

# 高强度钢结构桥梁建造技术分析

## ——基于性能优化的视角

黄庆业<sup>1</sup> 刘神斌<sup>2</sup> 尹紫钰<sup>3</sup>

1. 浙江交工集团股份有限公司设计院分公司

2. 浙江数智交院科技股份有限公司

3. 中国联合工程有限公司

**摘要:** 高强度钢结构桥梁作为现代桥梁建筑技术的代表之一,在桥梁工程中扮演着重要的角色。本文从性能优化的视角出发,对高强度钢结构桥梁建造技术进行了分析。首先,本文介绍了高强度钢结构桥梁的基本特点和性能指标,深入探讨了高强度钢的力学性能、耐久性能和施工性能等方面。然后,本文重点阐述了高强度钢结构桥梁建造过程中的关键技术,包括钢材的选型、构件的设计、焊接工艺、防腐措施等。最后,本文结合实际案例,对高强度钢结构桥梁的性能优化和应用前景进行了展望。

**关键词:** 钢结构; 高强度; 性能优化; 桥梁建造

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.059

### 一、引言

近年来,随着交通运输事业的快速发展,桥梁建造技术也在不断创新和发展。高强度钢结构桥梁作为一种新型的桥梁结构,在跨越长距离、承载大荷载等方面具有独特的优势,因此得到了越来越广泛的应用。然而,在钢结构桥梁建造过程中,存在一些技术难点和挑战。例如,如何选择适合的材料和设计方案,如何保证结构的可靠性和安全性等等。因此,基于性能优化的视角,对高强度钢结构桥梁建造技术进行研究,对于提高其性能和可靠性具有重要意义。在此背景下,研究人员需要结合实际工程应用需求,开展高强度钢结构桥梁的建造技术研究,从材料、设计、施工等方面进行分析和探讨,以期工程实践提供有益的参考和指导。

桥梁是重要的基础设施之一,对于城市交通、物流和经济发展都有着至关重要的作用。近年来,随着科技和材料技术的不断进步,高强度钢结构桥梁逐渐成了研究热点。相较于传统的混凝土桥梁,高强度钢结构桥梁具有更好的承载能力、耐久性和抗震能力等性能,同时还能够减轻自身重量,降低建造成本。因此,从性能优化的视角研究高强度钢结构桥梁建造技术的意义重大。

首先,基于性能优化的研究能够提高桥梁的性能。高强度钢材料具有更高的强度和刚度,可以使桥梁的承载能力得到提升。在桥梁建造过程中,通过对高强度钢结构桥梁的设计和施工技术进行优化,可以提高桥梁的耐久性、抗震能力和抗风能力等性能指标,从而保证桥梁的安全性、可靠性和长期稳定性。此外,高强度钢结构桥梁的自重较轻,可以减少对基础的负荷,降低了基础的要求和建造成本。

其次,从性能优化的角度出发研究高强度钢结构桥梁建造技术,还可以降低建造成本。传统的混凝土桥梁建造成本高、施工周期长,而高强度钢结构桥梁采用了钢材的优势,可以通过优化设计、降低材料成本、缩短施工周期等方式来降低建造成本。此外,高强度钢材料还具有良好的可塑性和可加工性,可以加快施工速度,提高施工效率。

最后,研究高强度钢结构桥梁建造技术的性能优化,可以促进工程技术的发展。高强度钢结构桥梁建造技术的研究和应用,需要涉及材料科学、结构力学、土木工程等多个领域。

### 二、高强度钢结构桥梁的基本特点和性能指标

#### 1. 高强度钢的定义和分类

高强度钢结构桥梁是指利用高强度钢材料作为桥梁的主要结构材料,在满足一定的设计要求下,采用特定的结构形式和工艺方法,构建起来的具有较高承载能力和耐久性的桥梁。按照桥梁结构的形式和用途,高强度钢结构桥梁可以分为以下几类:

