

论高精度预制拼装工艺在市政桥梁工程中的应用

乔智勇 王日鑫 吕蓬超

中国建筑第七工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：目前，我国的桥梁预制装配技术越来越受到世界各国的关注，特别是在市政桥中，梁预制拼装在我国城市建设中占有举足轻重的地位。结合某城市桥梁项目的实际，详细阐述了其高精密装配技术在建筑中的具体运用，主要内容包括：模板工程、钢筋制造、模板的装配，以及对如何确保建筑的安全性给出了建议。本文介绍了市政桥梁预制拼装技术，并根据具体的工程经验归纳出了其技术控制关键，为其他城市的桥梁装配式建筑提供参考，促进我国城市桥梁的工业化建设。

【关键词】：高精度；预制拼装；市政桥梁

On the Application of High-precision Prefabricated Assembly Technology in Municipal Bridge Engineering

Zhiyong Qiao, Rixin Wang, Pengchao Lv

China Construction Seventh Engineering Bureau Co., Ltd. Henan Zhengzhou 450000

Abstract: At present, our country's bridge prefabrication assembly technology has attracted more and more attention from all over the world, especially in municipal bridges, beam prefabrication assembly plays an important role in our country's urban construction. Combined with the actual situation of a city bridge project, the specific application of its high-precision assembly technology in construction is expounded in detail, the main contents include: formwork engineering, steel bar manufacturing, formwork assembly, and suggestions on how to ensure the safety of the building are given. This paper introduces the prefabrication and assembly technology of municipal bridges, and summarizes its key technical control according to specific engineering experience, which provides a reference for the prefabricated buildings of bridges in other cities and promotes the industrialization of urban bridges in our country.

Keywords: High precision; Prefabricated assembly; Municipal bridge

随着社会和经济的快速发展，城市的运输压力日益增大。我国城市道路桥梁及其工程的建设也日益增多也是为了减轻交通压力、促进城市发展，使城市建设达到较好的效果。与此同时，随着现代科技的发展以及现代工程建设的标准化要求，以往使用现场浇筑法进行公路桥梁工程的施工方式，因为其在建设中噪音污染大、工期长，且在资源能源和人力物力方面消耗较多，已越来越无法适应现代城市道路桥梁的发展需要^[1]。在城市道路桥梁中大量采用预制拼装工艺，既可以保证工程质量，又可减少施工的繁重，从而提高工程的工作效率和质量，同时又能保证桥梁的环保、耐久和安全性。

1 预制拼装技术概念

桥梁的节段预制拼装工艺是1996年颁布的公路运输科技术语，指把梁体纵桥分成几个部分，在厂房或邻近的制梁厂将其组装好后，再将其运输至桥面再组装成桥梁的施工技术。全预制混凝土桥梁是一种在厂房或预制厂、现场拼装桥梁上下部结构的主体构件的桥梁^[2]。根据桥面截面形式、跨径尺寸等不同的构造特征，对桥的上部主梁进行了纵向竖缝划分桥宽、全跨逐梁节段预制，或按照横向竖缝划分桥跨、全宽节段预制、桥面栏杆等分段预制；在桥梁下部结构基础上，将桥墩的盖梁、墩柱、台身、挡墙等部分按各自的尺寸进行整体预制或分段预制。其中，非预制部分多为桥上部结构的连接构造、桥面铺装

层和下部构件的桥墩底部的支座。因为组装节段是在预制构件工厂制造的，用运输车辆将其运送到工地，再将其按特定的次序进行组装，并对其施以预应力，从而构成完整的承载力桥型结构。因而，该方法对预制阶段的变形控制有更高的要求，对节段在输送过程中所产生的振动、体系转化过程的安全性和桥梁建成后的健康监测等多个问题都有很大的影响。预制拼装桥墩连接构造如图1所示。



