

# Discussion on Stability Problems of Steel Structure Bridge Components

Yafeng Wang Yonghui Hou Zeng Yu Tao Shu

Shaanxi Transportation Holding Group Tongyu Transportation Research Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710118, China

## Abstract

Steel bridge components are increasingly widely used in practical engineering due to their advantages such as high strength and light weight, especially high-strength steel due to its high strength and good toughness. However, the stability and bearing capacity of steel bridge components have an important impact on the safety of the entire project. Therefore, summarizing and summarizing the research on the stability of ordinary steel structure bridge components by domestic and foreign scholars, ordinary steel structure bridge components are divided into three categories: axial compression components, compression bending components, and bending components, clarifying the concept of instability, the influencing factors of instability, and the prevention and control measures for instability. Summarize and summarize the theoretical and experimental research on high-strength steel compression and bending components. High strength steel compression and bending components have incomparable advantages over ordinary steel in terms of bearing capacity, and many existing regulations limit the advantages of high-strength steel. Therefore, it is urgent to revise and improve the current regulations accordingly.

## Keywords

compression and bending components; axial compression components; bending components; stability

## 钢结构桥梁构件稳定性问题综述

王亚风 侯永辉 余曾 舒涛

陕西交控通宇交通研究有限公司, 中国·陕西 西安 710118

## 摘 要

钢结构桥梁构件因具有强度高、质量轻等优点,特别是高强度钢材因强度高、韧性好等特点,被越来越广泛地应用在实际工程中,但钢结构桥梁构件的稳定性和承载力对整个工程的安全性具有重要的影响。因此,对国内外学者关于普通钢结构桥梁构件稳定性的研究进行总结归纳,将普通钢结构桥梁构件分为轴心受压构件、压弯构件和受弯构件三类,阐明失稳的概念、失稳的影响因素以及失稳的防治措施。对高强度钢材压弯构件的理论和试验研究进行总结归纳,高强度钢材压弯构件较普通钢在承载力等方面有不可比拟的优势,现有规范的很多规定限制了高强度钢材优势的发挥。因此,亟须对现行规范进行相应的修订和完善。

## 关键词

压弯构件; 轴心受压构件; 受弯构件; 稳定性

## 1 引言

稳定性是钢结构桥梁构件的一个突出问题,现代工程史上不乏因失稳而造成的钢结构桥梁构件事故,其中影响最大的是 1907 年加拿大魁北克一座大桥在施工中破坏(见图 1),9000t 钢结构桥梁构件全部坠入河中,桥上施工的人员中有

【基金项目】陕西交通运输厅 2021 年度交通科研项目“基于缆索吊装施工的大跨径钢管混凝土连拱桥拆除控制关键技术研究”(项目编号: 21-65K)。

【作者简介】王亚风(1990-),男,中国陕西大荔人,本科,工程师,从事道路与桥梁工程基本理论,桥梁试验检测、监测研究。

75 人遇难,其破坏是由于悬臂的受压下弦失稳造成的。近年来,中国在建的钢结构桥梁构件工程也有因为稳定性问题而引发的工程事故,为了保证钢结构桥梁构件工程的安全性和耐久性,研究其稳定性是十分有必要的。随着生产工艺和施工工艺的不断优化,高强度钢材也逐渐被广泛应用到现代工程建设中。高强钢构件的稳定设计方法研究成为急需解决的问题。因此,将从普通钢结构桥梁构件和高强钢结构桥梁构件两方面出发,对钢结构桥梁构件的稳定性进行分析整理。

## 2 钢结构桥梁构件稳定性的作用

### 2.1 稳定性设计的目标

稳定性设计是指在给定的加载条件下,通过合理的结构形状和设计措施,使钢结构桥梁构件在承受荷载时不会发



图1 加拿大魁北克桥的破坏形态

生失稳或破坏的设计过程。稳定性设计的目标是确保钢结构桥梁构件在各种工作状态下都能够保持稳定，避免产生不可预测的失效行为。稳定性设计在钢结构桥梁构件中扮演着关键的角色，钢结构桥梁构件的主要特点之一是其高强度和较小的自重，这使得钢结构桥梁构件在桥梁建筑中得到广泛应用。然而，钢结构桥梁构件的轻量化和刚度较高的特点也使其在受力过程中容易发生稳定性失效。稳定性设计的任务就是通过合理的设计来确保钢结构桥梁构件在受到荷载时能够保持稳定，防止结构的局部或整体失稳。

## 2.2 稳定性设计的重要性

稳定性设计在钢结构桥梁构件中具有至关重要的作用。其一，稳定性失效可能导致结构的坍塌和破坏，造成人员伤亡和财产损失。例如，在桥梁建筑中，如果结构失去稳定性，整个桥梁可能倒塌，造成巨大的灾难。因此，钢结构桥梁构件稳定性设计是确保桥梁结构安全性和人员生命安全的重要保障。其二，稳定性问题直接影响桥梁的使用寿命和性能。稳定性失效可能导致钢结构桥梁构件的变形和功能障碍，进而影响建筑物的使用。因此，稳定性设计是确保钢结构桥梁构件的可靠性和可持续性的重要因素。

