

# 预应力混凝土连续箱梁桥梁结构的设计研究

王 郑 程 杰 张 健  
中机中联工程有限公司 重庆 400039

**摘 要：**预应力混凝土连续箱梁因其整体性好、抗扭能力强及施工便捷性，在桥梁建设中广泛应用。设计过程中需合理选定跨径比、优化断面尺寸（包括梁高、顶底板厚度及腹板配置）、精确配置预应力筋，并重视支座与横隔梁的设计，以确保结构安全、经济、美观及施工可行性。通过科学设计，提高桥梁承载能力和耐久性，延长使用寿命。

**关键词：**预应力混凝土连续箱；梁桥梁结构；设计

引言：预应力混凝土连续箱梁桥梁，以其卓越的承载能力与结构效率，成为现代桥梁工程的优选方案。本研究聚焦于该类桥梁的结构设计，旨在探讨如何通过优化跨径选择、断面构型、预应力筋布置及支座系统设计，实现桥梁的安全、经济、美观与高效施工。通过深入分析与实践总结，本研究为预应力混凝土连续箱梁桥梁的未来发展提供理论依据与技术支持。

## 1 预应力混凝土桥梁基本原理

### 1.1 预应力混凝土的定义

预应力混凝土结构，作为土木工程领域的一项重要技术创新，其核心在于“预应力”概念的引入与应用。这种结构在混凝土浇筑前或凝固过程中，通过特定的张拉装置对预埋在混凝土中的高强度钢筋（即预应力钢筋）进行张拉，使钢筋产生一定的弹性伸长，并在钢筋锚固后，利用钢筋的回缩力在混凝土内部形成预压应力场。这种预压应力场旨在提前抵消或显著降低结构在使用阶段由外部荷载（如车辆行驶、温度变化、风荷载等）引起的拉应力，从而提高结构的承载能力和耐久性。预应力混凝土结构的优势在于其能够充分发挥混凝土抗压强度高、但抗拉强度相对较低的物理特性，通过预应力钢筋的引入，实现了混凝土结构受力性能的显著提升。此外，预应力技术还能够有效减少混凝土的开裂风险，提高结构的整体刚度和稳定性。

### 1.2 预应力混凝土桥梁的优势

预应力混凝土桥梁相比传统桥梁展现出多方面的显著优势：（1）高承载力：预应力技术的运用使得桥梁结构在承受外荷载时，能够更有效地利用混凝土的抗压性能，同时减少拉应力的影响，从而大幅提高桥梁的承载能力。这意味着预应力混凝土桥梁能够跨越更大的跨度，适应更复杂的地理环境。（2）优良的抗震性能：由于预应力作用增强了结构的整体性和刚度，预应力混凝土桥梁在地震等自然灾害中的表现通常更为稳定。它们

能够更好地抵抗地震波的冲击，减少结构损伤，保障交通线路的畅通。（3）施工工期短：预应力混凝土桥梁的许多构件可以在工厂进行预制，然后运至现场进行组装。这种预制化生产方式不仅提高了施工效率，还减少了现场湿作业量，从而显著缩短了施工周期。（4）耐久性佳：预应力技术有助于减少混凝土的开裂，降低了水分和氧气渗透至混凝土内部的风险，延缓了钢筋的锈蚀过程。因此，预应力混凝土桥梁的耐久性更好，维护成本更低。（5）经济性高：虽然预应力混凝土桥梁的初期投资可能略高，但其优异的承载能力和耐久性使得长期维护成本大大降低。此外，较短的施工周期也减少了施工期间的交通中断和额外费用支出，提高了项目的整体经济性<sup>[1]</sup>。

### 1.3 预应力钢筋的作用与配置

预应力钢筋在预应力混凝土结构中起着至关重要的作用。它们不仅负责提供必要的预压应力场以抵消外部荷载产生的拉应力，还通过其高强度的特点提高了结构的整体承载能力。在配置预应力钢筋时，应遵循以下原则和方法：（1）根据受力特点确定布置形式：预应力钢筋的布置形式应根据结构的受力特点来确定。在连续箱梁等复杂结构中，预应力钢筋可能需要在顶板、底板和腹板内以不同的角度和间距进行布置，以形成有效的预压应力场。（2）考虑张拉顺序和张拉值：预应力钢筋的张拉顺序和张拉值对结构的受力性能具有重要影响。合理的张拉顺序可以确保预压应力在结构中的均匀分布；而适当的张拉值则能够产生足够的预压应力以抵消外部荷载的作用。（3）采用可靠的锚固方式：预应力钢筋的锚固是确保其长期有效作用的关键。应选用质量可靠、性能稳定的锚具系统，并按照设计要求进行安装和检查，以确保预压应力能够准确、稳定地传递到混凝土中。