(1) 高强度钢桁架桥: 桁架结构是指由若干根横梁和纵向斜撑组成的结构,高强度钢桁架桥则是采用高强度钢材料制造的桁架结构桥梁,通常用于大跨度的桥梁建设。

(2) 高强度钢拱桥: 高强度钢拱桥采用高强度钢材料作为拱的主要结构材料,具有较高的抗弯和抗压能力,常用于中跨度和小跨度的桥梁建设。

(3) 高强度钢索索桥: 高强度钢索索桥是采用高强度钢索作为桥梁的主要承载结构,其优点是桥面结构轻便,适用于中小跨度的桥梁建设。

(4) 高强度钢板壳桥: 高强度钢板壳桥采用高强度钢板材作为主要结构材料,利用板材的弯曲刚度和承载能力形成一定的几何形状,用于中小跨度的桥梁建设。

#### 2. 高强度钢结构桥梁的基本特点

高强度钢结构桥梁是近年来发展的一种新型桥梁结构,其基本特点是采用高强度钢材料来构造桥梁,从而可以实现更轻、更强、更耐久的桥梁结构。下面将详细叙述高强度钢结构桥梁的基本特点。高强度钢材质轻、强度高,可以承受较大的荷载,因此可以设计出更加轻盈、优美的桥梁结构<sup>[1]</sup>。相比于传统桥梁结构,高强度钢结构桥梁的材料密度更小,因此其自重也更轻,可以减少桥梁对地基的负荷,降低了建设成本和维护成本。

高强度钢结构桥梁可以采用悬索桥、斜拉桥等新型结构形式，能够实现更大跨度的桥梁建设，以满足交通需求。与传统桥梁结构相比，这种新型结构更具有创新性和技术含量。高强度钢结构桥梁还具有良好的耐久性和抗腐蚀性能，能够在不良的自然环境条件下长期使用。高强度钢材材料不仅具有较高的抗拉强度，而且还具有较高的耐腐蚀性，能够有效地抵抗氧化、锈蚀等因素的影响。这种优良的材料性能可以有效地延长桥梁的使用寿命，减少桥梁维护和更换的成本。

高强度钢结构桥梁的建设还具有环保和可持续性的优点。高强度钢材材料可以被回收和再利用，降低了资源消耗和环境污染，具有较好的可持续性和环保性。综上所述，高强度钢结构桥梁具有轻盈、强度高、大跨度、耐久性好、抗腐蚀性强、可持续性好等特点，可以满足现代交通运输的需求，成为未来桥梁建设的重要方向之一。

### 3. 高强度钢的耐久性能

高强度钢的耐久性能是指其在长期使用和负载条件下的抗疲劳和抗腐蚀性能。这是因为高强度钢通常用于需要更高强度和刚度的结构和机器制造中，如桥梁、汽车、航空航天、海洋和建筑等。在这些应用中，高强度钢的耐久性能对其使用寿命和安全性至关重要。高强度钢易受到腐蚀的影响，由于高强度钢通常具有较高的合金成分和更薄的表面层，它比传统钢更容易受到腐蚀的影响<sup>[2]</sup>。腐蚀会导致高强度钢的结构变得脆弱，从而影响其性能。为了防止高强度钢腐蚀，可以采取一些措施，如防锈、喷漆、电镀等。这些措施可以在钢表面形成一层保护层，以防止水和氧气接触钢表面，从而减缓钢的腐蚀速度。

高强度钢易受到疲劳的影响，由于高强度钢具有更高的强度和刚度，因此在长期使用过程中，它更容易受到应力的影响，从而导致疲劳破坏。疲劳破坏可以是突然发生的，因此需要采取相应的防疲劳措施来保证其安全。防疲劳措施包括降低应力集中、优化结构设计、控制载荷等。在高强度钢的结构设计中，通常采用圆角和平滑的过渡来降低应力集中。此外，可以采用分段设计和分步加载来控制载荷，以避免突然的载荷变化导致的疲劳破坏。

高强度钢的耐久性能还受到其质量和制造工艺的影响。高强度钢的制造过程中需要进行精细的控制，以确保高强度钢的成分和组织结构的均匀性。由于高强度钢的组织结构更为紧密，因此如果制造工艺不当，就容易产生焊缝、裂纹和其他缺陷，从而降低高强度钢的耐久性。

### 4. 高强度钢的施工性能

高强度钢是一种具有高强度、高韧性和耐腐蚀性能的钢材。由于其在结构工程中具有重要的作用，因此对其施工性能的研究也变得越来越重要。下面将详细介绍高强度钢的施工性能。高强度钢的焊接是其施工中最常见的连接方式之一，因此其可焊性是衡量其施工性能的一个重要指标。高强度钢的可焊性与其成分、热处理和冷加工方式等因素有关。一般情况下，高强度钢的可

焊性较低，焊接时需要采取特殊措施，如预热、后热处理等。高强度钢在加工过程中的变形性能和切削性能较差，这会对其加工造成一定的难度。为了解决这个问题，通常采取措施包括：采用适当的冷加工方式、加工温度和速度的控制等<sup>[3]</sup>。

