

DOI: 10.7672/sgjs2025110102

采用沥青反打工艺的装配式道路施工关键技术研究*

李一冰¹, 曾繁清¹, 王宏俊², 高路恒²

(1. 中交建筑集团西南建设有限公司, 北京 101101; 2. 江苏工程职业技术学院, 江苏 南通 226007)

[摘要] 为推进我国公路工程装配化建造高水平发展, 创新研发设计与应用, 结合工程实践, 对采用沥青反打工艺的装配式道路结构设计与建造新技术开展研究。以装配式道路结构深化设计、创新工艺方法、提高建设质量和结构耐久性、降低建造成本、优化工期、节能环保以及助推行业转型升级为目标, 建立了采用沥青反打工艺的装配式道路结构新技术体系, 采用了“H型钢梁支撑设计, 纵横向交叉预应力, 沥青面层一体化叠合板反打工艺, T形塑胶密封条嵌缝处理, 嵌缝与受力相结合, 沥青面层二次铺装”技术方案, 整体遵循“以中心段向两端平行作业, 标准化设计, 模块化施工, 机械化作业”为原则, 技术方案经专家论证, 可行有效。

[关键词] 公路; 装配式; 反打; 沥青; 模块化; 施工技术

[中图分类号] U416.2

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)11-0102-05

Research on Key Technology of Assembled Road Construction Using Asphalt Backfiring Process

LI Yibing¹, ZENG Fanqing¹, WANG Hongjun², GAO Luheng²

(1. China Communications Construction Group Southwest Construction Co., Ltd., Beijing 101101, China;

2. Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong, Jiangsu 226007, China)

Abstract: In order to promote the high level development of China's road engineering assembly construction, innovative R & D design and application, combined with engineering practice, the implementation of the design and construction of assembled road structures using asphalt backfiring process to carry out research work. To deepen the design of assembled road structure, innovative process methods, improve the construction quality and structural durability, reduce construction costs, schedule optimization, energy saving and environmental protection, as well as to promote the transformation and upgrading of the industry as the goal, the establishment of the new technology system of assembled road structure using asphalt backfiring process, the use of “H-shaped steel beam support design, longitudinal and transverse cross prestressing, asphalt surface layer integration Laminated plate backfiring process, T-type plastic sealing strip inlay processing, inlay and force combination, asphalt surface layer secondary paving” technical program, the overall follow the “center section to both ends of parallel operations, standardized design, modular construction, mechanized operation” as the principle, the technical program by the experts to prove that the technical program has been proven by experts, which is feasible and effective.

Keywords: road; assembly; reverse striking; asphalt; modularization; construction

1 工程概况

某装配式道路工程是深圳市龙华区重点规划建设项目, 装配建造路段设计总长 15km, 设计宽度

为 13.58m, 采用沥青反打工艺的装配式道路结构技术体系。工程实施采用沥青反打工艺的装配式道路结构, 共应用了 H 型钢梁 9 408 根, 纵向预应力筋 5 000 根, 横向预应力筋 1 251 根, 固定端锚具 5 000 个, 张拉端锚具 5 000 个, 夹片式锚具 2 502 个, 沥青面层一体化叠合板 7 500 块, T 形塑胶密封条 7 495 根, 三角锥面层连接件约 54 万个, 项目整体预制率

* 2023 年南通市科技计划(MSZ2023035)

[作者简介] 李一冰, 副总经理, 高级工程师, E-mail: 13689736@qq.com

[收稿日期] 2025-01-20

为 92.13%,装配率为 95.49%。作为区域新技术试点推广应用项目,技术方案经专家论证可行有效。

2 施工方法

采用沥青反打工艺的装配式道路结构旨在道路结构深化设计、创新工艺方法、提高建设质量和结构耐久性、降低建造成本、工期优化、节能环保以及助推行业转型升级等方面综合考量,建立了采用沥青反打工艺的装配式道路结构新技术体系,采用“H 型钢梁支撑设计,纵横向交叉预应力,沥青面层一体化叠合板反打工艺,T 形塑胶密封条嵌缝处理,嵌缝与受力相结合,沥青面层二次铺装”技术方案,整体遵循“以中心段向两端平行作业,标准化设计,模块化施工,机械化作业”原则。