图1 预制拼装桥墩连接构造类型

2 预制拼装技术的优缺点

预制拼装技术的关键部件是工厂集中进行的，采取工业化、批量化的生产模式，在施工现场仅需要借助机器对构件进行组装，这对推进桥梁建设的规范标准化具有重要意义。与常

规的桥梁工程技术相比, 预制装配技术在环境保护、质量把控和进度控制等诸多领域有着明显的优越性。首先, 在环境方面, 由于采用常规的施工工艺, 占用大量空间, 而且工地现场比较脏乱, 对周边交通和环境造成一定的副作用, 而预制拼装技术占用空间较少, 且在整个施工过程中可以节约能源和保护环境, 在极大地降低了对周围的交通运输的影响。其次, 在工程质量方面, 由于传统的工程技术存在着诸多的问题, 而在预制拼装技术中, 由于采用了标准化的操作方法, 使得工程的质量得到了较好的保障。从劳工的观点来考虑, 由于采用传统的建筑技术, 机械化水平不高, 人工工作量大, 而采用预制拼装技术主要以机械化方式, 在人工和成本方面的投资相对较小, 而且具有更高的工作效率。因为预制拼装技术是在工业化的厂房内操作, 所以其比现浇混凝土更易于施工, 而且外形也更好, 无需重新粉刷工序就可以进行装修, 可降低粉刷所需的材料、人工, 减少施工带来的垃圾、粉尘等; 并且该技术的节段重量较轻, 尺寸小, 便于搬运, 拼装和建造速度较快; 此外, 因预制件是以工业化的方法制造不同的结构部件, 因此利用钢膜的加工可以实现复合部件的制造, 制造工艺的成本相对较低; 且预制拼装式建筑物的外墙面板可以进行多种装饰加工, 例如可设计镶嵌瓷砖、石材、清水模等^[3]。

预制节段拼装技术的工程施工前期的投入较多, 主要有预制场地的建设、运输设备准备、架梁设备等等; 此外, 因为节段间以干接缝连接, 若处理不当, 无法有效阻止空气中的湿气和酸液渗透, 造成建筑物的耐用性变差, 尤其是在厦门这样的沿海区域; 但由于结构的材质, 尤其是预应力筋, 其抗张能力不强, 且其材质指数较高, 且经济效益较高。预制节段拼装技术施工过程繁琐、技术含量高, 整体组织和协调工作比较困难。

3 市政桥梁建设中的预制拼装技术

3.1 节段预制施工方法

长线法和短线法是节段预制施工的两种主要方式。长线法预制拼装是指按照已经设计好的成品梁的线型, 在长台底座上逐个进行装配预制, 使两块形成匹配面。以上海新浏河桥为例, 该桥全部采用该拼装技术进行建造, 其结构形式为 42 米三跨箱型桥, 采用分段装配, 大桥的主要横断截面为四箱单室, 每跨箱梁可分为 13 节, 每节约 38 吨, 节段采用 2 组长线法台进行预制。长线法具有易于放样、易于操作控制且能够实现多个部位的同步配合、加速工程的建设等优点, 并且梁段在脱模后无需立刻转移至仓库, 底部模具的使用率很低, 误差不会积累; 但其不足之处在于占用空间较大; 浇注、养护等装置均为移动式; 台座须建立在坚实的地基之上且不能在其他物品上再使用, 弯桥也需要有一定的弯曲等。短线法是一面使用一种固定的末端模具, 一面使用已经浇注的邻近节段作为匹配的末端模具 (也可以在两边都设有端模) 来完成控制实现预制, 梁段由浇筑部位向相应的部位移动, 与新浇筑的梁节相配合, 然后运

输至存放场地。短线法预制方式具有施工快、占地少的特点, 模板的使用效率高, 适合于平曲线, 竖曲线桥形等。在工程建设中, 随着工程单位的技术水平和工程技术水平的不断提升, 将会被工程单位所广泛采用。法国是最先使用短线预制方法, 随后欧洲开始普及并在全球各地使用^[4]。刚构桥、简支梁桥、连续梁桥等都是在工程实践中取得了很好的效果的案例, 比如苏通大桥工程, 就是国内首次采用短线法预制节段施工, 共有 2 条生产线, 在各生产线上设置 3 根钢筋绑扎台座以及 3 个预制台座。

