

# 关于铁路路基抗沉降新材料的应用研究

潘凯斌

(中铁上海工程局集团第一工程有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要** 随着铁路建设的不断发展, 路基沉降问题成为影响铁路运行安全与稳定的要点。近年来, 材料科学技术不断发展, 促使高性能土工合成材料、新型轻质填料、高强度复合材料和智能材料等抗沉降新材料全面推广, 并在铁路路基工程中得到一定的应用, 有效解决了传统路基处理方法所存在的问题。本文从铁路路基抗沉降新材料的种类与特性入手, 通过剖析高性能土工合成材料、新型轻质填料、高强度复合材料和智能材料等抗沉降新材料的优势, 探讨这些新材料用于铁路路基抗沉降时取得的效果, 以期对铁路路基工程的设计和施工提供参考。

**关键词** 铁路路基; 抗沉降; 新材料; 土工合成材料

**中图分类号**: U214

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.037

## 0 引言

铁路是国家重要的交通基础设施, 在国民经济和社会发展中起着无可取代的作用。随着铁路创建规模持续扩充、列车运行速度逐步加快, 国家对铁路路基的稳定性与可靠性便有了更高要求。路基沉降是影响铁路管理安全与舒适性的关键因素, 特别是在软土地基、膨胀土地基、高填方路基以及特殊环境路基等复杂地质状况下, 沉降现象更为明显, 以往的路基处理手段可以在某种程度上改善沉降情况, 然而当遇到复杂地质状况和高速铁路的高标准时, 仍然存在不少局限之处, 所以研究并采用新的抗沉降材料对于提升铁路路基的抗沉降能力十分关键。

## 1 抗沉降新材料的分类与特性

### 1.1 高性能土工合成材料

土工格栅是高强度的土工合成材料, 由聚丙烯、聚酯等高分子材料制成, 具有较高的抗拉强度与低延伸率, 可以承担比较大的拉应力, 进而有效地分散并传递路基中的应力。

土工布是透水性优良的土工合成材料, 主要应用于路基的排水及过滤功能, 其可有效防止土体中小颗粒随水流冲走, 又允许地下水得以顺畅排出, 进而减小土体的孔隙水压力, 缩减由水造成的路基沉降<sup>[1]</sup>。

土工膜作为土工合成材料, 具有防水与防渗的功能, 常被用作路基防渗处理之选, 用于某些特定环境下的路基中。通过铺设土工膜, 就能够较好地防止水分渗透及迁移, 减少由于水分改变而造成的路基沉降

和冻胀状况。土工膜还具有较好的耐化学腐蚀能力以及抗老化特性, 可以应对多种复杂的自然环境状况。

### 1.2 新型轻质填料

近年来, 新型轻质填料逐步被应用到铁路路基工程中, 其中, 泡沫混凝土、聚苯乙烯泡沫塑料因具有密度低、强度高和压缩量小等特性, 得到广泛应用。

泡沫混凝土是通过向水泥浆中注入诸多细小气泡而形成的一种轻质混凝土材料, 其密度可依工程需求调节, 大致处于 300 ~ 1 200 kg/m<sup>3</sup> 区间, 泡沫混凝土具有良好的抗压强度与抗剪强度, 符合铁路路基的承重需求。由于其内部存在大量气泡, 所以弹性模量较小, 变形能力较强, 可以部分吸收并缓和列车行驶过程中产生的震动能量, 减轻对路基的冲击影响, 而且, 泡沫混凝土还具有较好的保温隔热特性, 能够有效地阻止路基土体出现冻胀及融沉情况, 非常适用于寒冷地区的铁路路基工程项目。

EPS 是由聚苯乙烯树脂颗粒经加热发泡制成的一种轻质高分子材料, 其密度低、强度较高、隔热性能佳, 在铁路路基施工时, EPS 常作为路堤填料使用, 可以大幅缩减路基自身重量, 减小地基上多余的应力, 进而减小路基沉降量。

### 1.3 高强度复合材料

高强度复合材料是由两种或者更多种不同性能的材料合成的一种新型材料。常见的高强度复合材料包含钢塑土工格栅、玻璃纤维加强土工格栅等。

钢塑土工格栅是一种复合土工格栅, 利用钢丝做

**作者简介**: 潘凯斌 (1986-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 铁路施工新材料应用。

加强材料, 并外层包裹聚乙烯之类的高分子材料制作而成。这种材料具有高强度、低伸长率以及良好的抗疲劳特性, 可以承受比较大的拉应力和剪应力, 从而有效地提升路基的整体稳定性<sup>[2]</sup>。

玻璃纤维加强土工格栅是以玻璃纤维作为加强材料, 外层包裹聚酯等高分子材料而制成的一种复合土工格栅, 其具有高强度、高模量、低伸长率等特性, 可以有效分散并传递路基内部的应力, 提升路基的整体稳定性。另外, 玻璃纤维加强土工格栅还具有良好的耐热性与耐化学腐蚀性。

