

浅谈斜拉桥结构体系与创新

张新新

江苏时利和建设有限公司 江苏 无锡 214400

摘要：斜拉桥作为独特的桥梁类型，凭借其优异的力学特性和美学设计，在全球范围内得到广泛应用。本文概述了斜拉桥的定义、优缺点及基本结构，并深入分析了支承体系、塔梁固结体系、半飘浮体系和刚构体系等四种结构体系的特点。进一步探讨了斜拉桥结构体系的创新，包括新材料、正交异性组合桥面板、混合截面主梁和组合桥塔的应用，并对未来斜拉桥的发展趋势进行了展望。

关键词：斜拉桥；结构体系；创新

引言：斜拉桥，作为现代桥梁工程的重要组成部分，以其独特的结构形式和优越的跨越能力，在交通建设中发挥着举足轻重的作用。随着科技的不断进步和工程实践的积累，斜拉桥的结构体系也在不断创新和发展。本文旨在探讨斜拉桥的结构体系及其创新点，并分析其未来的发展趋势，为斜拉桥的设计和施工提供有益的参考。

1 斜拉桥概述

1.1 斜拉桥的定义及优缺点

(1) 斜拉桥的定义。斜拉桥，这一独特而优雅的桥梁类型，又被称作斜张桥，其核心概念在于将主梁通过众多拉索直接锚固于耸立的桥塔之上，形成了一种集承压塔、受拉索与承弯梁体于一体的复合结构体系。这种设计巧妙地利用拉索作为支墩的替代，实现了多跨弹性支承的连续梁效果，不仅增强了桥梁的跨越能力，也赋予了其独特的力学美感。(2) 斜拉桥之所以在全球范围内得到广泛应用，得益于其显著的优点。首先，斜拉桥具有极强的跨越能力。相较于传统的梁式桥，斜拉桥能够更经济、更有效地跨越更宽的河流或峡谷，满足现代交通对长距离跨越的需求。其次，斜拉桥的建筑高度相对较低，这在一定程度上减少了桥梁对周边环境的影响，使得其更加融入自然景观，同时也降低了风荷载的作用，提高了桥梁的稳定性。再者，斜拉桥的受力结构合理，能够充分发挥材料的性能。塔、索、梁三者之间的协同工作，使得桥梁在承受荷载时能够更加均匀地分布应力，提高了整体结构的承载能力。此外，斜拉桥的设计构思多样，可以根据不同的地形、地貌和审美需求进行个性化设计，展现出丰富的艺术形态。在施工方法上，斜拉桥也展现出了其安全性高的特点。斜拉桥的施工通常采用分段吊装、逐段拼接的方式，这种施工方法不仅减少了高空作业的风险，也提高了施工效率。斜拉

桥的刚度大，能够抵抗风、地震等外部力的作用，保证桥梁在极端条件下的安全性。(3) 斜拉桥也并非完美无缺。其设计计算过程相对复杂，需要考虑多种因素的综合作用，对设计人员的专业素养提出了较高的要求^[1]。此外，斜拉桥的施工技术难度也较大，需要精确的控制和严格的施工管理。特别是斜拉索的张拉和调整，更是需要极高的精度和技巧。最后，斜拉桥的链接构造复杂，对节点的设计和制造提出了更高的要求，这也增加了桥梁的建设成本和维护难度。

1.2 斜拉桥的基本结构

斜拉桥的基本结构由索塔、主梁和斜拉索三大部分组成，它们共同构成了桥梁的骨架和支撑体系。(1) 索塔作为斜拉桥的主要支撑结构，其型式多种多样，常见的有A型、倒Y型、H型和独柱等。索塔的材料通常采用钢或混凝土，根据桥梁的跨度和荷载需求进行选择。索塔的设计不仅要考虑其承载能力，还要注重其美观性和与周边环境的协调性。(2) 主梁是斜拉桥上直接承受车辆荷载的部分，其材料和形式也多种多样。根据材料的不同，斜拉桥可以分为钢斜拉桥、结合梁斜拉桥和混凝土梁斜拉桥等。主梁的设计需要充分考虑其刚度、强度和稳定性，以确保桥梁在长期使用过程中的安全性和耐久性。(3) 斜拉索作为连接索塔和主梁的关键部件，其布置形式对桥梁的受力和性能有着重要影响。常见的斜拉索布置形式有单索面、平行双索面和斜索面等。斜拉索的设计需要精确计算其张力和长度，以确保桥梁在荷载作用下的平衡和稳定。