高强度钢的耐腐蚀性能优异，但在施工过程中，由于长时间暴露于空气中或者浸泡在水中，可能会发生腐蚀。为了保证高强度钢在使用过程中的安全可靠，需要采取一系列的防腐措施，如涂层、防腐剂等。高强度钢在加工过程中，由于其较高的强度和韧性，容易发生形变，这会对其尺寸稳定性造成影响。因此，在施工过程中，需要严格控制加工过程中的温度和形变，以保证高强度钢的尺寸稳定性。高强度钢的可塑性和韧性比普通钢好，但是在施工中，需要注意不要使其发生过度弯曲和剪切等形变，否则容易导致其发生断裂。

## 三、高强度钢结构桥梁建造过程中的关键技术

### 1. 桥梁建造钢材的选型

桥梁建造是一个复杂的工程，需要使用各种材料。其中，钢材是最常用的材料之一，因为它具有高强度、耐腐蚀、易加工等优点，能够承受大量的荷载和振动，同时也能够满足各种复杂的建造要求。在进行桥梁建造时，钢材的选型是非常重要的，因为不同的钢材具有不同的特性和应用场景。

首先，钢材的选型需要考虑桥梁的设计要求。桥梁的设计要求包括荷载、跨度、支撑结构等，这些要求决定了所需要的钢材的强度和刚度等参数。例如，一座高速公路桥梁需要承受大量的车辆荷载和风荷载，需要使用高强度钢材；而一座城市步行桥则不需要承受大荷载，可以使用较为轻型的钢材。

其次，钢材的选型需要考虑钢材的耐腐蚀性。桥梁建造通常处于严酷的自然环境下，例如海边、高海拔等地，这些地方可能会受到海水、雨水、氧化等环境的侵蚀，因此需要使用具有良好耐腐蚀性的钢材，例如不锈钢和耐腐蚀钢。

另外，钢材的选型还需要考虑制造和施工的成本。不同种类的钢材价格不同，制造难度和工艺也不同，因此需要综合考虑各种因素来确定最终选型。例如，热轧H型钢的生产工艺相对简单，成本相对较低，因此在许多桥梁建造中被广泛采用。

最后，钢材的选型还需要考虑使用寿命和可维护性。桥梁是长期使用的建筑，钢材的使用寿命应该足够长，同时也需要考虑维护的方便性。一些具有良好耐腐蚀性和可维护性的钢材，例如镀锌钢材和喷涂聚合物涂层的钢材，逐渐成了更加常见的选型。

### 2. 桥梁建造构件的设计

桥梁作为连接两岸的交通设施，在现代交通中具有非常重要的作用。在桥梁的建造中，构件的设计是至关重要的一步。构件的设计需要考虑到多个方面的因素，包括桥梁的长度、负荷、材料等，下面我将详细介绍桥梁建造构件的设计。桥梁的设计需要考虑到其长度。在设计过程中需要确定桥梁的长度，以及其中间支撑点的数量和位置。桥梁的长度和支撑点的数量决定了桥梁

的自重和受力分布情况，也影响着材料的选择和使用数量。对于较长的桥梁，需要增加支撑点的数量以减小桥梁的受力，同时还需要考虑到支撑点的位置和间距，以确保桥梁的平稳运行。

桥梁的设计需要考虑到负荷。桥梁在使用过程中承受着车辆、行人、风等多种负荷。为了确保桥梁的安全运行，需要在设计中考虑到这些负荷的大小和分布情况，并据此计算出桥梁的荷载能力。荷载能力的计算需要考虑到多个因素，包括桥梁的长度、支撑点的数量、材料的强度等，以确保桥梁在承受负荷时不会发生损坏。桥梁的设计需要考虑到材料的选择和使用数量。在设计中需要选择合适的材料以确保桥梁的强度和耐久性。常见的桥梁材料包括钢、混凝土、木材等。不同的材料具有不同的强度和耐久性，需要根据桥梁的使用条件和负荷情况选择合适的材料。在材料的使用数量方面，需要根据桥梁的长度、支撑点的数量和负荷情况计算出所需的材料数量，以确保桥梁的强度和稳定性。

### 3. 桥梁建造防腐措施

桥梁作为连接两个地区或两个岛屿的重要结构，需要承受不同环境下的侵蚀和风险。因此，为了确保桥梁的长期使用寿命和安全性，防腐措施是桥梁建造中非常重要的一步。桥梁建造中的防腐措施的第一步是表面处理。在进行表面处理时，必须确保桥梁表面干燥、洁净、平整，去除油污、锈迹和其他污染物，以确保涂料或防腐涂层能够牢固地附着在桥梁表面上。桥梁建造中采用的防腐涂料有很多种，如沥青漆、环氧涂料、聚氨酯涂料等。选择防腐涂料时应根据桥梁的材料和使用环境进行选择。一般来说，要选择有耐久性、附着力好、耐磨、耐腐蚀等性能良好的防腐涂料，以确保桥梁长期使用寿命。

