

钢桁架桥梁在航道桥梁改造中的应用

王华剑

常州市金坛区金城镇综合保障中心 213000

摘要:近年来,随着我国航道桥梁改扩建工程的不断增多,钢桁架桥已广泛应用于航道桥梁改建工程中,与传统混凝土拱桥、钢桁式组合梁桥相比,钢桁架桥具有自重轻、强度高、耐久性好、外形美观、施工周期短等优点,但也存在施工难度大、施工环境复杂、安全风险高等问题。结合常州某乡镇航道桥梁抢修改建工程,阐述了钢桁架桥在航道桥梁改建工程中的应用,探讨了钢桁架桥的施工管理。本文针对航道桥梁改建工程中钢桁架桥的特点与不足进行了分析,以期同类工程提供参考。

关键词:钢桁架; 航道桥梁; 建设管理

1. 研究背景

随着中国内河水运的迅速发展,伴随着经济增长和城镇化的推进,大量航道正在进行升级改造以满足更高的通航能力需求。这一发展趋势在城镇化程度较高的区域表现得尤为明显,其中,航道桥梁的改造成为了重点问题之一。传统桥梁设计由于需要满足一定的通航净空要求,往往导致桥梁结构高度增加,这不仅影响了地区的城市规划和交通布局,而且还会对周边地块的开发利用造成限制。

在此背景下,钢桁架桥梁由于其较大的跨越能力和较低的建筑高度,逐渐成为航道桥梁改造的首选桥型。相比于传统的混凝土桥梁,钢桁架桥不仅可以减少桥梁对航道的阻碍,还可以在不牺牲强度和安全性的前提下,实现更加经济和高效的建设方案。

钢桁架桥梁的这些优点,使其在当前的航道桥梁改造项目中得到了广泛应用,特别是在那些城镇化程度较高、空间约束较大的区域。本文将详细探讨钢桁架桥梁的发展历史、结构特点、施工方式及其在航道桥梁改造中的应用案例,以期为未来的航道桥梁设计和建设提供参考和借鉴。

2. 钢桁架桥梁的发展历史

2.1 发展简史

钢桁架桥梁,作为一种重要的桥梁结构形式,自19世纪中叶以来一直是桥梁工程中的重要组成部分。以下是该类型桥梁发展的主要历史阶段:

(1) 早期发展(19世纪中叶至20世纪初):

初期的钢桁架桥主要用于铁路运输,这是因为随着工业革命的推进,对铁路运输的需求大幅增加。

这一时期的钢桁架桥梁多采用简单的直线形桁架,材料主要是铁制,而非现代的钢材。

代表性的早期工程包括英国的 Britannia 桥梁和美国的 Bollman 悬索桥。

(2) 技术创新和材料进步(20世纪初至20世纪中叶):

随着钢铁制造技术的进步,桥梁建设开始广泛采用更加坚固和可靠的钢材,取代了早期的铁材。

钢桁架结构也开始变得更加复杂和高效,比如采用了菱形、交叉和多层桁架设计,以满足更大跨度和更高承载力的需求。

这一时期的代表作包括美国的 Hell Gate 桥。

(3) 全球广泛应用(20世纪中叶至今):

20世纪中叶之后,钢桁架桥梁的设计和构造技术日趋成熟,这种桥型开始在全球范围内广泛应用。

随着计算机技术的发展,桥梁设计变得更加精确和高效,能够创建出更加复杂和优化的桁架结构。

这一时期,钢桁架桥梁不仅广泛用于铁路和公路,还开始被应用于城市高架桥和步行桥等多种场合。

典型的现代例子包括中国的港珠澳大桥中的部分跨度结构。

钢桁架桥梁的发展历史展示了工程技术和材料科学的进步如何促进桥梁设计和建造的革新。从初期的铁桥到现代的高强度钢桁架结构,这一进程反映了不断追求更大跨度、更高承载力和更经济高效设计的工程理念。