2.1 采用沥青反打工艺的装配式道路结构设计

采用沥青反打工艺的装配式道路结构如图 1 所示,主要包括路基基层、H 型钢梁、纵向预应力筋、横向预应力筋、固定端锚具、张拉端锚具、夹片式锚具、沥青面层一体化叠合板、T 形塑胶密封条、注浆孔、出浆孔等部分。H 型钢梁按照道路线型规划纵横向布设于路基基层,形成装配式道路基本受力骨架,H 型钢梁分隔各区段内布设预应力筋,预应力筋两端锚固于 H 型钢梁的腹板上,即纵向预应力筋两端设有固定端锚具和张拉端锚具,横向预应力筋采用后张拉工艺并采用夹片式锚具在整体施工完毕后进行横向预应力筋的张拉与锚固,各区段 H 型钢梁顶部设有沥青面层一体化叠合板,相邻 2 块沥青面层一体化叠合板拼缝间设有 T 形塑胶密封条,各区段于沥青面层一体化叠合板上设有注浆孔和出浆孔,亦可将注浆孔设于 H 型钢梁腹板上,注浆孔和出浆孔在各吊装区段内呈对角关系。现场施工时,待全部灌浆作业施工完毕,在沥青面层一体化叠合板上方进行沥青面层的二次铺装,完成整体吊装作业。采用沥青反打工艺的装配式道路结构所有部品严格按照规范标准进行设计,通过工厂预制生产,现场机械化吊装施工,结构设计合理,符合国家推进绿色建造相关标准要求。

1) 由于沥青面层一体化叠合板在工厂预制过程中采用反打工艺,为了增强黏结强度,在沥青砂浆与混凝土浇筑部分之间设有三角锥面层连接件,保障一体化叠合板成型质量(见图 2)。

2) 由于横向预应力筋张拉并锚固于道路两侧的 H 型钢梁腹板端,因此在道路两侧布设的 H 型钢梁上应提前做好预留锚固口,合理布设,每根 H 型钢梁做好现场吊装编号。

3) 为保障整体结构灌浆施工质量,沥青面层一

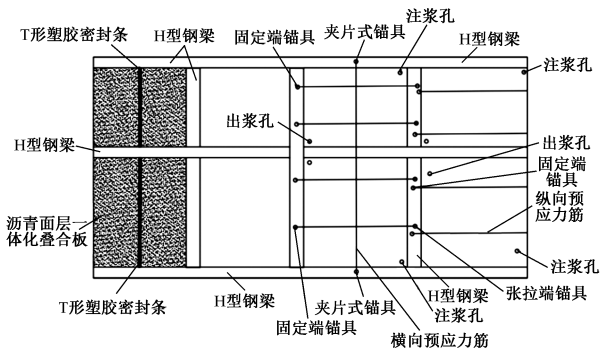


图 1 装配式道路结构平面构造

Fig. 1 Plane structure of assembled road structure

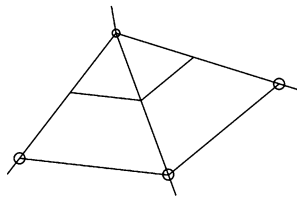


图 2 三角锥面层连接件结构

Fig. 2 Structure of triangular cone surface layer connector

体化叠合板反打时,在各区段远离施工方向的叠合板上预留出浆孔,在各区段中与出浆孔呈对角关系的叠合板上预留灌浆孔,亦在预应力张拉端的 H 型钢梁的腹板上预留灌浆孔,并在 H 型钢梁吊装过程中采用橡胶塞将灌浆孔洞封堵,施工过程中确保预留灌浆孔的 H 型钢梁与已吊装就位预留出浆孔的叠合板呈对角关系,且灌浆孔宜布设于道路两端,以便现场灌浆操作。

