浅谈重力式挡墙在粉土路基病害整治中的应用

吉翀垚[1] 赵 明[2] 苏东升[3] 韩博洋[4]
包头市公路事业发展中心 内蒙古 包头 014030

摘 要：粉土路基因其特性易导致沉降、边坡坍塌等病害。重力式挡墙以其施工便捷、成本低廉及良好的稳定性能，在粉土路基病害整治中广泛应用。本文探讨了重力式挡墙的基本原理、类型及其在粉土路基病害整治中的适用性，详细分析了应用场景、施工要点与维护监测方法，并提出了设计中存在的问题及改进建议，以期为类似工程提供借鉴。

关键词：重力式挡墙；粉土路基病害整治；应用

引言：粉土路基因其独特的工程性质，在交通基础设施中常面临滑坡、沉降、边坡坍塌等病害问题，严重影响道路安全与使用寿命。重力式挡墙作为一种历史悠久的支挡结构，以其简单可靠、经济适用的特点，在粉土路基病害整治中发挥着重要作用。本文旨在探讨重力式挡墙的应用原理、施工要点及其在粉土路基病害整治中的实际效果，为类似工程提供借鉴与参考。

1 粉土路基病害概述

1.1 粉土路基的特性

1.1.1 粉土的工程性质

粉土颗粒粒径多在0.005-0.075mm之间，工程性质具有显著特殊性。其孔隙比通常为0.7-1.0，孔隙率较高，导致透水性中等，雨水易渗入路基内部。压缩性属于中偏高范围，在附加荷载作用下易产生较大沉降，压缩系数a1-2多为0.1-0.5MPa-1。含水量对粉土性质影响显著，最优含水量一般为12%-18%，超过此范围会导致强度骤降。天然地基承载力特征值较低，通常在100-180kPa之间，若处理不当易引发地基失稳。

1.1.2 粉土路基的常见病害类型及其成因

常见病害包括路基沉降、边坡坍塌、冻胀翻浆等。路基沉降主要因粉土压实度不足，在车辆荷载反复作用下产生塑性变形；边坡坍塌多源于雨水渗透使粉土抗剪强度降低，或坡脚冲刷导致坡体失稳；冻胀翻浆则发生在季节性冻土区，粉土中的水分在冻融循环中迁移聚集，冬季冻胀抬高路基，春季融化后形成翻浆，破坏路基结构。

1.2 粉土路基病害的危害

（1）对铁路或公路运行安全的影响。路基沉降会导致路面或轨道平整度下降，增加车辆颠簸振动，影响行车舒适性；严重沉降可能引发轨道变形或路面开裂，导致列车脱轨、汽车爆胎等安全事故。边坡坍塌可能堵塞交通线路，造成运输中断，若坍塌发生在运营时段，还可能直接撞击过往车辆，引发群死群伤事件。（2）对基础设施稳定性和使用寿命的威胁。粉土路基病害会加剧桥梁、涵洞等附属结构的附加应力，导致桥台沉降、涵身开裂，降低结构整体性。冻胀翻浆会使路基基层与面层脱离，加速路面破损，大幅缩短道路使用寿命。此外，病害处理需频繁中断交通进行维修，不仅增加养护成本，还会对周边基础设施的正常使用造成连锁影响。

2 重力式挡墙的基本原理与类型

2.1 重力式挡墙的工作原理

（1）依靠墙身自重支撑土压力来维持稳定。重力式挡墙的核心工作原理是通过自身重力产生的抗滑力和抗倾覆力矩，平衡墙后土体传递的土压力，从而实现结构稳定。墙体自重越大，抗滑和抗倾覆能力越强，因此其断面通常设计为梯形或台阶形，底部宽度远大于顶部，以保证重心偏低，增强整体稳定性。在粉土路基等场景中，墙身自重需足以抵消粉土侧向变形产生的推力，防止挡墙出现滑动、倾斜或倾覆等失稳现象。（2）土压力分布与挡墙类型的关系。土压力分布形态与挡墙类型密切相关。对于仰斜式挡墙，墙背与填土的夹角较大，填土主动土压力较小，压力分布呈三角形，最大值出现在墙底；俯斜式挡墙因墙背倾向填土，会增大土压力，压力分布更接近梯形，且数值高于仰斜式；直立式挡墙的土压力分布介于两者之间。此外，刚性挡墙的土压力沿墙高呈线性分布，而柔性挡墙可能因变形产生非线性分布，但重力式挡墙因刚度较大，通常按线性分布计算土压力。