2 斜拉桥结构体系分析

2.1 支承体系

支承体系，是一种使主梁如同具有弹性支承的连续性梁结构。在这种体系中，塔墩固结于地基之上，而塔梁之间则保持分离状态。主梁在塔墩上通过设置竖向支

承来传递荷载,这些支承均为活动支座,允许主梁在纵向和横向上有一定的位移。支承体系的优势在于其施工便利性。由于不需要设置额外的临时支点,施工过程中的工序得以简化,施工效率得以提高。活动支座的使用也使得桥梁在应对温度变化、地基沉降等外部因素时具有更好的适应性。然而,支承体系在部分斜拉式桥梁中的应用相对较少。这主要是因为部分斜拉桥通常需要承担较大的纵向荷载,而支承体系在纵向上的刚度相对较小,可能无法满足某些特定工况下的受力需求。此外,支承体系对于主梁的变形控制也提出了一定的挑战,需要在设计时予以充分考虑。

2.2 塔梁固结体系

塔梁固结体系是斜拉桥中较为常见的一种结构体系,在这种体系中,塔和墩的内力得到最小化,受温度变化的影响也非常小。这是因为塔梁固结使得桥梁的整体刚度得到提高,从而有效地抵抗了温度应力等外部荷载的作用。塔梁固结体系还使得主梁边跨的负弯矩较大,这有利于提高桥梁的承载能力和抗风稳定性。因此,这种结构体系在部分斜拉桥中得到了广泛应用。国内外许多著名的桥梁,如国内的漳州战备桥、离石高架桥,以及国外的新唐柜大桥等,都采用了塔梁固结体系。

2.3 半飘浮体系

半飘浮体系是斜拉桥中另一种重要的结构体系,在这种体系中,主梁的受力比较均匀,刚度强,抗震能力强。这是因为半飘浮体系通过塔墩处的支座将主梁与塔墩连接起来,形成了一种相对稳定的结构体系。这些支座可以是固定支座,也可以是活动支座。在实际施工中,为了避免由于不对称约束、温度变化等因素带来的问题,通常采用活动支座。半飘浮体系的另一个优点在于主梁可以采用等截面设计,这使得施工更加简单方便。等截面设计也有利于提高桥梁的耐久性和美观性。然而,半飘浮体系对于支座的设计和安装提出了更高的要求,需要确保支座在承受荷载时能够保持稳定和可靠。

2.4 刚构体系

刚构体系是斜拉桥中一种较为特殊的结构体系,它的特点在于质量轻、强度高,并且具备抗压以及抗拉等相关优点。对于混凝土结构而言,刚构体系的外观更为直观,强度等级也更高。这是因为刚构体系通过塔、梁、墩之间的刚性连接,形成了一种整体受力的结构体系。刚构体系的优势在于其整体刚度和稳定性较好,能够有效地抵抗外部荷载的作用。刚构体系对于施工过程中的变形控制也提出了较高的要求,需要在设计时予以充分考虑^[2]。此外,刚构体系对于桥梁的维护和保养也提

出了一定的挑战,需要定期进行检查和维修,以确保桥梁的安全和稳定。

3 斜拉桥结构体系的创新

3.1 新材料的应用

新材料,作为科技进步的产物,正逐渐渗透到斜拉桥结构体系的每一个角落。高性能钢材、超高性能混凝土(UHPC)等新材料的开发与应用,为斜拉桥的结构设计带来了前所未有的可能性。(1)高性能钢材,以其高强度、高韧性、良好的焊接性和耐腐蚀性,成为斜拉桥拉索、主梁等关键部件的理想材料。使用高性能钢材,不仅可以显著提升斜拉桥的结构承载力,还能有效减轻结构自重,从而提高斜拉桥的跨越能力。在追求大跨度、轻量化的今天,高性能钢材的应用无疑为斜拉桥的设计提供了更广阔的天地。(2)超高性能混凝土(UHPC),作为一种新型水泥基复合材料,具有超高的强度、优异的耐久性和良好的工作性能。将UHPC应用于斜拉桥的主梁、桥塔等部位,不仅可以大幅提高结构的承载能力,还能有效抵抗环境中的各种侵蚀,延长桥梁的使用寿命。此外,UHPC的轻质特性也有助于减轻桥梁的自重,进一步提升斜拉桥的跨越能力。(3)新材料的不断涌现和应用,不仅为斜拉桥的结构设计提供了更多的选择,也为桥梁工程师们带来了更多的挑战和机遇。如何充分利用新材料的性能优势,将其融入斜拉桥的结构体系中,成为桥梁工程师们需要不断探索和实践的课题。

3.2 正交异性组合桥面板的应用

正交异性组合桥面板,作为一种新型的桥面板结构形式,正逐渐在斜拉桥中得到广泛应用。正交异性组合桥面板由钢板和混凝土层通过剪力连接件组合而成,充分发挥了钢材和混凝土两种材料的性能优势。正交异性组合桥面板具有重量轻、强度高、刚度大、耐久性好等优点。在斜拉桥中,正交异性组合桥面板可以作为主梁的一部分,与拉索共同承受荷载,提高桥梁的整体承载能力。正交异性组合桥面板的良好耐久性和抗疲劳性能,也有助于延长桥梁的使用寿命,减少维护成本。此外,正交异性组合桥面板还具有较好的施工性能。在桥梁施工过程中,可以采用预制化、模块化的施工方式,提高施工效率,缩短工期。因此,正交异性组合桥面板在斜拉桥中的应用前景十分广阔。

