

# Comprehensive Analysis of Social and Economic Benefits of Fabricated Utility Tunnel Construction

Xin Li<sup>1</sup>, Wenhao Lu<sup>2</sup>, Zhizhou Ma<sup>2</sup>, Yujun Qi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Urumqi Hengxin Minsheng Construction Installation Co., Ltd., Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>College of Civil Engineering, Nanjing Tech University, Nanjing Jiangsu

Email: qiyujun11@163.com

Received: Jun. 30<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 16<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2018

---

## Abstract

The fabricated utility tunnel adopts a different production mode from that of a cast-in-site utility tunnel. The technical essentials, construction technology, construction management and organization are all significantly different. As a result, types and amounts of expenses in the construction process are also quite different. This paper makes a comprehensive analysis of its social and economic benefits, and puts forward that the social and economic benefits of utility tunnel should be divided into two aspects: direct construction costs and indirect impact costs. The former mainly includes construction costs and the excavation and support costs of foundation pits. The latter mainly includes time delay costs, additional fuel consumption costs, commercial operating costs, pollutant emission costs, green construction management costs and other costs; it further proposes a calculation method for the related indirect impact costs; finally, it uses Shanghai's 2015 traffic travel statistics as an example to carry out the indirect impact costs, and it can be found that after considering the indirect costs, the fabricated utility tunnel has significant economic advantages.

## Keywords

Fabricated Utility Tunnel, Social and Economic Benefits, Direct Costs, Indirect Costs

---

# 装配式综合管廊施工社会经济效益综合分析

李欣<sup>1</sup>, 陆文浩<sup>2</sup>, 马智周<sup>2</sup>, 齐玉军<sup>2</sup>

<sup>1</sup>乌鲁木齐恒信民生建筑安装有限公司, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>南京工业大学土木工程学院, 江苏 南京

Email: qiyujun11@163.com

收稿日期: 2018年6月30日; 录用日期: 2018年7月16日; 发布日期: 2018年7月23日

## 摘要

装配式综合管廊采用与现浇式综合管廊不同的生产模式，其技术要点、施工技术、施工管理与组织等方面均有显著不同，导致在建设过程中所发生的费用类型与数量也有很大的不同。本文对其社会经济效益进行了全面的分析，提出综合管廊社会经济效益应分为直接建设费用和间接影响费用两方面进行核算，前者主要包括结构建设成本和基坑开挖与支护成本，后者主要包括时间延误成本、额外燃油消耗成本、商业运营成本、污染物排放成本、绿色施工管理成本以及其他成本等；并进一步对相关间接影响成本提出了计算方法；最后以上海2015年交通出行相关统计数据为例，进行了间接影响费用的相关计算，可发现考虑间接影响成本后，装配式综合管廊具有显著的经济优势。

## 关键词

装配式综合管廊，社会经济效益，直接成本，间接成本

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

预制装配式综合管廊与现浇式综合管廊相比，拥有许多技术优势，包括：工厂化生产，固体废弃物少；机械化生产，成品质量有保证；生产与安装季节、天气限制性小，可涉水作业；工期较短，降低对社会经济、交通的影响；现场无需模板工作与支模空间，场貌整洁，土方量减少，安全性提高[1] [2] [3]。因此推广使用预制装配式综合管廊，对于实现绿色建造，实现节能减排的目标具有重要的意义。

另外，装配式综合管廊与现浇式综合管廊具有不同的生产模式，其技术要点、施工技术、施工管理与组织等方面均有显著不同，导致在建设过程中所发生的费用类型与数量也有很大的不同。从工程实践角度来考虑，预制装配式综合管廊的综合社会经济效益是否具有显著优势，将直接决定其推广应用难度和市场应用前景。

本文首先对现有文献中的装配式综合管廊经济效益分析相关内容进行介绍，然后基于管廊建设的社会影响，提出装配式综合管廊的社会经济效益分析需考虑直接建设费用和间接影响费用两方面，且对两方面费用的组成进行了分析，建议了计算方法。

## 2. 装配式综合管廊经济效益分析现状

目前国内已有一些研究人员对装配式综合管廊与现有综合管廊的经济性能进行了对比分析，由于分析的出发点和着眼点不同，得到的结论也有所区别。

薛伟辰[4]等对上海世博会的预制综合管廊的经济性进行了量化的对比分析研究。该研究以 25 m 的示范段作为测算对象，对综合管廊现浇和预制装配两种施工方式下的施工工期和土建成本进行了计算。结果表明在施工工期上，现浇式为 40 天，预制装配式为 22 天，后者比前者减少了 18 天；在土建成本测算方面，主要考虑了主体结构建造成本和基坑开挖与支护成本，其中主体结构建造成本上，预制装配式比现浇式贵 1.1 万元，但是在基坑开挖与支护成本方面则节省 2.5 万元，主要原因是施工工期缩短减少了拉森钢板桩的租赁费用。

