

# 浅析隧道与地下工程发展趋势与展望

徐树斌

武汉市政工程设计研究院有限责任公司 湖北 武汉 430023

**摘要:** 随着城市化和基础设施建设进程的加速,以及技术的不断进步,我国隧道和地下工程技术已经取得了巨大的进步,并且在未来仍然有着广阔的发展前景。本文在分析现状的基础上,对未来的技术发展方向和应用前景进行了展望,以期为未来的发展提供一些有价值的启示。

**关键词:** 隧道和地下工程;建设技术;发展和展望

## 引言

随着我国国民经济的不断增强和技术的日新月异,隧道和地下工程技术在建设中扮演着至关重要的角色。隧道建设不仅能够提高交通效率,促进地区经济发展,还能改善人民的生活质量。因此,我们了解我国隧道和地下工程技术的发展历程,总结目前取得的成就,展望未来发展前景,为实现更便捷、高效和可持续的“地下”建设做出贡献。

### 1 隧道及地下工程的发展的必要性

在20世纪50年代后,我国隧道和地下工程得到了迅速发展。1955年,我国第一个公路隧道——邹岗隧道建成通车,标志着我国隧道工程建设的开始。接下来,地下工程建设得到了蓬勃发展,如铁路隧道、城市轨道交通隧道、水利隧道等。在这个过程中,我国地下工程建设的技术和设备得到了大幅提升,并开始依托国内工程建设和设备制造业实现国产化。而进入21世纪以来,我国隧道工程稳步发展,建设规模不断扩大。这一时期的一些重大隧道工程项目包括云南保山、四滇公路等交通工程项目,三峡、神仙树、达州三江等水利工程项目。

隧道及地下工程的发展是现代城市化和交通运输建设的必然趋势,而且越来越显得必要。

第一,在传统的道路、桥梁等建设中,由于土地资源的限制,地面上的空间已经越来越不足以承受不断增长的城市化人口和交通工具数量,而隧道及地下工程的发展可以更好地利用地下空间,提高区域空间利用效率。地下空间的利用能够满足人们的不断增长的需求,包括城市化进程中必备的交通、车位、存储空间、供水管道、电缆和燃气管道等。并且地下空间的利用不仅可以提高城市空间利用率,还能够满足人们的日常需求,改善城市之间地交通、通信、供水等方面的问题。

第二,隧道及地下工程的发展有助于节约土地资源,减缓城市化进程中的用地压力。被用作地下工程的

土地大部分是不适合于房屋和公共建筑的,这也有利于舒缓城市化的压力。减少开发用地将有助于更好地保护自然环境和生态系统,并且能够减少城市化带来的土地浪费和环境污染等不良效应。

第三,隧道及地下工程的发展也有利于城市交通建设的发展,缓解城市交通拥堵带来的问题。城市交通拥堵是城市化进程中的一个严重问题,隧道及地下工程的建设可以缓解城市交通拥堵,同时抵消城市交通建设所占用的地面空间,让交通工具能够更快、更方便地行驶,有效地满足人们的出行需求。

第四,隧道及地下工程的发展也有助于实现环保和节能目标。地下空间的利用有助于实现环保和节能目标,它们可有效降低温度,并缓冲热能的释放,从而有利于缓解城市的热岛效应,降低温室气体的释放,从而减轻气候变化对环境的影响。

### 2 隧道和地下工程现状

中国作为世界上隧道建设最多、最长的国家之一,其建设规模令人瞩目。据统计,截至2020年底,中国境内的隧道总长度已超过15000公里。这一数字不仅显示了中国在基础设施建设领域的巨大成就,也反映出中国对交通、能源、水利等领域的高度重视。其中,交通领域是最突出的应用领域之一。中国拥有世界上最长的高速铁路网络,高速铁路隧道成为其中的重要组成部分。例如,北京至沈阳高铁、成渝高铁等线路上的隧道采用先进的隧道施工技术,极大地缩短了行程时间。此外,城市地铁建设也是中国隧道建设的重要方面。北京、上海、广州等城市的地铁网络不断扩张,地下隧道成为城市交通发展的重要基础设施。并且在水利工程领域,中国的隧道建设同样发挥着重要作用。导流洞、输水隧洞等地下工程的建设为水资源的调配和利用提供了重要保障,这些隧道不仅促进了水利工程的安全运行,还能够改善水资源的分配效率,满足日益增长的人民对