## 四、高强度钢结构桥梁的实际应用

### 1. 实际案例介绍

中国的“温江大道钢拱桥”是一座采用高强度钢结构的公路桥梁，位于四川省成都市温江区，是连接温江区和彭州市的重要交通枢纽。该桥梁于2016年开工建设，于2018年正式通车，全长318米，跨度为110米，是目前全球采用高强度钢结构的公路钢拱桥中跨径最大的一座。“温江大道钢拱桥”采用了高强度钢Q690和Q800，其中Q800为主拱的材料，主拱长达110米，高度为25.3米。桥梁的设计和施工都采用了一系列先进的技术和方法，例如三维数字建模、静力分析、限位板焊接等，使得桥梁的质量和稳定性得到了极大提高。

### 2. 性能优化和应用前景展望

随着现代建筑技术的不断进步，高强度钢材的应用越来越广泛，尤其是在桥梁建设领域。高强度钢结构桥梁因其具有高承载能力、轻质化、施工便利等特点，成了未来桥梁建设的一个重要发展方向。

首先，高强度钢结构桥梁的建设有利于提高桥梁的承载能力。在传统的桥梁建设中，一般采用钢筋混凝土结构，虽然其强度较高，但是受限于混凝土的强度，其承载能力还是存在一定的局限性。而采用高强度钢材建造桥梁，可以有效提高桥梁的承载能力，满足交通运输

日益增长的需求<sup>[4]</sup>。

其次，高强度钢结构桥梁的轻质化特点能够降低桥梁的自重，减少了对基础的要求，节省了建造成本。同时，在桥梁跨越江河等特殊地形时，高强度钢结构桥梁的轻量化特点也能够降低桥梁对地形的影响，使得环境得以保护，也使得桥梁更加美观。

再次，高强度钢结构桥梁的施工便利也是其优势之一。相较于传统的桥梁建设，高强度钢结构桥梁的施工过程更为简便，可以采用预制工艺，将桥梁的各个构件提前制造完成，现场组装即可。这种施工方式可以大大缩短施工周期，降低人工成本，提高建造效率。

综上所述，高强度钢结构桥梁具有许多优势，未来的桥梁建设也将更加倾向于使用高强度钢材建造桥梁。当然，高强度钢结构桥梁在建造过程中也需要考虑安全性和耐久性等因素，必须严格按照相关规范和标准进行设计和施工<sup>[5]</sup>。

## 五、结论

高强度钢材的强度和刚度相对较高。相比于常规的钢材，高强度钢材的抗拉、抗压、抗弯扭能力都更强。这使得我们在设计高强度钢结构桥梁时，可以采用更小的断面尺寸，以达到减小桥梁自重的效果。此外，高强度钢材还可以承载更大的荷载，因此可以在保证结构稳定的前提下，增加桥梁的载荷能力。由于高强度钢材的抗弯扭能力更高，因此桥梁在承受风荷载、地震荷载等非常规荷载时，可以更好地保持结构的稳定性。此外，高强度钢材的疲劳寿命也相对较长，可以更好地抵抗长期的交通荷载和环境荷载的作用。高强度钢材加工工艺成熟，可以在厂房内先制作好各个构件，然后将它们运输到现场进行组装，因此可以缩短桥梁的施工周期，提高施工效率。虽然高强度钢材的成本相对较高，但其具有的性能优势可以带来更高的经济效益和社会效益，因此在长期运营中具有更好的经济性。同时，高强度钢结构桥梁的制造过程中，对环境的影响相对较小，可以减少对环境的污染。

综上所述，基于性能优化的视角，高强度钢结构桥梁建造技术是一种非常有前途的技术，具有较小的结构重量、更高的结构刚度和稳定性、较短的施工周期、良好的经济性和环保性等多项优势，可以为现代桥梁建造领域带来重要的推动作用。

## 参考文献

- [1] 杨庆, 张杨洋. 钢结构桥梁施工管理及安装质量控制措施[J]. 工程技术研究2022(11), 242-244.
- [2] 戴燕君. 钢结构桥梁高强度螺栓组连接设计探析. 江西建材, 2021(06), 39+41.
- [3] 张岗, 贺拴海, 宋超杰, 黄侨, KODUR V K, 张永飞. 钢结构桥梁抗火研究综述[J]. 中国公路学报2021(01), 1-11.
- [4] 王宏. 钢结构桥梁在山区高速公路建设中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2-2-(12), 127-128.
- [5] 陈亚强. 低温环境钢结构桥梁的施工关键技术[J]. 北方交通, 2019(06), 10-13.