2.2 钢桁架桥梁在不同交通领域的应用历史

钢桁架桥梁自从19世纪初期问世以来,已经经历了长足的发展,成为现代桥梁工程中不可或缺的一部分。钢桁架桥梁始于在铁路桥梁中的应用,而后逐步推广到公路及市政领域。

铁路桥梁:钢桁架桥梁最初主要用于铁路桥梁的建设,这主要是因为19世纪的铁路运输需求急剧增加,尤其是在欧美地区。为了满足铁路运输对桥梁跨越能力和承载能力的高要求,钢桁架结构以其优良的力学性能和大跨度能力得到了快速发展。早期的钢桁架铁路桥梁主要是简单的直线形结构,但随着材料科学和结构工程的发展,更多复杂的设计如连续桁架和曲线桁架开始被应用。

公路桥梁：随着汽车的普及和公路网的扩展，钢桁架桥梁在公路桥梁建设中的应用也开始增加。相较于铁路桥梁，公路桥梁对桥面平整度和舒适度有更高的要求，这促使了钢桁架桥梁设计的进一步创新和优化。在 20 世纪中叶，随着高强度钢材的开发和应用，钢桁架公路桥梁的结构更加轻盈，跨度更大，而且更加经济高效。

市政桥梁：在城市发展和市政建设中，钢桁架桥梁同样发挥了重要作用。这类桥梁通常用于城市中的河流、沟渠跨越，以及与城市交通和景观整合的项目。在市政桥梁中，钢桁架结构不仅要满足功能性要求，还需要考虑到美观性和与周围环境的和谐。因此，设计师和工程师开始更多地关注桥梁的外观设计，引入了多种造型和装饰元素，使钢桁架桥梁成为城市景观的一部分。

从铁路到公路，再到市政建设，钢桁架桥梁的应用展现了其在各个领域的广泛适用性和独特价值。随着技术的不断进步和材料性能的提高，钢桁架桥梁的设计和建造技术将继续发展，满足更多复杂和多样化的应用需求。

2.3 钢桁架桥在常州地区公路及市政项目的应用历史



运村大桥

而后常州经历了京杭运河改线（Ⅲ级航道）、锡溧漕河常州段三级航道整治工程、芜申运河提升改造、德胜河提升改造、京杭运河Ⅱ级航道改造等一系列重大水运工程，钢桁架桥型在这些工程的桥梁改造工程中应用数量不断提高。

3. 钢桁架桥梁的设计特点

钢桁架桥梁是一种利用钢材构成桁架结构的桥梁类型，它以其独特的设计和结构优势，成为现代桥梁工程中的常见选择。以下是钢桁架桥梁设计的几个关键特点：

高强度和轻质结构：钢材自身具有高强度、高韧性的特点，这使得钢桁架桥梁能够承受较大的荷载和环境影响，如风载、雪载和地震作用。同时，钢结构的轻质特点也使得桥梁的自重减轻，减少了对桥梁基础和支撑结构的要求。

大跨度能力：钢桁架桥梁的设计使其能够轻松实现大跨度，这一点对于航道桥梁尤为重要。大跨度设计减少了中间支柱的需求，从而为下方的航道提供了更宽敞的通行空间，满足了船舶通行的净空要求。

钢桁架桥刚度大、跨越能力强、结构规则，尤其适用于铁路桥的标准化建设，但其外形相较于其他桥型是较为笨重、呆板、压抑的，因此早期在公路及城市道路这样对外形有一定要求的工程中应用较少，且钢结构造价高、养护周期短也限制了其推广应用。

常州地区第一座非铁路永久性钢桁架桥是常州市武进区的运村大桥。

2007 年 5 月 13 日凌晨，232 省道位于常州漕桥附近的运村运河大桥，西半幅由于超载车辆通过而突然坍塌。运村大桥为系杆拱桥梁，分东、西两幅，跨度 55 米，桥单幅宽 12 米，桥梁设计载重量为标准车 20 吨，挂车为 100 吨。由于桥梁所在道路属于交通要道，交通量大、路网地位重要，对桥梁的修复提出了极高的时间要求。经研究，最终采用了下承式钢桁架的桥型，新建桥梁仅用 3 个月时间即完成了建设，恢复了道路通畅。钢桁架桥型在该工程中充分展现出其跨越能力大、施工速度快的特点，让公路及市政部门逐步将其纳入视线。

