

新型减振组合式道床轨道安装施工技术

杨少林

(中交一航局第二工程有限公司)

摘要: 为了进一步提高城市地铁轨道精度和减振效果,同时创新优化道床结构形式,青岛地铁 11 号线在国内地铁高架线上试验铺设 120 m 新形式高级减振组合式道床,采用三相调节器和全站仪实时控制、精确调整轨道板平面位置和高程,采用橡胶减震垫和谐振式浮轨扣件共同提高道床整体减振效果。运营后,该段线路地铁运行平稳,减振效果优良,证明了该新型道床试验段施工工艺满足标准要求,其成功铺设可为类似工程提供施工经验和借鉴。

关键词: 减振组合式道床;轨道;减振;精度

0 引言

我国城市快速轨道交通建设对道床减振要求越来越高,中低端减振轨道制品所带来的轨道振动和噪音污染问题也日趋突出。为解决轨道交通高级减振和特殊减振依赖进口的问题,国产减振组合式道床突破减振垫和高性能减振扣件相互匹配及优化的关键技术,减振量达到 20~30 dB,预期替代高端减振制品钢弹簧浮置板道床。若要在工程上实现整体组合式道床系统,必须对整体组合式道床的施工工艺进行系统研究,以满足我国发展城市轨道交通的亟需,并实现整体轨道的低造价、安装维护简便和可更换性等特点。

1 工程概况

青岛地铁 11 号线正线全长 58.35 km,其中高架线全长 45.87 km,设计速度 120 km/h。本次减振组合式道床试验段位于北九水站—庙石站区间左线高架线 U 形梁上,铺设长度 120 m,位于线路纵坡为 28% 的直线段,轨道结构高度 520 mm。

2 减振组合道床系统

2.1 系统构成

减振组合式道床系统主要由钢轨、减振扣件、预应力轨道板、道床隔振垫、限位凸台、自流平砂浆层等结构组成,见图 1。钢轨采用 60 kg/m 无螺栓孔钢轨,铺设无缝线路。减振扣件采用 GJ32 双层非线性减振扣件或谐振式浮轨扣件,其轨距及高低调整量满足设计技术要求。

轨道板采用单向先张法预应力混凝土框架板结构。道床隔振垫铺设于轨道板下,厚度约 30 mm。高弹模砂浆层厚 30 mm,采用砂浆袋灌注。

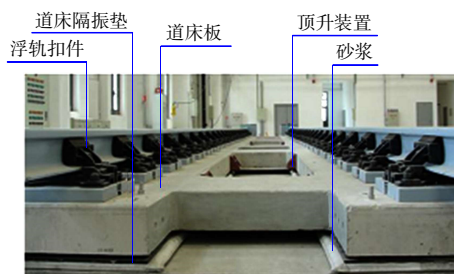


图 1 减振组合道床结构示意图

2.2 系统主要技术指标

减振组合式道床系统隔振频率为 10~15 Hz,减振效果能达到相较于普通道床降低 20~30 dB,该类型道床垂向动态位移 ≤ 5 mm。

3 施工工艺

3.1 施工工艺流程

减振组合式道床主要施工工艺流程为:基标测设→道床基础施工→基础交验和复检→标线的测绘和标注→边线测绘和标注→灌注袋铺设→薄膜铺设→道床垫铺设→轨道板吊装铺设→轨道板粗调→轨道板精调→道床垫及灌注袋精调→轨道板限位→道床垫限位→灌注与养护→扣件及钢轨安装→限位凸台施工。

3.2 基标设置和测量定位

在线路中心线上每隔 3 m 测设 1 个加密基标,用以控制、调整线路的方向和高程,将减振组合道床段 U 形梁上道床基底范围内预埋筋切除至与梁面齐平,复测梁面高程,将高出设计道床基底部位凿除并清理干净。

