

文章编号: 1006—2106(2009)09—0022—04

严寒地区 CRTS Ⅰ型轨道板制造技术^{*}

张玉光^{**}

(中铁二十三局齐齐哈尔富铁轨枕有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161041)

摘要: 研究目的: 哈大客运专线工程项目位于我国东北三省境内, 气候条件十分恶劣。在我国甚至在世界范围内, 也尚无在如此严寒地区修建无砟轨道的先例。为此, 需通过对严寒地区客运专线 CRTS Ⅰ型板式无砟轨道板的生产进行试验研究, 解决严寒地区条件下轨道板的耐久性及抗冻性, 并形成生产工艺。

研究结论: 在我国相关行业标准以及客运专线无砟轨道混凝土材料再创新科研成果的基础上, 对严寒地区无砟轨道板用钢材、混凝土等原材料经研究提出了技术要求, 并优化了预应力混凝土轨道板中预应力体系, 形成权限的施工工艺。此技术在严寒地区的成功运用, 为今后严寒地区无砟轨道板的生产奠定了坚实的技术基础。

关键词: 严寒地区; 轨道板; 制造技术

中图分类号: U213.3 **文献标识码:** A

Manufacturing Technique of CRTS I Ballastless Slab Used in Cold Area

ZHANG Yu—guang

(Qiqihaer Futie Co. Ltd., 23rd Bureau Group, Qiqihaer, Heilongjiang 161041, China)

Abstract: Research purposes: Harbin—Dalian Passenger Dedicated Line passes through three provinces of the northeast China with very cold weather. Up to now, there is no ballastless track in such cold area at home and abroad, so it is necessary to do the experimental research on the manufacture of CRTS I ballastless slab of passenger dedicated line in cold area to make the durability and frost resistance of the slab meeting the requirement of cold weather and to form the manufacturing technique.

Research conclusions: Based on the relative standards and the innovation achievements of the concrete materials for the ballastless track of passenger dedicated line, the technical specifications are offered for the materials for slab used in the cold area, such as steel and concrete, and the prestress system of prestressed concrete slab is optimized as well as the authority manufacturing technique is formed. The successful application of this technique in cold area provides the perfect foundation for manufacture of the slab used in cold area.

Key words: very cold area; slab; manufacturing technique

无砟轨道具有整体性强、稳定性好、坚固耐用、轨道变形小、变形积累缓慢等优点, 有利于高速行车, 在许多国家得到广泛应用。而我国哈大客运专线所经地区极端最低温度近 -40°C 。在该地区修建无砟轨道将面临年温差大, 极端气温低, 季节性雪害和冻害严重等问题。

1 CRTSⅠ型板式无砟轨道混凝土轨道板制造技术

1.1 轨道板模型控制

高平顺、高稳定性的无砟轨道由各个高精度的无砟轨道部件组成。为了使无缝线路的铺设和调整能够

* 收稿日期: 2009—06—23

** 作者简介: 张玉光, 1974年出生, 男, 工程师。

达到高平顺、高稳定性的要求, 必须确保无砟轨道各部件组装尺寸的准确性。控制轨道板尺寸精度是保证无砟轨道铺设精度的基础条件之一, 因此保证轨道板尺寸制造精度是非常必要的, 同时轨道板的制造质量也取决于轨道板模型的设计和加工制造精度。为了保证能生产出高质量的产品, 通过对我国前期轨道板生产所用的钢模进行了系统的研究, 并结合轨道板的生产工艺对轨道板钢模进行了全面的设计修改, 使其既节省材料又方便施工, 同时也可减轻工人劳动强度, 使我国轨道板模型的设计和使用较以前有了很大的改进。

