

# 提高长输管道大跨度桁架组装精度，实现施工质量目标

门明忠（中石化石油工程设计有限公司，山东 东营 257026）

**摘要：**长输管道跨越工程是管道工程关键控制性工程，桁架梁的吊装就位是跨越工程的一道重要工序，而要实现吊装一次成功，就要做好桁架梁预制过程中的质量控制及桁架的组装偏差控制。本文通过解决桁架组装过程中的质量问题，提高桁架钢结构的组装精度，实现桁架跨越施工质量目标。

**关键词：**长输管道跨越；桁架；组装精度

**中图分类号：**TE973.1      **文献标识码：**A      **文章编号：**1674-5167（2026）003-0113-03

## Enhancing Assembly Accuracy of Large-Span Trusses in Long-Distance Pipelines to Achieve Construction Quality Objectives

Men Ming zhong (Sinopec Petroleum Engineering Design Co., Ltd., Dongying Shandong 257026, China)

**Abstract:** Long-distance pipeline river-crossing projects are critical and controlling components of pipeline engineering. The hoisting and positioning of truss girders constitute a key procedure in such crossing projects. To ensure successful one-time hoisting, it is essential to maintain quality control during the prefabrication of truss girders and to manage assembly deviations effectively. This paper addresses quality issues encountered during truss assembly, improves the assembly accuracy of steel truss structures, and thereby achieves the construction quality objectives for truss-supported crossings.

**Keywords:** long-distance pipeline crossing; truss; assembly accuracy

长输管道桁架跨越工程，是利用三角形空间钢结构作为支撑体系，让管道从河流、峡谷等障碍物上方通过的工程方式。它在管道建设中应用广泛，但技术难点集中。既具有整体刚度大、稳定性好，技术成熟的结构优势；又存在钢材用量大，需要在河床或峡谷中修建桥墩，可能影响河道泄洪的缺点。桁架跨越的难点贯穿设计、制造、安装全过程，本文重点从提高桁架钢结构的组装精度方面的实践，来探讨如何实现桁架跨越施工质量目标。

### 1 项目简介

本跨越工程是某长输管道工程关键控制性工程，跨越总长度 635m，总重 715t；由 8 跨连续桁架组成，单跨最长跨度 95m，重 150t；采用空间矩形钢管结构，截面高度均为 4.5m，截面宽度为 4.0m。桁架上下弦杆采用  $\phi 508 \times 12$  无缝钢管，下弦腹杆采用 HW250 $\times$ 250 宽翼缘 H 型钢，其余腹杆为  $\phi 219 \times 10$  无缝钢管。根据《油气输送管道跨越工程设计标准》GB/T50459-2017 规定，本跨越工程为大型跨越工程。跨越总长度是目前油气管道建设行业中最长的钢桁架跨越。

### 2 工程难点及质量现状

桁架梁的吊装就位是跨越工程的一道重要工序，而要实现吊装一次成功，就要做好桁架梁预制过程中的质量控制及桁架的组装偏差控制。本跨越工程总跨度大于 300m，为大型跨越工程。桁架吊装是将预

制完成的 8 跨钢桁架梁精准就位，其中单跨长度达到 95m，无相关工法借鉴；吊装点地处河床，河道内施工场地受限；大型设备对地基承载力要求较高。施工周期必须在汛期来临前，完成河道内施工，工期紧、任务重。跨越共分 8 跨，每跨又由 2-4 榀预制结构梁组成，通过对首跨 I-IV 榀预制结构梁的组对安装质量进行检查，发现存在节点处杆件轴线错位、对口错边等质量问题，一次质量检查合格率仅为 88%，低于桁架组装一次合格率  $\geq 95\%$  的质量目标要求。

通过对比国内外同类技术研究现状发现，长输管道桁架跨越工程中桁架钢结构的预制组装质量问题，是历年同类跨越工程的质量通病。鉴于本桁架结构外形、跨度、场地、桁架重量的特性，实现质量目标难度较大。基于现状调查问题统计，发现正在施工的首跨桁架组装质量一次合格率均低于项目质量目标，为了达到项目质量目标，实现吊装一次成功，因此必须提高桁架组装一次合格率。

