

高速铁路正线路基轻质混凝土帮填施工工法

中铁十局集团有限公司

毕研美 张锐光 仇志坚 王国梁 张红

1. 前言

鲁南高铁引入京沪高铁在曲阜东站接轨，既有京沪高铁正线路基宽度不足，需要对既有京沪高铁帮宽处理。大规模的接轨帮宽，邻近路基填土荷载在既有铁路基底以下产生不可忽视的附加应力，将使既有线产生附加沉降，不可避免的对京沪高速铁路运营养护造成影响，尤其是帮填段线路位于地面沉降区域，对其它附加变形的适应能力相对降低。

常规填料帮填不能满足附加沉降的要求，通过 Midas-GTS、FLAC3D 建模模拟计算，为减少帮宽施工过程中对京沪高铁产生的附加沉降，采用轻质混凝土帮填施工。

中铁十局在有关单位的配合下，于 2019 年立项开发京沪高速铁路正线路基轻质混凝土帮填施工技术，形成了京沪高速铁路正线路基轻质混凝土帮填施工工法。

2. 工法特点

2.1 无需大型机械作业，邻营施工安全可靠。

邻近京沪高铁营业线帮填施工时无需大型机械，邻营风险等级直线降低，在营业线边上设置硬隔离措施后可 24 小时作业，安全管控工作量小，营业线安全运营系数高。

2.2 实现远距离输送，自动化程度高。

轻质混凝土具有轻质性、流动性等优点，施工中只需使用水泥发泡机可实现自动化作业，可实现水平泵送距离 400 米的远距离输送。

2.3 施工速度快，节约工期。

采用轻质混凝土帮填路基施工速度快，帮填段无论采用哪种填料，一般一天填筑一层。而每层轻质土浇筑高度为 0.6m，较一般路基帮填每层 0.3m，效率提高一倍；每台自动化计量的一体化拌和站每天可生产约 2000m³ 填料，现场根据工作面大小配备相应数量的一体化拌和站数量，可满足连续作业的需求。

2.4 帮填材料重量轻，减少对京沪高铁的附加沉降。

轻质混凝土硬化后强度可达 1.0MPa 至 1.6MPa 之间，抵抗变形的能力强，帮填成型后，本身的压缩量极小，在刚性地基上帮填后，几乎无沉降。本身为轻质材料，对既有路基造成的附加沉降小。

2.5 节能施工，符合绿色施工理念。

轻质混凝土帮填施工仅需一体化拌和站工作，管道输送，能耗低。现场配以人工支立模板，无须传统路基的运输车、平地机、推土机、压路机作业。

2.6 绿色环保

轻质混凝土帮填施工过程较传统材料帮填相比，施工过程无扬尘、无噪声、无振动，对周围环境影响小；所需原料为水泥和发泡剂，发泡剂为中性，不含苯、甲醛等有害物质，避免了环境污染和消防隐患，绿色又环保。

3. 适用范围

本工法适用于新建高铁引入既有高铁、普铁的路基帮宽，新建车站与既有车站并站段的路基填筑，既有公路路基加宽，路面塌陷抢修，轻质混凝土路基段与传统路基段的过渡段施工等。

4. 工艺原理

此施工方法是将既有京沪高铁边坡沿线路方向按照 10m 间距划分多个浇筑区，在每个浇筑区对应的既有边坡上开挖高度 0.6m 的帮填台阶，台阶上铺设一层复合土工膜隔离层，打设长度 2.0m 的 $\Phi 25$ 连接钢筋，台阶上固定 10cm \times 10cm 镀锌钢丝网，外部支设模板后浇筑轻质混凝土帮填成型的施工方法。帮宽段典型横断面图见图 4。

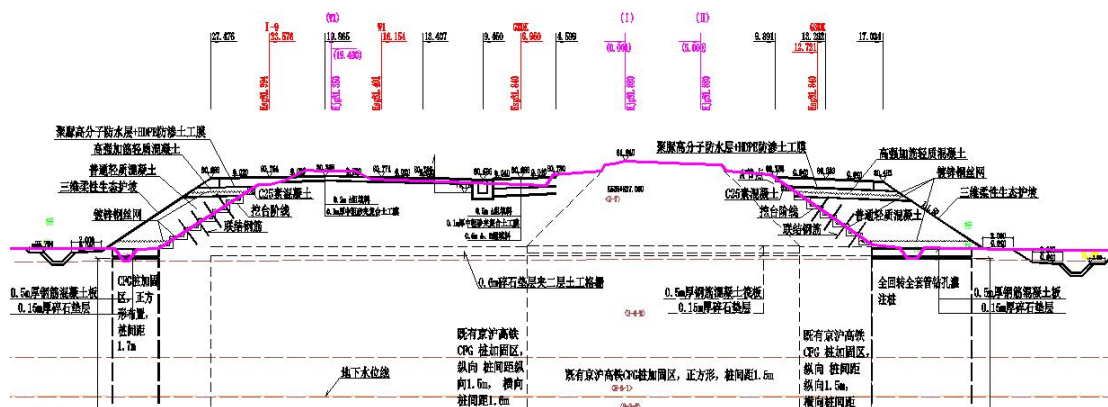


图 4.1.1-1 帮宽段典型横断面图

本工程的轻质混凝土分为普通轻质混凝土和高强轻质混凝土，具体指标见表 4.1.1-1。

表 4.1.1-1 轻质混凝土路基工程实测项目指标

施工部位	施工湿密度 Rfw (kg/m ³)	28d 抗压强度 (MPa)	备注
高强轻质混凝土 (基床底层最上一层)	750 \leq Rfw \leq 850	\geq 1.6	掺加 6mm 长度的玻璃纤维
普通轻质混凝土 (其他部位)	650 \leq Rfw \leq 750	\geq 1.0	