依据轨道板的长度、板间距和中心线,分别测绘出轨道板纵向板端边线(宽度方向)及纵向边

线(长度方向)。

3.3 橡胶减振系统铺设

1) 铺设砂浆灌注袋

在道床基础上铺设采用加厚聚酯无纺布制作的砂浆灌注袋，铺设前先对其尺寸特别是限位凸台接口及灌注口和冒口位置等进行复查，确保无破损。

根据施工放线位置将灌注袋平整地铺开，灌注袋宽度方向边线与轨道板纵向板端的施工放线位置平齐，允许偏差 0~20 mm。灌注袋长度方向内侧边超出轨道板内侧边 25 mm±5 mm，根据线路状态，灌注袋长度方向外侧边与轨道板外侧边缘齐平或者超出轨道板外侧边缘 25 mm±5 mm，铺设过程中避免出现褶皱。不能损伤灌注袋，如有损伤，立即更换完好的灌注袋。

铺设同一灌注袋时，至少需要 3 人同时操作，其中 2 人拉住灌注袋两端，1 人在中间拉住灌注袋的边缘，控制灌注袋与边线的位置关系，保证灌注袋铺设平顺、无褶皱，使灌注袋两侧露出至与轨道板的宽度一致。铺设完成后固定灌注袋。

2) 铺设薄膜

在道床基础上铺设好灌注袋后，铺设减振垫前在灌注袋上铺设一层厚 0.5 mm 的聚乙烯塑料薄膜。铺设时，检查薄膜完好无破损、表面清洁干燥无水渍，薄膜铺设平整，薄膜边线与灌注袋的边线对齐，允许偏差±2 mm。

3) 铺设橡胶减振垫

在道床基础上铺设好砂浆灌注袋及薄膜后，其上铺设橡胶减振垫(见图 2)，位置处在灌注袋中间，钉柱朝上，减振垫内侧边距灌注袋内侧边 50 mm(灌注袋宽度大于减振垫宽度，即减振垫侧边距离道床板内侧边缘为 25 mm)，允许偏差±5 mm；每块轨道板下隔振垫之间间隙为-5~+10 mm^[1]。铺设完成后对其进行复检。



图 2 橡胶减振系统铺设

3.4 轨道板的吊装铺设

轨道板吊运至设计位置处橡胶减振垫正上方后，对准道床边线并精确控制轨道板纵向间距，然后用轨排吊具吊装钢轨到位后安装扣件，进行轨排组装。

减振组合式道床采用浮轨扣件安装流程为：铺设绝缘耦合垫板→放置扣件底板→放置防撞垫板→放置一定厚度模板→铺设钢轨→组装橡胶楔块与侧向挡板→放置橡胶楔块与侧向挡板组合体→安装道钉(尼龙套管内涂长效油脂)→准备安装工具→放置夹具→施加压力→卡紧定位楔块→卸载压力→取出模板。

3.5 轨道板精调

利用三向调节器进行轨道板的三维调整，将三向调节器安装在轨道板外侧起吊孔处。轨道板上利用扣件尼龙套管作为棱镜定位孔，全站仪实时测量同棱镜交换数据，指挥人工利用三向调节器进行轨道板的精调，三向调节器使用时必须两侧同时进行操作。由于采用透气型灌浆袋，灌浆后到固化前砂浆里部分水分会通过灌浆袋微孔泄漏，根据灌浆量、固化时间和本项目实际情况，一般灌浆袋固化后高度损失 1 mm，另外浮轨扣件刚安装后的钢轨顶标高比通车后扣件正常压缩状态下的轨顶高 2 mm^[2]，本工程通过钢轨顶面控制高程，因此施工过程中控制高程等于设计高程加修正量，即轨道精调时轨顶高程为设计高程加 3mm，以抵消灌浆袋固化后高度下降和通车后浮轨扣件压缩下降值之和。轨道板的铺设精度标准^[3]见表 1。