3.3 混合截面主梁的创新

混合截面主梁,是斜拉桥结构体系中的又一创新之举。传统的主梁截面形式往往较为单一,难以满足大跨度斜拉桥对承载能力和刚度的双重需求。而混合截面主梁则通过结合不同材料和截面形式的优点,实现了承载

能力和刚度的双重提升。混合截面主梁通常采用钢材和混凝土两种材料组合而成，其中钢材部分负责承受拉应力，混凝土部分则负责承受压应力。这种组合方式不仅充分发挥了两种材料的性能优势，还提高了主梁的整体承载能力和刚度。混合截面主梁还具有较好的抗风稳定性和抗震性能，有助于提高桥梁的安全性和可靠性。在实际应用中，混合截面主梁可以根据桥梁的跨度和荷载需求进行灵活设计。通过调整钢材和混凝土的比例和分布方式，可以实现对主梁承载能力和刚度的精确控制^[3]。因此，混合截面主梁在斜拉桥中的应用前景十分广阔，有望成为未来大跨度斜拉桥的主流结构形式之一。

3.4 组合桥塔的创新

随着斜拉桥向大跨度发展，桥塔高度也随之增加。然而，传统的混凝土桥塔和钢桥塔在满足大跨度斜拉桥需求方面均存在一定的局限性。混凝土桥塔虽然经济性好，但结构自重较大，对基础要求较高；而钢桥塔虽然自重轻，但造价高昂，且存在风致振动等问题。为了克服传统桥塔的局限性，组合桥塔应运而生。组合桥塔通常采用混凝土和钢材两种材料组合而成，充分发挥了两种材料的性能优势。混凝土部分负责承受压应力，提供稳定的支撑；而钢材部分则负责承受拉应力和剪切应力，提高桥塔的整体承载能力和刚度。组合桥塔的创新之处在于其受力合理、经济性好、施工方便等优点。通过合理设计混凝土和钢材的比例和分布方式，可以实现对桥塔受力性能的精确控制。组合桥塔还可以根据桥梁的跨度和荷载需求进行灵活设计，满足不同场景下的使用需求^[4]。此外，组合桥塔的施工也相对方便。由于采用了混凝土和钢材两种材料组合而成，可以充分利用两种材料的施工特点进行分段施工和组装。这不仅提高了施工效率，还降低了施工难度和风险。

4 斜拉桥结构体系的发展趋势

4.1 注重结构轻型化

在追求更大跨度的同时，斜拉桥结构体系的轻型化也成为了发展的重要方向。轻型化的结构不仅能够显著减轻桥梁的自重，降低对基础的要求，还能提高桥梁的

跨越能力和耐久性，减少维护成本。为了实现结构的轻型化，工程师们将不断优化结构设计，采用更加合理的截面形式和构造措施^[5]。新型材料的应用也将起到关键作用，不仅具有更高的强度和耐久性，还能在一定程度上减轻桥梁的自重，提高材料的利用效率。

4.2 推动智能化技术的应用

随着智能化技术的飞速发展，其在斜拉桥结构体系中的应用也将越来越广泛。智能化监测、智能化施工和智能化维护等技术的引入，将使得对斜拉桥结构体系的掌控更加全面、精确。通过智能化监测系统，可以实时掌握桥梁的状态和性能，及时发现并处理潜在的安全隐患。智能化施工技术则可以提高施工效率和质量，减少人为错误和安全隐患。而智能化维护技术则可以根据桥梁的实际状况，制定更加科学合理的维护计划，延长桥梁的使用寿命。

结语

斜拉桥结构体系的发展与创新，不仅推动了桥梁工程技术的进步，也为交通建设带来了更多的可能性。通过注重结构轻型化以及推动智能化技术的应用，斜拉桥将在未来继续发挥其独特的优势，满足日益增长的交通需求。随着新材料、新结构和新技术的不断涌现，斜拉桥的结构体系也将更加完善，为人类的交通出行提供更加安全、便捷和高效的解决方案。

参考文献

- [1]许夏荧,陈杰,唐川.斜拉桥结构体系比选与优化设计[J].黑龙江交通科技,2024,47(6):67-70.
- [2]胡可,王胜斌,王波,等.超大跨径柱式塔斜拉桥结构创新与应用[J].桥梁建设,2021,51(4):88-95.
- [3]董鹏.斜拉桥结构体系及参数分析[J].工程技术研究,2023,8(9):32-34.
- [4]颜浩杰.部分斜拉桥结构体系受力性能分析[J].低温建筑技术,2022,44(3):136-139.
- [5]刘大鹏.斜拉桥结构健康监测监测系统设置研究[J].价值工程,2024,43(30):116-118.