4) 当采用黏结预应力筋施工时,由于沥青面层一体化叠合板周边的 H 型钢梁要作为有黏结预应力筋的张拉台座,因此,H 型钢梁与基层间连接设计采用高强度螺栓进行固定,高强度螺栓直径 $\geq 30\text{mm}$,间距 $\leq 450\text{mm}$ 。

2.2 施工工艺

采用沥青反打工艺的装配式道路结构施工工艺流程:沥青面层一体化叠合板反打生产→路基处理,H 型钢支撑骨架安装→分段铺设预应力筋,预应力筋一端锚固→混凝土浇筑、振捣与养护→沥青面层一体化叠合板吊装,端部连接固定→T 形塑胶密封条嵌缝处理→灌浆处理→纵向预应力筋张拉与锚固→重复步骤 2~8 依次施工,直至完成上述全部工序→横向预应力筋张拉与锚固→整体沥青面层整体二次铺装。

2.2.1 沥青面层一体化叠合板反打生产

为缩短施工工期、降低人工成本,采用沥青反打工艺进行预制叠合板的工厂装饰面层一体化生

产,施工步骤如下。

1)首先对 PC 构件预制台模进行清理、涂刷隔离剂。

2)将沥青砂浆浇筑于台模上,浇筑厚度宜为 25~40mm。

3)在沥青砂浆未完全凝固硬化前,将三角锥面层连接件底部朝下插入已浇筑好的沥青砂浆层内,三角锥面层连接件设计尺寸最大边长 $\leq 70\text{mm}$,间距为 500~800mm 为宜。

4)待沥青砂浆层凝固硬化后,采用三次浇筑工艺进行叠合板的预制生产,即第 1 次浇筑 50mm 厚细石混凝土,随即吊放钢筋网片和叠合板端预埋带孔支撑钢板,然后第 2 次浇筑(叠合板设计预制厚度-80mm)细石混凝土并加强振捣。

5)放置桁架钢筋,第 3 次补浇筑 30mm 至设计标高处。

6)加强养护工作,待达到设计强度后脱模、起吊、成品保护及运输,且成品运输过程中应加强沥青面层一体化叠合板的保护。

2.2.2 路基处理,H 型钢支撑骨架安装

按照施工方案,首先根据土质条件对路基进行加固处理,在路基上方浇筑 $\geq 200\text{mm}$ 厚的细石混凝土垫层,并在垫层中按照 H 型钢安装孔位置预埋好连接螺栓,并准确校核预埋螺栓的位置关系,定位误差控制在 2mm 以内。若遇软弱地质土层、含水率较大等复杂工况,可设置筏形基础代替细石混凝土垫层。待细石混凝土垫层强度达到初凝后,二次校核整体预埋螺栓的位置关系,并及时调整预埋误差,当细石混凝土垫层强度达到设计强度的 85% 后,在垫层上方弹出纵横向 H 型钢支撑骨架的安装位置线,确认无误后方可进行 H 型钢支撑骨架的现场安装固定,H 型钢尺寸根据预计通车荷载情况、土质情况、地下水情况等综合考量设计,且 H 型钢翼板宽度 $\geq 280\text{mm}$,翼板厚度 $\geq 16\text{mm}$,腹板厚度 $\geq 20\text{mm}$,现场 H 型钢支撑骨架安装时,将 H 型钢梁下翼板上的 2 排螺栓孔对准细石混凝土垫层上的预埋螺栓进行施拧固定,H 型钢梁固定应采用“二次施拧,由中部向两侧终拧”,即先将所有对位后的预埋螺栓与 H 型钢梁下翼板上的 2 排螺栓孔进行初拧,然后由 H 型钢梁中部的螺栓孔位处向两侧对称拧紧,H 型钢梁安装构造如图 3 所示。