胡君[5]等对晋江市湖光西路现浇式综合管廊和吉首市世纪大道装配式综合管廊工程在经济性方面进行了对比分析,主要包括工程工期、工程成本和社会环境效益三方面。在工程工期方面,装配式综合管廊的建造效率是现浇的10倍以上;在工程成本方面,由于两个工程的具体工程情况有显著差异,所以采用了200 m作为标准段通过比例缩尺的方法进行了对比,预制式综合管廊在混凝土、钢筋等用量方面小于现浇,但是防水胶圈和安装费用会显著增加,但是并没有给出具体的费用数值;在社会环境效益方面,预制装配式综合管廊机械化、自动化程度高,工人劳动强度低,并且现场施工可对噪音、粉尘进行有效治理,不会影响周围环境,实现绿色施工,降低单位能耗,减小综合管廊施工对环境和居民生活的影响,但是该方面所产生的效益,并没有给出具体的计算方法。

由以上研究可以看出,关于装配式综合管廊的经济效益分析,现有研究大部分从施工工期、需要人工数量、防水性能、文明施工等方面进行比较,多为定性化的说明,缺乏定量化的比较。另外,目前对于装配式综合管廊社会效益的测算,主要关注施工单位可以在施工过程中减少多少建设成本,而并没有从综合管廊建造的整个社会层面去考虑预制装配技术所产生的社会效益。所以对预制装配式综合管廊的社会经济效益评价尚不全面。

### 3. 装配式综合管廊建设成本构成

综合管廊工程建设是一个城市规划发展的重大民生工程,对整个城市的正常运行影响巨大。这不仅是指综合管廊建成后的显著优势,同时也是指综合管廊建设过程中会对城市相关功能的正常运行产生直接影响。因此在评估综合管廊的建设成本时,不能仅从建设施工单位着眼,而应该从整个城市的角度来进行计算。基于这一认识,我们认为综合管廊的建设总成本应当包括直接建设成本和间接影响成本两个方面,如图1所示。

### 4. 直接建设成本

直接建设成本主要为土建成本,主要包括综合管廊结构建设成本和基坑开挖与支护成本。对于预制装配式综合管廊,结构建设可分为部品的工厂预制、部品的运输与现场施工三个主要部分。

#### 4.1. 部品预制成本

工厂预制主要内容包括钢筋工程、混凝土浇注、养护以及脱模几个主要环节,对于不同形式的装配

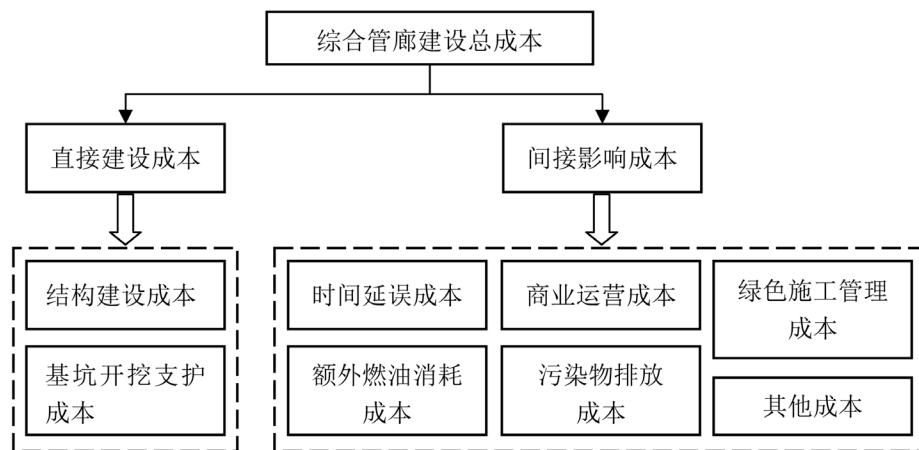


Figure 1. Composition of total construction cost in utility tunnel  
图1. 综合管廊建设总成本构成