轻质混凝土具有轻质性、流动性、强度可调节性以及固化后自立的特点，类似于混凝土但有别于普通混凝土。是用物理方法将发泡剂水溶液制备成泡沫，然后再将泡沫加入水泥浆中，形成泡沫浆体，通过长距离泵送至帮填区域，并经物理化学作用硬化形成的一种轻质材料。

5. 施工工艺流程及操作要点

5.1 施工工艺流程

轻质混凝土帮填施工工艺流程如图 5.1.1-1。

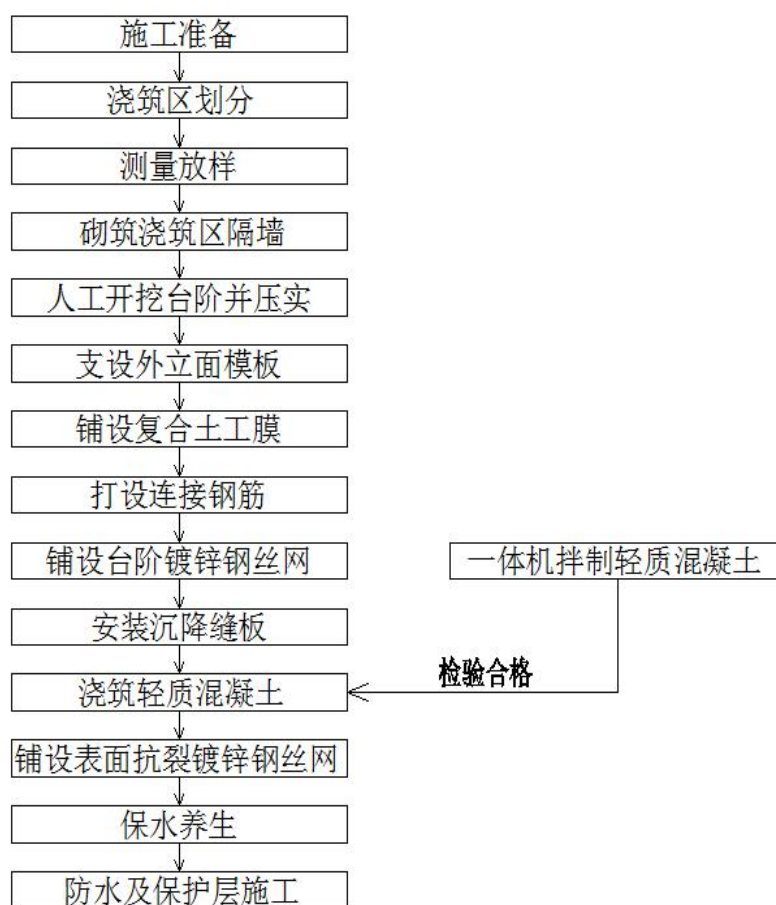


图 5.1.1-1 施工工艺流程图

5.2 操作要点

5.2.1 施工准备

施工人员经过营业线施工安全技术教育培训，考试合格持证上岗；
 施工机具、材料进场报验完成，轻质混凝土配合比确定并报批完毕；
 邻近营业线施工方案经过路局审批完成；
 与设备管理单位的营业线（邻近）安全配合协议签订完成；
 设备管理单位施工监控人员到场。

5.2.2 浇筑区划分

根据现场承载板沉降缝设置情况，完成浇筑区域的划分，并适当调整浇筑区长度，使帮填轻质土路基的沉降缝与之对应。

5.2.3 测量放样

根据每个里程段落的帮填宽度，现场采用全站仪测量放样，定出分区浇筑桩点，每个里程放样 2 个桩位，并设护桩，现场洒出每一层浇筑区域轮廓线。采用水准仪测量高程。桩位、高程测设订桩后与现场负责人及相关人员办理交底手续。

5.2.4 砌筑浇筑区隔墙

各浇筑区的隔离使用加气砖砌筑墙体隔离，砌筑砂浆标号不低于 M10，砌筑的墙体要挂线操作，竖向铅直，以满足后续安装沉降缝板的精度要求。

5.2.5 人工开挖台阶并压实

在浇筑区隔墙位置确定后，确定地下无电缆等障碍物，在设备管理人员的监控下采用人工开挖既有京沪高铁边坡，开挖采用镐、锹等工具，开挖台阶时自上而下，台阶高度 0.6m。开挖时表面留 5cm 厚人工精细整平，并洒水采用小型夯实机具夯实处理。

遇有树根、块石等要一次清除到位，对超挖部分采用 C20 细石混凝土回灌。

开挖出的土方采用人工小推车运至浇筑区外，利用渣土车集中运至指定地点，车辆装满后要覆盖篷布，防止运输途中扬尘。

5.2.6 支设外立面模板

台阶开挖完成验收合格后，直立外立面模板。模板采用厚度 1.5cm 竹胶板制作，模板与隔墙以及下呈层之间的缝隙采用发泡剂填充，并将浇筑区内多余的发泡切割，清理干净，使发泡剂表面与模板面一平，防止轻质混凝土外流，并保证浇筑后的轻质土外形尺寸。

