

高速铁路铺轨工程技术探讨

王秋

中铁十一局集团有限公司第三分公司

摘要：随着高速铁路网络的迅速发展，铺轨工程技术成为确保铁路系统安全、稳定和高效运营的关键因素。本研究旨在探讨高速铁路铺轨工程的技术细节，包括无缝线路的应力放散与锁定、轨道精调、钢轨及道岔焊接等关键技术环节。考虑到高速铁路对于运营安全性、平顺性和精确度的高要求，这些技术环节对于整个铁路系统的稳定性有着至关重要的影响。通过深入分析和总结现代高速铁路铺轨工程的技术规范与实践经验，本研究为高速铁路铺设提供了科学的技术支撑和理论基础。

关键词：高速铁路；铺轨；施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.060

新时期，我国社会经济发展迅速，高速铁路作为一种高效、环保的交通方式，已成为连接城市和促进经济社会发展的重要纽带。随着各国对高速铁路网络的不断扩建和升级，铺轨工程技术的重要性日益凸显。这一技术不仅直接关系到铁路系统的安全运营和乘客的舒适体验，也对铁路工程的经济性和施工效率产生深远影响。因此，深入研究和优化高速铁路铺轨工程的关键技术，对于提升铁路建设质量、确保运营安全、降低维护成本，以及推动铁路科技进步具有重大意义。

一、高速铁路铺轨工程要求

（一）高速铁路架梁建设要求

在高速铁路铺轨工程施工中，对于大型箱梁的架设与相关技术标准，需实施严格的管理措施，确保工程的稳定性和表面平整度。在工厂建设中，通常采用32m长的双轨通孔箱形梁，设定最低重量标准为880t，以满足结构安全与稳固的需求。我国高速铁路建设广泛应用通孔预制梁架设法，可有效缩短施工时间，降低对施工现场的空间要求，提升桥梁设计与安装的质量，并且有效控制工程成本。针对我国铁路系统的发展需求及其承载能力要求，主要采用重型T型梁的架设技术。尤其在同时服务于客运与货运的高速铁路线上，常用的重型梁桥机重量通常超过160吨。目前，我国简支T型梁桥机的最大起重能力大约为140t，要求设计中的重型T型梁能够实现横向的伸缩功能，从而简化施工流程。高速铁路铺设过程中，还特别强调对架桥装置的研发创新以及技术人员的专业培训，提高施工效率，保障铁路系统的运行安全与可靠性，同时促进技术团队的专业发展，为高质量完成建设任务提供坚实的技术支撑和人才保障，确保工程的顺利实施与长期运营的稳定性。

（二）高速铁路铺轨建造要求

在高速铁路铺轨建设领域，要求提高项目的质量，

确保铁路系统稳定运行。首先，在长钢轨一次性铺设技术的应用中，对相关设施和技术标准提出明确要求，包括高质量的钢轨焊接和轨道应力的精细管理。虽然某些发达国家已经开始使用单枕铺轨机以其牵引力完成铺轨作业，但这种做法并不完全适合我国的长钢轨铺设规范。因此，需加强铺轨过程和牵引力控制，并促进龙门架设备技术创新。为保证高速铁路运营安全，需加强轨道铺设的平整度和线路的稳定性控制，对轨道稳定性、直线度、精确铺设位置以及焊接质量进行严格控制。在实际施工中，需采用高性能的养路机械，并实施反复精细作业。然而，当前技术水平在满足高速铁路轨道的平直度和精确度方面还存在差距，因此，必须对施工方法和技术进行深度研究与改进。

二、高速铁路铺轨工程技术

（一）轨枕与钢枕联结散布

在高速铁路铺轨工程中，轨枕与钢枕的联结散布至关重要，是确保轨道结构稳定性与安全性的基础。轨枕主要有两种类型，包括混凝土轨枕以及钢枕，均需直接承担着轨道及过往车辆的重量。轨枕的主要职能是均匀分散轨道压力，维持轨道稳定，并为钢枕提供充分的支撑力和固定力。钢枕的稳定性和耐久性比较高，在高速铁路施工中，可有效承受高速列车运行压力。轨枕与钢枕之间的连接不仅需要足够牢固以抵御常规负载，还必须保持适当的弹性，以便于适应气温变化带来的尺寸变动及列车运行时产生的动态负荷。此外，需基于线路的具体条件及工程设计要求进行细致规划，确保每一部分轨道系统都能达到预期的稳定性和安全标准，保证高速铁路的运营效率与安全，可见铺轨工程技术的复杂性和精密性比较高。