2.2 重力式挡墙的类型

（1）仰斜、俯斜与直立墙背的区分及其适用场景。仰斜式挡墙的墙背向填土方向倾斜，墙背坡度一般为1∶0.15-1∶0.25，适用于墙后填土高度较大、需减少土压

力的场景，如粉土路基的高边坡支挡；俯斜式挡墙的墙背背离填土方向倾斜，坡度多为1∶0.2-1∶0.3，因能提供较大抗滑力，常用于地基承载力较低的路段；直立式挡墙墙背垂直于地面，构造简单，适用于中等高度的路基挡护，尤其适合场地狭窄、无法采用大坡度墙背的情况[1]。（2）材料选择（石砌、混凝土等）及其优缺点。石砌挡墙分为浆砌和干砌两种，浆砌片石挡墙采用水泥砂浆砌筑，整体性强、成本较低，但施工速度较慢，适用于石料丰富的地区；干砌挡墙无需砂浆，透水性好，可快速施工，但整体性较差，仅适用于低挡墙或临时支挡。混凝土挡墙强度高、耐久性强，能预制装配加快施工进度，然而造价较高，且自重较大对地基要求严格。在粉土路基中，浆砌片石挡墙因性价比高且适应一定变形，应用最为广泛；混凝土挡墙则多用于荷载较大或对耐久性要求高的关键路段。

3 重力式挡墙在粉土路基病害整治中的应用

3.1 应用场景分析

3.1.1 粉土路基病害整治中重力式挡墙的适用性评估

粉土路基因其颗粒组成特殊，具有黏聚力低、透水性较强、易受水侵蚀等特点，在道路运营过程中易出现滑坡、坍塌、沉降等病害。重力式挡墙凭借自身重力产生的抗滑、抗倾覆力矩来维持路基稳定，在粉土路基病害整治中具有一定的适用性，但需结合具体情况进行评估。从地质条件来看，当粉土层厚度较均匀、地基承载力能够满足挡墙自重及附加荷载要求时，重力式挡墙适用性较强。若粉土层下存在软弱夹层，需对地基进行处理后再使用，否则可能因地基不均匀沉降导致挡墙失稳。从病害程度而言，对于中小型滑坡、局部坍塌等病害，重力式挡墙能有效发挥阻挡作用；而对于大规模、深层的路基病害，可能需要与其他整治措施联合使用[2]。此外，在地形条件受限，无法采用其他大型支挡结构的区域，重力式挡墙因其构造简单、施工便捷的特点，也具有明显的应用优势。

3.1.2 针对不同病害类型的具体应用方案

针对粉土路基的滑坡病害，若滑坡推力较小，可采用普通浆砌片石重力式挡墙。挡墙高度根据滑坡体高度确定，一般不超过8米，墙背设置坡度为1∶0.2-1∶0.3的俯斜式，以增强抗滑能力。墙后回填透水性好的碎石土，减少墙背土压力。对于粉土路基的坍塌病害，当坍塌范围较小时，采用重力式挡墙直接支挡。挡墙基础应嵌入稳定土层至少1米，墙身设置泄水孔，间距2-3米，以排除墙后积水。若坍塌伴随路基沉降，可在挡墙底部设置砂砾石垫层，提高地基的承载能力和排水性能。针对粉土路基的沉降病害，当沉降量较小时，可在路基两侧设置重力式挡墙，限制路基侧向变形，减少沉降发展。挡墙采用干砌片石结构，便于排水，墙高根据路基填土高度确定，一般为2-4米。

3.2 施工要点与技巧

3.2.1 基坑开挖、地基处理与挡墙砌筑的注意事项

（1）基坑开挖应根据地质条件选择合适的开挖方式，对于粉土地层，采用分层开挖，每层开挖深度不超过1.5米，避免边坡坍塌。开挖过程中做好排水工作，可设置集水井抽水，防止基坑积水影响地基承载力。（2）地基处理需根据地基土的性质进行。若地基为软弱粉土，采用换填法处理，换填材料选用砂砾石或碎石土，换填厚度不小于0.5米，分层夯实，压实度不小于93%。若地基承载力较高，可直接进行挡墙砌筑[3]。（3）挡墙砌筑时，片石应选用质地坚硬、无风化的石材，强度等级不低于MU30。砌筑前将片石浇水湿润，砂浆采用水泥砂浆，强度等级不低于M5。砌筑应分层错缝，坐浆饱满，不得干砌。墙身应设置伸缩缝，间距10-15米，缝宽2-3厘米，缝内填充沥青木板。

3.2.2 墙背反滤层的设置与重要性

墙背反滤层的设置是防止墙后填土流失和保证排水通畅的关键。反滤层一般采用级配良好的砂砾石、碎石和土工布组成，分层铺设，总厚度不小于30厘米。第一层为土工布，铺设在墙背，防止粉土颗粒进入反滤层；第二层为碎石，粒径5-20毫米，厚度10-15厘米；第三层为砂砾石，粒径20-50毫米，厚度15-20厘米。反滤层的重要性在于，它可以阻止粉土颗粒随水流失，避免墙后填土密实度降低，从而保证挡墙的稳定性。同时，反滤层能够顺畅排水，减少墙背积水产生的静水压力，降低墙身所受的土压力。

3.2.3 排水措施与泄水孔的设计原则

排水措施包括墙后排水和地基排水。墙后排水可在反滤层顶部设置排水沟，将雨水引入泄水孔排出。地基排水可在挡墙基础底部设置排水盲沟，盲沟采用碎石填充，断面尺寸为30厘米×30厘米，坡度不小于2%，将地基中的水排出路基范围。泄水孔的设计应遵循“多排、均匀分布”的原则。泄水孔采用PVC管，直径不小于10厘米，间距2-3米，上下排交错布置。泄水孔出口应高出地面或排水沟底面30厘米以上，防止积水倒灌。泄水孔进口处应设置反滤层，防止粉土颗粒堵塞泄水孔。

