終端處理，一般皆採重力流之設置，考慮水力坡降於下游段埋深較大，對於非水力管線如電信或電力管線是否適宜合併，仍需視個案考量，於規劃設計之初即需將此類問題解決，方可發揮共同溝之預定功能。

共同溝之設置亦可降低天災時管道內各種管線之損害，減少災後復舊之之費用及縮短工期。近年來國內各大都市皆有地鐵建設之計畫，於地鐵建設時同時考慮進行共同溝之設置或與地鐵共構應為都市發展之方向。

歷史簡述

共同溝之應用最早源於十九世紀，法國巴黎於市區內之主要道路下設置圓形下水道，並將上水、電信及壓縮空氣等管線納入其中（圖一）。其後於 1861 年英國倫敦設置半圓形之共同溝，同時收納瓦斯管、上水管、污水管、電力及電信管線等（圖二）。德國漢堡市於 1890 年設置矩形共同溝，收容電力、電話、上下水道及瓦斯與暖氣管（圖三）。然初期因技術尚未臻成熟，容易發生問題，發展受到限制。二十世紀間美國、蘇俄與日本亦開始發展，尤其蘇俄採用預鑄構件方式，施工快速。

1995 年日本阪神地震，造成災區停水斷電，日本政府全力搶修，仍歷經一至二月方才恢復大部分地區之供電供水。唯有當時該區內長度約有八公里之共同溝及四公里之供給管道內之管線幾乎沒有損傷。僅共同溝結構體壁面發現裂縫與於接縫處產生漏水現象。共同溝於地震期間提供內含管線之防災及都市減災功能可見一斑。台灣地區於 1990 年代開始進行共同溝建設工作，至今於台北及高雄地區已完成數條路線，並有其他數個都會區已

開始進行規劃設計中。

系統規劃及調查

共同溝系統之組成包括幹管(圖四)與供給管,供給管又分為支管、電纜溝與 C.C. Box (Community, Communication, Compact-Cable-Communication Box)(圖五),幹管一般設置於道路下方,供給管則位於人行道下方。於規劃之初需先進行一系列之調查,收集所需之資料以供規劃參考。一般必要之調查包括地形、地質、地下水、沿線之地下結構物及管線外,土地使用情形及道路交通量調查亦需一併進行。

共同溝系統主要是配合都市發展與管線發展而佈設,可為大區域之網路系統或局部地區之封閉系統,而各種地下管線均已有其獨立之系統網路,共同溝系統係將現有及未來將佈設之管線系統經由科學方法整合,求得最佳化之設計。故系統規劃之第一步為界定管道收容之對象,從技術、經濟、財務與管理上尋求最佳化之規劃結果,工作流程圖詳圖六。

局部地區之封閉系統由於影響範圍較小,收容管線之目標較為明確,於規劃時期所需之工作項目及範圍一般較大區域之網路系統少,共同溝網路系統規劃作業環節之工作方法重點如下:

1. 現況調查

除前述一般必要之調查項目外,規劃區域及附近相關之都市計劃與發展計畫、道路交通之使用與施工挖掘情形、與道路下方之設施皆需進行調查與整理,提供路網方案研擬之參考。

2. 需求預測

根據現況調查所得之資料研擬規劃區域內管線需求預測,協調各管線之主管機關及事業單位參與共同溝系統設置之意願,及了解各管線未來之發展計畫,根據未來都市發展之規劃,訂定管線短、中及長期之需求與未來可能發生之困難與解決方法。

3. 基本(路網)方案

基本方案首要需先決定系統之基本目標,收容型式及管線類別與設置條件。共同溝之設置條件內容如表一所示。共同溝系統規劃之原則可就幹管之共同溝與支管之共同溝分別進行,其評估之項目如表二所示。就個別評估項目設定評估指標進行量化之評估。

