

地铁行车对城市地面沉降的影响及其控制策略

康红卫

石家庄市轨道交通集团有限责任公司运营分公司

摘要: 随着城市化进程的加速,地铁作为城市公共交通的重要组成部分,其建设和运营对城市环境和地面沉降的影响越来越受到关注。本文旨在探讨地铁行车对城市地面沉降的影响及其控制策略,以期为城市规划和环境保护提供参考。

关键词: 地铁行车;城市地面;沉降;影响;控制策略

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.096

引言

地铁作为城市公共交通的重要组成部分,对城市的经济发展和环境保护具有重要影响。然而,地铁行车过程中产生的震动和荷载会对城市地面造成沉降,进而影响城市环境和人民生活。因此,有必要对地铁行车对城市地面沉降的影响及其控制策略进行深入研究。

一、地铁行车对城市地面沉降的影响

1. 震动效应

地铁列车在运行时,地铁车辆行驶的过程中会产生振动,振动通过路基传递到地下土体,在地下土体中产生振动波,产生的振动波有一定的能量。如果地铁隧道比较长,隧道埋深比较大,列车通过时,隧道的震动会引起周边地层的扰动。地铁行车过程中产生的振动效应会影响到地面沉降。当地铁列车在运行时,如果出现突发事件(如地铁列车刹车、转向、加速等),会使列车产生瞬时强烈震动,这将影响到周边建筑物基础的稳定性和地铁隧道结构。所以在地铁施工过程中要严格控制地铁行车速度,避免出现突然刹车或加速等现象引起地面沉降。

地铁的运行导致的地面震动效应,这种震动效应不仅会对地面建筑物造成影响,还会对隧道周边土体产生一定的影响。地铁施工时,会通过大量的隧道开挖、运输、填充、压实等施工过程,从而导致地表出现隆起或者沉降。地铁的运行对地下工程进行开挖和挖掘时,也会产生震动效应。当地铁通过地面时,会产生震动效应;而当地铁通过隧道时,也会产生震动效应。地铁在运行过程中,地面会有一些震动效应,随着地铁隧道的深度增加,震动效应也会随之增加。特别是当地铁在运行过程中遇到地下障碍物或地表有重大的建筑物时,也会产生震动效应。

2. 荷载效应

荷载效应是指地铁列车运行过程中,由于列车荷载对地表的影响,使地表产生沉降的效应。地铁运营期间,列车通过时会产生振动,引起地基不均匀沉降。列车以每小时100km/h的速度通过时,地铁线路下方的土

体产生的水平位移约为17mm。地铁线路在设计时应考虑列车荷载对地表影响。荷载效应与隧道埋深、围岩级别、行车速度和行驶方向有关。根据地铁隧道开挖尺寸大小和隧道埋深,运营期地铁荷载效应可分为局部荷载和整体荷载两种类型。前者指地铁运营期间列车通过时对地层产生的局部附加应力,后者指地铁运营期间整个隧道开挖引起的土层不均匀沉降。^[1]

列车通过时,在隧道顶部产生一个竖向附加应力,通过隧道顶部的竖向和横向分布将其传递到土体,引起土体中附加应力的增加。而竖向附加应力包括列车运行中产生的自重应力、动荷载(如风、雪等)引起的静荷载,以及地面不均匀沉降引起的动荷载等。地面不均匀沉降所产生的动荷载在隧道上方表现为竖向附加应力,在隧道下方表现为横向附加应力。因此,地铁隧道上方土体的压缩变形量会随着隧道上方竖向荷载和横向荷载的增加而增大。

3. 地下水位变化

在地铁车站建设期间,车站范围内的地下水位会随着地铁建设的进行而上升或下降,其中地下水位的变化主要包括两个方面:一方面是地铁施工期间,由于地铁隧道与周边环境产生了联系,地下水位会随着土体的变形而发生变化;另一方面是地铁施工完成后,地铁周围的土层由于受到地下水位的影响而发生了一定程度的沉降,这种沉降往往会对周围建筑及地下管线造成一定影响。在城市地下空间开发过程中,当地下水处于较低水平时,由于地铁隧道与地表建筑物产生了联系,使地铁施工期间地表发生一定程度的沉降。随着地铁施工时间的延长,地表沉降会逐渐趋于稳定。

地铁施工过程中,地下水会发生改变,地铁开挖会使土层中原有的孔隙水压力得到释放,改变了原有的地下水流向。另一方面,施工过程中还会产生大量的土体扰动,如基坑开挖、隧道开挖、盾构掘进、衬砌施工等,这些扰动也会使得土体原有的孔隙水压力得到释放。大量地下水位的变化使得原有的地层孔隙水压力减少,地下水位下降,从而引起地面沉降。

二、针对地铁行车对城市地面沉降的主流方法

1. 数值模拟法

数值模拟法是将相关的问题按一定的方法进行模拟,得到模拟结果,根据得到的结果分析研究对象的特性,从而采取措施,以达到控制或减少变形的目的。在数值模拟法中,我们可以使用有限元方法来对所研究的问题进行分析。有限元方法是一种有效而又简单的分析方法,其能够直观地反映出实际问题中存在的各种不连续性,可以对其进行较为精确和高效地分析和计算。^[2]