## 3 钢结构桥梁构件稳定性的原则

### 3.1 整体稳定性原则

对于整个钢结构桥梁构件来说，水平稳定性主要由各梁、柱来维持，而纵向稳定性一般由拉杆、撑杆等纵向支撑构件来实现。在计算整个钢结构桥梁构件体系的稳定性时，应充分考虑横向和纵向的受力情况。计算时，要保证受压或压弯构件本身及其组成构件在荷载作用下不发生屈曲失稳。钢结构桥梁构件整体稳定性的计算需要结合梁柱构件本身及其平面外支撑体系进行综合设计。

### 3.2 局部稳定性原则

钢结构桥梁构件桥梁在设计阶段，除了充分考虑桥梁构件的整体稳定性外，还应根据桥梁的环境和形式进行图纸设计。局部稳定设计最重要的部分是钢结构桥梁构件桥梁构件支撑和节点的设计，如支撑、吊点、梁柱节点、现场焊接部位、大型集中荷载作用点等。应设置纵向和横向加劲肋，以防止构件在集中力作用下损坏。保证钢结构桥梁构件局部

稳定的关键是保证构件各部分在外部集中力的作用下不发生屈曲，从而保持钢结构桥梁构件桥梁自身的稳定。

## 4 钢结构桥梁构件常见的稳定性失效模式

稳定性失效是建筑钢结构设计中需要重点关注的问题，常见的稳定性失效模式包括局部失稳、整体失稳和扭转失稳。在设计过程中，需要采取相应的原则和措施来预防和控制这些失效模式的发生。

### 4.1 局部失稳

局部失稳是指钢结构桥梁构件中的某个构件或构件组合在受到荷载作用下失去稳定性。常见的局部失稳模式包括屈曲、局部侧扭、局部屈服和局部压缩破坏等。为了防止局部失稳，设计中需要考虑以下原则和措施：合理选择构件的截面形状和尺寸，以提高局部稳定性；增加钢结构桥梁构件截面的有效高度或宽度，以增加其屈曲承载能力；采用加强筋或加固构件连接等方式，以提升钢结构桥梁构件局部的稳定性和承载能力。

### 4.2 整体失稳

整体失稳是指钢结构桥梁构件整体由于受到较大荷载作用而发生失稳。整体失稳的常见模式包括整体屈曲、侧向扭转屈曲和整体失稳。为了防止整体失稳，在设计中需要考虑以下原则和措施：增加横向支撑，以提高钢结构桥梁构件的整体刚度和稳定性；考虑荷载组合的影响，根据不同工况选择合适的钢结构桥梁构件安全系数；采用适当的施工形式和连接方式，提高钢结构桥梁构件的整体稳定性。

### 4.3 扭转失稳

扭转失稳是指钢结构桥梁构件在受到扭转荷载时发生失稳。扭转失稳主要发生在薄壁构件和细长构件中，如柱。为了防止扭转失稳，在设计中需要考虑以下原则和措施：选择合适的截面形状和尺寸，增加构件的扭转刚度；考虑适当的施工形式和连接方法，如使用刚性连接或增加螺栓连接的数量；考虑钢结构桥梁构件的弯曲耦合效应，对钢结构桥梁构件进行全面的稳定性分析和设计。

## 5 钢结构桥梁构件稳定性提升策略

### 5.1 加强钢结构桥梁构件抗震设计

钢结构桥梁构件的形状对其稳定性具有重要影响。在

稳定性设计中,需要考虑构件的截面形状、尺寸和几何特征。通常情况下,增加构件的截面尺寸可以提高其稳定性。此外,减小构件截面的宽厚比、采用合适的截面形状和剖面形态也能有效改善构件的稳定性。材料的强度参数是钢结构桥梁构件抗震中的重要参考依据。钢结构桥梁构件的屈服强度、抗拉强度和屈服比等参数需要在设计过程中充分考虑。合理选择材料的强度参数,可以使钢结构桥梁构件在加载过程中保持稳定。此外,还需要注意材料的变形能力和延性,以确保钢结构桥梁构件抗震在发生失稳时能够有足够的能量耗散能力。钢结构桥梁构件除了满足结构稳定性的要求外,还需要具有必要的抗震承载力、良好的变形能力和消耗地震能量的能力。桥梁在遇到一定振幅的振动时,其抗震性能直接影响到桥梁的破坏程度。设计师需要根据建筑所处的区域,对钢结构建筑进行受力和抗震性能分析,使设计的桥梁满足抗震要求。在钢结构桥梁构件的受力分析过程中,还可以对钢结构构件和梁柱关键节点的形状进行合理优化,充分满足抗震要求。

