

高速公路装配式桥梁施工质量控制要点研究

刘文斌

中交一航局第五工程有限公司 066000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20229

[摘要] 随着我国交通基础设施建设的飞速发展,装配式桥梁以其施工速度快、环境影响小、工程质量易保证等优点,在公路建设中得到了广泛应用。本文深入探讨了 WYTJ-01 标段装配式桥梁施工的全过程质量控制要点。论文系统性地分析了从现场现浇施工(桩基、桩帽、承台)到预制构件(墩柱、中系梁、盖梁)的工厂化生产,再到现场装配化安装等关键环节的质量控制标准、技术措施及允许偏差。重点研究了承插式连接、环切法桩头破除、钢端板焊接、高性能灌浆料应用等核心工艺的质量管控方法,旨在形成一套科学、严谨的质量控制体系,为类似地质及气候条件下的山区高速公路装配式桥梁施工提供有价值的理论参考和实践指导。

[关键词] 装配式桥梁; 质量控制; 承插式连接; 预制构件; 灌浆料

1. 引言

“十四五”以来,我国交通运输行业持续推动绿色建造与智能制造,桥梁工程的预制化、装配化已成为重要发展方向。乌尉高速项目地处天山腹地,自然环境恶劣,有效施工周期短,采用装配式桥梁技术对保障工程进度、控制施工质量、降低现场作业风险具有重要意义。本项目装配式桥梁体系主要包括预制墩柱、预制中系梁和预制盖梁,通过承插式连接与现浇基础结合,形成整体受力结构。此种工艺对构件的预制精度和现场的安装精度提出了极高要求。本文基于 WYTJ-01 标段的工程实践,对施工各阶段的质量控制要点进行系统性的梳理与总结,以期项目的顺利实施奠定坚实的质量基础,并为行业积累宝贵经验。

2. 现场现浇施工质量控制

现场现浇结构是装配式桥梁的“根基”,其质量直接决定了上部预制构件安装的精度与整体结构的稳定性。

2.1 桩基施工质量控制

桩基是桥梁的承重核心,其质量控制始于成孔,终于桩头处理。

护筒埋设: 护筒内径宜大于桩径 200~400mm,其中心与桩位中心的偏差应严格控制在 50mm 以内,垂直度偏差不大于 1%。护筒埋设深度需穿透松散覆盖层,一般不少于 2m,并高出地面 0.3m,以防止孔口坍塌和杂物落入。

旋挖成孔: 针对项目地层特点,采用旋挖钻机成孔。为避免扰动孔壁引发缩颈或坍塌,钻斗的升降速度应平缓,宜控制在 0.75~0.80m/s 范围内。

钢筋骨架与成孔检测: 钢筋骨架的制作与吊放需满足规范要求,主筋间距($\pm 10\text{mm}$)、保护层厚度($\pm 20\text{mm}$)等是关键控制指标。成孔后,必须对孔径、孔深、垂直度和中心位置进行检测,确保沉渣厚度与孔形指标符合设计及规范要求。

桩头无损破除技术——环切法: 本项目推广使用“环切法”进行桩头破除,该工艺能有效保护主筋和声测管不受损伤,保证桩头混凝土的整体性。其核心流程为:测量放样→无齿锯环向切缝(深 3~4cm)→风镐剥离主筋→对称打入钢钎断裂桩头→垂直吊离→修整桩头至新鲜密实混凝土面。此方法避免了传统大锤凿除造成的桩顶微裂纹和钢筋损伤。

2.2 桩帽与承台施工质量控制

桩帽与承台作为连接桩基与预制墩柱的过渡构件，其上的预留承插孔定位精度是质量控制的重中之重。

模板与钢筋安装：采用高精度钢模，确保模板中心偏位 $\leq 10\text{mm}$ ，垂直度 $\leq 0.5\%$ 。钢筋骨架应与模板中心对正，并通过足量的保护层垫块确保其空间位置准确。

预留承插孔定位：预埋的波纹管（形成承插孔）的平面位置、标高和垂直度必须进行精密测量与固定。其允许偏差为：轴线偏位 10mm ，竖直度 0.5% ，底面高程 $\pm 10\text{mm}$ 。这是实现墩柱精准承插的基础前提。

混凝土浇筑：浇筑过程中需全程监控模板稳定性，顶面标高采用刮尺找平与二次收面工艺，将最终标高偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内。

3. 预制构件生产质量控制

“工厂化”生产是实现装配式桥梁高质量的前提。所有预制构件均在标准化台座上采用高精度钢模板制作。

3.1 通用质量控制要求

模板体系：必须采用具有足够强度、刚度和稳定性的定型钢模板，确保构件尺寸精确、表面光洁。

混凝土强度：建立统一的强度控制标准，即拆模强度不低于设计强度的 75% ，起吊强度不低于 80% ，出厂吊装强度不低于 90% 。

钢筋与预埋件：带锚固板的主筋下料长度偏差需控制在 $\pm 10\text{mm}$ 内。所有预埋件，如钢端板、吊环等，其位置、标高和水平度必须进行二次复核，确保无误。