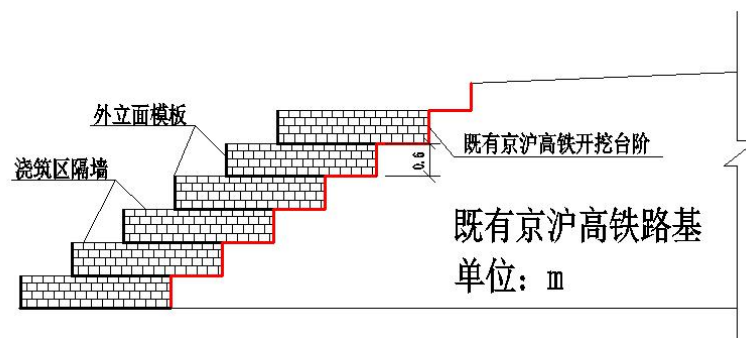


图 5.2.6-1 浇筑区砌筑隔墙及外立面模板支设示意图

5.2.7 铺设复合土工膜

台阶开挖完成，隔墙及模板施做完成后，进行复合土工膜的铺设施工。

复合土工膜的拼接采用两布一膜复合土工膜，铺设时的天气应干燥、温度不低于 5 度。复合土工膜摊开后及时拉平，拉开，与坡面吻合平整，无突起褶皱。复合土工膜需自轻质混凝土与普通填料路堤连接面底部铺设至顶部，且复合土工膜在连接面底部需延伸进入轻质混凝土浇筑区底面不小于 1m。

复合土工膜需要接长或宽度不足时需采用搭接方式接长，搭接宽度不小于 30cm，并采用专用胶水粘接牢固。

施工人员应穿平底布鞋或软胶鞋，严禁穿钉鞋，以免踩坏土工膜。

5.2.8 打设连接钢筋

京沪高铁边坡 $\Phi 25$ 钢筋（钢筋要求防锈处理，带肋 HRB400 钢筋）进行联接加固，钢筋长度为 2.0m，打入既有京沪线边坡 1.0m，外露 1.0m，钢筋间距 1.0m，梅花型布置。

5.2.9 铺设镀锌钢丝网

镀锌钢丝网铺设在每浇筑层顶面向下 10cm 位置，钢丝网幅宽不足时，采用搭接连接，搭接宽度不小于 10cm，采用绑扎丝绑扎牢固，相邻绑扎点间距不应超过 3 倍网眼边长。

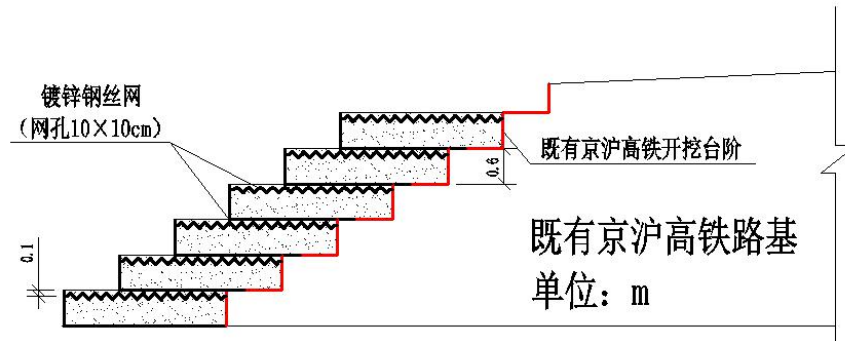


图 5.2.9-1 铺设镀锌钢丝网

5.2.10 安装沉降缝板

沉降缝采用高密度挤塑板，厚度 2cm。隔墙验收合格后，紧贴隔墙两侧安装沉降缝板，沉降缝板采用双面胶条，临时固定在墙上。沉降缝板安装时其顶面高度比计划浇筑的灰面高出 10cm 左右，下次安装沉降缝板前将其用壁纸刀切齐后再安装上层沉降缝板。

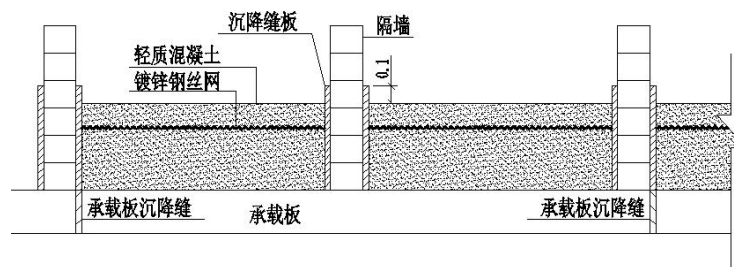


图 5.2.10-1 安装沉降缝板

5.2.11 一体机拌制轻质混凝土及浇筑

1、轻质土站的建设

轻质混凝土站占地面积小，场地搭设临时活动板房作为办公、居住之用。

现场安设一台一体化拌合机，进场安装后进行安装调试。根据工期要求，现场配备 6 个水泥罐，可存放水泥 1000t；

2、配合比设计

轻质混凝土配合比设计应以满足设计文件中轻质混凝土的抗压强度、湿密度、准干密度、流值等要求；配合比应通过计算和试配确定；应采用同厂家、同产地、同品种、同规格的原材料；配合比设计指标应包括发泡剂稀释倍率、泡沫密度、各原材料用量、水胶比、湿密度、湿密度增加率和标准沉陷率等参数。轻质混凝土试配强度应大于设计抗压强度的 1.05 倍。