2.2.3 分段铺设预应力筋,预应力筋一端锚固

待 H 型钢支撑骨架安装完毕,即可按照预应力筋的设置方案进行预应力筋的分段铺设工作。纵横向预应力筋铺设过程中,应将纵向预应力筋铺设

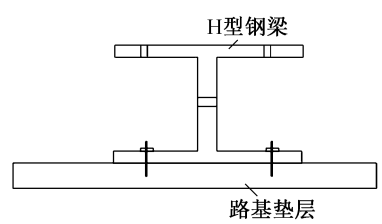


图 3 H 型钢梁安装示意

Fig. 3 H-beam installation

于横向预应力筋的上方,预应力筋的端部穿过 H 型钢梁腹板上的预留孔,预应力筋铺设过程中,由于施工区段划分采用由设计道路最中心段对称向两端施工,在道路最中心点两端施工时,其预应力筋铺设时首先在中心两区段共用的 H 型钢梁的腹板两端分别一端锚固各预应力筋并将纵向预应力筋伸向各自区段内布置完成,对称向相反方向连续施工,即其他区段预应力筋一端锚固在本区段远离施工方向的 H 型钢梁的腹板上,在上一区段混凝土浇筑前在固定端将预应力筋锚固好。当设计采用无黏结预应力筋时,仅需在前期设计生产时将所有 H 型钢梁腹板在预应力筋锚固位置左右 350mm 范围内进行局部腹板加厚设计,或在锚固位置处设置局部抗压附加钢板。当设计采用有黏结预应力筋时,预应力筋的张拉需要借助 H 型钢梁作为支撑台座,因此,除了在前期设计生产时将所有 H 型钢梁腹板在预应力筋锚固位置左右 350mm 范围内进行局部腹板加厚设计,或在锚固位置处设置局部抗压附加钢板外,还应加强 H 型钢梁与基层间或基础之间的连接固定,在 H 型钢梁腹板上预应力筋锚固区域范围内适当增设加强肋板,保证预应力筋张拉时结构稳定性并减少后期预应力的损失量。

2.2.4 混凝土浇筑、振捣与养护

预应力筋铺设完毕,根据预应力筋的线型布设要求进行位置固定,并做好隐蔽工程验收工作。混凝土浇筑宜采用 C35 以上级别的细石混凝土,混凝土浇筑过程中应加强区段内 H 型钢梁周围的密实性要求,混凝土浇筑至设计叠合梁底面标高以下 150mm 处,并确保后续工艺中的预制叠合板桁架筋能够伸入现浇混凝土内部 $\geq 60\text{mm}$ 。应先浇筑 H 型钢梁周边混凝土,由 H 型钢梁周边向区段内中间浇筑,分层浇筑、分层振捣,混凝土振捣过程中不可干扰预应力筋的位置。

2.2.5 沥青面层一体化叠合板吊装,端部连接固定

区段内混凝土浇筑、振捣完毕,在混凝土初凝后、终凝前即可进行各区段内的沥青面层一体化叠合板吊装。原则上在沥青面层一体化叠合板吊装

前应进先铺板或校核现场情况与前期方案中绘制的铺板图之间的差异,并在后续实际吊装时综合考量处理。沥青面层一体化叠合板吊装由中间向两端固定安装,误差控制于两侧集中处理为原则,吊装时将叠合板两端预埋带孔支撑钢板对准 H 型钢梁顶部翼板上的双排高强固定螺栓,并采用螺母及时拧固,准确校核位置关系。相邻 2 个沥青面层一体化叠合板之间的就位空隙宜为 5~8mm,若当现场吊装就位时出现较大误差,且一端难以就位情况时,可先将已就位端螺栓拧固就位,另一端采用设计附加钢板辅助固定,即附加钢板带孔端套入 H 型钢梁顶部翼板上的双排高强固定螺栓并拧固,附加钢板非带孔端与叠合板端预埋带孔支撑钢板进行施焊固定,必要情况时可对叠合板端预埋带孔支撑钢板多余部分进行电弧切割处理。