## 2 预应力混凝土连续箱梁桥梁结构设计

### 2.1 总体设计原则

预应力混凝土连续箱梁桥梁的设计应遵循一系列总体原则,以确保结构的安全性、经济性、美观性以及施工可行性。这些原则构成了桥梁设计的基石,指导着整个设计过程的推进。(1)安全性:首要原则是确保桥梁结构的安全性。设计时应充分考虑各种可能的荷载工况(包括恒载、活载、温度荷载、风荷载、地震荷载等),通过精确的计算分析,确保桥梁在正常使用状态下及极端荷载作用下均能满足承载能力和稳定性要求。此外,还应考虑结构的耐久性,采用适当的防腐、防锈措施,延长桥梁使用寿命。(2)经济性:在保证安全性的前提下,设计应注重经济性。通过合理的跨径选择、断面优化、材料节约等措施,降低工程造价。同时,还应考虑施工便利性,减少施工难度和成本。(3)美观性:作为公共基础设施,桥梁的美观性也是不可忽视的重要因素。设计时应注重桥梁与周围环境的协调性,采用简洁流畅的线条、和谐的色彩搭配等手法,使桥梁成为一道亮丽的风景线。(4)施工可行性:设计应充分考虑施工条件和施工工艺的可行性。合理的结构设计不仅能减少施工难度,提高施工效率,还能保证施工质量。因此,在设计过程中应与施工单位充分沟通,确保设计方案的可实施性。

## 2.2 跨径与断面设计

(1)跨径比的选择:跨径比是桥梁设计中一个关键参数,它直接影响到桥梁的受力性能和经济效益。跨径比的选择应综合考虑地形地貌、交通流量、通航要求、施工条件等多种因素。一般来说,对于地形较为平坦、交通流量较大的区域,可适当增大跨径比以减少桥墩数量,提高行车舒适度;而在地形复杂、通航要求高的区域,则需适当减小跨径比以满足通航净空要求。合理的跨径比范围应根据具体工程情况而定,通过计算分析和比较确定<sup>[2]</sup>。(2)断面设计:断面设计是桥梁结构设计中的重要环节,它直接关系到桥梁的承载能力和稳定性。断面设计的关键要素包括梁高、顶板厚度、底板厚度、腹板厚度等。梁高的选择应满足强度和刚度要求,同时考虑施工便利性和经济性;顶板厚度应足以承受桥面铺装层及车辆荷载的传递;底板厚度则需满足压应力分布均匀的要求;腹板厚度则需考虑剪力传递和局部稳定性。设计时可根据规范要求 and 计算分析结果给出推荐范围和设计方法。

## 2.3 支座与支座系统设计

(1)支座设置原则与类型选择:支座是桥梁结构中的重要传力构件,它连接着桥跨结构和墩台,并将桥跨结构上的荷载传递给墩台。支座的设置应遵循受力合

理、传力明确的原则。在选择支座类型时,应综合考虑结构形式、荷载特点、温度变化、地震作用等因素。常见的支座类型有固定支座、滑动支座、滚动支座等,设计时需根据具体情况进行选择。(2)支座对桥梁受力和稳定性的影响:支座的性能直接影响到桥梁的受力性能和稳定性。合理的支座设置能够减小桥跨结构的变形和位移,提高结构的整体刚度;而不合理的支座设置则可能导致结构受力不均、产生过大的应力集中和变形,甚至引发结构破坏。因此,在支座设计中应充分考虑其对桥梁受力和稳定性的影响。(3)支座系统设计思路与方法:支座系统的设计应遵循整体设计原则,确保支座与桥梁结构之间的协调性和一致性。设计时需考虑支座的布置位置、数量、类型以及与墩台、桥跨结构的连接方式等。同时,还应对支座进行必要的力学分析和验算,以确保其在各种工况下的安全性和可靠性。

## 2.4 预应力筋的配置

(1)预应力筋的配置原则和方法:预应力筋的配置是预应力混凝土桥梁设计中的关键环节。合理的预应力筋配置能够有效地提高桥梁的承载能力和抗裂性能。在配置预应力筋时,应遵循受力明确、分布均匀的原则,确保预应力能够按照设计要求传递到混凝土中。预应力筋的布置方式包括纵向预应力筋、横向预应力筋和竖向预应力筋等。纵向预应力筋主要用于提高桥跨结构的纵向承载能力和抗裂性能;横向预应力筋则用于提高结构的横向刚度和稳定性;竖向预应力筋则用于控制局部区域的应力集中和变形。(2)预应力筋的摩擦损失和锚固效率:预应力筋在张拉过程中会受到各种阻力的影响而产生摩擦损失,这将影响预应力筋的实际张拉效果和锚固效率。为了减小摩擦损失并提高锚固效率,设计时需采取相应的措施,如选用低摩擦系数的张拉设备、优化预应力筋的布置形式、加强锚固区的构造处理等<sup>[3]</sup>。

