

土工格栅在公路工程施工中的应用

严迎雪

新疆北新路桥集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830000；

摘要：随着交通事业的不断发展以及交通量的不断增加，早期公路产品面临着越来越大的交通压力，难以满足区域公路交通需求，部分长期投入使用的公路经过多年荷载作用后开始产生不均匀沉降情况。为提升公路使用寿命和服务能力，对原有公路进行扩宽处理，推动土工格栅在公路工程施工中的应用，能在新建路基与原有路基的拼接部分稳定巩固，避免产生差异性沉降，保障公路出行安全。文章立足具体的公路工程案例，设计了土工格栅技术参数并提出了应用举措，保障公路工程稳定建设。

关键词：土工格栅；加筋碎石技术；公路工程

DOI：10.69979/3029-2727.26.02.010

引言

土工格栅技术通过格栅设备的方式，增强公路路基复合体的稳定性，提高路基稳定性和承载能力，避免路基沉降和变形问题影响公路整体建设质量。借助土工格栅的方式提升路基网孔内材料阻力，实现截面两侧碎石土之间的连锁摩擦力，承受较大的拉应力，在保障公路结构稳定性、承载力方面有着较强的应用效果。加强土工格栅在公路工程施工中的应用，对于保障工程质量，促进公路工程可持续发展有着重要意义。

1 工程概况

某地区扩建公路工程选用土工格栅加筋碎石技术作为扩建工艺。该公路建设于 2017 年，为双向四车道，随着该地区交通流量的不断增长，原公路难以满足地区交通正常运行需求，经常发生交通堵塞、障碍等情况。根据本工程交通流量实际情况和具体的堵塞现象，制定扩建方案，扩建路段长度约为 10.8km，扩建为双向 8 车道，扩建宽度约为 41m。在施工前组织完善地质勘察工作，明确公路扩建区域土层结构，实际情况见表 1。

表 1 工程区域土层参数

参数名称	土层名称			
	淤泥质粉质黏土	路基土	粉土	粉质黏土
泊松比	0.35	0.31	0.31	0.31
厚度/m	5.8	5.1	4.6	11.5
弹性模量/kPa	2 010	12 000	2 800	3 000
水平渗透系数/(m.d-1)	0.01	0.01 5	0.001 5	0.015
垂直渗透系数/(m.d-1)	0.005	0.01	0.000 5	0.01
黏聚力/kPa	22.3	30.2	10.5	12.2
内摩擦角/°	16	28	16	18

2 土工格栅在公路工程施工中的技术参数设计

2.1 弹性模量和沉降量

公路扩建路基加宽施工作业组织土工格栅加筋优化，计算土工格栅弹性模量及其大小，严格控制相关指标参数，保障技术应用效果，推动技术的全方位应用。工程施工过程中选用 5 个不同弹性模量明确原公路路基与扩建路基拼接部分的最大沉降量情况，二者的对应关

系见表 2。

表 2 路基拼接部位沉降量与土工格栅弹性模量对应关系

土工格栅弹性模量/GPa	最大沉降量/mm
2	58
1.5	61
1	63
0.5	96
0	134

根据表 2 数据明确土工格栅弹性模量与土层最大沉

降量之间的正相关关系，路基沉降变化幅度不明显，整体保持在 36~96mm 区间。随着土工格栅弹性模量的不断增长，路径沉降量变化并不明显，当土工格栅弹性模量为 1.5GPa 时，路基最大沉降量为 61mm；土工格栅弹性模量为 1GPa 时，路基最大沉降量为 63mm，这一数值相对稳定，因此本工程将土工格栅弹性模量确定为 1GPa。

2.2 弹性模量和横坡比

土工格栅应用过程中对路基强度、扩建工艺和加筋强度直接相关，为了避免扩建路基和原有公路路基拼接部分产生偏差，明确土工格栅弹性模量和横坡比，确保公路路基质量稳定、强度平衡，在施工方案中引入横坡比指标。本工程土工格栅弹性模量和横坡比的对应关系见表 3。