2.2.6 T 形塑胶密封条嵌缝处理

待沥青面层一体化叠合板吊装完毕,检查叠合板就位后的位置关系、顶面标高、相邻叠合板之间的预留间隙以及叠合板与周边 H 型钢梁之间的总误差量,验收合格后,即可采用 T 形塑胶密封条对相邻叠合板进行嵌缝处理,T 形塑胶密封条如图 4 所示。现场施工时,T 形塑胶密封条嵌缝处理采用先热熔、后嵌缝的施工方法,即先采用喷火枪将叠合板间隙周围沥青面层进行烘烤,待嵌缝处的叠合板沥青面层熔融后立即将 T 形塑胶密封条塞入板缝,边沥青面熔融、边密封条嵌缝,通过热熔工艺让 T 形塑胶密封条能够与沥青面层一体化叠合板紧密贴合,一方面达到叠合板接缝处防漏浆效果,另一方面 T 形塑胶密封条嵌缝后可抵抗后期通车后的温度应力,直至完成全部沥青面层一体化叠合板嵌缝工作。对于沥青面层一体化叠合板与周边 H 型钢梁之间的总误差量处理问题,若误差量较小时可以采用塑胶密封条直接嵌缝,若误差率较大时可采用填塞塑胶棒的方式密封防漏浆,若出现误差量特别大的情况,可设置附加叠合板结合 T 形塑胶密封条嵌缝处理,以保障后续灌浆工艺的操作可行性。

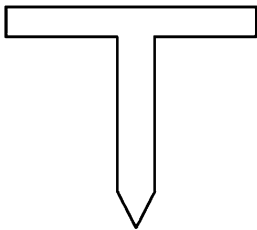


图 4 T 形塑胶密封条

Fig. 4 T-shaped plastic seal

2.2.7 灌浆处理

待 T 形塑胶密封条嵌缝处理完毕,检查验收已吊装叠合板密封情况以及叠合板与周边 H 型钢梁之间的封缝处理情况,确认无误形成书面验收记录后方可进行该区段灌浆工作。灌浆施工采用二次补压注浆法,即第 1 次从注浆孔灌浆,灌浆满后首先将注浆孔封孔处理,然后对准出浆孔二次高压灌浆,即首先将 H 型钢梁腹板上的灌浆孔处橡胶塞拔出,采用高强度微膨胀灌浆料进行灌浆,设计灌浆料的强度应比预制叠合板混凝土强度至少高一个等级,灌浆料由 H 型钢梁腹板上的灌浆孔处通过高压灌注于已安装结构内部,由灌浆端沿着对角方向挤压式注满整个预制结构空腔内部,灌满后由对角处沥青面层一体化叠合板上的出浆孔处溢出浆料,并首先将出浆孔进行封孔处理,然后对准出浆孔将灌浆料继续保持高压灌浆静停至少 30s 后,随即将出浆孔封堵处理。

2.2.8 纵向预应力筋张拉与锚固

当采用无黏结预应力筋施工时,待注浆强度达到设计强度值后即可进行预应力筋的张拉与锚固。为提高建设速度,预应力筋张拉采用“先张拉纵向预应力筋,横向预应力筋可先不张拉,待全部装配施工完毕后,再进行集中张拉横向预应力筋,形成交叉作业”的技术方案,因为横向预应力筋张拉顺序并不影响整体施工安排和结构受力,因此技术方案设计上仅先张拉纵向预应力筋是可行的,有利于整体施工组织优化。由于有黏结预应力筋张拉要先于步骤 7 中的灌浆处理工序,因此,当采用有粘结预应力筋进行施工时,应将沥青面层一体化叠合板周边的 H 型钢梁作为有黏结预应力筋的张拉台座,故需要对 H 型钢梁与基层间的连接进行加强处理,并采用有限元软件进行受力分析,有黏结预应力筋张拉前应选择一个施工段进行张拉试验,验证时间 $\geq 24\text{h}$,确认无误后按照原设计方案依次施工。纵向预应力筋采用 $1.03\sigma_{\text{con}}$ 张拉方法,由中间向两端对称张拉。