（二）上砟整道

上砟整道环节是高速铁路铺轨工程施工的关键，需在轨枕下方铺设铁路碎石，以形成一个稳固的基础，为轨道提供必要的支撑，而且还可发挥良好的排水性和适度的弹性，有效减轻列车运行产生的振动和噪声。针对高速铁路的特殊要求，碎石的选择必须符合严格的质量标准，包括其粒度、质地和铺设的厚度，确保轨道床具有优良的均匀性、稳定性及长期的耐用性。在上砟整道施工中，关键工序包括铺设基层碎石、调整轨枕至理想位置、覆盖顶层碎石，并对轨道进行精细调整，以满足高速铁路的精确度要求。为保证施工质量，需应用专业的机械设备，并且组织具备经验丰富的施工队伍负责施工，确保铺设过程中每一个细节都能达到预定的设计标准。

（三）道岔铺设

道岔铺设是高速铁路轨道系统构建中的关键环节，其作用是实现列车在不同轨道间的平滑转换。高速铁路的特点要求道岔安装不仅要精确无误，以确保列车在高速转轨时的安全性和乘坐的舒适度，而且还必须保证高度的可靠性。道岔的设计和制造以及现场的精准安装、调试和后期维护，都是确保其高精度和可靠性的重要环节。在高速铁路中，道岔区域的轨道布置尤其需要精确控制，以消除列车通过该区域时可能遇到的任何颠簸或轨道偏差。同时，还必须考虑到道岔的耐久性和维护的便捷性，保障其在高速列车长期运行条件下的稳定性和可靠性，确保高速铁路的运营安全性。

三、高速铁路铺轨工程施工实例

（一）工程概况

在杭州至温州段的杭温铁路项目中，特别是义乌至温州间从DK114+727到DK317+113的范围内，铺轨工作包括了433km正线与站线的全面铺设。在该项目建设中，需精准铺设无缝铁路，焊接与紧固长轨段，同时还需铺设6.25km有缝轨道。在本工程施工中，计划铺设66组有砟道岔，其中杭深铁路永嘉站特别增设4组，13组伸缩调节器的安装，全线道岔通过109组铝热焊接技术进行连接，同时建设专用的铺轨基地，并使用150000m³的道砟。

（二）正线长轨铺设

正线的长轨铺设工作起始于义乌铺轨基地，沿着向温州方向的轨道顺序进行。联合应用人力铺轨（采用长轨更换铺设法）和本线及邻线的长轨铺设技术，计划使用一套BLCP500型铺轨设备。在施工的初期阶段，将先利用工具铺设出一条长轨运输通道（在义乌站的有砟线路范围内），随后使用BLCP500长轨铺设机组向温州方向逐步进行正线和邻线的铺轨作业。当铺轨机组抵达各车站时，计划利用2至3天的时间完成车站的铺轨推进。对于有砟无缝线路部分，在正线铺设前，将先行手工铺设并进行初步的轨道整理，待正线铺轨作业进入闲置期再进行长轨的替换。

“本邻两线长轨铺设法”特指使用BLCP500型铺轨机组在同一施工过程中同时进行本线及邻线的长钢轨铺设作业。当铺设本线时，采取的铺轨方法与WZ500型长轨推送技术相同，即通过配置专用的牵引车和推送车来实施铺轨作业。在铺设邻线的过程中，基于平衡配重的原则，通过科学设置配重保证在轨道落位过程中，无论是落轨前还是落轨后，使用的车辆都能保持稳定，防止倾覆。邻线长钢轨的铺设是在长钢轨列车就位后开始的，通过启动机组的顺坡拨轨器，解锁长钢轨，使长钢轨依次经过若干顺坡拨轨器直至铺轨点，再由机车牵引使长钢轨顺利落入承轨槽内，完成邻线的长钢轨铺设工作。

（三）站线铺轨

在站线的铺轨作业中，无砟轨道与有砟轨道采用不同的铺设技术。对于无砟轨道，施工团队运用了“本邻两线长轨铺设法”和“一推一卸”的策略来进行铺轨。而对于有砟轨道，则先人工铺散轨枕，随后同样采取“本邻两线长轨铺设法”和“一推一卸”的模式进行施工。