1) 轻质混凝土设计干密度和用水量可按下列公式计算：

$$\rho_d = S_a (m_c + m_m) \quad (5.2.11-1)$$

$$m_w = B(m_c + m_m) \quad (5.2.11-2)$$

式中： ρ_d ——轻质混凝土设计干密度（ kg/m^3 ）；

S_a —轻质混凝土质量系数，普通硅酸盐水泥适配 $500\sim 800\text{ kg}/\text{m}^3$ 轻质混凝土时取 1.2；

m_c — 1m^3 轻质混凝土的水泥用量（ kg ）；

m_m — 1m^3 轻质混凝土的粉煤灰用量（ kg ）；

m_w — 1m^3 轻质混凝土的用水量（ kg ）；

B—水胶比，未掺外加剂时，水胶比可按 $0.5\sim 0.55$ 选取；掺入外加剂时，水胶比应通过试验确定。

2) 1m^3 轻质混凝土中，由水泥、粉煤灰和水组成的料浆总体积和泡沫添加量可按下列公式计算：

$$V_1 = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_m}{\rho_m} + \frac{m_w}{\rho_w} \quad (5.2.11-3)$$

$$V_2 = K(1 - V_1) \quad (5.2.11-4)$$

式中： V_1 —由水泥、粉煤灰和水组成的料浆总体积（ m^3 ）；

ρ_c —水泥密度（ kg/m^3 ）；

ρ_m —粉煤灰密度（ kg/m^3 ）；

ρ_w —水的密度（ kg/m^3 ），按 $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ 取值；

V_2 — 1m^3 轻质混凝土中的泡沫添加量（ m^3 ）；

K—富余系数：由发泡剂质量、制泡时间及混合时的泡沫损失等而定，对于稳定性好的发泡剂，取 $1.1\sim 1.3$ 。

3) 发泡剂用量可按下列公式计算：式中：

$$m_f = \frac{m_y}{\beta + 1} \quad (5.2.11-5)$$

$$m_y = V_2 \rho_f \quad (5.2.11-6)$$

m_f — 1m^3 轻质混凝土的发泡剂用量（ kg ）；

m_y — 1m^3 轻质混凝土的发泡液质量（ kg ）；

β —发泡剂稀释倍数；

ρ_f —发泡剂密度（ kg/m^3 ）。

4) 在轻质混凝土配合比中加入的发泡剂、减水剂或粉煤灰的品种、掺量以及适应性，应通过试验确定。

5) 计算出的轻质混凝土配合比应通过试配予以调整。配合比适配调整方法按下列步骤进行：

试配试验时，应进行湿密度、流值和消泡试验。当流值、湿密度和由消泡试验确定的湿密度增加率满足要求时，应制取试件并进行养护。

当湿密度不满足要求时，应调整泡沫掺入量，重新进行试配试验。

当湿密度增加率无法满足要求时，应调整发泡剂的稀释倍率，或调整配合比组成材料的种类和用量，重新进行试配试验。

当试配强度无法满足要求时，应调整胶凝材料的用量、标号或品牌，重新进行试配试验。

6) 轻质混凝土使用过程中，应根据材料的变化或轻质混凝土质量动态信息及时调整配合比。

3、轻质混凝土的制备

轻质混凝土的制备采用一体机进行制备，其工艺流程如下：

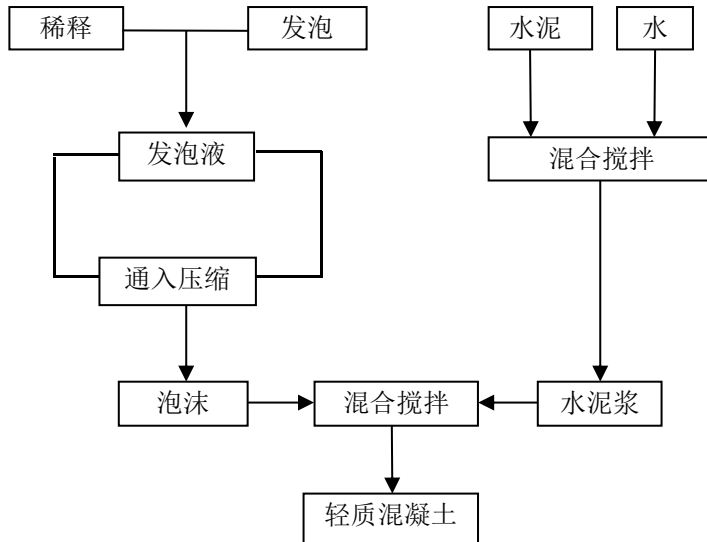


图 5.2.11-1 轻质混凝土一体机制备流程图

轻质混凝土应采用压缩空气与发泡剂水溶液混合的方式生成泡沫的工艺，严禁搅拌发泡生成泡沫。

轻质混凝土制备设备应具有原材料自动化计量功能，在拌和制作轻质混凝土时，应能调节水泥浆或泡沫流量，设备应有设置稳定的发泡倍率，生成标准泡沫密度的泡沫，试配强度应达到设计强度的 1.02 倍。搅拌时间应确保各组分混合均匀，常温下搅拌不少于 120s。

表 5.2.11-1 轻质混凝土一体机计量装置的计量偏差

原材料	计量偏差 (%)
水泥、拌和料	±2
细集料	±3
水、外加剂	±2

轻质混凝土浇筑前要进行现场试验，以确定轻质混凝土是否符合设计要求。检验项目如表 5.2.11-2

表 5.2.11-2 施工过程中轻质混凝土的质量检验标准

项目	检查频率	质量要求
泡沫密度	开工前自检 1 次	45-55kg/m ³
湿密度	每一浇筑层检验 6 次	普通： 650<Rfw≤750 高强： 750<Rfw≤850
流值	开工前自检 1 次	160~190mm
湿密度增加率	开工前自检 1 次	≤5%
沉陷率	每一浇筑层内 400m ³ 检测一组，不够 400m ³ 也检测一组（每一浇筑层取一组 3 个样）	≤5%