(1) 通过结构分析, 轨道板钢模采用厚钢板组拼焊接成型, 对成型钢模进行时效处理, 消除焊接应力, 并对模型的工作面进行数控机床处理。

(2) 钢模上预留各类预埋件的安装孔, 底模上预

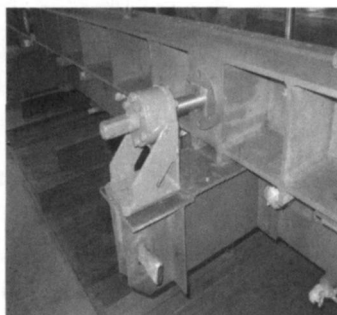


图 1 脱模用丝杆

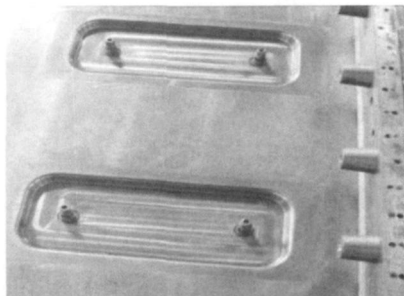
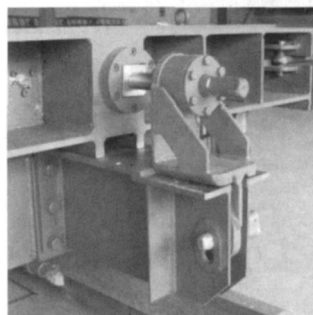


图 2 套管定位系统

1.2 原材料控制

1.2.1 混凝土

混凝土应满足设计要求的强度、弹性模量, 并具有预防碱骨料反应性能。根据环境类别及侵袭作用等级, 应具有抗冻性、抗渗性等。

根据强度等级、耐久性要求和原材料品质以及施工工艺等进行混凝土配合比设计。混凝土配合比通过计算、试配、试件检测后经调整确定, 同强度等级和性能的混凝土只需进行一次混凝土配合比选定试验。当使用的原材料、施工工艺发生变化时, 均应重新进行配合比选定试验。

埋套管定位孔, 采用可更换装置, 便于各种形式轨道板的生产。侧模和端模上有起吊螺母孔和锚穴及锚垫板螺栓孔。

(3) 根据预应力 PC 钢棒位置在模型上设计锚穴成孔器, 保证预应力筋的位置准确, 同时设计了 PC 钢棒预紧装置, 保证 PC 钢棒的平直度。

(4) 为使模型的侧模、端模便于安装和拆卸, 钢模两端和侧面设置拖板, 以便侧模和端模脱出时支撑。拖板上设拖拉装置与侧模、端模相连, 利用传统丝杆技术进行拖模, 形式如图 1 所示。

(5) 新的套管定位系统可以快速安装扣件的预埋尼龙套管, 仅需 1 人可在 1~2 完成一个套管的安装固定, 并且可以保证套管安装质量, 这是以前轨道板模型所不具备的功能, 形式如图 2 所示。

1.2.2 预应力筋和锚具

(1) 预应力筋采用 PCB 13-1420-35-L-P-GB/T5223.3 低松弛预应力 PC 钢棒, 公称直径 13 mm, 允许误差 ± 1 mm, PC 钢棒端部螺纹采用滚轧成型, 其极限拉力应不小于母材实测极限拉力的 95%。PC 钢棒采用定长下料, 下料长度为: 纵向 $4\ 882 \pm 2$ mm, 横向 $2\ 335 \pm 2$ mm。

PC 钢棒外层采用套管加防腐润滑脂防护或改性沥青表面涂刷方式防护。涂层应具备防酸、碱、盐腐蚀的功能, 具有良好的化学稳定性, 并满足国标 I 类防水的相关要求, 不得对混凝土产生不良影响, 且具备不流

消、低温流动性好的特点。同时需满足 7 d 内在混凝土中可抽动的要求。套管加防腐润滑油脂方式, 套管需采用壁厚 1 mm 高密度聚乙烯树脂。

(2) 预应力筋锚固采用螺母锚固体系, 在静力锚固组装置试验条件下, 锚固效率系数不小于 0.95, 破断延伸率不小于 2%; 在上限荷载为 0.65 f_{pu} 疲劳应力幅 80 MPa 条件下, 满足 200 万次的疲劳要求。螺母原材料采用 45 钢, 螺母需采用调质处理; 锚垫板应采用 45 号优质碳素钢。