4. 路網方案研擬

根據以上資料收集及項目評估之結果,選擇可行路線進行路網方案之研擬,依據各方案之效益評估結果,擬定路網方案及替代方案。效益評估之重點包括交通之延滯、道路維護、及管線更新維修等。路網方案研擬時應注意是否就可行路線加以選擇串聯、幹管與供給管系統之整合、及系統與相關計畫之整合和幹管與

新市鎮之整合等。作業時之評估指標建議如表三所示，並將各指標以量化方式進行總體評估，選出最佳及可行之替代方案。

於路網方案研擬同時，亦可進行方案經濟效益與投資方式之評估，將所有相關之參數評估綜整以收益與成本方式（益本比）加以比較，作為方案選擇之參考。

5. 概念設計

根據以上所決定之路網方案及管線收容之對象與型式，進行共同溝之概念設計。概念設計之主要內容包括幹管及供給管之線形大樣（平面及縱剖面），標準斷面之基本構想（管線之種類及數量），及施工方式之建議（盾構、場鑄箱涵、預鑄方式）（圖七）。

6. 分期計畫與實施計畫

根據路網建設之規模、重要性與急迫性，配合重大市政建設、管線需求及路段串聯，擬定建設之短、中、長期計畫，並配合分期建設計畫，訂定實施計畫，其內容包括建設之財源及經費分攤方式、管理維護辦法、實施步驟、施工構想、信息系統之建立、及定期之系統檢討。

設計重點

經由完善之系統規劃及經濟效益分析，決定路線（網）分佈及收納之管線種類及數量後即可開始進行共同溝之設計。共同溝主體為一箱涵或隧道結構收容特定之管線，除了主體結構之標準部（一般斷面）外，為了管線之功能、配置及營運與安全之需求，必須配合設置許多設備及特殊部（斷面變化及標準部以外之部分）設施（圖八），這些設施設備與結構體於地質與地下水之環境下，需特別考慮與注意之狀況即為共同溝之設計重點。此外於營運期間為降低或避免不同管線間之相互影響，維持管線之功能，亦為設計時需特別注意之處。

就結構設計部份，應考慮下列重點：

1. 軟弱地盤之長期沉降

由於共同溝為一線形（網狀）結構，沉降可能造成線形坡度變化，對於重力流之管線（如污水管）產生影響。此外結構接頭或伸縮縫處亦可能因差異沉降產生錯位，導致滲水甚或管道內之管線挫屈。對於可能產生造成較大沉降之軟弱地盤區域應特別注意。

2. 地下水位引致之上浮力

共同溝為一箱型（管狀）中空結構體，於地下水位較高，覆土較淺之區域需進行浮力檢核，尤其於地下水位變化較大處，應特別注意。

3. 地震

由 1995 日本阪神地震之經驗可知，共同溝於有地震威脅之區域，其耐震設計為不可或缺之重要因素。進行耐震設計時除需考量當地之耐震設計規範外，由於管道為一較大區域之線型（網狀）結構且深度較接近地表，其破壞原因較一般結構物不同之處，一為強烈之地震波引致之力學破壞，一為因地表破壞（變形），如地表斷裂、滑動、不均勻沉降及液化等。

於分析上之基本考量除地質條件外，一為垂直地表方向傳遞之剪力波所造成管道橫斷面之剪力變形（Racking），一為與管道軸向成 45 度交角傳遞之水平剪力波所造成結構體之撓曲及軸向變形。此外可以具可撓性之接頭設計降低地表變形對管道結構產生之影響。

4. 液化

由於共同溝之埋深一般而言皆位於液化可能發生之深度內（地表下 20 公尺），在經過疏鬆砂層且地下水位較高時，應對地層之液化潛能進行評估，根據當地耐震設計規範所規定之液化評估方式，對於具有液化可能之地層，進行地盤改良，避免因液化造成管道之破壞如結構體上浮，地盤承载力降低，或地表變位等現象。