3.3 监测与维护

3.3.1 挡墙施工过程中的监测方法

挡墙施工过程中需进行位移监测和沉降监测。位移

监测采用全站仪或水准仪，在挡墙顶部设置监测点，间距10-15米，每周监测一次，当位移量超过5毫米/天或累计位移量超过30毫米时，应停止施工，采取加固措施。沉降监测在挡墙基础和墙顶设置监测点，采用水准仪进行监测，监测频率与位移监测相同。若沉降量超过3毫米/天或累计沉降量超过20毫米，需分析原因，采取相应的处理措施。此外，还应监测墙后填土的压实度和含水量，确保填土质量符合设计要求。可采用环刀法或灌砂法检测压实度，采用烘干法检测含水量[4]。

3.3.2 竣工后的定期检查与维护措施

挡墙竣工后应定期进行检查，检查周期为每季度一次，每年进行一次全面检查。检查内容包括挡墙的外观、位移、沉降、泄水孔排水情况、反滤层是否堵塞等。若发现挡墙出现裂缝，应及时进行修补。对于细小裂缝，可采用水泥砂浆灌注；对于较大裂缝，应先清除裂缝内的杂物，然后采用环氧树脂砂浆修补。若挡墙位移或沉降超过允许值，应采取加固措施，如增设锚杆、锚索或加重墙身等。定期清理泄水孔和反滤层，确保排水通畅。若泄水孔堵塞，可采用高压水枪冲洗；若反滤层堵塞，应更换反滤材料。同时，保持墙后填土的平整，防止雨水冲刷填土。

4 重力式挡墙应用中存在的问题与改进建议

4.1 常见问题总结

4.1.1 墙体裂缝、勾缝脱落等病害的成因分析

墙体裂缝多因温度变化引发的伸缩应力、地基不均匀沉降或墙身受力失衡所致。粉土路基区域温差较大时，挡墙材料热胀冷缩产生内应力，若伸缩缝设置不合理或填充材料失效，易导致纵向裂缝；地基局部软弱或排水不畅引发沉降差，会使墙身出现斜向裂缝。勾缝脱落则与施工工艺密切相关，如砂浆配比不当、砌筑时未压实勾缝、后期养护不足等，会导致勾缝与墙体结合不紧密，在雨水冲刷和冻融循环作用下逐渐脱落，进而加剧墙体风化。

4.1.2 基础冲刷淘空、墙背填土沉陷等问题的探讨

基础冲刷淘空主要发生在雨季或临近水源的路段，粉土颗粒易被水流携带流失，若基础埋深不足或未设置防冲刷设施，水流会逐渐掏空墙底土体，导致挡墙失稳。墙背填土沉陷源于填土压实度不足或排水失效，粉土填土碾压不达标时，孔隙率大，遇水后易发生固结沉降；反滤层堵塞或泄水孔失效会使墙后积水，浸泡填土引发附加沉降，进而增大墙背土压力，形成恶性循环。

4.2 改进建议

4.2.1 设计、施工方面的优化措施

设计阶段应强化地质勘察，根据粉土地基特性确定合理基础埋深，软土地段采用换填或灰土挤密桩处理；优化挡墙断面形式，对高挡墙增设卸荷平台，减少墙背土压力。施工中严格控制基坑开挖坡度，粉土地层采用钢板桩支护防止坍塌；推行“样板引路”制度，确保砌筑砂浆饱满度达95%以上，勾缝采用凹缝形式并加强洒水养护。

4.2.2 材料选择与耐久性的提升策略

优先选用强度等级不低于MU40的片石，避免使用风化岩；砂浆采用掺加微硅粉的高性能水泥砂浆，提高抗渗性和黏结力。针对粉土地区特点，墙背反滤层采用“土工布+级配碎石+卵石”复合结构，增强滤水效果；泄水孔选用PVC-U双壁波纹管，孔口设置不锈钢滤网防止堵塞。定期对挡墙进行防腐处理，对北方地区挡墙采用掺加引气剂的砂浆，提升抗冻融性能，延长使用寿命。

结束语

综上所述，重力式挡墙在粉土路基病害整治中扮演了至关重要的角色，以其独特的稳定机制和施工便捷性，为众多道路工程提供了坚实的支挡保障。通过精细设计和严格施工，重力式挡墙不仅有效防止了路基病害的发生与发展，还保障了道路的安全运营。未来，随着科技的不断进步，重力式挡墙的应用将更加高效、智能，为交通建设事业注入新的活力。

参考文献

[1]任波,魏新平.不同形式挡土墙的稳定性分析[J].路基工程,2020,(04):48-49.

[2]田原.挡土墙稳定性影响因素敏感性分析[J].土木建筑,2021,(12):118-119.

[3]崔永军.高填深挖路基桩板式挡土墙的应用与施工研究[J].科学与财富,2020,(14):126-127.

[4]周双朋.桩基托梁挡土墙在道路工程中的应用[J].建材与装饰,2020,(07):73-74.