有限元软件是在计算机发展起来后,为了更好地适应当前复杂工程问题而产生的,其本身是一种结构化、模块化的工程数值分析工具。目前,有限元软件已经应用于工程建设领域中,包括公路、铁路、桥梁、地铁等。

2. 强化监测法

在地铁施工过程中,采取合理的监测方法,掌握施工过程中地面沉降的发展变化情况,为后期地面沉降治理提供科学依据。在监测过程中,要对地铁施工过程中的地面沉降情况进行定期的监测,并在监测过程中发现问题及时处理。尤其是在地铁施工过程中,要对地表沉降的发展变化情况进行长期监测,一旦发现异常,要及时采取有效措施。在实际的测量工作中,可以采用水平位移测量法、沉降量测法、水准仪测量法等方法对地表沉降进行监测,并将监测结果进行科学的分析处理。

为了有效控制地面沉降的发生,要对地面沉降进行全面监测。在施工时要建立完善的沉降观测制度,并做好相关记录。同时还要建立定期检查制度,对工程项目的各项数据进行记录和分析,并且制定有效的方案和措施进行改善。

要想做好地铁隧道开挖的工作,首先必须对周围的环境进行了解,以掌握隧道开挖施工的具体情况,并对地面沉降变化的相关参数进行计算。通过对数据的收集、整理和分析,能够对地面沉降趋势进行预测,为后期施工提供有效的参考。在地铁施工期间,需要对地面沉降数据进行定期监测,并根据监测结果对施工方案进行相应调整。通过严格控制施工中的各项参数指标,可以有效控制地面沉降,避免造成不可挽回的损失。

3. 优化设计法

优化设计法主要是将建筑、道路、桥梁、地下设施等的平面布置与竖向设计结合起来,在满足一定功能要求的前提下,尽可能地使平面布置简洁、明确,从而达到节约用地的目的。在一些比较狭窄的道路中,可以适当增加路面宽度,或者采取加铺一层沥青或水泥混凝土的方法来增加路面的厚度。这样可以大大降低路堤和路基对周围土体的影响,防止路基产生不均匀沉降。在道

路设计时要注意控制路面面层厚度、路基高度等,使其既能满足道路使用要求,又不会对周围土体造成过大影响。

在地铁施工过程中,对工程所涉及的各个方面进行科学合理的设计,并通过计算分析来确定各相关因素对工程产生的影响,并根据工程的具体情况,在技术和经济上对设计方案进行优化,从而达到控制地铁施工对城市地面沉降的目的。

在地铁施工过程中,通过对施工方案、施工工艺和施工参数等方面进行科学合理的优化设计,可以有效地控制工程成本,降低工程造价。通过采用新工艺、新材料、新设备来控制地铁行车对城市地面沉降的影响,可以有效地降低工程成本。在地铁建设过程中,可根据实际情况和工期要求进行合理设计,以减少工程造价和缩短工期。^[3]

4. 加强施工管理法

施工管理是确保工程质量的关键,需要从多个方面加强施工管理,从而确保施工质量。施工人员要加强自身安全意识,不能在安全方面疏忽大意。施工时要做好施工现场的巡视工作,及时发现问题,采取措施解决问题。还要做好相关人员的培训工作,让他们掌握专业知识和技能,确保他们的操作符合规范要求。

施工单位应严格执行国家有关建筑施工安全的法律法规,完善安全管理体系,落实安全生产责任制。加强施工现场管理,将工程安全与质量管理与企业文化建设有机结合起来,切实保障工程质量和施工人员的生命安全。同时,严格执行相关法规,加强施工现场的巡查、监督和检查,对重大危险源进行重点监控,做好应急预案。

三、针对地铁行车对城市地面沉降的控制措施

1. 合理规划地铁线路和车站位置

目前,国内地铁建设大多处于规划阶段,由于地铁工程建设具有很大的随机性和不确定性,地铁线路和车站的位置也需要根据地质条件、工程要求和城市规划等多种因素来确定。因此,在地铁建设之前,要对城市地面沉降进行详细的勘察和测量,合理规划地铁线路和车站位置。

在城市规划时,地铁线路和车站位置的选择需要根据城市的特点和发展趋势进行。要结合城市规划,合理选择地铁线路和车站位置。在地下铁道设计时,要充分考虑到地下空间的开发利用,尽可能利用地铁线之间的连接,使地铁线更加完善。同时,在地铁站选址时,要尽量选择在远离居民区、工厂等人类活动频繁的地方,以免地铁建成后给居民生活和工作带来影响。