5. 伸縮縫與防水

共同溝之線形結構應於規範之長度內設置伸縮縫，以因應管道結構因溫度變化、混凝土收縮、及不均勻沉降等因素可能導致之變形，此外於特殊段、斷面變化、及彎折處皆須設置伸縮縫。對於預計變形量可能較大處應考慮設置可撓性伸縮縫如軟弱地盤、地質變化複雜及破碎帶、潛在液化區等。伸縮縫之構造於管道之側牆、中牆、頂版及底版處設置伸縮鋼棒，並於該處管道外圍設置鋼筋混凝土框條，以利剪力之傳遞及防水，並設置止水帶止水。

管道結構應採用水密性混凝土並控制裂縫發生，外表使用防水膜或防水材料保護，伸縮縫之止水帶設計及施工應特別注意

6. 特殊斷面

特殊斷面之設置為方便管線之佈設與運作，包括管道分岔或交會部分、材料搬運口及通風口、電纜或管線接頭、管類伸縮裝置室、閘制裝置室、集水井等處需設置此類一般較標準斷面為大之特殊斷面。應注意設置之目的及功能需求，如結構體之轉角應符合管線之最小曲率半徑，材料搬運口處應設置斜角避免損傷電纜，逃生口之安全考量，開口部應設於設計洪水位之上並設防止入侵與破壞設施，及人孔蓋之設計必須防水等。必須外露於地表設施亦須注意美觀效果。

就設施與設備部分考量

1. 出入口、材料搬運口及通風口

為管道內所收納之管線之維修、檢查或施工，需於共同溝適當間隔與地區設置人員進出與機具料件出入所需之出入口及材料搬運口（圖九）。此外為排出共同溝內有害氣體，補充新鮮空氣及降溫，共同溝內需交互設置自然通風口及強制通

風口（圖十）。開口之設置高程需滿足設計規範內對於洪水高程之規定，以避免洪水進入損害管線。

2. 排水

為排出共同溝內壁面之滲漏水，與由通風口及人員進出口進入之雨水及消防用水，需於共同溝內設置排水設施以避免造成管線之損害及人員作業時之危險。於管道內劃分排水區段，選擇最低點設置集水井及安裝交互運轉之沉水式泵浦排水。

3. 防災及安全

為預防或降低管道內設備發生火災或其他災害之可能性，以保護工作人員之安全，以及防止人為蓄意之破壞，需於管道內設置防火、防爆及防破壞設施。一般項目包括自動火警警報設備、瓦斯檢知設備、異常進水警報設備、人員入侵監視設備、CO 及 CO₂ 濃度檢知設備（圖十一）、消防設備、緊急電話及廣播設備、緊急避難指示設備、與其他設施如防火門、防火壁等。

4. 通風、照明、給水及受配電設備

管線如電力或電信設備運轉時將產生熱量，污水管內之生化反應亦可能使周圍溫度升高及產生有害氣體，或因其他原因產生之有害氣體，皆須藉由通風設備排除及降溫。此外為管道內人員作業需要及供應清掃及消防用水需設置照明與給水設備，照度一般而言需 15Lux 以上，接水點一般設置於人員出入口附近。受配電設備則為供應管道內之泵浦、風機、照明及插座等電力負載而設，可採用網路方式配電，分電盤設置於人員進出口，並設置柴油發電機或不斷電系統，供緊急照明、排水泵浦、風機及監控設備使用。

5. 警報設備、標誌及監控管理中心

為防災及安全所設之警報設備所偵測到之異狀，需立即反應通知管道內之作業人員與監控管理中心（圖十二），作立即之應變。監控管理中心藉由電腦及遠端遙控來監控共同溝內各項設備運轉情形，達到環境品質維護及管理功能，一般設施包括廣播系統、緊急電話系統、閉路電視系統、安全門禁系統、及環境監控系統。標誌設施則為使管道內工作人員迅速明瞭所在位置及各項設備用途，以提高效率並減低災害發生之機率而設置，一般項目包括導引標誌、設備標誌、管線單位標誌、與注意標誌。