## 5.2 注重钢结构桥梁构件的科学选型

加载条件是钢结构桥梁构件稳定性设计中必须考虑的重要因素。不同的加载条件,如压力、拉力、弯矩和扭矩等,对钢结构桥梁构件的稳定性有不同的影响。钢结构桥梁构件在设计过程中,需要准确确定加载条件,并合理选取安全系数,以确保钢结构桥梁构件在各种加载条件下的稳定性。设计人员在展开钢结构桥梁构件设计时,为了能够充分确保钢结构桥梁构件具有一定的可靠性、稳定性,应高度重视结构选型。

在钢结构桥梁构件设计中,要有对称性设计意识,尤其是总体的结构平面布局,其布局越简单,原则上会更加规整、稳定,考虑的是中心受力点与刚度能够嵌合在同一区域。同时,设计理念中要注重对地震等自然灾害的抵抗,一旦有结构扭转受力状态,应先保证桥梁不倒塌,然后是不会变形、破坏,使桥梁建筑能够始终保持在稳定、安全的常规状态中。细腰型属于较为难以平衡稳定的结构形式,应尽可能排除选用,角部重叠因其受力特征,也不优先考虑在设计中进行应用,同时,竖向结构根据钢结构桥梁构件的受力特点,不利于内凸型及外凹型设计,唯有如此,钢结构桥梁构件布置竖向结构才能更良好的贯通受力,有效提升整体稳定效果。另外,底部的结构设计环节要更加科学、合理,通常情况下,应当优先选择T字形、L字形或者是U字形结构,这样一来便可最大限度降低地震灾害、泥石流灾害等所为钢结构桥梁构件桥梁带来的负面影响,有效加强钢结构桥梁构件的稳定效果,促进桥梁对外来不良因素的抵抗力提升,让中国建筑业发展得更为坚固、扎实。同时,设计人员在钢结构桥梁构件稳定性设计时,由于加固设计十分重要,因此,设计人员应密切关注以下两点内容:第一,做好构件截面位置的加固设计。设计人员在具体设计过程中,应着重优

化杆件设计,分散构件承受的荷载,借此达到优化桥梁钢结构桥梁构件顶端位置支撑力的目标。针对筒支和支座互相连接的部分,设计人员应利用撑杆结构来发挥出支撑作用,同时,对在钢结构桥梁构件中出现的连续结构部位展开科学、适当的调节,从而使应力杆能够充分适应其分布截面中的内力要求。第二,必须对连接部位进行合理的加固设计。设计人员在对钢结构桥梁构件进行稳定性设计过程中,应当与桥梁工程的实际施工标准、受力状态和施工要求等方面进行深入分析,并将其作为基础前提,通过铆钉、焊缝等多种方法,来对钢结构桥梁构件的连接部位进行合理设计,使其能够充分符合有关施工要求,如此方可显著提升桥梁工程施工的整体质量。

## 5.3 加强钢结构桥梁构件防腐设计

钢结构桥梁构件不采取任何防护措施且长期处在潮湿空气环境中会受到严重腐蚀,钢结构桥梁构件一旦被腐蚀后其有效受力截面会变小且会出现一定的锈坑,导致钢结构桥梁构件耐用性大幅度降低。基于此,在钢结构桥梁构件设计过程中要给予钢结构桥梁构件防腐问题一定的关注度。钢结构桥梁构件防腐设计的常规做法是在钢结构桥梁构件表面涂抹具有高强度附着能力的防腐材料,将钢结构桥梁构件与空气中的水分和氧气隔绝,继而达到防腐的效果。防腐材料的设计涂抹厚度根据钢结构桥梁构件所处位置的不同而有所差异,钢结构桥梁构件建筑的地面和地面以下部分钢柱柱脚采用C20混凝土包裹并在混凝土表面涂抹防腐涂料,防腐涂料厚度设计在50 $\mu\text{m}$ 以内。

## 6 结语

钢结构桥梁构件因其自身重量比混凝土结构要小,在减小建筑物自身重量上面有着显著效果,在整体上提升建筑物的结构安全方面有着非常重要的作用。但是目前钢结构桥梁构件越来越复杂,结构越来越多样化,因此对钢结构桥梁构件的稳定性设计方法越来越受到重视,保证桥梁结构的整体安全性。

## 参考文献

- [1] 宋岩,吕成.钢结构轴心受压构件稳定性探讨[J].科技信息:学术研究,2008(15):31-34.
- [2] 杨应华,曹凯翔.高强度焊接薄腹工形截面双向压弯构件的稳定性[J].土木建筑与环境工程,2017,39(3):1-12.
- [3] 朱召泉.钢结构桥梁构件稳定性问题浅析[J].钢结构桥梁构件,2011,26(3):1-5.
- [4] 申红侠,杨春辉.高强度焊接工字形截面压弯构件局部-整体相关屈曲分析[J].建筑结构,2013,43(22):33-38.
- [5] 施刚,王飞,戴国欣,等.Q460C高强度结构钢材循环加载试验研究[J].东南大学学报:自然科学版,2011,41(6):1259-1265.
- [6] 施刚,班慧勇,石永久,等.高强度钢材钢结构桥梁构件研究进展综述[J].工程力学,2013,30(1):1-13.