式管廊，其预制部品的形式有所区别，在工厂预制过程中也有一定的区别。

现阶段研究和应用较多的钢筋混凝土装配式综合管廊，可分为节段预制装配式、分块预制装配式以及叠合装配式 3 种。其中节段预制装配式和分块预制装配式的预制部件为综合管廊管节或异形部品，其主要工艺流程如图 2 所示。叠合装配式综合管廊，其预制部品为两种形式的板材，一种为单侧预制板材，另一种为双侧预制板材。其基本生产流程如图 3 所示。

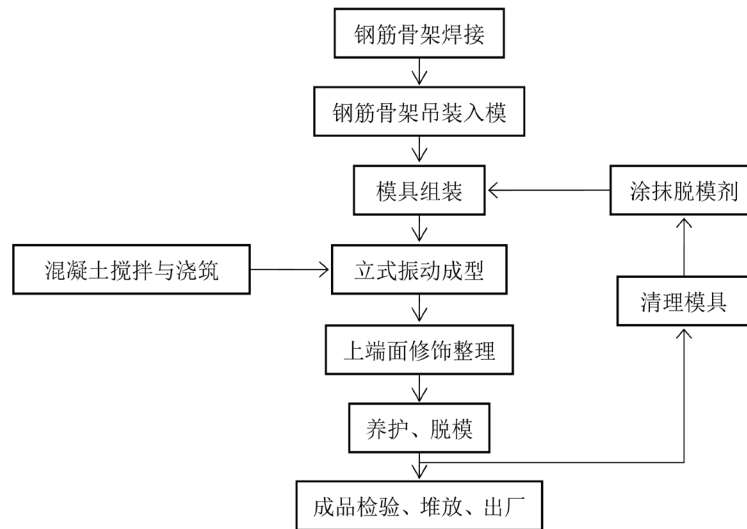


Figure 2. Technological process for prefabrication of utility tunnel segment or special-shaped parts

图 2. 综合管廊管节或异形部品预制主要工艺流程

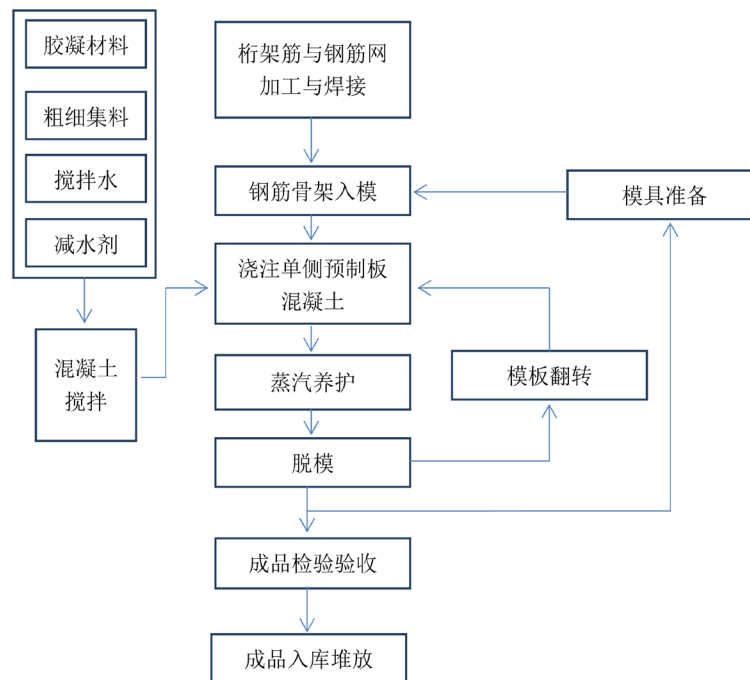


Figure 3. Basic production process of prefabricated parts of superimposed fabricated utility tunnel

图 3. 叠合装配式综合管廊预制部品基本生产流程

从图 2 和图 3 可以看到, 工厂部品预制费用, 主要包括材料费、模具费、人工费、能源消耗费以及设备和模具折旧费等。其中材料费用主要包括混凝土材料、钢材费用; 模具费为用于叠合板生产的钢制模具的费用。在叠合板预制工厂中, 主要的生产设备和工具包括钢筋绑扎设备、混凝土浇注设备、自动模具流水线、蒸汽养护设备等。通过采用现代化柔性流水线生产工艺, 可实现模具集成化、工艺自动化、生产规模化的工业化建造要求。