在有砟轨道的铺设过程中，底层砟石和表层砟石均通过汽车运输至施工现场。首先完成底层砟石的铺设，随后预先铺设部分表层砟石，并使用机械设备进行摊铺、整平和压实。轨道材料通过人力辅以汽车运输至指定位置，而钢筋混凝土的轨枕则在现场通过锚固架进行固定。工作人员根据设计要求散布轨枕，并就地摆放轨底垫板，完成长轨铺设并进行连轨及上扣件作业，紧接着对铺设的质量进行检查。最终步骤是利用风动卸砟车完成表层砟石的铺设，然后进行大型机械养护整道作业，以确保铁路轨道的平整和稳固。

（四）道岔铺设

在有砟道岔的铺设过程中，对于具备运输能力的车站，道岔轨材及配件通过汽车运输至施工现场，并采用“原位铺设法”进行道岔的安装。而对于缺乏运输条件的车站，则采取使用临时轨道排列的方法作为过渡，待正轨铺设完成后，再通过铁路运输将道岔轨材及配件送至施工地点，并在道岔旁边进行预铺，随后拆除临时轨道并将道岔移至指定位置。施工中将配置多套专用道岔施工设备，并根据各站场的施工进度实施多点同时施工和流水线作业策略。

永嘉站的站改工程计划在既有线上插入4组18号道岔，主要施工步骤包括：首先是完成南北两侧与既有线路无关的轨道及道岔的铺设工作。在永嘉站温州端的甬台温既有线上，采取道岔外侧位置预组装，整体道岔一次性移位的插铺方案。施工前将进行现场勘查，制定详细的专项方案，并与设备管理部门签订施工安全协议，保证施工期间既有线的行车安全。施工过程分为几个阶段：首先是建立道岔预组装平台；接着是完成接触网的迁移和改造；然后将道岔运至现场并进行侧位预组装；之后在指定的天窗期内进行道岔的插铺作业，插铺完成后对线路实行限速开通；最后进行道岔的精细调整和速度提升，以满足设计的行车速度要求。道岔焊接采用铝热焊接技术，并与两端的长钢轨焊接形成跨区间的无缝线路。

（五）上砟整道

通过风动卸砟车向已完成铺设的轨道添加表层砟石，确保为大型轨道整修设备提供作业条件，同时保证轨道的几何参数达到后续施工要求。在K13车完成砟石卸载之后，工作人员手工均匀散布砟石至轨道区域内。

接下来的步骤包括轨道的抬升操作，其中轨道的每个部分会在数个点位被轻微抬起，并使用砟石进行稳固支撑。抬升后的轨面应尽可能保持平整，避免出现任何

明显的凹凸不平或反向超高现象。在此基础上，同时调整轨枕的位置，并利用小型液压夯固设备进行紧固作业。

随后进行串砟作业，即在轨枕下方填充砟石，以确保填充充分、密实，没有遗留空隙。完成这些步骤后，进行拨道操作，即将铁路线路调整至预定的中心线位置，确保直线段的直线度和曲线段的平滑度。在拨道前，需仔细检查即将调整的铁路段的轨缝间隙是否适宜，如有需要则进行适当调整，预防铁路线路发生膨胀变形的风险。

（六）钢轨及道岔焊接

在现场进行的钢轨单元和锁定焊接作业主要采用移动式闪光焊技术，而对于道岔部分则选用铝热焊接方法。在正式开始焊接之前，需要对焊接技术和参数进行严格的型式测试，以确保所有焊接工艺和参数均符合标准要求。只有在型式测试通过后，才能开始正式的焊接作业，且必须严格遵循移动式闪光焊的操作流程。焊接完成后，立刻对焊缝进行打磨处理，并进行平直度和超声波探伤检测，以确保焊接质量。

施工现场所使用的钢轨焊接设备包括一系列专业工具和机械，如轨道车、平板车、专用于移动式闪光焊的作业车、内燃动力的锯轨机、用于清理钢轨端部的除锈设备、液压式钢轨拉伸器，以及焊接完毕后用于后处理的设备（包括焊缝热处理装置、钢轨矫直机、精密钢轨磨床等）。此外，还包括探伤仪器、起道机、内燃螺栓扳手、发电机以及万能道尺等，以支持现场的焊接和质量检测工作。