表 3 土工格栅弹性模量与横坡比关系

土工格栅弹性模量/GPa	新老路基横坡比/%
2	3.2
1	3.6
0.5	5.3
0.1	6.8

由表 1 可见，本工程土工格栅弹性模量与横坡比呈现正向关系，为了确定土工格栅弹性模量最佳值，按照横坡比的变化幅度确定土工格栅弹性模量具体数值，根据弹性模量和沉降量的相关比例，将土工格栅弹性模量参数确定为 1GPa。

3 土工格栅技术应用

3.1 施工准备

土工格栅技术应用需要结合工程地区实际情况，明确扩建路基拼接节点的差异，保障新建路基与原有路径的拼接质量，避免发生差异性沉降。在土工格栅技术开展的事前阶段，做好充分的施工准备。首先确定施工材料，结合地质勘探和施工图纸设计要求，工程选用加筋钢塑复合双向土木栅格，其中碎石填料选择以渗水性为主要参数，要求碎石杂质含量少、无明显的垃圾存储；明确填料粒径，使用筛网过滤填料，避免出现填料粒径大小差异过大的情况。施工方案明确填料压实厚度，将指标控制在 75%以内，要求填料不得存在尖锐颗粒。结合不同区域建设情况，按照 30~50 mm、50~70mm 两种规格筛选碎石，具体的参数见表 4。

表 4 筋钢塑复合双向土木栅格参数

参数名称	数值
密度/(kg·m ⁻³)	941
厚度/cm	0.21
横向拉伸力/(kN·m ⁻¹)	10
纵向拉伸力/(kN·m ⁻¹)	10
泊松比	0.2
尺寸/m	0.14×0.11
变形模量/MPa	159

确定材料参数后组织施工测量放样，对于公路路基加宽横断面，避免新旧路基之间的设计值偏差。施工单位需要在准备阶段做好路基数据的多样复核，要求路基加宽横断面不得高于地表高程，当这一偏差值无法满足施工标准需求时重新组织施工，直至满足施工标准^[1]。路基加宽施工前有效平整场地，场地内不得存在明显异物和障碍物，确保场地平整，为后续设备运行使用奠定基础。明确基底压实度≥93%（重型击实标准），平整度偏差≤5cm/3m，多次审查避免出现数据的错误使用，确保准备工作的完善性。

3.2 加筋钢塑复合双向土木栅格铺设

施工准备确定无误后，制定施工方案，明确加筋钢塑复合双向土木栅格铺设的具体环节。工程选定的土工格栅网条截面为矩形，网孔尺寸为 30 mm×40 mm，人工铺设为主，机械搭接为辅，加筋钢塑复合双向土木栅格铺设的施工参数具体见表 5。

表 5 加筋钢塑复合双向土木栅格铺设参数

参数名称	数值
断裂（屈服）延伸率/%	≤ 5
每延米纵向极限抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	≥ 25
横向极限抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	≥ 35
抗拉强度/(kN·m ⁻¹)	≥ 80
格栅接点强度	≥抗拉强度的 80%
延伸率 /%	≤ 13

铺设参数确定后组织路基加宽施工，以原有路基为基础明确铺设起点，铺设一层塑料土木栅格直至铺设至机床表层部分。加筋钢塑复合双向土木栅格铺设严格控制格栅边距，工程铺设间距确定为 0.6m，不同层次格栅的抗拉强度保持在 30kN/m 区间。新建路基距离公路原有路基距离过大时，则需要重新审视铺设起点，将地基坡脚处 4m 以内范围作为起点重新铺设土木栅格。这部分的铺设作业应确保覆盖地基表面的 80%以上，格栅间距为 1.2m，保证格栅之间保持一定距离，抗拉强度

同样保持在 30kN/m 左右。

加筋钢塑复合双向土木栅格铺设选定路线后，按照原有路基和新建路基方案重新设计铺设参数，确保路基加宽与格栅长度保持一致。将路基台阶内部为起点逐渐铺设土木格栅，要求铺设过程持续完成，无特殊情况不得中断，一致铺设至路基加宽边坡方向，在确保格栅长度满足路基扩建需求的基础上，最大限度避免材料浪费问题^[2]。铺设期间执行严格的质量控制，避免出现格栅铺设扭曲、重叠等问题，对不存在冲刷的坡脚或平坦路段，实现路基铺设层与下承层之间的紧密连接。对接路基扩建方向采用多种方向的铺设工序，多环节铺设土木格栅。铺设过程严格落实加筋钢塑复合双向土木栅格铺设搭接、缝接要求，确保格栅铺设平顺、稳定，满足标准施工要求。