## 4.2. 现场装配施工成本

根据装配式综合管廊种类的不同, 其现场施工流程有所区别, 所涉及到的施工成本包含的内容也不相同。如表 1 所示, 对于节段预制装配式和分块装配式综合管廊, 其具体的施工工艺包括: 素混凝土垫层施工、预制部品的吊装就位、节点连接与接缝处理、外包防水施工。对于叠合装配式综合管廊, 其具体的施工工艺流程包括: 素混凝土垫层施工、预制底板吊装就位、底板钢筋绑扎、墙板和顶板吊装就位、现场浇筑混凝土、外包防水施工。

## 4.3. 基坑开挖与支护成本

基坑开挖与支护的经济成本主要包括土方工程费用和基坑支护工程费用。其中土方工程费用为一次性费用, 主要由土方开挖和回填两部分组成, 不随工期的长短发生变化, 对于现浇和各种装配式综合管廊, 该项费用可近似认为相同; 基坑支护工程费用主要包括设备租赁费用、材料费用及人工费, 该项费用受施工工期影响较大, 且单价相对较贵, 应根据不同施工工艺按实际情况计算。

## 5. 间接影响成本

由于采用预制装配式综合管廊后, 相比现浇式综合管廊所需工期大大减少, 工期减少可以对很多方面产生联动效应。综合管廊的修建不可避免的会带来城市占道的问题, 占道施工会使交通拥堵、交通延误、自由度降低, 因交通拥堵而产生的成本应算到综合管廊修建的成本效益当中, 其可分为时间延误成本、额外燃油消耗成本、环境污染物排放及噪声成本、商业运营成本、医疗健康成本、绿色施工管理成本和其他成本。

### 5.1. 时间延误成本

综合管廊在进行施工时, 其基坑开挖和回填完成的时间段内, 会对工程所在区域的交通造成中断,

**Table 1.** Composition of site construction cost in utility tunnel

**表 1.** 综合管廊现场施工成本构成

成本项目	现浇	节段预制装配式 分块预制装配式	叠合装配式
素混凝土垫层及施工费用	√	√	√
钢筋及绑扎	√	×	√
支模板	√	×	×
浇筑混凝土	√	×	√
现场养护费用	√	×	×
吊装设备租赁	×	√	√
接头连接材料及施工	×	√	×
外包防水材料及施工	√	√	√

从而引发交通拥堵和绕行,因此造成的时间延误,可用时间延误成本来衡量。在进行时间总成本计算时,可将交通拥堵的外部成本对象细化分为公交、出租车和个人小汽车3部分[6]。其中,公交车的时间延误成本可按下式进行计算,

$$\text{时间延误成本} = \frac{\text{平均时间延误}}{60} \times \text{高峰期客运周转量} \times \frac{\text{年人均GDP}}{\text{年工作日} \times 8} + \text{交通运输行业GDP} \times \text{拥挤时间占营运时间比重} \quad (1)$$

同理可以计算得到出租车和私家车的的时间延误成本,将三者的结果相加即可得到道路交通拥堵的时间延误总成本。

## 5.2. 额外燃油消耗成本

由于综合管廊施工引发交通拥堵和绕行,而造成的多余的燃油消耗,可用额外燃油消耗成本来衡量。普通乘客类用车在拥堵情况下额外燃油消耗成本的计算公式为[6]:

$$\text{额外燃油消耗成本} = \frac{\text{日延误车时} \times \text{高峰期拥堵时的平均车速}}{\text{平均燃油经济效率}} \times \text{燃油价格} \times \text{年工作天数} \quad (2)$$

$$\text{日延误车时} = \text{平均延误均延} \times \text{日均行驶均行} \times \text{高峰期拥堵期拥堵道路所占比} \quad (3)$$

另外,与计算时间延误成本类似,在计算由于交通拥堵带来的额外燃油消耗成本时,依然将乘客类车辆划分为公交车、出租车和个人小汽车。

由于各种车辆消耗的燃油类型不同,从而燃油费也会有差别。根据模型可以分别算出三类出行工具的额外燃油消耗成本,再将三者相加即可得到总的额外燃油消耗成本。

## 5.3. 环境污染物排放成本

交通拥堵也造成了城市污染严重,危害人体健康等问题,主要表现在汽车尾气排放的一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物等,这些污染物在道路附近的浓度偏高,危害行人的健康,也造成城市空气中的污染物浓度和超标时间持续升高。

由于难以准确得到尾气污染中交通拥堵的比重,所以可以利用额外燃油消耗成本占总成本的比重来计算交通拥堵造成的环境污染成本。总燃油成本计算公式如下[6],

$$\text{总燃油成本} = \text{机动车日均行驶里程} \times \text{一般耗油量} \times \text{燃油价格} \times 365 \quad (4)$$