2.2.9 重复步骤 2~8,直至完成上述全部工序

按照上述工艺步骤施工完毕,代表第 1 施工段结构吊装完成,其余施工段可重复步骤 2~8 依次完成各项工艺,直至完成整体结构吊装作业。施工组织过程中,宜从规划路线中部开始,向左右 2 个方向对称安排施工作业,即由中部先对称安排左右两施工段先进行吊装作业,待左右两施工段吊装作业完成后,各自沿着施工方向(对称反方向)依次重复步骤 2~8 完成全部施工段吊装作业,由中心对称向两侧,相邻两施工段共用一个预应力锚固端,交叉连

续作业,高效完成结构吊装。

2.2.10 横向预应力筋张拉与锚固

待全部吊装、灌浆作业施工完毕,对整体结构横向预应力筋张拉与锚固工作以先完成段先张拉,后完成段后张拉,且对称张拉为原则。横向预应力筋张拉、锚固后,各横向预应力筋锚固端应进行封锚处理,可结合道路设计预制路牙石铺设的同时,在预制路牙石与H型钢梁之间采用细石混凝土灌缝,一方面满足预制路牙石铺设技术要求,另一方面满足了横向预应力筋封锚技术要求。

2.2.11 整体沥青面层二次铺装

待上述全部工艺完成后,整体装配式道路施工基本完成全部主体作业,最后开始装配道路整体沥青面层的二次铺装工作。在沥青面层二次铺装前,再次检查已完成工序的主体质量和外观质量,检查叠合板的位置关系、顶面标高,重点检查相邻叠合板之间的T形塑胶密封条嵌缝以及叠合板与周边H型钢梁之间施工质量,技术方案中在整体沥青面层二次铺装前,对于T形塑胶密封条的处理问题,设计要求T形塑胶密封条在灌浆后无需回收,确保整体沥青面层二次铺装时T形塑胶密封条应嵌缝严密,无脱落、翘曲及变形等问题,完成整体沥青面层二次铺装工作,最后整体验收,形成验收记录。

2.3 技术要点

1)三角锥面层连接件可采用不锈钢或塑钢材料,主要目的是加强采用反打工艺的沥青面层与叠合板之间的拉结强度。

2)沥青面层一体化叠合板端预埋带孔支撑钢板的板厚 $\geq 10\text{mm}$,外露端宽度应满足其在H型钢梁翼板上端支撑最小宽度,且 $\geq 80\text{mm}$,预埋带孔支撑钢板在预埋时,伸入叠合板内侧端设有1排预留孔,通过设置附加拉筋的形式加强带孔支撑钢板与叠合板之间的整体性,即附加拉筋一端钩住预埋支撑钢板的预留孔内,一端伸向叠合板内部并与叠合板钢筋网片拉结,附加拉筋设计长度 $\geq 450\text{mm}$,且宜采用 $\phi 8@100$ 。当设计叠合板跨度超过 6m 时,叠合板端预埋支撑连接钢板除采用设计附加拉筋外,可适当补插加强螺栓联合附加拉筋共同锚固于叠合板内。

3)为了准确高效安装、固定沥青面层一体化叠合板,前期H型钢梁PC工厂生产过程中应按照后续叠合板就位位置在H型钢梁顶部翼板上设有双排高强固定螺栓。

4)T形塑胶密封条采用塑胶材料或橡胶材料,T形塑胶密封条的腹板厚度比相邻两沥青面层一体

化叠合板之间的就位空隙大 $1\sim 2\text{mm}$,T形塑胶密封条上部翼板宽度为 $8\sim 12\text{mm}$ 。

5)为满足下一施工段预应力筋的布设工作,在本施工段灌浆施工前,应将下一施工段的预应力筋在H型钢梁腹板“背面”进行一端锚固处理,预应力筋另外一端提前伸向下一施工区段内。