项目	检查频率	质量要求
抗压强度	每一浇筑层内 400m ³ 检测一组，不够 400m ³ 也检测一组（每一浇筑层取一组 3 个样）	800 kg/m ³ ， qu7d ≥ 0.93MPa， qu28d ≥ 1.6MPa 700 kg/m ³ ， qu7d ≥ 0.58 MPa， qu28d ≥ 1.0MPa

4、轻质混凝土的浇筑

1) 轻质混凝土浇筑采用分层分区浇筑，单层浇筑厚度为 0.6m。施工平面单个浇筑区沿线路方向长度按 10m 为一个浇筑区进行划分，单个浇筑区浇筑层的浇筑施工时间应控制在水泥浆初凝时间内，单个浇筑层应一次性浇筑完毕。

2) 同一区段上下相邻浇筑层，上层浇筑作业应在下层浇筑终凝后方可进行。当施工期气温高于 15℃ 时，上下两层最短浇筑间隔时间可按 8~12h 控制；否则，浇筑间隔时间应不短于 1 天。

3) 单个浇筑区浇筑时应沿沿线路方向自一端向另一端浇筑；如采用一条以上浇筑管浇筑时，则可并排地从一端开始浇筑。浇筑时出料口宜埋入轻质混凝土内。浇筑过程中，当需要移动浇筑管时，应沿浇筑管放置的方向前后移动，而不宜左右移动浇筑管；如确实需要左右移动浇筑管，则应将浇筑管提出当前已浇筑轻质混凝土表面后再移动。进行扫平表面时，应将浇筑管提出已浇筑轻质混凝土表面并尽量使浇筑口保持水平，并使浇筑口离当前浇筑轻质混凝土表面尽可能低。

4) 出料口在浇筑过程中，不宜悬空。在移动浇筑管、自出料口取样、扫平表面或需要冲散浇筑区内多余的泡沫时，出料口离当前轻质混凝土流动表面的高差宜控制在 1m 以内。

5.2.12 覆盖保水养生

每层轻质混凝土浇筑完成后，应及时铺设防渗土工膜养护，如不能及时铺设防渗土工膜，则应采用塑料薄膜或针刺土工布进行表面覆盖，以对轻质混凝土路基进行保湿养护，直到下一次轻质混凝土施工前方可揭开。

当水化热过高时，应采用饱水养护，以加速水化热释放。

养护期间应做好浇筑区域保护工作，设置必要警示标志，严禁一切不必要施工机具、人员进入浇筑区域养护期间应做好浇筑区域保护工作。

5.2.13 外表面防水层及保护层施工

1、表面防排水封闭层

轻质混凝土上表面铺设一层 SBS 防水卷材。防水卷材上加铺一层 HDPE 防渗土工膜，在伸缩缝外表面铺设一层横向背贴式止水带。表面防排水封闭层断面形式如图 5.2.13-1、5.2.13-2 所示。

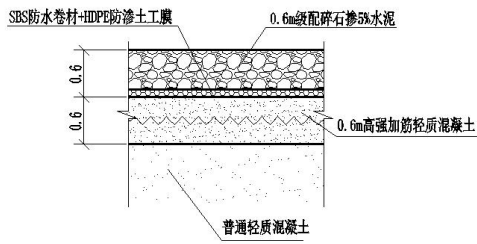


图 5.2.13-1 非伸缩缝断面

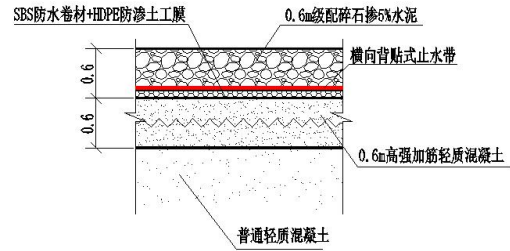


图 5.2.13-2 伸缩缝断面

2、边坡防排水

边坡表面应铺设防水卷材，防水卷材上加铺一层 HDPE 防渗土工膜。在伸缩缝段，应加设一层横向背贴式止水带。

3、过渡段接触界面防水

复合土工膜应自轻质混凝土与纵向普通填料路堤连接面底部铺设至顶部。传统路基边坡开挖顶部最上一级台阶处应设置混凝土止水带，防水卷材+HDPE 防渗土工膜应完全铺设覆盖住素混凝土止水带以防止地表水下渗进入轻质混凝土内部。

5.2.14 基床表层施工

轻质混凝土养生结束后，其顶面需要铺筑 60cm 厚掺 5%水泥级配碎石，级配碎石采用厂拌法拌制，自卸车运输至施工现场，在轻质混凝土范围外进行卸料，将级配碎石转运至轻质混凝土表面，采用刮平机刮平，压路机进行压实。填筑时分层填筑施工，严格按照三阶段、四区段、六流程施工方法进行。压实后按要求进行养护，养护时间不小于 7 天，期间禁止一切车辆通行，防止受搓压而松散达不到设计要求。