为了最大限度地降低地铁行车对城市地面沉降的影

响,应该尽量选择地铁线路和车站位置。一般情况下,地铁线路和车站都是经过城市的中心区域,周围的建筑物和地面沉降较少。另外,在一些人口密集区域,地下管线较多,地铁行车会对周围的管线造成一定影响。因此,应该尽量选择远离这些区域的地铁线路和车站。如果不可避免地要在这些区域设置地铁车站,则应该考虑在车站位置下穿建筑物或者是在建筑物下方设置盾构隧道。如果不可避免地要在建筑物下方设置盾构隧道,则应该考虑将盾构隧道尽量置于建筑物下方,并使用地下连续墙进行加固,以保证盾构隧道的安全运行。^[4]

2. 采用减震降噪措施

地铁在运行过程中,其振动频率低于建筑物的固有频率,列车运行时会产生振动和噪声。在城市中人口密度大,交通量大,地铁运营对周边环境影响大。为减少地铁运行对地面沉降的影响,除了采取减小轨道与建筑物之间的距离外,还可通过降低轨道与建筑物之间的接触压力、减小列车运行时的振动和噪声、改善列车运行时周围环境的质量等方法来实现减震降噪。

在地铁车辆和车站区间隧道中设置减振装置,以减小振动传播过程中的衰减和传播时间,有效地降低振动强度。在地铁运行时,为了减小地铁车辆和车站区间隧道的振动影响,在地铁隧道内设置减振装置是非常必要的。为了提高减振装置的使用效果,需要在地铁线路设计和施工阶段进行严格的质量控制。首先,在设计阶段就要求设计单位对地铁车站、区间隧道、车站附属设施等进行严格的设计与质量控制;其次,在施工过程中严格按照要求进行施工,在施工过程中需要加强管理和监督,保证减振装置的质量和使用效果;最后,定期对减振装置进行检查和维护。

3. 加强监测和预警

为了使地铁建设过程中产生的问题可以得到及时的处理,政府应当加强地铁建设的监测和预警,并且在地铁建设之前制定好监测方案,对于地铁的施工过程中会出现的问题及时进行预警。比如在地铁施工前制定好相应的监测方案,在地铁施工过程中要对周边的环境进行实时监测,一旦发现有沉降异常情况要立即上报并及时采取相应措施进行处理。这样做的目的是为了防止由于地质条件、施工环境等因素造成沉降的加剧。同时政府还要积极鼓励并引导民间资本进入到地质勘查和设计领域,加强对地面沉降等地质灾害的防治研究工作,提高地质灾害防治水平。在加强地面沉降监测的同时,还应加强对地面沉降动态趋势、时空分布规律及发展趋势的监测,并将监测结果与预测预警有机结合,综合分析地面沉降的发展态势,及时发现问题、分析问题,有效地

预防和控制地面沉降。

4. 加强科技和技术攻关

地铁施工过程中的地面沉降控制,主要是通过改变施工方式来实现的。因此,应加大对地铁施工的科技投入,大力开展新工艺、新技术的研发和应用,以最大限度地降低地铁施工对地面沉降的影响。例如,在进行隧道开挖时,采用全断面法、台阶法或全断面法开挖时,要严格控制隧道上覆土层厚度、隧道埋深、管片型号等参数,以最大限度地减少对地表沉降的影响。此外,在进行地铁隧道建设时,应合理选择施工方法,如采用盾构法施工时应避免盾尾漏浆;当采用矿山法施工时要控制好顶进速度,防止因顶进速度过快造成地表沉降;当采用盾构法施工时要严格控制管片间隙。^[5]

加强科技攻关,研发新材料、新工艺和新设备,促进科技成果转化。由企业牵头,鼓励企业、高等院校和科研院所加强合作,加快研发具有自主知识产权的高新技术产品,为地面沉降防治提供可靠的技术支撑。结合地面沉降预测模型和城市地下管线综合管理信息系统的建设,完善地面沉降监测网络和地面沉降监测技术。

结语

地面沉降问题是一项复杂的系统工程,与工程地质、水文地质、周边环境、设计等因素密切相关。合理确定地铁行车对城市地面沉降的影响范围、确定地铁行车对城市地面沉降的影响程度、提出有效控制地面沉降措施等工作都是摆在我们面前的重要课题。本文通过分析地铁行车对城市地面沉降的影响及其控制策略,得出以下结论:合理规划线路和车站位置、采用减震降噪措施、加强监测预警和技术攻关是控制地面沉降的关键。未来应继续加强相关研究,为城市规划和环境保护提供参考。

参考文献

- [1] 陈洪基, 罗兴桓. 探析城市地面沉降的原因与应对策略[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2020: 1.
- [2] 刘瑾, 李军, 陈元明. 地面沉降对太原市城市建设的影响及防治对策[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2015: 789.
- [3] 白玉哲. 地铁车站洞桩法施工对地面沉降的影响分析[J]. 建筑技术开发, 2022: 65-68.
- [4] 连义凯. 地面沉降对高速铁路的影响及对策[J]. 上海铁道科技, 2014: 136-137.
- [5] 刘毅, 冯宪明. 城市地铁盾构施工地面沉降控制[J]. 引文版: 工程技术, 2016: 111.

作者简介: 康红卫(1994/08/06), 女, 汉族, 本科, 助理职称, 值班站长, 籍贯: 河北省石家庄市。