6. 電磁電力干擾防護

於共同溝內電力電纜（干擾者）及電信電纜（被干擾者）之長距離平行可能發生電磁電力干擾問題。電力電纜（高壓電纜）所產生之電磁場對於電信系統將造成雜訊，干擾電信系統之服務品質。干擾防範措施可以三種方式進行，其一為加強吸收配電系統的中性電流措施，二為加強平衡電力電纜及線路配置，三為加強遮蔽及接地設施。有關遮蔽措施可由三方面進行，如表四所述。

此外應於管道內部設專供設備接地兼遮蔽用之裸銅線與高壓電纜（圖十三）。且任何通信線、信號線或控制線，不可與電力配電線配置於同一側。非不得已時，電力用電線或電纜應設於管道底層。

結語

共同溝之建設對於城市建設及發展有極為正面之影響。本文僅簡單介紹共同溝系統於規劃設計時所需注意之重點。成功之共同溝建設尚需良好之施工技術配合。且由於城市管線種類眾多，與各管線主管機關及事業機構之溝通及協調為重要之工作，此外各種管線相關之設計規範亦不相同，於規劃設計之初，應就當地相關規範進行整合研究，方可減少於共同溝系統建設時之困擾。

參考資料

1. 內政部營建署，「共同管道工程設計標準訂定之研究」研究成果總報告書，亞新工程顧問股份有限公司，1997。
2. 黃金振，「共同管道工程技術」，營建研究院道路及下水道工程施工技術研討會，1999，167~200 頁。

表一 共同溝之設置條件

設置條件	內容
道路環境	道路及人行道寬度
	交通量
	道路挖掘頻率
	道路以下地下空間之使用
管線特性	與其他地下結構共構之可行性
	附屬設施
	管線數及口徑
設置時機	管線新建或更新
	道路之新闢與翻修
	地鐵建設
	新社區或市鎮之開發

表二 共同溝系統規劃評估項目

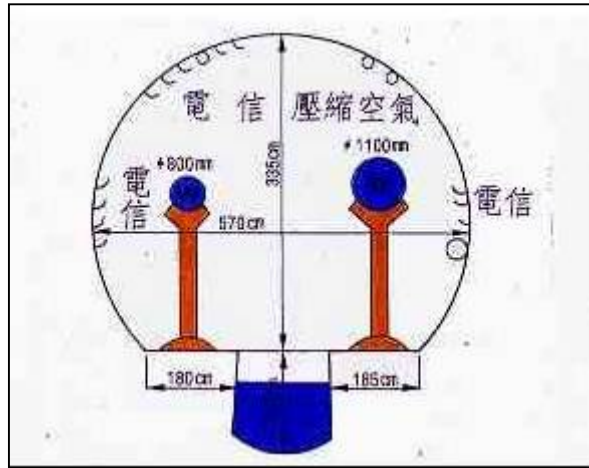
規劃評估項目分類	幹管（道路下方）	供給管（人行道下方）
道路管理	交通量	行人使用量
	目前管線設施種類及數量	需電纜地下化路段
	道路挖掘頻率	
管線設施	未來管線設施種類及數量	需求密度
	現有設施更新或擴充計畫	
都市計畫	具長期效益路線	都市防災路線
	需建民生管線之重要路線	景觀路線

表三 方案研擬評估指標建議

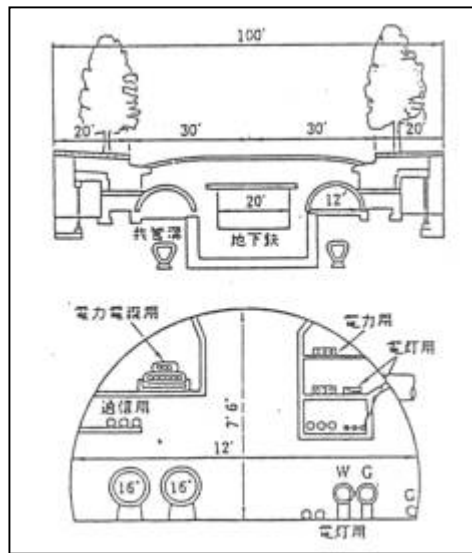
路段評估指標	
幹管	供給管
道路等級	住宅區、商業區比例
服務水準	挖掘頻率
挖掘頻率	經濟效益
管線系統	
重大建設	
經濟效益	