水资源的需求<sup>[1]</sup>。

### 3 近年来我国隧道和地下工程技术的发展与创新

#### 3.1 勘测与设计水平不断提高

随着隧道工程在交通和建筑领域中的不断发展,勘测和设计水平也在不断提高。近年来,在复杂地质条件下大埋深和长洞线隧道工程的不断增多的背景下,勘测与设计技术也不断进步,引入新的遥测遥感、多点高频物探、GIS、GPS等技术,同时也采用BIM技术,将交通和建造艺术的双重功效结合起来,大幅提高了控制精度的等级和设计效率。首先,在勘测方面,融合新型技术极大地提升了隧道勘测效率和精度。遥测遥感技术可以实现对目标点详细的空间观测和数据获取;GIS技术能够并行处理庞大的勘测数据集。同时,GPS技术也能够对隧道勘测与导航进行精细控制,极大地提升了数据处理和勘测效率,大大优化了勘测过程。其次,在设计方面,引入BIM技术拓宽了隧道设计的思路。传统隧道设计中,采用的是钢筋混凝土结构,使用过程中易受温度和水渗透的影响。而BIM技术可以实现设计信息的全生命周期管理,促进各个部门之间的协作。通过对建筑物进行数字化建模,可以实现更好的可视化设计,大幅提高隧道设计的准确性和可靠性。最后,设计者可以利用新型技术实现隧道的立体互通和分岔等工程结构,将交通和建筑艺术兼顾。立体互通设计考虑到路网规划、环保、景观等因素,经常作为人们出行交通的重要枢纽,可以更好地缓解城市交通拥堵。而分岔隧道被设计者用来解决掘进大型隧道洞口难度大等技术难点,并被广泛应用于交通隧道的设计中,极大地提高了隧道的稳定性和效率。

#### 3.2 隧道施工技术的发展

一方面,钻爆法在中国隧道工程施工技术中长期占据主导地位。钻爆法是一种传统的开挖方法,通过使用爆破技术和钻孔设备进行地层开挖,然后进行支护和处理,这种方法在中国的隧道工程中得到广泛应用,特别是在深埋山岭隧道和 underwater 隧道的建设中<sup>[2]</sup>。为了提高工作效率,中国还相继自主研发了液压凿岩台车、挖装机、自动机械化喷射混凝土设备、拱架安装机、移动栈桥、模板台车等装备。另一方面,盾构和TBM(隧道掘进机)在中国的隧道建设中起着重要作用。虽然过去这些设备主要依赖于国外引进,但近年来中国厂家已经实现了自主制造,占据了大部分市场,并广泛应用于地铁工程中。在大量的工程实践中,中国不断创新单护盾TBM和敞开式TBM技术,解决了软弱地层掘进脱困和市区沉降控制等难题,这些创新技术包括超浅埋、大宽度、小净距矩形顶管技术以及盾构始发和到达零覆土

技术。此外,随着隧道施工技术的不断发展,中国设备制造商在推动隧道建设技术的自主化方面取得了重要进展。通过自主研发和制造装备,中国设备制造商提高了国内隧道建设的自给率,并在隧道建设领域取得了长足的进步。这些技术的发展和运用使得中国在隧道施工效率和质量方面取得了显著提升。

#### 3.3 隧道工程防灾和减灾技术的进步

隧道作为工业和交通领域的重要基础设施,必须具备防灾和减灾的技术措施,以保障人员安全、设备完好和交通畅通。并且随着科技的不断进步和创新,隧道工程防灾和减灾技术也不断得到提高。第一,隧道火灾是一种极为危险的灾害,常常会造成人员伤亡和财产损失。为此,隧道工程的防火措施也越来越成熟。其中,常用的防火措施包括投放干粉、喷洒水雾、喷洒火灾阻力剂、喷洒双组份防火涂料等。隧道防火技术也逐渐从被动的防护转向主动的监测,例如对隧道内排放的废气进行监测,并及时发现火灾迹象;发现火灾后使用自动灭火器进行灭火等手段。第二,新型的防烟幕墙依可以根据火灾的位置和规模灵活地分割隧道,控制烟气和火源的传播。同时,隧道排烟系统中的排烟风机也采用了全自动控制系统,可以根据温度和烟气浓度的变化自动调节运行速度,并且烟气排放口的位置和数量也得到了优化,增加了排气量和排放效率。第三,隧道工程安全疏散技术也逐渐成熟,如在现代的隧道工程中采用了隧道内部的指示牌、救援物资储备、辅助出口和报警器等一系列标准和技术规范,以确保在紧急情况下能够快速疏散人员。此外,安全疏散通道的设计也变得非常重要,措施包括逃生通道的设置、紧急出口的标识、疏散系统定期演练以及容纳人员数量的疏散路线等,以确保人员在发生灾害时能够顺利疏散。