适应性强和可调节性：钢桁架结构的设计和组装方式具有很高的灵活性，可以根据实际地形和使用需求进行调整。例如，桁架的高度、宽度和斜度都可以根据具体项目的需求来设计，使得钢桁架桥梁能够适应各种不同的环境和条件。

施工速度快：由于钢桁架桥梁的主要部分可以在工厂预制完成，现场只需进行组装和安装，因此施工速度相对较快。这一点对于需要在短时间内完成大规模升级改造的航道桥梁尤为重要。

维护和检修方便：钢材作为一种耐用材料，其维护成本相对较低。钢桁架桥梁的开放式结构使得检查和维修工作更为便捷，有助于延长桥梁的使用寿命。

经济性：虽然钢材价格波动可能影响项目初期成本，但考虑到钢桁架桥梁的耐久性、维护成本低和施工速度快等因素，从长期角度看，它们通常被认为是经济高效的解决方案。

通过上述特点，我们可以看到钢桁架桥梁在设计上的多样性和灵活性，以及其在满足现代航道桥梁需求方面的独特优势。在后续部分，我们将进一步探讨钢桁架桥梁的施工技术和在实际工程中的

应用案例。

4. 钢桁架桥梁在村、镇低等级道路跨越航道桥梁改造中的应用

在中国苏南地区，特别是在诸多村镇，低等级道路的跨越航道桥梁改造面临着独特的挑战。资金有限、地形复杂以及高建筑密集度等因素使得桥梁设计和建设必须考虑成本效益、施工便利性以及对周边环境的最小影响。在这种背景下，钢桁架桥梁以其独特的优势成为了一种理想的解决方案。

(1) 财务约束和经济效益：

村镇道路建设通常受到较严格的预算限制。钢桁架桥梁由于其材料和施工成本相对较低，成为一个经济可行的选择。

钢桁架桥梁的模块化设计和施工方法可以缩短建设周期，进一步降低工程成本。

(2) 适应性和灵活性：

苏南地区的村镇通常地形复杂，建筑密集。钢桁架桥梁因其较高的适应性，可以设计成各种形式以适应不同地形和空间限制。

钢桁架的结构设计允许较大的跨度，减少了对地面空间的占用，这对于建筑密集的村镇尤其重要。

(3) 环境影响和社会效益：

与传统的混凝土桥梁相比，钢桁架桥梁的施工对周围环境的影响更小，这对于保护村镇的自然和社区环境非常重要。

桥梁的低矮设计有助于保持地区的视觉景观，同时减少拆迁成本和社会冲突。

5. 项目案例

唐王大桥位于金坛区 X304 县道 K15+923 处，跨越薛埠河。该桥始建于 1996 年，为 (4X10+1X20+4X10m) 预应力砼空心板梁桥，

下部结构为柱式桥墩，轻型薄壁式桥台，钻孔灌注基础；宽度为 0.5m 组合护栏+9m 行车道+0.5m 组合护栏=10m。唐王大桥采用斜桥正做方式跨越河道，桥梁轴线与薛埠河存在 60° 斜交角，船舶在行驶中，很容易与柱发生碰撞现象。2020 年 6 月 3 日现场调查发现桥墩立柱在船舶多次碰撞下，导致立柱出现了斜向裂缝，立柱与系梁连接处出现开裂，桥墩立柱存在失稳倾向，存在极大的安全隐患。为此，区公路事业中心立即委托专业的桥梁检测单位进行了检测，该桥下部结构存在多种严重病害，被评定为五类桥梁，属于危桥，迫切需要拆除重建。