5.2.15 附属工程施工

其他排水及边坡绿化等工程按设计要求施做完工。

6. 材料与设备

高铁路基轻质混凝土帮宽施工主要采用的机具设备及施工材料见表 6-1。

表 6-1 主要机具设备及材料表

序号	材料设备名称	规格型号	单位	数量	备注
1	拌和站	HT-18 电控自动化型	套	4	含维修工具
2	变压器	315KW	台	1	
3	总配电箱		个	1	
4	分配电箱		个	4	
5	开关箱		个	4	
6	水泵	三相大泵	台	2	
7	洒水车	8 方	台	3	
8	竹胶板	厚度 1.5cm	平方米	180	
9	短方木	长度不小于 60cm	根	60	
10	发泡剂		箱	4	

11	土工布		卷	20	
12	壁纸刀		把	4	
13	铲刀		把	4	
14	不锈钢刮板		个	4	
15	液化气喷枪		个	2	
16	压吹风机	300W	只	4	
17	小铁桶		只	4	
18	压辊	40kg	个	2	
19	卷尺	50m	把	1	
20	小卷尺	5m	把	3	
21	干粉灭火器		只	6	
22	铁镐		把	6	
23	铁锹		把	20	
24	小型夯实机具		台	4	

7. 质量控制

7.1 工程质量控制标准

高速铁路基轻质混凝土帮宽施工执行表 7-1 的标准。

表 7-1 质量标准

标准号	名称
CECS249-2008	现浇泡沫轻质混凝土技术规程
CJJ/T 177-2012	气泡混合轻质混凝土填筑工程技术规程
JGJ/T 341-2014	泡沫混凝土应用技术规程
JG/T 266-2011	泡沫混凝土
JGJ 63-2006	混凝土用水标准
GB/T 18369-2008	玻璃纤维无捻粗纱
GB175-2007	通用硅酸盐水泥
GB 175-2007/XG2-2015	《通用硅酸盐水泥》国家标准第 2 号修改单
YB/T 5294-2009	一般用途低碳钢丝
TB 10751-2018	高速铁路路基工程施工质量验收标准

7.2 施工质量保证措施

7.2.1 台阶开挖采用人工开挖，底部留 5-10cm 用铁锹精细修整，尽量少扰动下呈层，保证台阶高度、宽度，以及台阶顶面的密实度，开挖完成后用小型压实机械夯实，保证帮宽轻质混凝土与传统路基间的压差。

7.2.2 复合土工膜铺设要铺展，并尽量与下呈层间密贴，同时做好两幅之间的搭接；伸入到底层轻质土范围内不少于 1.0m。

7.2.3 打设连接钢筋要保证打入的深度和角度符合设计要求。

7.2.4 轻质混凝土浇筑过程中加强抽查，按要求进行湿密度、流值的检验，并认真做好施工记录。

7.2.5 轻质混凝土浇筑时应做到：

1、工艺性试验：轻质混凝土施工前，应在现场浇筑区完成浇筑工艺性试验，确定现场施工用配合比、原材料浇筑性能、浇筑层厚、浇筑时间间隔等工艺参数。当季节变化时，应重新开展工艺性试验。

2、浇注区的划分：当路基纵横向尺寸较大时，单个浇注区顶面面积以 400m² 为宜；施工平面单个浇注区长轴方向长度按 10m 一个浇注区进行划分。

3、浇注层的划分：按每个浇注区路基开挖台阶高度进行划分，单层厚度 0.6m，以保证单层浇注的正常施工时间在水泥浆初凝前完成；且每一浇筑区该层应一次性浇筑完毕。

4、轻质混凝土生产设备要满足连续 24 小时作业的能力。

5、浇筑轻质混凝土前，要确认轻质混凝土的质量，严禁将不达标轻质混凝土浇筑至施工区域。

6、要考虑拌制区至浇筑区的路径长度不大于 500m，否则应设置泵送中转站。

7、同一区段上下相邻浇筑层，当施工期气温不低于 15℃，最短浇筑间隔时间可按 8 小时控制；否则，浇筑间隔时间应不低于 1 天。

8、轻质混凝土单个浇筑区浇筑层的浇筑施工时间应控制在 2 小时内。

9、应沿浇注区长轴方向自一端向另一端浇注；如采用一条以上浇注管浇注时，则可并排地从一端开始浇注，或采用对角的浇注方式。浇注过程中，当需要移动浇注管时，应沿浇注管放置的方向前后移动，而不宜左右移动浇注管；如确实需要左右移动浇注管，则应将浇注管尽可能提出当前已浇注轻质混凝土表面后再移动。

10、浇筑过程中，出料口宜埋入轻质混凝土内部，并须不断翻动以避免形成剪切面；出料口在浇筑过程中，不宜悬空。在移动浇筑管、自出料口取样、扫平表面或需要冲散浇筑区内多余的泡沫时，出料口离当前轻质混凝土表面的高差宜控制在 1m 以内。

11、轻质混凝土宜采用软管泵送，在泵送设备及管道的停置时间不宜超过 30min。

12、轻质混凝土雨季、高温和冬季施工应符合下列规定：

1) 严禁在下雨而无防护下进行轻质混凝土施工；

2) 当日平均气温达到 30℃及以上时，应按高温施工要求采取措施；

3) 当日平均气温连续 5 日稳定低于 5℃时，应采取冬季施工措施；当日平均气温连续 5 日稳定高于 5℃时，可解除冬季施工措施；当气温骤降至 0℃以下时，应按冬季施工的要求采取应急防护措施；轻质混凝土越冬施工期间，应采取围护保温措施。