#### 1.4 智能材料

智能材料是一类可感知并响应外部环境改变的新型材料, 在铁路路基防沉降方面具有宽广的应用远景。

形状记忆合金是智能材料, 具有形状记忆效应, 即在外力作用下发生变形之后, 于特定条件下可恢复原本形态。在铁路路基方面, 形状记忆合金可用于制造路基变形检测设备以及自修复装置, 将形状记忆合金制成的传感器植入路基内部, 就能随时掌握路基的变形状况, 一旦路基出现变形, 形状记忆合金传感器便会感应到, 并发出警示信号, 为路基的保养与加强提供及时的参考依据<sup>[3]</sup>。

压电材料是智能材料的一种, 具有将机械能转换成电能的良好压电效应和逆压电效应。在铁路路基方面, 压电材料可用于制造能量采集装置以及智能检测系统。将由压电材料制成的传感器安装在路基表面或者内部, 就能将列车行驶过程中产生的振动能量转换成电能, 为路基检测设备供应能源。

## 2 铁路路基抗沉降新材料的性能优势

### 2.1 强度高

抗沉降新材料强度高, 可承受较大荷载, 符合铁路路基的承载需求。其中, 高性能土工合成材料中的土工格栅、高强度复合材料中的钢塑土工格栅和玻璃纤维加强土工格栅的抗拉强度和抗剪强度远远大于传统土工材料。在软土地基和高填方路基下, 这些高强度材料能有效分配并传递路基内的应力, 提升路基的整体稳定性, 减少不均匀沉降。

### 2.2 抗压缩能力强

抗沉降新材料的压缩性低, 长时间承压不易发生变形, 可减小路基沉降量。例如: 泡沫混凝土、EPS 等新型轻质填料的压缩性小, 受压时体积基本维持不变, 进而减轻路基压缩沉降状况。高性能土工合成材料及高强度复合材料具有较好的抗压缩性能, 可以约束土体横向与纵向的变形, 提升路基的抗压缩能力。形状

记忆合金、压电材料等智能材料, 利用自身形状记忆功能和压电特性, 随时调节并控制路基变形, 进一步优化路基的抗压缩性能。

### 2.3 抗腐蚀性强

铁路路基工程往往处在复杂的环境之中, 极易引发腐蚀现象。然而, 抗沉降新材料具有良好的抗腐蚀能力, 可以在恶劣环境下长时间维持自身性能。例如: 高性能土工合成材料中的土工格栅、土工布和土工膜等的主要原料为高分子材料, 抗化学腐蚀以及抗老化的能力比较强。

### 2.4 施工便捷

抗沉降新材料的施工工艺较为简单, 其施工速度较快, 可以有效缩减施工工期并降低施工成本。高性能土工合成材料以及高强度复合材料常常具有较好的柔韧性和可加工性, 能够按照路基的形状与尺寸实施裁剪及铺设, 施工便捷快速。泡沫混凝土、EPS 等新型轻质填料, 可在现场直接浇筑或者铺设, 施工效率较高, 而且无需大量机械设备和复杂施工工艺。智能材料的施工也比较简单, 只要将传感器或者装置安装到路基内部或者表面即可。

## 3 铁路路基抗沉降新材料的应用

### 3.1 软土地基处理

软土地基是铁路路基工程中频繁出现的复杂地质状况, 极易引发路基沉降过多和不均沉降现象。在对软土地基实施治理的过程中, 采用抗沉降新材料可以有效地提升路基的稳定的能力。

在软土地基表面铺设土工格栅和土工布, 会形成复合土工材料, 土工格栅可有效限制土体的侧向变形, 提升路基的整体稳定性。而土工布能改良路基的排水性能, 减小土体的孔隙水压力, 减少由水造成的路基沉降<sup>[4]</sup>。利用土工格栅与土工布共同作用, 可以有效地优化软土地基的承载能力, 削减路基的沉降量, 实现较好的抗沉降效果。

在软土地基上用泡沫混凝土和 EPS 这种新型轻质填料来做路堤填筑, 可以大幅减轻路基自身重量, 减小地基上的附加压力, 进而减小路基沉降量。泡沫混凝土和 EPS 密度小、强度大、压缩量小, 符合铁路路基的承载需求, 而且还能有效地缩减路基的压缩沉降幅度。

### 3.2 膨胀土地基处理

膨胀土地基是具有膨胀性与收缩性的特别土壤类型, 它在吸收水分的过程中体积会变大, 失去水分的过程中体积就会减小, 这很容易造成路基出现不均匀沉降以及开裂现象。

在膨胀土地基表面铺设土工格栅和土工膜,二者共同形成复合土工材料。土工格栅可有效约束土体的侧向变形,提升路基的整体稳定性。土工膜能防止水分渗透与迁移,减轻由于水分变化而产生的土体膨胀及收缩变形。土工格栅和土工膜配合使用,可以有效地控制膨胀土地基的变形,缩减路基的沉降量并减小裂缝出现的概率,从而取得较好的抗沉降效果。