唐王大桥的改造面临以下问题：

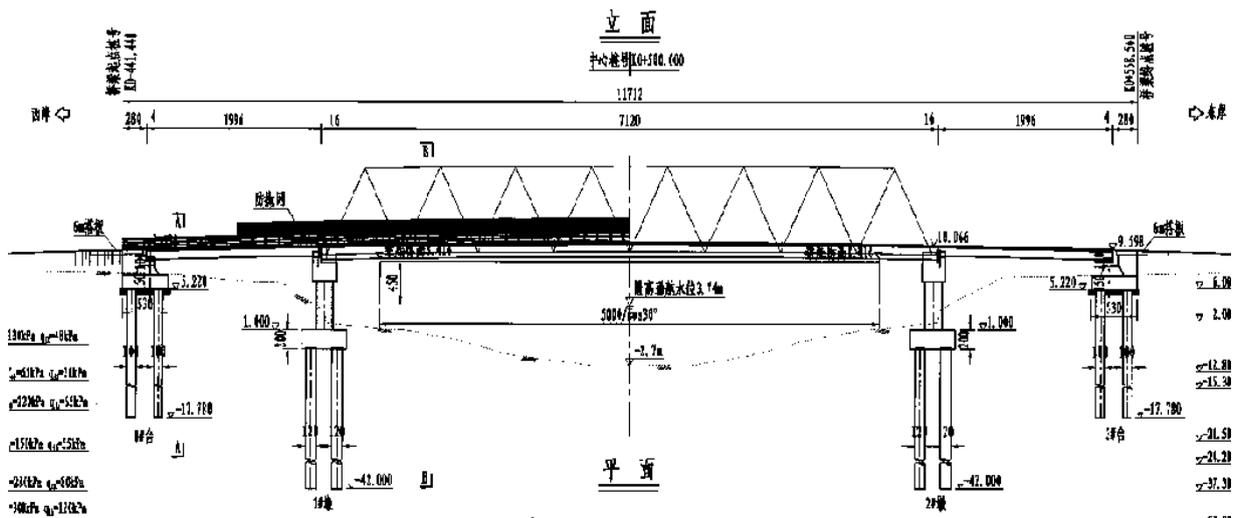
(1) 薛埠河现状为 VI 级航道，规划为 V 级航道，而老桥通航等级低于 VII 级。VII 级航道通航净空为 18m×3.5m，而 VI 级航道和 V 级航道的通航净空分别高达 22m×4.5m、45m×5m。按照航道等级改造，势必极大的增加道路设计高程，引起桥长增加、道路改造范围扩大。

(2) 唐王大桥东岸为唐王集镇区，建筑密集，桥梁改造抬升后，势必对道路两侧的居民造成较大影响，引起矛盾，影响项目的建设。

(3) 道路与航道斜交 60°，本次改造按照航道标准改造，原则上应当一跨过河，以满足防撞通航要求，这将导致新桥的跨径远远大于老桥，进一步导致桥长增加、建筑高度增高，引发投资过高、地方矛盾大的问题。

(4) 本项目属于抢修工程，时间要求高。

基于以上难点，经过多轮比较以及近年来航道桥梁的建设经验，本项目选择的 1-71.2m 简支下承式钢桁架桥型。



唐王大桥桥型方案

在同样跨径下，钢桁架桥型在本项目中有着其他桥型不可比拟的优势：

	钢桁架	变截面连续梁	钢箱梁
建筑高度(梁高)	1.6m	4.5m~3.2m	3.5m

桥长	117m	254m	226m
桥头道路抬高	1m	2.5m	2m
造价	1340万	2150万	2180万

在项目建设过程中,本项目也面临着施工技术和挑战,但也享受了该桥型带来的标准化设计、工厂化生产、现场整体施工的便利和优势。

施工方案:

预制和组装:大部分钢桁架桥梁的组件都在工厂预制完成,这有助于保证构件的质量和准确性。预制的桁架段随后被运输到施工现场,通过起重设备进行组装和安装。这种预制和现场组装的方法,可以显著提高施工效率和安全性。