13、轻质混凝土设备清洗废液严禁排入浇筑区，须收集后集中处理。

14、做好轻质混凝土的保水养护措施。

15、保证沉降缝竖直，并与基础沉降缝在一条竖线上。

16、做好外包防水，按设计要求施做，并加强旁站，保证防水工程质量。

17、加强成品保护工作，养护期间设置警示标识。严禁无关人员踩踏，车辆碾压等。

8. 安全措施

8.1 建立安全保证体系

建立以项目经理组长的安全管理组织机构和安全保证体系。严格遵守国家有关安全生产的法律、法规，交通部颁发的有关安全生产的有关规定，杜绝责任一般及以上事故；杜绝建设工程安全较大及以上事故；杜绝从业人员死亡事故；杜绝责任特种设备、道路交通、火灾爆炸等事故；杜绝机械设备大事故和重大事故。无职工因公死亡事故，无职工重伤事故。

8.2 人身安全保证措施

在营业线施工作业，必须坚持“安全第一、预防为主”的原则，所有参与施工人员均需严格执行以下“卡死”制度：

8.2.1 没有相关部门审查签认的施工组织设计或施工方案，没有制定安全技术措施、没有与工务、通信、电务、供电段、高铁维管段及派出所签订好施工安全协议不准开工。

8.2.2 没有书面的技术交底，对施工现场的地下电缆、水管等隐蔽设施没有查明并采取保护措施不准动工。

8.2.3 在营业线作业，与行车安全有直接影响的防护员、驻站联络员、线上机械操作员、施工员等，没有经过培训考试并取得合格证不准上岗。

8.2.4 施工地点预留施工通道门位置设看管房，专人看护，非作业时间，非施工相关人员、车辆严禁入内。

8.2.5 严禁无计划、超范围、无登记、无防护、无经过营业线培训的正式职工配合施工不得施工。

8.2.6 严禁超前准备以及超计划范围组织施工。

8.2.7 行车防护：严格按《济南铁路局营业线施工安全管理实施细则》济铁总发【2013】66号文的规定及补充文件的通知，设置防护人员和防护标志，在车站设置驻站联络员，随时保持联系。

8.2.8 施工机械设备邻近既有线施工，做到“一机一人”防护。

8.2.9 施工照明：夜间施工应具有足够的照明，本工程夜间照明计划在施工现场安装照明设施，同时配置20台移动照明设备，作为备用。

8.3 邻近营业线施工安全保证措施

8.3.1 针对本工程的特点，加强员工在邻近营业线安全生产方面的培训，对员工进行安全基本知识和技能教育，遵章守纪和标准化作业的教育，认真学习执行国家有关安全施工规范，严格执行安全操作规程和铁路总公司的“铁路行车线上施工安全规则”及铁路有关邻近营业线施工安全的有关规定。

8.3.2 施工中与设备管理单位密切合作，主动征求设备管理单位对施工方案、施工计划的意见，使施工方案、计划安排更加具体，更加切合实际，并征得设备管理单位的支持。做到施工运营两不误，设置完备的施工安全防护设施，保证行车安全。

8.3.3 影响营业线正常运营的一切施工，严格依据济铁总发[2013]66号文通知精神，及时提报营业线施工计划，按规定设置防护标志和防护人员，并配备可靠的通讯联络工具，随时与驻站联络员或远端防护人员保持联系。

8.3.4 爱护营业线的设施，保证施工中不损坏营业线设施，若施工中必须拆迁的营业线设施与设备管理部门协商，妥善处理后再施工。

8.4 确保接触网安全保证措施

8.4.1 施工期间，每天派人清理施工现场的易漂浮物，专人巡视检查。并在每次施工结束后，都再派人巡检一遍，以防有遗漏。

8.4.2 根据现场实际情况，易漂浮物来源主要有生活垃圾、养护用塑料薄膜等。在施工场地设置储物装置，专门集中存放易漂浮物。

8.5 防火安全保证措施

8.5.1 项目建立防火责任制，职责明确。

8.5.2 建立有关规定，有专人管理，落实责任，设置警告标志，配置相应的消防器材、消防池。

8.5.3 邻近营业线作业，严禁动用明火；禁止在既有线边上焚烧物品。

8.5.4 现场设置消防器材，灭火器等。

8.6 防止挖断电缆措施

8.6.1 施工前与当地相关部门联系，详细调查工点地下埋设的电缆等地下管线情况，查明准确位置并双方会签，明确责任人。

8.6.2 地下管、线、电缆等隐蔽设施无法提供准确位置时必须采用“人工挖探沟”的方法，找出有光缆并按规定防护后，方可大面积施工。

8.6.3 管线地段探沟开挖，采取人工开挖，探清管线数量及线路走向，严禁盲目开挖。

8.6.4 现场用石灰线标出既有地下管线位置，在管线两侧设警示杆、牌。积极与设备管理单位联系改迁，在地下管线改迁完成后方可进行对应段落施工。

9. 环保措施

9.1 临时工程环保措施

9.1.1 对施工场地进行平整，在轻质混凝土拌合作业场地外结合永久排水设施开挖排水沟，确保施工场地无积水。

9.1.2 临时工程必须按照环保的要求进行实施，严格在临时用地范围外开展施工作业活动，绝不随意开挖、碾压界外土地。

9.1.3 临时工程设施选址在地表植被稀少、易于恢复的地方，临时用地使用完后必须恢复至原有的地形地貌或比原有更改善的状况。

9.1.4 合理布置施工便道，尽量减少施工便道数量，少占土地，不占农田。

9.2 废水、废渣处理措施

9.2.1 严禁将生活污水排入河流和渠道。施工废水按有关要求进行处理达标后排放，不污染周围水环境。

9.2.2 废渣、生活垃圾等集中弃往环保部门规定的弃置场。

9.3 防止空气污染和扬尘措施

9.3.1 工程材料存放场地、施工便道和生产、生活区道路硬化处理，施工过程中经常洒水，防止扬尘对施工人员造成危害和对周边农作物的影响。

9.3.2 在运输、装卸散装水泥及现场搅拌水泥浆时，采取防扬尘措施，避免水泥飞扬污染周边环境。

9.3.3 经常清洗工程车辆轮和车厢。

9.4 施工噪音控制措施

9.4.1 对施工机械和运输车辆加强维修保养，降低噪音。水泥浆拌合场地选址尽量远离居住区。车辆途经居民住所时减速慢行，不鸣喇叭。适当控制机械布置密度，条件允许时拉开一定距离，避免机械过于集中形成噪音叠加。