### 3 质量问题分析

#### 3.1 统计分析

在调查情况和收集数据基础上，对前期检测结果进行缺陷统计，绘制了质量问题统计表（见表 1）。为反映出问题真实情况，统计缺陷单位为缺陷点数。共计有节点处杆件轴线错位、对口错边、起拱高度、垂直度、接头与节点重合等 5 种缺陷形式。

根据质量问题统计表得出的数据，编制了质量问

表 1 质量问题统计表

项目	节点处杆件轴线错位	对口错边	起拱高度	垂直度	接头与节点重合
I - II 榫预制组装	3	2	1		
II - III 榫预制组装	1	1		1	
III - IV 榫预制组装	1	1			1
合计	5	4	1	1	1

表 2 质量问题调查表

序号	项目	检查点数	不合格点数	合格率 (%)
1	节点处杆件轴线错位	35	5	85
2	对口错边	30	4	86
3	起拱高度	3	1	33
4	垂直度	15	1	93
5	接头与节点重合	15	1	93
	合计	98	12	87.7

表 3 质量问题统计表

序号	项目	频数	频率 (%)	累计频率 (%)
1	节点处杆件轴线错位	5	41.67	41.67
2	对口错边	4	33.33	75
3	起拱高度	1	8.33	83.33
4	垂直度	1	8.33	91.67
5	接头与节点重合	1	8.33	100
	合计	12	100	

题调查表 (见表 2)。

根据质量问题调查表,对不合格点频数、频率及累计频率进行统计 (见表 3),并绘制了质量问题排列图 (图 1)。

表 4 末端原因汇总表

序号	末端原因
1	检测仪器未校验
2	坡口角度不符合要求
3	原材料缺陷
4	焊接工艺不满足本工程需要
5	未按制作工艺执行
6	吊点选择不合理

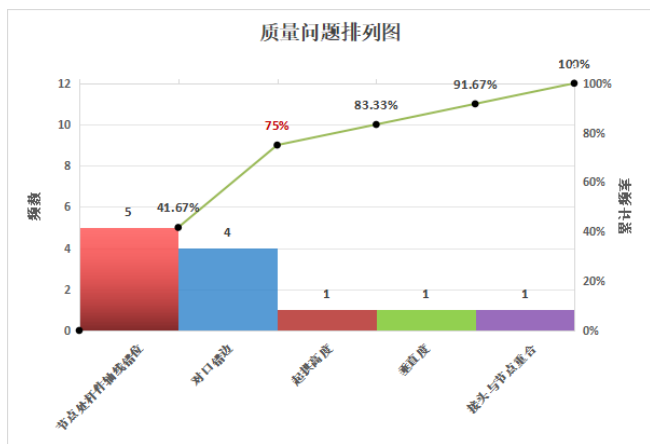


图 1 质量问题排列图

从图 1 中可以得出:桁架节点处杆件轴线错位、对口错边累计频率达到 75%,是影响桁架组装质量的主要因素。桁架节点处杆件轴线错位会影响整体桁架轴线偏差,对口错边易造成桁架整体垂直度偏差,因此将桁架节点处杆件轴线错位、对口错边作为重点问题进行解决。

### 3.2 确定主要原因

针对桁架节点处杆件轴线错位和对口错边 2 个主要因素,从原因关联的 6 个末端原因 (见表 4),进行了调查分析及检查,经过逐一确认排查,最终找出主要原因。

①经调查发现现场施工人员文化素质低,接收能力差,依靠经验进行施工,施工步骤紊乱,未完全按照制作工艺执行,个别工艺参数超出规范值,且本项目对工艺制作一次合格率要求为  $\geq 95\%$ ,制作工艺执行情况一般的班组已在质量管理要求以下,甚至低于 90%,由此可见施工人员未按制作工艺执行对桁架制作构成重要影响。

②另外,首跨桁架进行拼装时,吊点选择未经验算,凭经验选择吊点位置,且采用双车四吊点进行起吊辅助组对,导致焊口组对困难,桁架整体变形程度较高,受力不均,中部下凹明显,对整段桁架及管道造成弯曲,经测量变形数据,发现起拱高度、桁架侧向弯曲矢高均超允许偏差值,节点处杆件轴线错位合格率仅为 80%,对口错边合格率为 88%。由此可见,吊点选择不合理对桁架组装质量构成重要影响。