3.2 关键构件特殊控制要点

预制墩柱：

重点控制承插段剪力键槽的成型质量以及与盖梁横坡（ 1.5% ）一致的顶部斜面。

带钢端板的墩柱，预制时需使钢端板位于下端，并严格控制其水平度。

根据墩柱长度科学设计吊点，采用两点或四点吊法，保证吊运过程中内力均衡。

预制中系梁：

核心在于解决钢端板下方混凝土的密实度问题，需通过工艺试验确定合理的浇筑与振捣方案。

必须在构件上做出清晰的“预制方向”标识，防止现场安装时翻转。

预制盖梁：

在保证盖梁本体 1.5% 横坡的同时，必须确保预留承插孔竖直，此处的模板设计与固定是技术难点。

需复核钢筋骨架与预留孔的相对位置，避免相互干扰。

表 1 主要预制构件尺寸允许偏差 (mm)

构件类型	项目	允许偏差	构件类型	项目	允许偏差
预制墩柱	高度	± 5	预制中系梁	长度	± 5
	直径	± 5		高度/宽度	$-3\sim+5/\pm 5$
	平整度	3		平整度	3
	拼接面水平	2		拼接面水平	2
预制盖梁	长度	± 5	预制盖梁	预留孔竖直度	0.5%
	高度/宽度	$-3\sim+5$		/	± 5

4. 预制构件安装与连接质量控制

现场安装是装配式桥梁成败的关键，其核心是“精准就位、可靠连接”。

4.1 墩柱安装

采用承插式连接，工艺流程为：清洁→润湿→安装调节设备（钢抱箍）→吊装试拼→座浆→就位微调→临时固定→灌注接缝材料。需严格控制座浆量，避免因过多而挤占后续灌浆料空间，或因过少导致底部脱空。

4.2 中系梁与上节墩柱安装

采用钢端板焊接连接，其工艺流程为：清洁端板→安装调节设备→吊装就位→测量间隙（<2mm）→槽口焊接→防腐处理。焊接前必须进行焊接工艺评定，确保焊缝深度达到 30mm 且质量等级满足 A 级要求。焊接完成后，对外露钢材进行规范的防腐涂装。

4.3 盖梁安装

盖梁安装前必须进行试装，以验证工艺方案的可行性。安装时，确保墩柱承插段与盖梁预留孔的 1.5%横坡斜面吻合。就位后，对底部接缝进行临时封闭，然后从顶部灌注高性能水泥基灌浆料，形成整体连接。

表 2 水泥基灌浆料核心性能指标

项目	性能指标	项目	性能指标
最大集料粒径 (mm)	≤4.75	抗压强度 (MPa) 1d	≥35
流动性 (mm)	初始≥340	3d	≥55
	30min≥310	28d	≥80
竖向膨胀率 (%)	3h≥0.05	氯离子含量 (%)	≤0.06
	(24h-3h)	泌水率 (%)	0

4.4 接缝材料性能控制

本项目采用高性能水泥基灌浆料，其性能指标直接影响节点的承载能力与耐久性。灌浆料应具备高流动性（初始≥

340mm）、微膨胀特性（24h 与 3h 膨胀率差值 0.02%~0.05%）、早强高强（1d≥35MPa，28d≥80MPa）及低氯离子含量（≤0.06%）等特点^[4]。在灌浆料强度未达到 40MPa 前，严禁拆除临时支撑系统。

5. 结论

通过对乌尉高速公路装配式桥梁施工全过程的质量控制要点分析，可以得出以下结论：

1.系统化管理是基础：必须将现场现浇、构件预制和现场安装视为一个有机的整体，建立贯穿始终、环环相扣的质量控制体系。

2.精度控制是核心：从桩帽承插孔的毫米级定位，到预制构件的毫米级尺寸控制，再到安装时的毫米级微调，精度是装配式桥梁质量的生命线。

3.关键工艺是保障：环切法桩头破除、承插式连接座浆、钢端板焊接、高性能灌浆料灌注等关键工艺的标准化、规范化施工，是确保结构连接可靠性的根本。

4.检验检测是手段：必须严格执行从原材料、工序到成品的全过程检验与检测，用数据说话，确保每一项质量控制指标都落到实处。

本套质量控制要点已在 WYTJ-01 标段推广应用，成效显著，为乌尉高速项目的顺利推进提供了坚实的技术支撑，对提升我国西部地区装配式桥梁的施工水平具有积极的参考价值。

[参考文献]

[1]中华人民共和国交通运输部. 关于推进公路装配式桥梁建设的指导意见[Z]. 2021.

[2]王建国, 李华. 装配式桥梁技术在山区高速公路中的应用研究[J]. 公路交通科技, 2022, 39(4): 89-94.

[3]JTG/T 3650-2020, 公路桥涵施工技术规范[S].

[4]GB/T 50448-2015, 水泥基灌浆料应用技术规范[S].