## 2.5 横隔梁的配置

(1)横隔梁的作用:横隔梁是桥梁结构中的重要横向连接构件,其主要作用包括提高桥梁的整体刚度、限制畸变变形、传递横向剪力等。通过合理设置横隔梁,可以有效增强箱梁结构的整体性和稳定性,优化荷载传递路径,减少应力集中现象,从而提高桥梁的承载能力和耐久性。(2)横隔梁的设置位置:1)支点处:通常在箱梁的每个支点部位设置横隔梁,以增强支点附近结构的横向刚度,限制畸变应力的产生。对于弯箱梁,当内半径在较小范围内时(如小于240m),还需在跨间增设横隔梁,以进一步提高结构的整体性能。2)跨中及其他必要位置:除支点处外,根据桥梁跨径和宽度的不

同,可能还需在跨中或其他必要位置设置横隔梁。这些横隔梁的设置需通过详细的结构分析确定,以确保桥梁整体结构的稳定性和安全性。(3)横隔梁的厚度要求:横隔梁的厚度应满足受力要求,并考虑施工便利性和经济性。一般而言,位于边支点上的横隔梁,其厚度通常在0.8m至1.2m的范围内取值;而位于中支点的横隔梁,其厚度则需根据支座所在位置等受力条件通过计算确定,一般要达到1.2m以上,并且还要满足构造方面的要求。对于预应力混凝土连续箱梁桥梁,横隔梁的厚度还需考虑预应力筋的布置和锚固需求,以确保预应力能够有效传递并发挥作用。此外,横隔梁的配置还需考虑与其他结构构件的协调性和整体性。在设计过程中,应与主梁、支座等构件相互配合,确保整个桥梁结构受力合理、传力明确、稳定性良好。

### 3 预应力混凝土连续箱梁桥梁案例分析

#### 3.1 典型案例介绍

(1)桥梁概况:某特大桥是一座典型的预应力混凝土连续箱梁桥梁,位于某高速公路的关键节点上,全长约2.5公里,主跨为三跨连续箱梁结构,跨径分别为80米+160米+80米,桥面宽度达到34米,设计为双向六车道。该桥地处地质条件复杂、河流湍急的地段,对桥梁的承载力和耐久性提出了极高的要求。

(2)设计思路:在设计之初,设计者充分考虑了桥梁的受力性能、施工难度及经济效益。采用了预应力混凝土连续箱梁结构,通过合理布置预应力筋和设置横隔梁,确保了桥梁的整体刚度和稳定性。同时,为了应对地质条件复杂的挑战,设计团队采用了桩基础加承台的方式进行基础施工,有效分散了荷载并提高了基础的承载力。此外,桥面铺装层采用了高性能防水材料,以提高桥梁的耐久性。

(3)施工方法:施工过程中,项目团队采用了先进的施工技术和管理模式。首先进行了详细的施工方案设计,包括模板支设、钢筋绑扎、混凝土浇筑、预应力张拉等各个环节。在施工过程中,严格控制了混凝土配合比、浇筑质量及预应力张拉力度等关键参数,确保了施工质量。同时,加强了施工现场的安全管理和质量监控,确保了施工安全和工程质量。

#### 3.2 案例分析

(1)成功经验:1)设计合理:某特大桥的成功得益于其科学合理的设计思路。通过合理的跨径比选择和断面设计,有效提高了桥梁的承载能力和稳定性。同时,预应力筋的合理配置和横隔梁的设置也显著改善了结构的受力性能。2)施工精湛:项目团队在施工过程中展现了高超的施工技术和管理水平。通过精细化的施工管理和严格的质量控制,确保了桥梁的施工质量。

(2)不足之处:在桥梁运营初期,发现部分桥面铺装层出现了微小的裂缝。分析原因可能是由于温度变化、荷载作用等因素导致的材料疲劳损伤。针对此问题,建议加强桥面铺装层的日常养护和定期检查,及时发现并处理潜在问题。

(3)改进建议:为进一步提高预应力混凝土连续箱梁桥梁的性能和耐久性,建议在设计阶段更加注重材料的选择和结构的优化;在施工阶段加强对关键环节的质量控制;在运营阶段建立完善的养护管理体系,确保桥梁的长期安全运营。

(4)总结:某特大桥作为预应力混凝土连续箱梁桥梁的典型案例,其成功经验为同类桥梁的设计和施工提供了宝贵的借鉴。通过深入分析和总结该案例的成功经验和不足之处,可以为未来的预应力混凝土连续箱梁桥梁设计提供有益的启示和参考。

#### 结束语

综上所述,本研究对预应力混凝土连续箱梁桥梁的结构设计进行了全面而深入的探讨,通过跨径优化、断面精细化设计、预应力筋的科学配置以及支座系统的创新设计,显著提升了桥梁的承载能力、耐久性和施工效率。这些研究成果不仅丰富了预应力混凝土桥梁设计理论,也为实际工程应用提供了有力支持,预示着该技术在未来桥梁建设领域将发挥更加重要的作用。

#### 参考文献

- [1]唐术熙.预应力混凝土连续大箱梁桥设计[J].城市道桥与防洪,2020(11):85-86.
- [2]沙嵩.预应力混凝土连续箱梁桥梁结构设计分析[J].科技创新与应用,2021,11(28):106-108.
- [3]陈健.预应力混凝土连续箱梁桥梁结构设计分析[J].砖瓦,2020,(11):102-103.