3.2 短线法施工控制

线形控制在桥梁施工全流程中具有重要意义, 是节段预制拼装技术桥梁施工中的一项重要技术, 其涉及理论线形、分段组装线形和张拉成桥后线形调控技术等等。施工中的控制重点是节段预制线形控制以及节段拼装线形控制, 前者重点是控制节段梁的几何截面, 其中以梁轴线、垂向、水平控制为主, 适宜收集三维坐标数值, 并将其转换为相应于此测量点的架设阶段的线性坐标; 后者在施工过程中, 要充分考虑节段拼装过程中的装备设施变形情况、分段施加预应力、二期施加恒载、混凝土收缩徐变等因素的影响, 将平曲线和竖曲线和预拱的预弯性等设计指标相联系, 按预埋测点在浇筑节段处进行, 尤其要重视首节段的准确把控。

短线法节段预成形是由几何控制方法完成, 其中几何控制方法是通过对接段几何形状变化而引起的转角效应来实现垂直或水平方向的线形调节。如图 2 所示, 如果在跨径内部节段的纵向长度比底板的长度要大, 那么梁体线型在拼装结束后会向上弯曲, 反之则会向下; 同样, 在跨径内侧节段的左边长度比右边长度大的情况下, 在节段组装完毕后, 桥梁水平方向会发生左转弯, 反之则出现在右边。短线法节段预制采用这种方法对混凝土浇筑节段和配合节段的相对几何尺寸进行严格的把控, 在节段啮合预制前期, 相关人员在所浇筑部分设置观测点, 在节段预制和起重之前, 定期进行量测、登记和统计节段顶、底板监控点的截面大小, 对顶、底板的长度进行控制, 对两个监测点之间的腹板长度进行测量, 并利用几何线控制软件对成桥线路进行预判, 最后将数据上报装配现场, 确保成桥的几何线符合设计规范。建筑工程监控是指在工程建设中实现以下目的: 保证桥梁工程建设的安全性以及使得成桥后的结构线更符合所需的设计线^[5]。

序号	项 目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
1	轴线偏移量	5	每跨	3	用经纬仪检查
2	相邻节段间顶面接缝高差	3	每条接缝	2	用直尺量
3	节段拼装立缝宽度	≤3	每条接缝	2	用尺量
4	支座轴线偏位	5	每个支座	2	用尺量

图 2 节段拼装质量标准

3.3 上部结构施工

在采用预制拼装技术时,可以结合工程场地的具体条件,结合设备和成本等因素,对拼装工艺进行合理的调节。现在有下列常见的装配方式:①起重机吊装。起重机由龙门吊机、伸臂吊机、履带吊机等组成,不论采用何种吊机,均需符合下列条件:一是吊机的吊装容量要符合最大部件的吊装需求;其次,该起重机能够实现横向的自由移动,并且能够在一定的装配状态下进行定位;在一定的安装地点,起重机可以自由地进行垂直起重和纵向移动,并可以自由地控制起重物体的位置。②卷扬设备。工地作业车辆也是卷扬设备,这种机械通常都是固定在安装完成的末节上,并在拼装过程中逐渐向前移动;该拼装方式虽然具有很大的吊重,但由于处于最终节段,在吊装时会对各节段产生一定的影响。③桁架吊装。该方法具有较好的起吊性能,特别适合用于悬臂工程的拼装吊梁;在吊运时,桁架前、后两端均处于预先制作好的节段上,每次完成一个区域的工作,都可以转移到下一个区域。④渐进式吊装。渐进吊装法类似于整孔拼装,即由上跨节段逐级向下一跨距的连续梁,采用钢绞线支撑节段初质量。在完成1/3左右的吊运工作后,可以采用内预应力束对梁进行张拉,按顺序进行直到整个孔的节段全部装配完成。