在膨胀土地基上采用新型轻质填料泡沫混凝土和EPS进行路堤填筑,可以减轻路基自身重量,减小地基附加应力,减小路基沉降量,有效地阻止由于土体温度变化而产生的膨胀与收缩变形。

在膨胀土地基中采用高强度复合材料,可提升路基的强度及其稳定性。玻璃纤维加强土工格栅具有高强度、高模量、低伸长率等特性,可以承担比较大的拉应力和剪切应力,起到有效分散并传递路基内部应力的作用。如果在膨胀土地基中设置玻璃纤维加强土工格栅,就能约束土体的膨胀形变,减小不均匀沉降,增强路基的承载能力。

### 3.3 高填方路基处理

在高填方路基填土层中设置土工格栅和土工布,可形成复合土工材料,有效约束土体的侧向变形,提升路基的整体稳定性,提升高填方路基的承载能力,削减路基的沉降量。

在高填方路基中使用新型轻质填料EPS来做路堤填筑,可以明显减轻路基自身的重量,减小地基所承受的额外压力,进而减少路基沉降的情况,还能有效地控制路基因压缩而产生的下沉幅度,得到理想的防沉降效果。

在高填方路基中采用高强度复合材料,能够有效地提升路基的强度及其稳定性,可以承担比较大的拉应力和剪切力,从而有效地将路基内部的应力予以分散并传递出去。在高填方路基上铺设钢塑土工格栅的过程中,就能够约束土体发生侧向位移,减少不均匀沉降现象,进而改善路基的承载能力,最大限度地发挥它抵抗沉降的效果<sup>[5]</sup>。

### 3.4 特殊环境路基处理

盐渍土路基是含有诸多盐分的特别土质路基,极易致使路基发生沉降与损坏。在盐渍土路基的处理方面,可利用土工膜以及高强度复合材料来进行处理。土工膜能有效防止盐分的渗透与迁移,减少由于盐分改变造成的路基沉降与损坏;而钢塑土工格栅、玻璃纤维加强土工格栅之类的高强度复合材料,则可提升路基的强度及其稳定性,优化路基抵抗盐胀与腐蚀的

能力。将土工膜和高强度复合材料结合运用,能够很好地解决盐渍土路基出现的沉降及破坏状况,从而改善路基的稳定性和耐久性。

冻土路基是在低温环境下形成的特别路基,极易引发路基不均匀沉降甚至破坏。在冻土路基的处理方面,可以利用土工膜以及新型轻质填料来处理。土工膜可有效阻止水分渗透与迁移,减少由于水分冻结及融化造成的路基冻胀与融沉现象。而泡沫混凝土、EPS等新型轻质填料具有较好的保温隔热效果,能有效规避路基土体因温度改变而出现的冻胀和融沉情况。将土工膜和新型轻质填料结合应用,能够较好地解决冻土路基存在的冻胀和融沉难题,从而提升路基的稳定性及其抵抗沉降的能力。

湿陷性黄土路基是遇湿易陷并出现沉降的特别路基,极易引发路基不均沉降甚至损坏。在应对湿陷性黄土路基时,可以利用土工格栅以及新型轻质填充材料来处理。土工格栅可有效约束土体侧向位移,提升路基整体的稳定性;而像EPS这样的新型轻质填充物,则能削减路基自身重量,减小地基额外压力,进而缩减路基由于湿陷而产生的沉降量。

## 4 结束语

铁路路基抗沉降新材料的应用为解决铁路路基沉降问题带来了新思路与方法。高性能土工合成材料、新型轻质填料、高强度复合材料以及智能材料这些抗沉降新材料,具有强度高、抗压能力突出、耐腐蚀性强、施工方便等性能优势,在软土地基、膨胀土地基、高填方路基以及特殊环境路基等各种类型的路基处理中起到了重要作用。随着材料科学技术持续发展革新,抗沉降新材料的性能将会不断提升,其应用范围也会不断拓展。

## 参考文献:

- [1] 杨超,黄婉青.高性能金属材料在路基加固中的应用与性能分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(16):4-6.
- [2] 邵慧君,陈李峰,戴第伟,等.基于无机材料复合改良淤泥质土用于铁路路基的技术研究[J].科技与创新,2025(12):152-155.
- [3] 梁经纬,蔡德钧,闫宏业,等.逆断层错动对土工格栅加筋铁路路基变形的影响[J].铁道建筑,2025,65(06):13-18.
- [4] 何宝利,赵晓海,范肖伟.铁路路基抗沉降新材料的研究与应用[J].中国高新科技,2025(07):132-134.
- [5] 胡永良.铁路路基土工合成材料的分类和应用[J].路基工程,2025(03):8-12.