3.3 填土和压实施工

加筋钢塑复合双向土木栅格铺设工作完成后组织填料施工。材料运输到现场前进行严格的质量审核，结合工程施工要求使用分层填筑方式，要求每层填筑厚度、填筑工序与施工图纸设计要求保持一致，工程将填筑厚度标准值确定为 30cm。单层填筑完成后立即组织碾压施工，以填料压实度为标准确定碾压次数，但需要保障每层填料最小碾压次数在 2 次以上，最大限度保障路基填筑的紧实度。碾压施工开展时控制碾压设备参数，避免压力过大损坏格栅，产生不必要的返工。为了提高压实施工的稳定性 and 灵活性，采用人工搭配机械碾压的方式，填筑填料强化碾压，每层填料摊铺后及时碾压，确保碾压的平整、均匀。工程选用的碎石含水量较低，受土层含水量影响较小，为了确保填料的碾压质量，选用沙砾土作为填料保持填料的级配均匀。卸料过程中严格控制路基边缘与运输车辆之间的相对距离，保持在 1.5m 以上。

在土工格栅没有铺设填料的部分加强交通阻碍，避免填料的直接碾压，严格禁止车辆在区域上方行驶。为提高施工效率保障摊铺表面厚度均匀性和平整度，控制未覆盖填料筋带上停靠摊铺机。沿垂直于筋带的方向行驶，横坡控制在 3% 以上，填料摊铺至与挡土墙相距在 1m 以内时选用人工铺料方法。机械设备组织压实工作时，从填料摊铺和单层碾压两方面控制设备的前进方向，要求设备前行方向与坡面保持相对平行状态，二者相对距离应小于 1.5m，当处于这一区间后及时更换为人工

摊铺，处理摊铺细节避免出现局部空缺问题^[3]。

压实施工过程中确保填筑压实度，明确碾压压力、碾压次数、碾压速度，保证填料最佳含水量状态，保障施工质量。在组织正式碾压施工前选定试验路段进行碾压测试，明确碾压次数和速度下的压实度结果，制定碾压技术参数方案，实现路基碾压的全面控制。工程选用 10t 规格的压路机进行大面积碾压，实验路段长度为 500m，碾压次数保持在 3~8 次，压路机设备型号包括双钢轮压路机、胶轮压路机、钢轮压路机、胶轮压路机四种，碾压速度维持在 1.5~4.5km/h 区间，组织进行路基压实度检测，检测结果与标准见表 6。

表 6 路基压实度检测结果和相关标准

检测位置点	压实度		
	路基上路堤	路基下路堤	工程标准
1	95.3	95.9	路基上路堤≥ 94， 路基下路堤≥ 93
2	96.1	94.4	
3	98.4	95.3	
4	95.5	95.1	
5	96.8	96.2	
6	97.7	98.2	
7	97.6	96.6	
8	96.9	95.3	
9	98.1	94.8	
10	96.5	95.4	

3.4 施工质量验收

施工完成后组织科学的施工质量检验工作，强化施工验收，判断加筋钢塑复合双向土木栅格铺设的具体质量。施工质量验收作为工程质量控制的重要一环，按照施工搭接宽度、平整度、黏结力几方面明确具体指标，设计合理的质量验收标准，确保检验结果完整科学，具体内容见表 7。

表 7 质量验收标准以及检验结果

检测内容	检查方法	标准结果
搭接缝错开距高/cm	抽查 2%	符合施工标准
横向搭接宽度/cm	抽查 2%	+5,0
纵向搭接宽度/cm	抽查 2%	>20
黏结力/cm	抽查 2%	>20
平整度	每 200 m 抽查 4 处	符合施工标准