表 1 轨道板铺设精度标准

项目	允许偏差/mm	检验数量
中线位置	±2	每板检查 2 处(两端)
支撑点处承轨面高程	±1	全部检查
与两端挡台间隙之差	±5	全部检查
相邻轨道板接缝处承轨台相对横向偏差	±2	每块板检查 4 处
相邻轨道板接缝处承轨台四角相对高差	±2	全部检查

3.6 减振垫和灌注袋精调

轨道板精调完成并验收合格后，依据轨道板的位置调整减振垫和灌注袋。利用直尺定位减振垫的调整位置，减振垫的内边界与轨道板的内边

界距离为 25 mm, 允许误差 ± 5 mm。每块板每边 3 块减振垫对接处间隙 $-5\sim+10$ mm^[1], 在调整过程中注意减振垫和灌注袋一起调整, 防止单独调整导致灌注袋发生褶皱。

3.7 轨道板的限位

为保证轨道板空间位置, 防止灌注砂浆时轨道板上浮和侧移, 在轨道板和减振垫、灌注袋先后精调后再进行限位凸台施工, 限位凸台内预埋带有螺杆的膨胀螺栓, 膨胀螺栓通过钻孔植入 U 形梁 10 cm, 同时螺杆高出限位凸台顶面的预留高度 >300 mm。限位凸台施工方法如下:

1) 粘接钢板硫化橡胶垫

先将排水管按设计位置放置到位, 然后在钢板硫化橡胶垫的橡胶面、轨道板侧面分别涂抹一层胶黏剂, 等待 10~30 min, 待胶黏剂表面不起丝但发黏时, 用 401 型万能胶将钢板硫化橡胶均匀涂刷并粘接在轨道板上, 硫化橡胶单元留有 20 mm 沥青沟槽的一侧朝上, 硫化橡胶单元的钢板上顶边与轨道板面平齐, 使用锤子敲击粘接位置, 确保粘接牢固。

2) 定位摩擦副钢板

在摩擦副钢板光滑面上涂抹少量的润滑剂, 然后将摩擦副钢板的光滑面与钢板硫化橡胶垫贴紧, 且保证摩擦副钢板的上部与轨道板上表面平齐。将支撑钢筋一端顶紧摩擦副钢板, 另一端焊接在植入的钢筋上, 从而将摩擦副钢板与钢板硫化橡胶垫紧密贴合在一起。摩擦副钢板之间平均间隙 ≤ 1 mm。

3) 密封处理

在摩擦副钢板下部涂抹一层密封胶黏剂, 然后将密封铁片粘接至折弯钢板下部, 保证密封铁片的下部与道床基础接触。最后在密封铁片和道床基底的接触部位涂抹一层密封胶黏剂, 将密封铁片密封。

4) 绑扎钢筋、浇筑混凝土

在限位凸台摩擦副钢板布置完毕并做好限位凸台和侧边各种密封后再植筋, 然后绑扎限位凸台的剩余钢筋和侧边钢筋笼。

在确保折弯钢板和密封铁片位置没有发生变动、确定侧向道床垫及泡沫板无松动且密封牢固的情况下, 清理基础表面的垃圾、灰尘等, 使基础清洁、干净。浇筑限位凸台并使其上表面与轨道板在同一平面内。

限位凸台强度达到设计要求后, 再采用槽钢结构件作为扣压装置, 连接预埋的膨胀螺栓对轨道板进行限位, 通过螺母紧固在螺杆上实现槽钢与轨道板锁紧, 确保轨道板不产生挠度且限位牢固, 见图 3。同时在 U 形梁两内侧架设限位顶杆, 控制轨道板的横向移动, 每块轨道板四角位置再架设 4 根限位顶杆。轨道板限位系统安装时禁止扰动轨道板, 以保证轨道板空间位置符合设计要求。