预应力筋—锚固螺母组装置应进行静力、疲劳和周期荷载性能试验, 每 500 块板为一批, 静力锚固性能试验不少于 3 套。

(3) 环氧涂层钢筋的质量直接影响轨道板绝缘性能, 为控制好涂层钢筋的性能, 由专业厂家提供涂层加工。用于制作环氧涂层的钢筋, 其质量应符合 GJ 3042—1997 标准的规定, 外观表面不得有尖角、毛刺或其它影响涂层质量的缺陷; 并应避免油脂或漆等的污染。涂刷后的涂层应连续, 不应有孔洞、空隙、裂纹或肉眼可见的其它涂层缺陷; 涂层钢筋在每米长度上的微孔(肉眼不可见之针眼)数目平均不应超过 3 个。

涂层钢筋的吊装应采用对涂层无损伤的绑带及多支点吊装系统进行, 防止钢筋与吊索之间及钢筋之间因碰撞、摩擦等造成的涂层损坏。涂层钢筋在搬运、堆放等过程中, 应在接触区域设置垫片; 当成捆堆放时, 涂层钢筋与地面之间, 涂层钢筋捆与捆之间用垫木隔开, 且成捆堆放的层数不应超过 5 层。

1.3 生产工艺控制

1.3.1 钢筋绑扎定位

钢筋骨架绑扎成型采用专用钢筋编架台。

纵向钢筋定位在编架台纵向等边角钢两直角边交线上按轨道板钢筋图纵向钢筋的间距、数量刻成宽 11 mm 深 4 mm 的小槽, 编架时横向钢筋落入槽内以便定位。

横向钢筋定位按轨道板钢筋图要求, 在编架台两侧横向角钢上用油漆作出标记。

在四边角钢上标明纵横向张拉成孔孔位。

1.3.2 轨道板钢筋骨架安装

安装程序: 安装预埋套管→钢筋骨架入模→校正钢筋骨架→安装预应力钢棒→安装起吊螺母及螺旋筋→校正。

骨架放入模板时, 应注意避开预埋套管位置。若钢筋骨架影响预埋件位置和预应力钢筋位置, 可适当移动普通钢筋位置, 但移动后必须重新绑扎牢靠。将骨架放于底模上, 骨架如有偏斜、扭曲, 应进行调整。现场采用平板靠尺, 担置在两边侧模上, 用钢尺检查靠

尺边缘至钢筋边缘的距离, 对钢筋骨架在轨道板厚度方向的位置进行调整。对环氧涂层钢筋不得损坏表面涂层。

1.3.3 模板安装

模板清理好后, 在锚穴成孔器上安装锚垫板, 将锚垫板固定上紧螺栓。安装锚垫板时其固定端和张拉端应交错布置。

侧模、端模安装应对称进行, 先安装侧模, 再安装端模。侧模和端模吊运过程中应注意保护模板面, 严禁硬物碰撞。安装时, 由 1 人指挥, 2 人找正模型, 使侧模缓慢就位。模板就位后, 打紧斜铁利用合模螺栓拧紧模型, 然后用塞尺检查板缝位置处空隙。如有空隙, 必须分析原因, 进行处理, 严防漏浆。

1.3.4 安放预应力钢棒

预应力钢棒安装前必须检查其包裹层是否完好, 对于包裹层微小损坏的地方, 可采用塑料胶带封裹。严禁采用包裹层损坏严重的预应力钢棒。将预应力钢棒张拉端从锚穴成孔器(固定端)中的预应力钢筋孔道穿入, 从另一侧锚穴成孔器(张拉端)中的预应力钢筋孔道穿出(预应力钢棒安放亦可在端、侧模安装前完成)。