表四 電磁電力干擾防護遮蔽措施建議

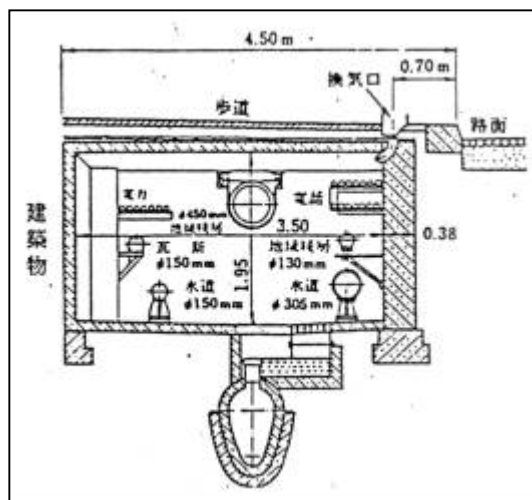
措施項目	建議
電力電纜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遮蔽層或中性導體直接並聯導線，且互聯多重接地。 2. 使用導體材料（金屬）作為電纜架或電纜槽，並於縱向連接良好且多重接地。
電信電纜	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加使用專用遮蔽導線，且多重接地。 2. 使用導體材料（金屬）作為電纜架或電纜槽，並於縱向連接良好且多重接地。
管道結構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管道結構鋼筋做良好之電性連接，使用焊接或融接方式連接管道鋼筋（縱向主筋）。 2. 預埋接地導線（裸銅線置於管道底部），供作遮蔽導體及各種接地連接。



圖一 法國巴黎共同溝圖



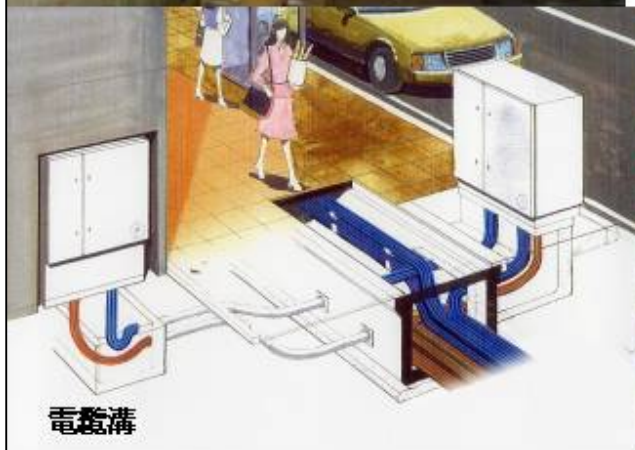
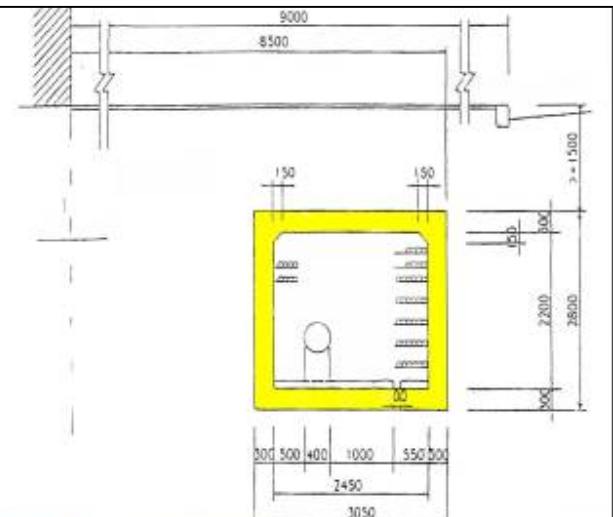
圖二 英國倫敦共同溝圖