6)整体沥青面层二次铺装时T形塑胶密封条应嵌缝严密,无脱落、翘曲及变形等问题,不对T形塑胶密封条进行回收处理,主要考虑T形塑胶密封条可兼顾作为装配道路通车后的伸缩缝、温度缝,协调装配道路整体受力以及后续维保工作。

3 结语

文章以深圳某装配化道路典型项目应用为例,结合工程实践,实施采用沥青反打工艺的装配式道路结构设计与建造开展研究工作。以装配化道路结构深化设计、创新工艺方法、提高建设质量和结构耐久性、降低建造成本、工期优化、节能环保以及助推行业转型升级为目标,建立了采用沥青反打工艺的装配式道路结构新技术体系,采用了“H型钢梁支撑设计,纵横向交叉预应力,沥青面层一体化叠合板反打工艺,T形塑胶密封条嵌缝处理,嵌缝与受力相结合,沥青面层二次铺装”技术方案,整体遵循“以中心段向两端平行作业,标准化设计,模块化施工,机械化作业”原则,技术方案经专家论证,可行有效。

参考文献:

- [1] 高路恒,王旭东,周峰. 双边叠合梁板后张法预应力装配道路施工关键技术研究[J]. 公路,2020,65(5):47-50.
GAO L H, WANG X D, ZHOU F. Research on key technologies for construction of post-tensioned prestressed assembly pavement for bilateral composite beam slabs [J]. Highway, 2020, 65(5): 47-50.
- [2] 王旭昊,刘泽鑫,李虎成,等. 预制式水泥混凝土路面研究现状及发展趋势[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(9): 3457-3467.
WANG X H, LIU Z X, LI H C, et al. Status quo and development trend of precast cement concrete pavement [J]. Science technology and engineering, 2021, 21(9): 3457-3467.
- [3] 蒋帅,陈明,肖杰,等. 装配式基层道路结构接缝荷载应力分析[J]. 公路工程, 2019, 44(3): 240-245.
JIANG S, CHEN M, XIAO J, et al. Analysis of loading stresses in joints of assembly base pavement structure [J]. Highway engineering, 2019, 44(3): 240-245.
- [4] 王会强,战宏宇,郭高. 装配式基层结构对市政道路建设的意义[J]. 市政技术, 2017, 35(4): 44-47, 50.
WANG H Q, ZHAN H Y, GUO G. Prefabricated road base structure in municipal road construction [J]. Municipal engineering technology, 2017, 35(4): 44-47, 50.

(下转第128页)

用范围等信息,方便设计人员进行查询和对比,并定期对数据库进行更新和维护,确保数据的准确性和时效性;在设计流程中增加规范审查环节,对设计方案进行中美规范的双重审查,确保设计方案在符合要求的同时,减少包络设计造成的冗余;建立设计优化机制,鼓励设计人员在满足规范要求的前提下,积极采用先进的设计理念和方法,对设计方案进行优化,提高项目质量和效益。

6.3 项目管理优化

建立适应美国规范的项目管理流程和制度,明确各部门和人员在项目实施过程中的职责和权限;加强与当地企业协作,引入当地工程师或第三方咨询参与项目,加强设计文件的审核和审查,确保设计符合美国规范要求 and 项目实际需求;在施工过程中,严格按照美国规范进行质量控制,加强施工现场监督和检查,及时发现和解决施工中出现的问题;加强与当地政府部门、设计单位、监理单位等的沟通与协调,及时了解当地法规和规范变化情况,确保项目顺利实施。同时推动标准互认工作开展,争取中国规范与美国规范的等效性认证。