安装预应力钢棒予紧装置, 需保证预应力钢棒的平直, 以钢棒张紧为准。

1.3.5 混凝土灌注和震动

(1) 混凝土灌注时每套钢模配置底震震动器和平板震动器, 灌注采取一端向另一端延伸的办法。混凝土浇筑分两层连续进行, 第一层 100 mm 厚, 第二层 100 mm 厚。严禁浇筑间隔超过初凝时间的混凝土。

(2) 浇筑温度必须进行严格控制, 在夏季的浇筑温度必须控制在 35℃ 以内; 骨料、水泥及拌合水应进行遮盖, 避免长时间日照。冬季浇筑温度应控制在 10~20℃, 做好骨料、水泥和水的保温工作, 并用蒸汽对模板进行预热。

(3) 混凝土灌注, 灰斗距模型高度 1 m 左右为宜, 下灰时开斗人员注意控制灰斗的摆动, 以确保下灰均匀, 并保证安全。下灰量要适度, 以振动后混凝土平齐钢模顶面为准。

(4) 布料过程中, 随混凝土的灌注依次开动底面震动器, 当底震力不足时上部再采用插入式震动棒进行震动, 每个震动棒隔 0.2 m 左右插入一次, 深度应至模型底部, 每次震动 30 s。震动棒操作应浅插轻捣、快插慢拔, 倾斜插入混凝土内, 不能与钢模垂直接触, 避免直接接触钢筋和预埋件。以混凝土表面不再冒气泡、表面泛浆且无显著下沉为准。震动时不要撞动各种配件。

(5) 最后用平板震动器沿模型长度方向震动, 以确保模型边角和预埋件周边的混凝土密实。并将混凝土表面赶压密实和整平至表面泛浆和无石子裸露为准。

(6) 震动后用抹子抹平混凝土表面, 注意填边填角。在夏季抹完面后应及时将混凝土表面进行覆盖, 避免造成混凝土快速失水造成干裂; 并在初凝前进行二次抹面。

1.3.6 脱模、起板、翻转

(1) 脱模, 拆除端模、侧模与底模的连接螺栓及挡块、钢棒予紧装置。利用水平丝杆依次拆除侧模和端模。模板拆除过程中, 应同步协调, 使模型平行外移, 防止损伤边角和锚穴位置处的混凝土。

(2) 起板, 轨道板起吊前应首先采用 3 千斤顶利用模型的起板装置将轨道板顶起, 然后采用专用的吊架起吊轨道板。起吊时充分拧紧起吊螺栓, 轨道板保持水平起吊, 缓慢进行。吊装过程中必须有操作人员扶稳板体, 防止轨道板摇摆受到震动和撞击。

(3) 轨道板翻转, 利用吊车和轨道板起吊螺母先将轨道板吊垂直, 然后向另一侧缓慢放下, 注意不得碰撞轨道板。轨道板翻面后应立即进行外观和尺寸的质量检验。

1.3.7 预加应力

(1) 张拉千斤顶每月校正一次, 按每次标定的回归方程校正系数使用。油表有效使用周期为 7 d 精度不低于 1.0 级。油表和千斤顶校正必须配套使用。

(2) 在轨道板混凝土达到设计强度以上 (48 MPa), 弹性模量达到 3.41 GPa, 养护时间 7 d 以上时方可进行张拉。

(3) 安装张拉杆前必须清除锚穴内的灰渣和杂质, 保证锚固螺母与锚垫板的垂直。清除预应力筋表面的包裹层和油脂, 以保证锚具的锚固性能不受影响。

(4) 轨道板纵横向预应力筋单根张拉控制力按照图纸要求控制。张拉施工采用 YGB180—120 型拉杆式千斤顶, ZB4—500 型高压油泵配套作业。张拉顺序从中间向两边对称进行, 逐根张拉。其纵向 PC 钢棒采用 2 台千斤顶同时张拉或 1 台千斤顶在两端依次张拉的方法进行, 横向钢棒采用 1 台千斤顶单端张拉。采用规定的张拉记录表, 对每一根预应力筋按顺序编号, 记录张拉力和实测伸长值。每张拉一根都应作出标记, 采用油表读数为主。