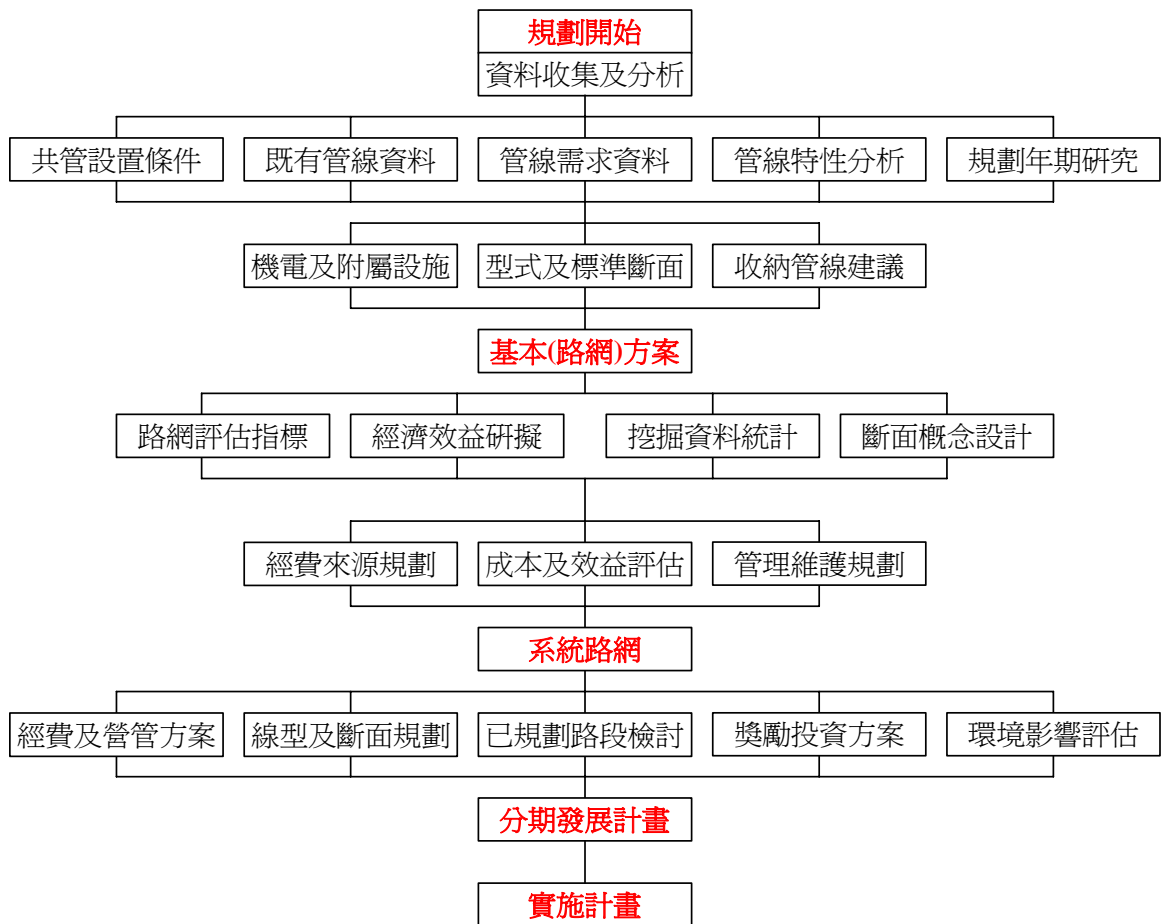
圖三 德國漢堡共同溝圖



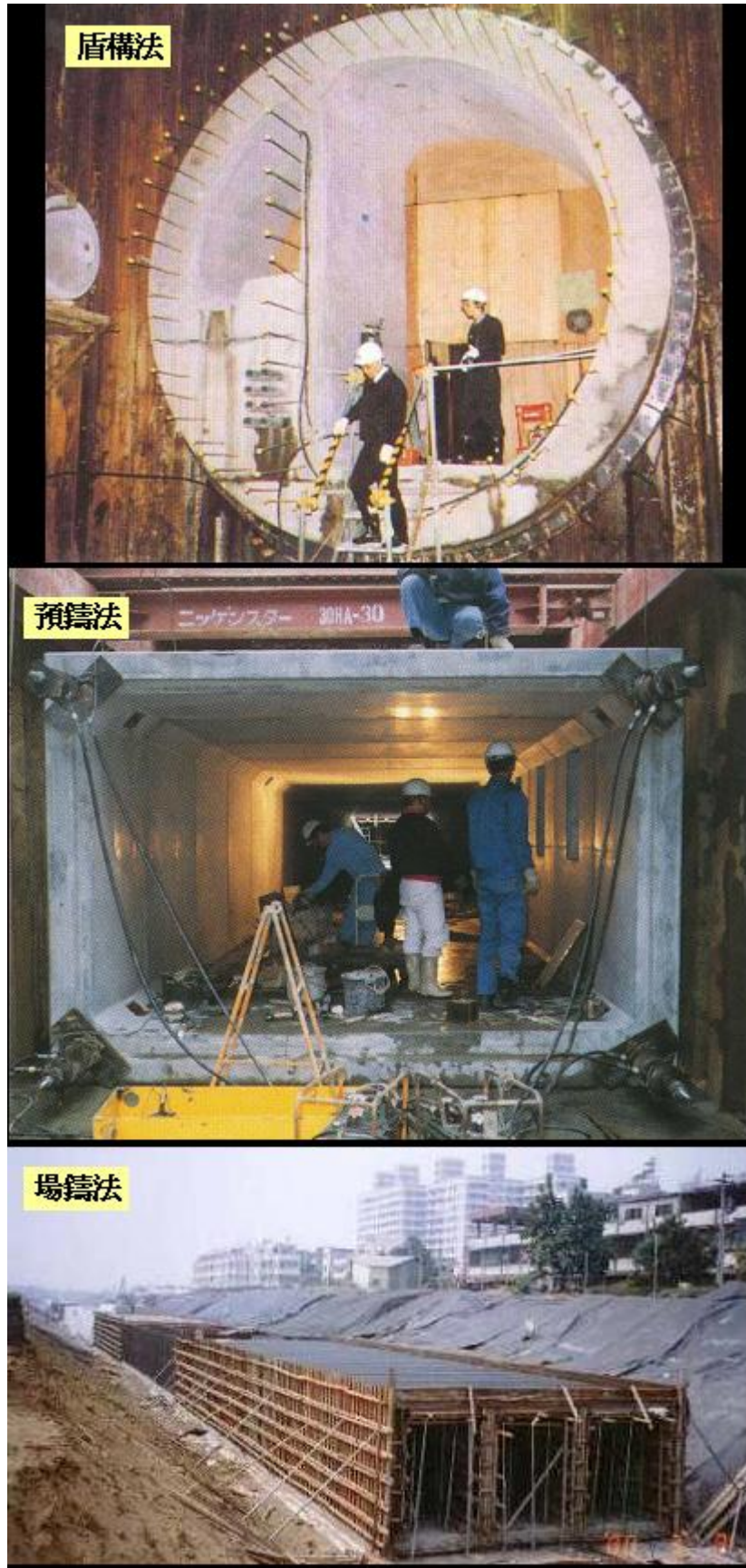
圖四 共同溝幹管示意圖