1. 钢轨焊接

钢轨的闪光焊接过程包括以下步骤：首先，松开固定钢轨的扣件并放置支撑滚筒；接下来进行焊接前的钢轨检查和去除钢轨表面锈迹；然后，将焊接设备准确对齐钢轨位置，开始焊接并完成初步的磨平工作；随后对焊缝进行正火处理、冷却并进行精细磨平；完成焊缝的超声波探伤检查后，重新安装钢轨扣件并恢复铁路线路的正常状态，至此施工完成。

2. 道岔焊接

铝热焊接是道岔焊接的主要方法，施工所需的主要设备包括铝热焊接工具、内燃驱动的锯轨机、液压钢轨拉伸器、轨道调整设备、瘤推机、磨床、探伤设备和预热装置等。道岔铝热焊接首先开始施工前的准备工作，然后松开钢轨扣件并进行焊接前的全面检查；对轨端进行校正对齐后，安装砂型模具并封闭模具箱；设置预热支架并进行预热；点燃焊接材料进行焊接，随后进行瘤推和磨平处理；完成焊缝的探伤检查后，重新安装钢轨扣件并恢复铁路线路的正常状态，标志着施工结束。

（七）无缝线路应力放散及锁定

无缝线路的应力释放和锁定可以通过滚筒法或拉伸法实施。在施工操作中，如果轨温处于设计的锁定温度

范围之内，则采用滚筒法；若轨温低于设计的锁定温度范围，则选用拉伸器配合滚筒法。对于无缝线路的锁定焊接，建议使用“顺序延伸法”，即从铺轨的起始点开始，依次向终点延伸焊接。在有砟轨道上，当单元轨段焊接完成后，需要通过大型养路机械进行初步稳定后，才能执行轨道的应力释放和锁定作业。

对于已焊接成型的长钢轨单元轨段，根据实际测量的轨温决定采用的应力释放方法：如果实测轨温在设计锁定温度范围内，使用滚筒释放法；如果实测轨温低于设计锁定温度，则转为使用拉伸器滚筒释放法。

滚筒释放法的施工流程包括：施工前的准备、设置位移观测点、松开轨段扣件、放置支撑滚筒、通过撞击使钢轨进入自由状态、移除滚筒并让钢轨回落入位、重新紧固扣件锁定钢轨、做出零点标记和贴上位移观测标尺、记录初始位移数据，最后完成施工。

利用滚筒法来放松钢轨应力，通过解除扣件和使用滚筒支撑钢轨使其自由移动，使用撞击方法去除内部应力，同时监测钢轨位移，直到应力完全消除。根据轨温，钢轨将被放松或通过拉伸器调整至设计长度后锁定，并标记零点位移。采用移动闪光焊技术将新释放的轨段与前一节轨段焊接。

在线路锁定之前，将进行全面的线路质量检查，包括轨道的几何参数和道床特性，确保它们符合设计和规范的要求。锁定完成后，根据设计和规范要求进行钢轨位移监测和无缝线路的标记工作。

结语

综上所述，本次研究围绕高速铁路铺轨工程技术的关键环节进行深入探讨和分析，包括无缝线路的应力释放与锁定、轨道精调及钢轨和道岔的焊接技术。通过合理应用各类技术，加强施工技术工艺控制，可确保铁路系统稳定性、安全性和运营效率。本次研究可为高速铁路铺轨工程提供科学的操作指导和理论依据，推动高速铁路建设技术的发展和革新。

参考文献

- [1] 贺晓娜. 铁路工程建设中的铺架施工工艺[J]. 工程建设与设计, 2023, (08): 101-103.
- [2] 王志江. 铁路铺轨工程要求及机械铺轨施工技术[J]. 工程建设与设计, 2023, (06): 144-146.
- [3] 李力, 高振坤, 杨云堂, 等. 高速铁路钢轨铺设施工方案概述[J]. 高速铁路新材料, 2022, 1(05): 57-60.
- [4] 吴启新. 艰险山区铁路长大坡道铺轨施工技术研究[J]. 铁道建筑技术, 2022, (01): 153-157.
- [5] 张浩. T11长轨列车在高速铁路铺轨工程中的应用研究[J]. 铁路工程技术与经济, 2021, 36(05): 23-26.
- [6] 王君勋. 无砟铺轨机组在有砟轨道工程中的应用[J]. 居舍, 2021, (03): 50-51.