1.3.8 封锚

(1) 封锚采用 M40 砂浆, 砂浆采用 42.5 级水泥、筛除 5 mm 以上颗粒的细骨料, 与能提高砂浆韧性的聚醋酸乙烯类聚合物乳液等配制, 水泥用量 800 kg/m³。

灰砂比为 0.50, 水灰比为 0.18。M40 砂浆配合比由试验室进行配置。

(2) 封锚砂浆采用强制式搅拌机拌制, 搅拌机转速为 2 000 r/min。

(3) 每块板张拉完毕后, 仔细检查锚固情况, 预应力钢棒外露部分应及时清理干净, 并均匀喷涂界面剂。

(4) 封锚前将穴孔内表面混凝土凿毛, 封锚混凝土可分层填塞, 并捣固密实, 不能有空洞和不密实现象。其表面用抹子抹平、抹光, 与原混凝土之间无错台, 表面应与原混凝土颜色一致, 无收缩裂纹。

(5) 封锚砂浆的养护采用草帘覆盖, 且初凝后的 12 h 需加强洒水养护。封锚砂浆施工不宜在温度较高的阳光直射下施工。

1.3.9 轨道板养护

将封锚后的轨道板吊入养生区域进行 3 d 水养, 养生的水温不低于 5℃。水养后再进行湿润养护 4 d, 养护时间共计不少于 7 d。

1.3.10 轨道板的储存和堆放

(1) 轨道板采用立放 (长度方向着地) 方式进行堆放。轨道板垫木设置在两起吊螺栓孔之间, 且上下处于同一位置。堆放轨道板的基础要求坚固、平整, 无沉降, 严禁出现三点支撑现象。

(2) 轨道板采用立放时应用连接螺栓板和连接螺栓将相邻两块轨道板连接, 使轨道板堆放成一体, 轨道板堆放端头应有良好的防倾倒支撑架, 第一块轨道板连接在支撑架上。

(3) 露天存放时, 要用篷布遮盖, 避免阳光直射造成混凝土表面龟裂和变形。

2 结论

综上所述, 严寒地区客运专线 CRTS 型板式无砟轨道轨道板制造技术, 在消化吸收国内外无砟轨道轨道板施工技术的基础上, 根据我国铁路无砟轨道施工标准、规范及实际施工情况, 有针对性地结合严寒地区的气候特点研发、优化、完善、创新了整个施工工艺过程, 形成了我国自主知识产权的“综合施工技术”科研成果。

(1) 水泥碱含量应不超过 0.60% (是混凝土耐久性所必需的), 对限制长期使用过程中出现的碱骨料反应具有重要意义。减少水泥中的 C₃A 含量, 可降低混凝土中水化温升, 并使温峰推迟出现。

(2) 预应力混凝土轨道板采用预应力钢棒。为避免预应力张拉后预应力筋伸出部分的切割, 钢棒采用定尺下料。横向预应力筋采用单端张拉, 固定端预应

(下转第 49 页)

5 结论

通过对某大跨度斜拉桥桥台桥梁结合部钢—混结合段受力进行的试验研究和利用有限元软件 ANSYS 建立模型进行的有限元分析表明:

(1) 只要设计方案合理, 构造处理恰当, 钢箱梁—钢—混结合段—混凝土箱梁沿纵向刚度过渡就平稳, 预应力施加作用明显, 钢板与混凝土节点位移耦合。

(2) 模型试验结果与有限元分析结果比较吻合, 说明利用有限元进行建模分析时, 只要模型建立、参数选取合理, 结果就会具有较好的可信度, 有限元分析结果对实际斜拉桥工程设计具有重要的参考价值。

(3) 本文的试验结果和有限元分析结论已用于实际斜拉桥的工程设计中, 取得了良好的效果。

参考文献:

- [1] TB 10212—98 铁路钢桥制造 [S].
- [2] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范 [S].