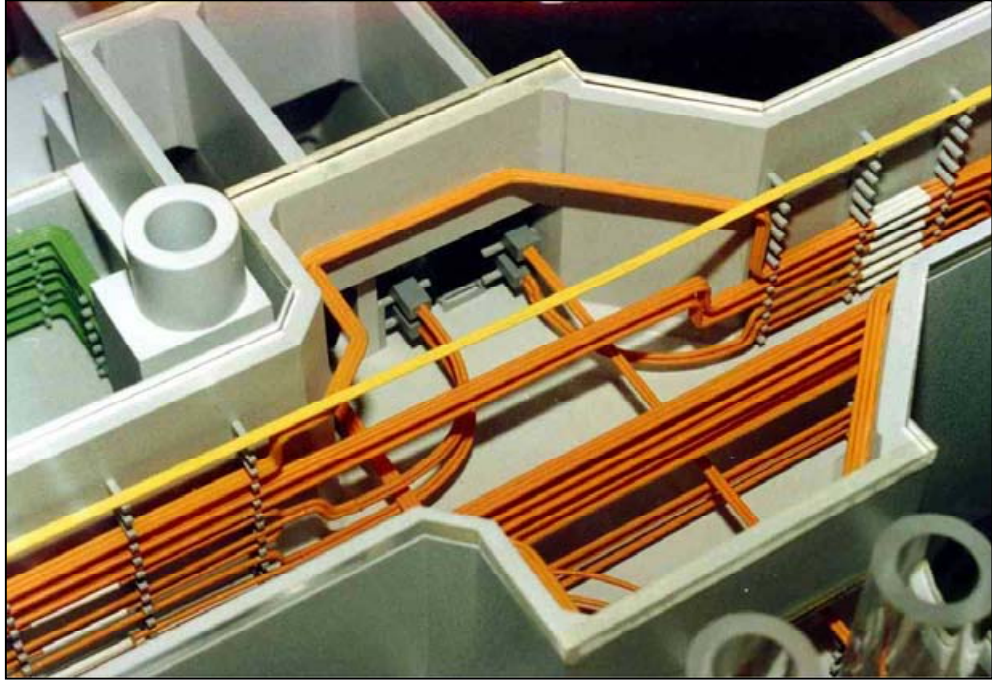
圖五 共同溝供給管管示意圖



圖六 共同溝系統規劃工作流程圖



圖七 管道施工法