## 4 制定措施并实施

4.1 根据确定出的两条要因,经过认真讨论,制定了对策措施 (见表 5)

### 4.2 对策实施

①经对策实施检查,在第 II 跨桁架组装中,施工

表 5 对策措施表

序号	要因	对策	目标	措施	地点
1	未按制作工艺执行	进行全面细致的技术交底, 加强现场质量管理及验收	熟练掌握施工技术要点	①制作桁架工艺检查卡; ②加强现场监督及检查, 强化验收。	施工现场
2	吊点选择不合理	根据验算结论重新确定吊点, 严格按吊装方案执行	对吊点位置进行验算以满足要求	①方案组织专家论证; ②按照审批的方案监督实施, 加强现场交底。	会议室 / 施工现场

表 6 桁架制作检查对比表

过程项目	节点处轴线错位			对口错边		
	检查点数	合格点数	合格率	检查点数	合格点数	合格率
实施前	20	17	85%	20	16	80%
实施后	20	19	95%	20	20	100%

表 7 桁架结构组装偏差数据表

过程项目	起拱高度 (mm)	桁架侧向弯曲矢高 (mm)	节点处杆件轴线错位		对口错边	
			检查数量	合格率	检查数量	合格率
实施前	-26	45	10	80%	25	88%
			8		22	
			20		30	
实施后	8	27	19	95%	29	96%
			19		29	
			20		30	

人员已对施工工艺了然于心, 熟练掌握各项技术要点及参数, 并严格按照制作工艺执行; 现场采取检查与验收相结合的方式, 即监理在施工单位自检合格基础上, 进行平行检验验收, 分别对节点轴线错位和对口错边缺陷问题进行抽查, 共抽查 40 个点, 抽查情况见表 6。

通过检查对比, 明显提高了桁架组装一次合格率, 质量满足目标要求。

②通过严格执行吊装专项施工方案, 对地面承载力、吊索具、起重设备及吊点位置进行吊装验算, 并进行了模拟吊装, 消除了因吊点选择不合理导致桁架变形的质量风险及潜在的安全风险, 提高了桁架结构组装质量。

采用双车八吊点进行起吊辅助组对, 桁架整体变形得到有效控制, 焊口组对质量得到提高。经对第Ⅱ跨桁架组装质量进行检验, 得到以下测量数据(见表 7)。

由测量数据表可以看出, 桁架起拱高度、侧向弯曲矢高均控制在了允许偏差范围以内, 节点处杆件轴线错位合格率达到 95%, 对口错边合格率达到 96%, 质量达到目标要求。

措施实施后, 通过持续对第Ⅲ跨至Ⅷ跨桁架组装质量进行实测检查, 共检测 810 个点, 合格点数量为 784 点, 一次合格率为 96.8%; 由此可见, 通过分析成因、采取针对性措施, 提高了钢桁架跨越的施工质量, 实

现了预期质量目标。

通过对桁架组装全过程回顾总结, 采用 PDCA 循环, 以事实和数据说话, 找到了解决问题的方法, 提高了工程质量合格率, 为类似工程提供了参考方法。

#### 参考文献:

- [1] GB 50460-2015 油气输送管道跨越工程施工规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [2] 中国质量协会. T/CAQ 10201-2020 质量管理小组活动准则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [3] 王俊, 刘强. 大跨度钢桁架结构施工关键技术研究[J]. 施工技术, 2019, 48(10): 45-48.
- [4] 刘志强, 孙峰, 王晓波. 大跨度钢管桁架分段吊装施工模拟与监控技术[J]. 钢结构, 2020, 35(5): 78-82.
- [5] 钢结构设计标准: GB 50017-2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 门明忠. 长输管道大跨度桁架现场组装精度控制研究[J]. 油气储运, 2022, 41(5): 78-82.
- [7] 张建平, 赵亮. 基于 BIM 技术的钢结构深化设计与施工模拟应用研究[J]. 建筑技术, 2021, 52(3): 287-290.
- [8] 钢结构工程施工质量验收标准: GB 50205-2020[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.

#### 作者简介:

门明忠(1970-), 男, 汉族, 山东东营人, 工程师, 本科, 研究方向: 工程监理。