- [3] JTJ027—96 公路斜拉桥设计规范 [S].
- [4] 党志杰, 黄彩萍, 等. 南昌市英雄大桥北主桥钢混凝土结合段受力和传力行为研究及模型试验 [R]. 武汉: 中铁大桥局集团武汉桥梁科学研究院有限公司, 2008.
- [5] Oehlers D J, Johnson R P. The Strength of Stud Shear Connections in Composite Beams [J]. Structural Engineer, 1987, 65 B(2): 44—48.
- [6] 叶梅新, 罗如登. 群钉钢—混凝土组合件栓钉受力状态研究 [J]. 钢结构, 1999, 14(3): 39—44.
- [7] 叶梅新, 吏林山. 混凝土受拉状态下钢—混凝土组合结构中栓钉的承载力的研究 [J]. 长沙铁道学院学报, 2003, 21(1): 9—12.
- [8] 李俊. 整孔箱梁现浇及落梁施工技术研究 [J]. 铁道工程学报, 2003(4): 86—89.
- [9] 叶梅新, 张晔芝. 桁梁结合梁及其连接件的试验研究 [J]. 铁道学报, 1999(1): 67—71.
- [10] 蒋深根, 卢彭真. 有限元法在桥梁结构分析中的应用 [J]. 甘肃科技, 2005, 21(2): 24—26.
- [11] 郭志毅, 成果. 钢—高强混凝土组合梁中剪力钉连接件的分析 [J]. 山西建筑, 2006, 32(24): 58—60.

(上接第 25 页)

力筋端部控制在保护层内; 纵向预应力筋两端张拉, 并控制两端预应力筋螺纹外露基本一致。采用专用张拉千斤顶张拉、螺母锚固, 经过试验, 效果良好。相比于无粘结预应力钢绞线, 取消了夹片式锚具, 降低了轨道板预应力系的成本。

(3) 确定了轨道板混凝土养护制度参数, 确定了轨道板 16 h 生产工艺, 提高了轨道板的脱模强度, 控制了轨道板混凝土微细裂纹的产生。采用水养方式, 避免了轨道板混凝土早期裂纹的产生, 提高了其耐久性。

(4) 预应力筋锚穴的封锚质量影响到轨道板的耐久性, 如果封锚处的砂浆开裂或者与锚穴周边的混凝土结合不牢固, 会使轨道板预应力筋锈蚀, 影响其耐久性, 为保证锚固砂浆与轨道板混凝土的良好结合, 规定在砂浆填压前, 将锚穴清扫干净, 并在周边均匀喷涂能够提高粘结强度的界面剂。

参考文献:

- [1] 研线 0801 预应力混凝土轨道板设计图 [S].
- [2] 科技基 [2008] 74 号, 客运专线铁路 CRTS 型板式无砟轨道混凝土轨道板暂行技术条件 [S].
- [3] SDS-003—2008 客运专线铁路 CRTS 型板式无砟轨道混凝土轨道板检验细则 [S].
- [4] 铁建设 [2005] 160 号, 铁路混凝土工程施工质量验收补充标准 [S].
- [5] 科技基 [2005] 101 号, 客运专线高性能混凝土暂行技术条件 [S].
- [6] TB 10210—2001 铁路混凝土与砌体工程施工规范 [S].
- [7] GB/T 5223.3—2005 预应力混凝土用钢棒 [S].
- [8] GB175—2007 通用硅酸盐水泥 [S].
- [9] GB/T 14370—2007 预应力筋用锚具、夹具和连接器 [S].
- [10] JG 3042—1997 环氧树脂涂层钢筋 [S].