3.4 预制立柱和预制盖梁的安装

在预制柱的安装前,底座的混凝土强度要满足设计的规定。①在装配之前,必须校验杯口长宽高,确认是否合格。杯口和预制件的接触表面要进行凿毛,然后将其进行除锈并检查其定位。在装配前确保其符合要求。②在装配好的预制柱后要使用硬木楔或钢楔形螺栓进行固定,并配有斜撑以保证立柱的稳定性,在保证安全的情况下可将吊钩取下。③在施工完毕后,要立即进行杯口砼的灌浆,在水泥固化后移去硬楔块,然后进行二次混凝土的灌浆,当玻璃杯口的混凝土达到75%的强度后,再将其拆卸。预应力混凝土桥面梁板的施工必须满足以下要求:①在装配预制盖梁之前,应在连接处的水泥表面进行凿毛,并将预埋件表面进行除锈。②在桥墩立柱上进行预制盖梁的施工,必须对其进行加固和支承,以保证其稳定性。③当盖梁到位后,必须先对其轴及各部分尺寸进行检验,以确定是否符合要求后再进行安装,然后进行节点混凝土的灌浆,当连接处的钢筋混凝土达到规定的强度后,才能拆除临时的紧固设备。

参考文献:

- [1] 周天璧.预制拼装技术在市政桥梁建设中的应用[J].建材与装饰,2020,(25):265-266.
- [2] 李清洋,管涛,苗子臻,魏志松,徐万林,高天骄.预制装配式技术在市政桥梁工程中的应用[J].施工技术(中英文),2022,51(2):66-69
- [3] 高昇伟.市政桥梁预制拼装施工技术[J].建筑施工,2020,42(4):593-595
- [4] 陈磊,刘洋.市政桥梁节段预制拼装混凝土桥梁技术应用研究[J].智能城市,2021,7(13):135-136
- [5] 钱敏强.市政桥梁预制拼装施工技术研究[J].建筑与装饰,2021(17):106-107.

4 预制拼装构件连接件

4.1 有粘结后张预应力筋连接

预应力通过接缝、强度、刚度等力学性能的确定,目前已有的设计原理、计算和施工技术已较为完善,但其缺点在于,桥墩在设置预应力钢筋的情况下,还必须设置相应的构造配筋,其造价相对高,施工过程繁琐,工期也比较漫长。

4.2 钢筋焊接、搭接和湿接缝连接

预制拼装墩柱是提前将钢筋与邻近的构件预留钢筋搭接起来,钢筋搭接处由后浇砼连接,其利用这种结构进行墩柱的力学特性通常与常规的现浇砼桥墩相似,但由于潮湿接缝的出现,导致了工期的延长以及钢筋搭接、浇筑的工作量,因此,从快速施工角度来看,此方法有一些缺陷。

4.3 灌浆套筒连接构造

预制墩的节段处由注浆接头套管将外露的钢筋连结起来,桥墩与盖梁承台交界处常使用砂浆垫层,墩身上节段间使用环氧树脂粘合结构,其结构特征在于对高精度、减轻了现场劳动强度。

4.4 灌浆金属波纹管连接

这种结构与灌浆套筒连接结构相似,在现场建设工期较短,一般一日之内就可以进行下一步的工作,但是对预应力混凝土墩身的拉伸量有一定的限制,且必须保证纵向筋的充分锚定。

除此之外,预制拼装构件的连接形式也包括插槽式连接结构和承插式连接等。

5 结语

与普通的城市道路施工比较,预制混凝土拼装施工工艺具有施工质量较高、施工周期短、产生噪声较小、对周围环境污染较低、社会效益明显等优点,文明施工程度高。为此,各建筑企业应加强对预制拼装工艺的研究,大力开发和引进国外的先进技术,以改善目前的拼装工艺技术水准,并对其进行严格的质量管理,为保证我国的社会和经济的迅速发展,修建更高质量的公路桥梁项目。在我国倡导创新、协调、绿色、开放、共享五大发展思想的时代大背景下提出了要以营造良好的居住条件为核心目标的发展理念,在今后的几年,预制拼装式桥型将逐步发展为城市桥梁建设的新的发展方向。