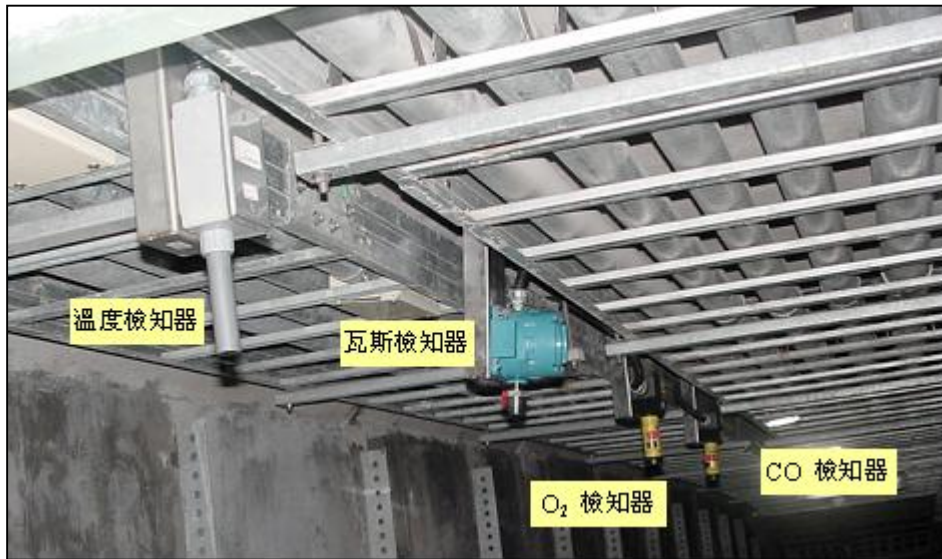
圖八 特殊部示意圖



圖九 材料搬運口



圖十 共同溝強制通風設備



圖十一 共同溝系統防災設備



圖十二 共同溝系統監控管理中心



圖十三 共同溝系統接地設施