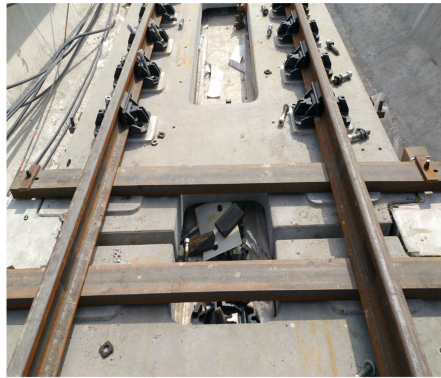


图 3 轨道限位

3.8 灌注袋灌浆

1) 砂浆灌注前的准备

灌注前先检查灌注袋有无破损及其上下有无石子等容易导致灌注袋破损的杂物, 并复测轨道板的几何状态, 用钢尺检查砂浆注入厚度, 并做好记录, 厚度检查 10 个点: 两边各 3 个点, 中间 4 个点。砂浆的灌注厚度控制在 15~60 mm 范围内。确保轨道板、道床垫、灌注袋精确调整到位、限位装置安装稳固。

在灌注口位置的轨道板及基础表面铺设塑料布, 防止漏浆污染, 同时在灌注口两侧放置角钢限位挡板, 以便于灌注袋在此处卷起, 有效限定隔振垫的位置。

2) 砂浆灌注方法及要点

打开砂浆灌注泵的阀门, 将砂浆搅拌机中的砂浆徐徐地一次性连续注入灌注袋中, 防止夹入气泡, 初始灌注流量控制在 5~10 L/min。当灌注进行到一半左右时, 控制灌注流量在 5 L/min, 以便空气排出。实时观察水泥砂浆的静态位置, 确认轨道板侧面的高度, 保证轨道板底部注浆饱满。

观察轨道板状态, 在灌注一侧的轨道板四角分别架设百分表, 通过观察百分表控制轨道板在灌注过程中的上浮量, 在轨道板上浮达到 1 mm 时停止灌注。再用绑扎带将灌注袋上的灌注口绑

扎密封，绑扎时应特别注意不要损伤灌注口的无纺布，并用约 45° 的楔形垫块支撑灌注口，以免砂浆流出，造成灌注失败。灌注过程中，实时监测灌注情况、角钢工具位置和挡板状态，及时调整角钢工具及挡板，保证形成弧形翻边结构，防止灌注口贴住轨道板影响减振效果。

灌注结束后10~20 min内，将灌注口内的砂浆通过高差压力挤入灌注袋后用U形夹具封住灌注口根部。随后用手挤压四角数秒，防止四角缺浆影响饱满度，另外用10 mm厚的圆角木板或塑料板隔离灌注口与道床板，便于后续清理灌注口并使道床板与砂浆层之间留有间隙。灌注完成2~3 h内，降低三向调节器的高度下落0.5~1 mm，通过重力挤压的方式，让灌注袋内的砂浆变得更加均匀和饱满。

3.9 轨道精调

灌注袋灌注完成并经过养护达到设计强度后，拆除轨道板限位装置并将预埋膨胀螺栓切断至与限位凸台顶面齐平，然后用道尺对轨道进行精调

并将浮轨扣件安装到位，确保成型减振组合式道床减振效果和轨道精度。

4 结语

减振组合式道床在高架线道床上的运用目前还处在试验阶段，尤其在U形梁上铺设减振组合式道床在国内尚属首例，具有减振效果好、造价低、可更换性好、铺设速度快等优点。但在各种环境和道床形式上的铺设工艺还需要通过试验段施工不断优化和总结提高，突出其优势并达到理想减振效果。通过在该试验段道床施工过程中解决遇到的难题和纠正轨道调整方式所积累的经验，为同类型道床施工提供参考。待减振组合式道床施工工艺不断成熟后将可替代高端减振制品钢弹簧浮置板道床，打破轨道交通高级减振和特殊减振制品主要依赖进口的局面。

参考文献：

- [1] GB/T 50299—2018, 地下铁道工程施工质量验收标准[S].
- [2] CJ/T 285—2008, 城市轨道交通浮置板橡胶隔振器[S].
- [3] TB 10413—2018, 铁路轨道工程施工质量验收标准[S].