

Editorial

地下工程的发展提升现代生活质量

Raymond L. Sterling

Professor Emeritus, Louisiana Tech University, USA



在科技世界中，化学工程、生物工程、计算机工程、机械工程等细分领域取得的进步正悄然改变着我们，在各个工程领域所投入的巨大努力将影响全球数十亿人的生活质量，这些变化值得我们深入研究。水资源的分布、公共卫生、交通运输、建筑建造是建设健康宜居城市的关键因素，而正是这些城市，承载着超过一半的世界人口。但是崭新的摩天大楼与高速公路的建设也伴随着令人不甚愉快的负面作用，如交通拥堵和环境污染等，相信大多数人对此都不陌生。然而同时也出现了一种并不明显的城市增长动态——愈来愈多的城市基础设施被布局到地下。加之隧道工程的日新月异，使得高速公路、高速铁路越过历史上山川大河的阻碍，彰显了前所未有的地下建筑水平。

地下空间的开发技术以及隧道技术自史前时代就为人类所用。地下空间的首次应用很有可能发生在人类在洞穴中寻求庇护时；随后它们又在人类开采贵重矿物或建筑材料以及城市排水系统的建设时发挥了重要作用。除了开采，早期的隧道技术也在军事及防御领域得到了应用。早期的挖掘是缓慢且劳动密集型的工作，同时在软土地面进行的挖掘工作也存在坍塌的危险，事实上，在很多恶劣的地质条件下该工程都无法实现。而硬岩石的挖掘也仅限于采用极其缓慢的岩石碎裂技术，如利用火和水进行的热剥落。

地下空间的开发技术以及隧道技术自史前时代就为人类所用。地下空间的首次应用很有可能发生在人类在洞穴中寻求庇护时；随后它们又在人类开采贵重矿物或建筑材料以及城市排水系统的建设时发挥了重要作用。除了开采，早期的隧道技术也在军事及防御领域得到了应用。早期的挖掘是缓慢且劳动密集型的工作，同时在软土地面进行的挖掘工作也存在坍塌的危险，事实上，在很多恶劣的地质条件下该工程都无法实现。而硬岩石的挖掘也仅限于采用极其缓慢的岩石碎裂技术，如利用火和水进行的热剥落。

在过去的一个世纪里，地下挖掘和隧道技术的飞跃是颠覆性的，关键性创新带来了飞速发展，如火药在岩石开采领域的应用、压缩空气技术（紧随其后的液压技术）的发展、钻井工具的发明，以及隧道盾构技术的应用使得在地下水位之下的软土层构建隧道成为可能，而蒸汽挖掘机的发明则被用于大规模的泥土挖掘等。每一项技术的进步不仅大大提升了施工的速度、舒适性和安全性，而且在减少成本的同时更改变了地下工程解决方案的应用领域。今天，随着地下设施设计与建设能力的日臻成熟，在日益增长的城镇建设需求的推动下，地下空间的开发利用与隧道工程技术进入了高速发展的新时期。

地下工程使得许多重要的城市基础设施被隐藏、保护在地下。但同时，更先进的技术也使得更大、更具有挑战性的项目开展于更深的地层中。然而，伴随着成就，新的一系列问题也出现在人们面前：如何规划地下空间使之更好地服务于城市建设，以及如何在不持续影响地表生活的情况下近乎无限期地开发使用这巨大的地下资源宝库？按照惯例，地下空间的使用遵循先到的原则，很少有人会为适当的用途保留最佳的地质条件，或优先合理安排公共设施以及运输隧道的建设。空间使用规划管理的缺失迫使新系统被建造在越来越深的地下；同时由于新系统必须绕过已有的如迷宫般交错的地下结构，这也大幅增加了建造成本。

虽然从某些层面讲，在地表挖洞是一项再基础不过的任务，但由于如下种种原因，这也可能是一项最具挑

战性的工作：

(1) 由于建造环境位于地下，在设计或开工前，设计师和工程承包商不能完全对其进行评估。由于我们无法“看到”作为地质介质的地层分布情况，更不能确定各个分区的工程性质、初始应力条件以及地下水和已存在地下结构的情况等。这使得地下工程成为了一项耗财耗力的危险工作，因此对先进技术的依赖度越来越高，以便迅速适应不断变化的地质条件。

(2) 地下区域由成分复杂的介质构成，分布着从强度极低的软黏土或有机材料到强度高于大多有机材料的坚硬岩石等各强度等级的材料。在某些情况下这些材料的性质可表现为典型弹性整体，然而这类材料通常质地不均匀，且呈现出各向异性与时间相关性。而一些土壤与岩体样本则更多地呈离散微粒或块状结构而非一个整体。此外，我们已建造的基础设施、公共设施和隧道同新建设施之间的关系将导致原本已经很复杂的构架在配置建造设备时更加困难。

(3) 土壤是一种湿润的、吸收性的介质，极易受到工业生产污染，易吸收自然生成的各种气体、油类物质，同时先前填埋式的地下废物处理方式也贻害无穷。大地是一种导电介质，可导致“腐蚀电池”的形成，而来自其他电源的杂散电流和来自城镇地区的电气接地会加剧这一过程。随着时间的推移，公用管道所运输的液体也

有可能会逐渐从内部降解甚至破坏管道。这些客观情况加之高昂的安装维修费用，使得设计能否确保地下设备在潜在严重腐蚀环境中长期服役变得至关重要。

历经重重项目考验之后，地下工程所带来的工程挑战问题渐渐得到了解决。城市地下空间规划日渐合理，为了节省空间并方便日后维修，独立的地下设施逐渐被规划合并至公共管道中，全新的自动地下货运系统也在开发中。

本期隧道工程专题的论文展示了世界各地关于地下隧道及地下空间开发问题的理论与应用的最新进展。我们特别集中展示了中国在该领域的进展，中国对地下设备的投资居于世界领先地位，并进行了大量的地下研发活动。其成果涵盖了铁路、地铁隧道、高速公路隧道和供水管道等。同时论文还进一步描述了最近建成及开发中的隧道建设项目，日趋增加的岩层及土层挖掘深度、贯穿山脉和海底的破纪录的隧道长度，无一不代表着当下最先进的建设能力。论文还细致展现了如何从工程新址的调研、设计、施工和检测技术等方面保障工程安全、经济地进行。此外，论文还深入讨论了部分种类隧道对城市宜居程度及恢复能力的影响。

尽管这些新的地下项目包括了大范围的工程、规划与建造，但其建筑均隐藏于地下，确保了地表仍是宜居的。