#### 3.4 隧道工程结构新材料与运营管理的进步

隧道工程作为现代交通枢纽的重要组成部分,其结构材料和运营管理也在不断发展。新型材料的应用、风险监控技术以及智能化运营管理等都在不断改进。首先,防排水材料、衬砌混凝土材料以及反光材料是隧道结构材料中应用广泛的类型。随着科技不断进步,新型材料应用也在不断涌现。例如,喷涂速凝型防水材料,在隧道防水方面得到巨大的应用;高性能防腐混凝土则能够有效的防止水泥结构的老化和腐蚀,以提升隧道的使用寿命;而自发光材料在安全方面则起到了很大的作用,例如安全疏散和暗通道中的照明<sup>[3]</sup>。这些新型材料的出现,不仅提高了隧道工程的建设质量,也为其后续的运营和维护节约了很多成本。其次,随着科技进步和社

会发展,隧道工程运营管理方面的技术也在不断提高。利用物联网技术和智能化设备,对隧道进行远程监测和控制成为了一种趋势。在风险监控方面,无线智慧感知及可视化技术已经开始应用。例如利用摄像头和传感器等设备来获取隧道内部的温度、烟雾等参数数据,实时预警和预防事故的发生。此外,也采用了隧道结构健康快速检测车来进行测试和监测隧道内的结构状况。同时在隧道的照明和通风方面,也出现了一些新理念和新技术,如等效节能照明理念,采取竖井送排式纵向通风方式,缓解驾驶疲劳。

#### 4 隧道和地下工程技术的发展前景

##### 4.1 隧道的发展前景

随着国民经济的持续增强和技术的日新月异,交通系统的高效性和安全稳定对于国家来说变得更加重要。交通系统是国家西部地区和海洋战略的关键,而不完善的交通系统则会导致经济落后。因此,中国在交通隧道建设方面的发展前景非常广阔。此外,在海上和江河上施工的隧道具有更大的困难,但中国在这方面已经取得了成熟经验,例如琼州海峡隧道的建设。最后,隧道建设在促进地区经济发展、改善人民生活等方面具有巨大潜力。交通隧道作为连接各地的重要纽带,将扮演着越来越重要的角色。未来隧道建设的重点将是提高施工技术的自主能力、推动隧道设备的智能化和自动化发展、加强环境保护和安全管理等方面。同时,西部地区和岛屿地区的隧道建设还将得到更多关注和投资,以改善这些地区的交通状况和促进经济发展。

##### 4.2 地下工程的发展前景

地下工程的发展很快很迅速,一方面缓解了地面上的压力,另一方面促进了地下资源的合理利用。(1)未来城市地下空间的利用将会越来越重要。首先,地下空间可以提供更多的储存空间和基础设施,例如地下停车场、地下商业空间、地下交通枢纽等。其次,地下空间可以作为应急避难所,提供紧急救援和避难场所,以提高城市的安全性。最后,地下城市或城市集合体,可以

为城市提供更多宝贵的自然资源,例如地下水资源的开采和利用。(2)地下工程的另一个发展前景是地下水资源的开发和利用<sup>[4]</sup>。地下水资源可以用于城市供水、农业灌溉和工业生产等多个领域,因此这种资源非常珍贵。随着技术的不断进步,地下水资源的开采和管理方式也会不断得到改进。例如,人工增加地下水储量、提高联网配水管理系统的可靠性和稳定性、加大地下水监测和调控力度等,都是未来地下水资源开发利用的重要措施。(3)近年来互联网和大数据技术的迅速发展,促进了地下工程在数据中心领域的快速发展,如在北京市房山中科建筑一号楼、北京动物园旁边的大型地下机房、上海嘉定微软数据中心等。地下人工智能数据中心利用地下的土地资源,在保证其运行稳定性、安全性的情况下,最大限度的提升了数据中心的质量和效率。未来,地下人工智能数据中心将在数字经济发展和数据安全方面起到重要的作用。

#### 结语

综上所述,随着国家经济的不断增长和区域间交流的日益加强,我国隧道和地下工程技术的发展前景依旧广阔。在过去的几十年中,我国在钻爆法和盾构技术方面取得了重要突破,并自主研发了一系列装备,大大的提高了修建技术水平。未来,隧道及地下工程建设将继续在提高交通效率、促进经济发展和改善人民生活方面发挥重要作用。

#### 参考文献

- [1]我国隧道工程技术发展的回顾与展望[J].地下空间与工程学报,2020,16(3):688-696.
- [2]叶宏进,李永生,张晓阳等.我国城市地下空间开发技术发展及展望[J].地下空间与工程学报,2018,14(6):1594-1604.
- [3]刘月光,杨海波,张晓峰等.我国地铁盾构工程技术发展现状与展望[J].隧道建设,2019(12):16-20.
- [4]张洪涛,邓德华,赵海军等.我国隧道工程施工技术发展现状及展望[J].隧道建设,2018(7):6-10.