7 结语

本文系统对比了中美混凝土结构设计规范材料性能、钢筋锚固长度及工程应用上的差异,中国规范侧重经验化与简洁性,美国规范强调精细化与动态适应性;在美国规范应用中,中国企业需重点应对技术适配性不足、成本不可控及合规风险挑战,建议采取技术能力提升、规范转换优化及管理体系统升级等策略,系统性降低技术适配风险与成本超支压力,提升中国企业在国际工程市场的竞争力。

(上接第 106 页)

[5] 刘方华. 高塔横梁“托架+装配式桁架+盘扣支架”组合支架体系设计及施工技术[J]. 公路,2021,66(8):226-230.
LIU F H. Design and construction technology of “bracket + assembled truss + buckle bracket” combined support system for high tower beam[J]. Highway,2021,66(8):226-230.

[6] 陈轶龙,陈昌富,朱世民,等. 考虑注浆压力和土体饱和度影响的锚-土界面剪切性能试验研究[J]. 公路工程,2022,47(4):172-177.
CHEN Y L,CHEN C F,ZHU S M,et al. Experimental study on shear behavior of anchor-soil interface considering the influence of grouting pressure and soil saturation[J]. Highway engineering,2022,47(4):172-177.

[7] 马健生,孙大伟,余地,等. 装配式道路基层结构填缝材料配

参考文献:

[1] 贡金鑫,魏巍巍,胡家顺. 中美欧混凝土结构设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
GONG J X,WEI W W,HU J S. Design of concrete structure in China,America and Europe[M]. Beijing:China Architecture & Building Press,2007.

[2] 李文平. 中美欧混凝土结构设计规范差异及实例分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2023.
LI W P. Differences and case analysis of design codes for concrete structures in China,America and Europe[M]. Beijing:China Architecture & Building Press,2023.

[3] 叶子健. 中美欧混凝土结构设计规范对比研究[J]. 建筑结构,2020,50(S2):512-518.
YE Z J. Comparative study on design codes of concrete structures in China,America and Europe[J]. Building structure,2020,50(S2):512-518.

[4] 李翔,高玲,陈健陵. 中美规范荷载效应组合对比研究[J]. 东方电气评论,2022,36(3):80-84.
LI X,GAO L,CHEN J L. Comparison of load combinations between China and the United States standard[J]. Dongfang electric review,2022,36(3):80-84.

[5] 杨创. 中美规范非弯曲钢筋锚固和绑扎搭接对比分析[J]. 工程建设与设计,2021(1):155-157.
YANG C. Comparative analysis of anchorage and binding lap joints of non-bending steel bars in Chinese and American codes[J]. Construction & design for engineering,2021(1):155-157.

[6] 沈东辉. 中美水电工程混凝土施工技术标准对比研究[D]. 北京:清华大学,2017.
SHEN D H. Comparative research on concrete construction technology for hydropower projects between standards of China and America[D]. Beijing:Tsinghua University,2017.

[7] 麻鹏飞,程宝军,沈锐,等. 中美混凝土施工标准对比研究[J]. 建材世界,2018,39(6):42-45.
MA P F,CHENG B J,SHEN R,et al. Comparative study on concrete construction code between China and the United States[J]. The world of building materials,2018,39(6):42-45.

比设计及性能分析[J]. 公路,2017,62(10):17-21.
MA J S,SUN D W,YU D,et al. Proportion design and performance analysis of joint filling materials for assembled road base structure[J]. Highway,2017,62(10):17-21.

[8] 彭文耀,李婷玉,陈宇亮,等. 高掺量厂拌热再生改性沥青混合料路用性能研究[J]. 公路工程,2022,47(4):155-159.
PENG W Y,LI T Y,CHEN Y L,et al. Study on road performance of high volume hot recycling modified asphalt mixture[J]. Highway engineering,2022,47(4):155-159.

[9] 卜良桃,龚文兵. 水泥基灌浆料抗压强度现场检测方法试验研究[J]. 公路工程,2021,46(5):74-80.
BU L T,GONG W B. Experimental study on on-site detection methods of compressive strength of cement-based grouting material[J]. Highway engineering,2021,46(5):74-80.