## 5.4. 商业运营成本

施工使道路的饱和度增加,服务水平下降,道路的通行能力降低,导致人流量减少,而商业依赖人流量的多少,因此也会影响商业发展。综合管廊的工期每少一天,商业地块就能多正常运营一天,多产生一天的利润。

商业运营成本的计算,需要以具体施工区域周围的商业发展水平为依据,可采用专家系统的方式来确定。为了评价的方便,根据商业活动的特点,将施工时繁华街区商业氛围分为“优”、“良”、“中”、“差”四个等级,分别对应施工对商业氛围影响的严重程度:“影响很小”、“有一定影响”、“影响较大”和“严重影响”[7]。各状态下的商业氛围、影响程度与状态描述如表2所示。

相应地,在对指标的状态进行评价时,也分为“优”、“良”、“中”、“差”四级。其中,“优”表示该指标状态受施工影响较小,“良”表示该指标状态受到施工一定程度的影响,以此类推。商家持续经营意愿以这一指标为参考,“优”表明施工几乎对商家的持续经营意愿无影响;“良”表示开始有



**Table 2.** Grade of results of influence of excavation construction on commercial atmosphere  
**表 2.** 开挖施工对商业氛围的影响结果分级

商业氛围		优	良	中	差
影响程度		影响很小	有一定影响	影响较大	严重影响
状态描述	市场主体	施工活动对主体行为几乎无影响	市场主体数量开始出现净流出	市场主体数量明显下降	市场人气冷淡,商家搬离,顾客很少光顾
	商业空间	商业空间几乎不受影响	商业空间出现被压缩情况	商业空间被较大幅度占用	基本商业空间已经无法保障
	配套设施	配套设施受影响很小	配套设施功能受到干扰	配套设施正常功能难以发挥	配套设施瘫痪
	商业活动	商业活动几乎正常	商业活动规模受到影响	商业活动出现明显下降	商业活动几乎被中断
	商业体验	各参与方感受正常	参与方出现负面感受	参与方负面感受强烈	参与方认为体验无法容忍

商家受施工干扰,萌生搬离想法;“中”表示已经有一定数量的商家因为施工而搬离或者歇业;“差”表示商家搬离已经成为多数人的选择。

### 5.5. 医疗健康成本

现浇式综合管廊的建筑施工会带来扬尘、噪声等施工文明问题。可能引发环境恶化,影响人们的健康,增加人们的医疗成本。其中 PM2.5 的污染,是建筑施工现场最主要的疾病诱因之一[8][9][10]。大气中的 PM2.5 是多种有害物质的载体,其中包括一些有致癌作用的成分。因此,PM2.5 的过量暴露必然会危害人体健康,导致包括癌症在内的一些疾病的发生。一般认为,PM2.5 污染会直接影响人体的呼吸系统,影响人体的心血管系统,同时与人的肺癌发生率和死亡率有直接关系,关于这些方面的研究结果国内外已有很多报道。据研究大气中 PM2.5 浓度每升高  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,肺癌死亡率会增加 8%。

### 5.6. 绿色施工管理成本

采用全叠合式预制装配式综合管廊后,施工周期大大缩短,大大减少因现浇而产生的环境污染,使得原来用于施工管理和绿色施工的费用大大减少。

### 5.7. 其他成本

除此以外,假如在施工地点附近有医院、警局、消防队等公共安全保障设施的存在,因为施工而产生的拥堵势必会影响这些机构的正常运作,造成的损失也是巨大的。

## 6. 间接影响成本算例分析

根据交通 2015 年交通运输行业统计年报,可得到上海市 2015 年各类交通出行方式统计数据见表 3;根据 2015 年上海市国民经济和社会发展统计公报,可得到 2015 年上海市私人小客车数据见表 4;2015 年全国各地汽柴油价格表见表 4。高峰期车辆行驶里程数据参照 2014 年中国主要城市交通分析报告。

根据上述表格内的统计数据,可得到由于交通拥堵造成的总时间延误成本是 147.48 亿元;表 4 中出租车和个人小汽车在高峰期的客运量按照其日均客运量的 40%计算,可得三种出行方式在高峰期所造成的额外燃油消耗成本为 10.55 亿元。

另外,由于难以准确得到尾气污染占交通拥堵的比重,一般可以利用额外燃油消耗成本占总成本的比重来计算交通拥堵造成的环境污染成本。总燃油成本可根据表 3 中的数据可计算出总燃油成本为 319.30 亿元。从而可得到交通拥堵造成的尾气排放成本为  $10.55/319.30 \times 24.09 = 0.80$  亿元。