4 差异沉降分析

土工格栅在公路工程施工中的应用完成后对施工整体效果进行数据分析，明确土工格栅技术在工程中取得的具体成效，明确应用效果。新路基拓宽完毕后，新

旧路基之间的附加应力直接决定了公路扩建的实际效果，为了避免施加的应力对扩建路基产生影响，分析路基实际沉降情况，避免路面荷载对路基施加荷载力后的不均匀传递。工程使用布辛尼斯克法计算路基的附加应力以及附加应力系数，将其纳入智能分析软件即可得到数据的拟合曲线，按照曲线的走势计算路基沉降量^[4]。工程选定新建路基和原有路基的中心位置作为数据计算起点，旨在确定二者的最大差异沉降数值，计算公式为：

$$S_i = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1} h_i$$

式中： S_i 表示为新建路基与原有路径的最大差异沉降值； e_1 、 e_2 表示为路基土初始孔隙比和最终压缩孔隙比； h_i 表示为路基计算间距之间的偏差高度。

将数据代入计算公式后即可明确土工格栅加筋碎石技术应用完后，新建路基与原有路基之间的差异沉降情况，展示扩建后施工路基性能。这一性能需要从格栅在时间变化的差异沉降结果的直接关系体现，尤其是格栅的形变程度，直接决定了施工后的质量。工程选取施工路段 2 处不同位置组织试验，计算两条路段的 10 处位置计算沉降结果，格栅应变情况见表 8。

表 8 不同位置的格栅应变情况

施工完成时间/d	中心线右侧 5 m/%	中心线左侧 5 m/%
10	0.71	0.75
20	0.87	0.84
30	0.91	0.91
40	0.84	0.75
50	0.77	0.73
60	0.68	0.71
70	0.65	0.60
80	0.60	0.59
90	0.60	0.60

经过差异沉降分析测试结果可知，本次施工结束后产品投入使用一段时间，格栅施工产生了不同程度的应变情况，在 40d 时间内应变差异情况较为明显，随着时间的变化逐渐稳定，70d 后变化极不明显，能稳定路基

荷载。施工完成后 10 处测试点沉降差异值满足标准值要求，最大沉降值变化不明显^[5]。由此可见，工程选用的加筋钢塑复合双向土木栅格技术方案，在公路扩建工程中的应用效果较为明显，能降低新建路基和原有路基之间的差异沉降，稳定路基建设，路基加固效果较为明显。

5 结束语

综上所述，土工格栅作为一种常见的公路路基加固技术，在新建路基与原有路基的搭接部分使用土工格栅，能显著增强路基拼接位置的稳定性。仅以公路扩宽工程为研究案例，明确土工格栅在公路工程施工中的应用成效，研究土工格栅在公路工程施工中的应用，对于减少路基沉降差异、提升路基加固效果的价值。在实际施工中，根据工程施工区域特点、加宽需求以及地质条件，合理选择土工格栅类型以及相关功能材料，确定路基加固技术方案组织加固施工，不仅是增强路基施工效果的有效方法，在保障公路工程高质量发展方面也有着卓越成效。

参考文献

- [1] 张庆旭. 耦合弹性土工格栅-粘土界面剪切试验和数值模拟研究[J]. 建筑技术, 2025, 56(21): 2674-2677.
- [2] 陈园卿, 刘开富, 许家培, 等. 循环荷载作用下不同刚度桩支承的土工格栅变形性状试验研究[J/OL]. 建筑结构, 1-8[2025-12-12].
- [3] 顾凡, 李海, 蒋晨煜, 等. 考虑额外等效应力的土工格栅加筋高液限黏土变形特性试验及预估研究[J]. 中国公路学报, 2025, 38(10): 158-172.
- [4] 牛婷婷, 霍明英, 孙欣, 等. 高速列车荷载作用下桩网复合地基土工格栅变形特性研究[J/OL]. 岩土工程学报, 1-11[2025-12-12].
- [5] 张卓, 黄锦盛, 张晋宏, 等. 基于土工格栅及泡沫轻质土的城市道路新旧路基沉降变形控制研究[J]. 土工基础, 2025, 39(01): 113-117.