起重和安装:钢桁架桥梁的安装通常需要使用大型起重机或浮吊。选择合适的起重设备对确保施工安全至关重要。此外,安装过程中需要精确控制,以确保桁架段正确对接,保证结构的整体稳定性和准确性。

连接和固定:桁架构件之间的连接通常采用螺栓连接或焊接。螺栓连接有助于现场的快速安装,而焊接则提供更高的结构强度和刚度。无论采用哪种连接方式,都需要精确的施工操作,确保连接的质量和安全性。

防腐处理:钢材容易受到腐蚀的影响,因此在施工过程中,对钢桁架进行有效的防腐处理是非常重要的。这包括涂层防腐、热镀锌或采用不锈钢材料等方法,以延长桥梁的使用寿命。

施工挑战:

环境因素:施工现场的环境条件,如风速、水流、地形等,都会对施工安全和效率产生影响。特别是在恶劣天气条件下,施工作业需要格外小心,以避免事故的发生。

物流和运输:大型钢桁架构件的运输和现场搬运是一大挑战,特别是在交通不便或地形复杂的地区。合理规划物流和运输路径是保证施工顺利进行的关键。

技术和质量控制:钢桁架桥梁的施工需要高水平的技术和严格的质量控制。施工人员需要具备专业的技能,并且需要采取有效的质量控制措施,以确保桥梁的安全和性能。

施工安全:由于涉及到高空作业和重型设备,钢桁架桥梁的施工安全是一个重大挑战。实施严格的安全管理措施和培训是保证施工人员安全的基础。

结合本项目,我们可以看到,虽然钢桁架桥梁的施工技术不断进步,但仍面临许多挑战。解决这些挑战需要综合考虑施工技术、

现场管理和安全措施,以确保施工的顺利进行和桥梁的长期稳定性。

6. 结论与建议

本文综合探讨了钢桁架桥梁在航道桥梁改造中的应用,特别是在常州地区及其周边村镇的实际案例中的表现。通过分析钢桁架桥梁的发展历史、特点以及在高等级航道和村镇低等级道路跨越航道桥梁改造中的应用,我们可以得出以下结论:

技术和经济优势:钢桁架桥梁因其结构上的大跨度能力、低建筑高度、快速施工以及成本效益等优势,成为航道桥梁改造的优选方案。

适应性和灵活性:钢桁架桥梁能够适应各种地形和环境条件,尤其适用于空间受限、建筑密集的城镇和村庄。

社会和环境效益:在减少对环境干扰和社区干扰方面,钢桁架桥梁表现出明显优势,有助于维护社区的整体福祉和地区景观。

建议:

基于上述结论,提出以下建议,旨在促进钢桁架桥梁在未来航道桥梁改造项目中的更广泛应用:

技术创新和研究:持续推动钢桁架桥梁的技术创新和研究,探索更经济、更环保的设计和施工方法。

政策和规划支持:政府和相关机构应提供政策和财政支持,鼓励采用钢桁架桥梁等创新结构,特别是在资源有限的村镇地区。

公众参与和教育:加强对公众的教育和沟通,提高对钢桁架桥梁项目的理解和支持,尤其是在涉及社区的项目中。

综合评估和规划:在新的桥梁建设项目中,应进行全面的环境、社会和经济评估,确保所选方案最大限度地满足技术、环境和社会需求。

案例分享和知识传播:通过建立案例库和分享成功经验,促进知识传播和最佳实践的推广,特别是在钢桁架桥梁的设计和应用领域。

通过实施这些建议,可以进一步提升钢桁架桥梁在航道桥梁改造中的应用效果,同时促进相关领域的技术进步和社会发展。

参考文献:

- [1]卢森露. 基于深度学习的在役钢桁架桥梁结构损伤识别研究[D].东南大学, 2021.
- [2]万峰.大跨径钢桁架桥梁施工监控及荷载试验研究[J].交通世界, 2021(12): 150-152.
- [3]李建刚, 蒋文志, 王桂智等.钢桁架桥梁防腐体系及应用[J].城市道桥与防洪, 2020(12): 96-97+129+15-16.