**Table 3.** Data on various transportation modes in Shanghai in 2015**表 3.** 上海市 2015 年各类交通出行方式数据

数据	公交车	出租车	个人小汽车
平均延迟时间/次		10.35 分钟	
营运车辆数量(辆)	16,504	48,926	2,087,100
日均载客量(人次)	6,868,500	2,668,000	6,929,172
工作日天数/年		250	
高峰出行者占全天比例		40%	
人均 GDP(万元)		10.38	
2015 年交通运输业 GDP(亿)		794.56	

**Table 4.** Relevant data of various travel modes in Shanghai in 2015**表 4.** 上海市 2015 年各类出行方式相关数据

数据	公交车	出租车	个人小汽车
平均延误时间(每千米)		28 分钟	
日均载客量(人次)	6,868,500	2,668,000	6,929,172
高峰期日均载客量(人次)	—	1,067,200	2,771,669
日均行驶里程(千米)	2,908,500	11,046,000	115,440,000
高峰期车辆行驶里程(千米)	581,700	2,209,200	10,182,400
高峰期拥堵道路占比		24%	
高峰期拥堵平均速度(千米/时)		24.98	
一般有号(升/100 千米)	30	8.5	10
燃油经济效率(千米/升, 拥挤时)	2	7	6
用油种类	柴油	93 号汽油	93 号或 97 号
燃油价格(元)(2015-07-17)	6.55	6.55	6.55

根据上文中提到的额外时间延误成本、额外燃油消耗成本、污染物排放量成本三个方面的保守计算之和就可得到上海市 2015 年交通拥挤造成的成本大概有 158.83 亿元, 平均每日约为 0.44 亿元, 进一步可以按照实际道路分布和交通情况分摊到各个街道, 从而计算出综合管廊施工区域范围内的相关间接成本。

从以上初步计算可以看到, 综合管廊施工工期每多出一天所产生的社会经济损失巨大, 而这些损失还没有将商业运营成本、医疗健康成本、绿色施工管理成本和其他成本计入在内。因此采用预制装配式综合管廊将产生巨大的社会经济效益。

## 7. 小结

综合管廊建设对于实现城市功能提升具有重要意义, 而采用装配式工法进行综合管廊建设则是实现建筑工业化和绿色建造的重要途径。本文提出综合管廊社会效益应分为直接建设费用和间接影响费用两方面进行核算, 并对间接影响费用的主要组成部分如时间延误成本、额外燃油消耗成本、商业运营成本、污染物排放成本、绿色施工管理成本以及其他成本进行了定义和建议了计算方法; 最后以上海 2015



年交通出行相关统计数据为例,进行了间接影响费用的相关计算,可发现考虑间接影响成本后,装配式综合管廊具有显著的经济优势。

## 参考文献

- [1] 安建良. 装配式混凝土综合管廊施工技术及其制约因素[J]. 建筑施工, 2017, 39(9): 1358-1360.
- [2] 李林峰. 地下综合管廊在城市建设中的运用研究及实践[J]. 中国西部科技, 2015, 14(6): 60-62+34.
- [3] 郭少昱, 孙丽, 常松. 预制混凝土箱涵装配式综合管廊设计[J]. 城市道桥与防洪, 2018(2): 177-178+21.
- [4] 薛伟辰, 王恒栋, 胡翔. 上海世博园区预制预应力综合管廊的经济性分析[J]. 特种结构, 2009, 26(2): 101-104.
- [5] 胡君, 谢菲, 赵世强. 现浇与预制城市综合管廊的综合对比分析[J]. 工程建设与设计, 2016(6): 20-23.
- [6] 沙爱敏, 吕凡任, 王晓东. 基于四阶段法的公路交通量预测研究[J]. 北方交通, 2016(12): 94-98.
- [7] 孔嘉敏, 孙钰. 滨江道商业步行街的交通组织模式浅议[J]. 天津经济, 2013(8): 46-47.
- [8] 赵越. 大气污染对城市居民的健康效应及经济损失研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2007.
- [9] 赵晨阳. 建筑施工扬尘监测与危害程度评价研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 首都经济贸易大学, 2015.
- [10] 王庚辰, 王普才. 中国 PM2.5 污染现状及其对人体健康的危害[J]. 科技导报, 2014, 32(26): 72-78.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)