9.4.2 在比较固定的机械设备附近（空压机房、拌合站），修建临时隔音屏障，减少噪音传播。

9.4.3 合理安排施工作业时间，尽量缩短夜间浇注施工时间，以不影响居民休息。

9.5 水土保持措施

9.5.1 合理安排施工用地，对施工场地范围内的树木进行移植，保护施工场地和临时设施附近的植被。

9.5.2 施工废水必须经沉淀处理，达标后排放。施工废渣等按建设、环保单位要求堆放和运至指定位置，杜绝随意排放和倾倒。

9.5.3 施工场地和道路硬化处理，周边和两侧设排水沟，防止排水引起水土流失。

10. 资源节约

以京沪高铁上行帮宽段工程数量 1.2 万方做基数进行比较：

表 10-1 路基填料单价表

序号	名称	单位	单价（元）
1	传统路基 AB 料	1 立方米	62.58
2	轻质混凝土	1 立方米	446.23

10.1 采用轻质土帮填路基，从自动监测数据上来看，未引起京沪高铁沉降变形，达到了减少附加沉降的目的。

10.2 与传统的路基帮填相比较，远期经济效果好。

本段轻质土帮填费用总计 1.2 万立方米×446.23 元/立方米=535.5 万元。

若采用传统填料帮填费用总计 1.2 万立方米×62.58 元/立方米=75.1 万元。

若采用传统填料帮填势必引起京沪高铁的附加沉降变形，目前国内有技术可以将沉降后的无碴轨道抬高，每米轨道抬升 10mm 以下的综合费用约 3 万元，且恢复股道标高后经过一段时间仍需再次抬高。以京沪高铁上行帮宽段（京沪高速 K536+766.50~K537+035.00）为例，帮宽长度 268.5 米，若需抬升，则一次费用约为 $268.5 \text{ 米} \times 3 \text{ 万/米} = 805.5 \text{ 万}$ ，花费巨大。

11. 效益分析

11.1 经济、环保、节能效益分析

与传统的路基帮填相比较，远期经济效果好。

本段轻质土帮填费用总计 535.5 万元，若采用传统填料帮填费用总计 75.1 万元。若采用传统填料帮填势必引起京沪高铁的附加沉降变形。目前国内有技术可以将沉降后的无碴轨道抬高，每米轨道抬升 10mm 以下的综合费用约 3 万元，且恢复股道标高后经过一段时间仍需再次抬高。以京沪高铁上行帮宽段（京沪高速 K536+766.50~K537+035.00）为例，帮宽长度 268.5 米，若需抬升，则一次费用约为 $268.5 \text{ 米} \times 0.8 \text{ 万/米} = 214.8 \text{ 万元}$ ，花费巨大。

轻质混凝土帮填施工仅需一体化拌和站工作，管道输送，能耗低。现场配以人工支立模板，无须传统路基的运输车、平地机、推土机、压路机作业，节约能源。

轻质混凝土帮填施工过程较传统材料帮填相比，施工过程无扬尘、无噪声、无振动，对周围环境影响小；所需原料为水泥和发泡剂，发泡剂为中性，不含苯、甲醛等有害物质，避免了环境污染和消防隐患，绿色又环保。

11.2 社会效益

京沪高速铁路正线路基轻质混凝土帮填施工技术，确保了京沪高速铁路运营安全、设备安全，优化了施工方案、降低营业线施工难度、极大地缩短了工期，得到了济南局集团公司、鲁南高铁有限公司的一致好评。对该技术研究进行社会效益分析如下：

该工程的安全顺利实施，为新线引入既有高铁线路施工总结出了成熟的设计方案和施工技术，为今后高速铁路帮填施工提供了成熟的技术工艺和施工经验。

该项目的安全顺利实施，为集团公司、济南铁路局赢得了荣誉，为国内新建高速铁路并线引入既有高铁站提供了样板。

12. 应用实例

12.1 工程概况

中铁十局承建的鲁南高铁引入京沪高铁曲阜东站，在既有京沪高铁曲阜东站分别利用到发线车档、维修工区联络线上插入道岔进行接轨，需要对既有京沪高铁正线路基进行拓宽。采用轻质混凝土帮填路基。具体施工范围如下：

- (1) 京沪高铁正线 K536+766.50~K537+035.00 段右侧，高铁场上行联络线，帮宽长度 268.5m；
- (2) 京沪高铁正线 K536+900.00~K537+433.8 段左侧，高铁场下行联络线，帮宽长度 533.8m；

(3)京沪高铁正线 K536+796.00~K536+877.50 段左侧（1-9 安全线），帮宽长度长度 81.5m。

12.2 应用效果

中铁十局鲁南高铁 LQTJ-4 标段高铁场路基轻质混凝土帮填施工自 2019 年 5 月至 2019 年 6 月顺利施工完成。