

# 大跨度桥梁的设计要点及优化设计研究

卢震

杭州市市政工程集团有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i3.6596

**[摘要]** 鉴于我国较为复杂的地理环境及地势情况，城市中跨河桥梁为避免面河中落墩，影响河道过水断面等因素，大跨度桥梁越来越常见，设计难度不断提高，桥梁的设计要点是桥梁建筑成功的关键。本文总结了常见大跨度桥梁类型及其设计要点，以某大跨度桥梁的实际工程情况，对其墩顶处梁高的不同取值对计算结果的影响进行分析；提出当梁高条件受限时采用高强度混凝土的优化方案，结果表明高强度砼对于大跨度连续梁控制梁高有着较为明显的效果，以期为今后的大跨度桥梁建设提供参考。

**[关键词]** 桥梁大跨度；设计要点；连续梁的梁高及优化

## Research on Design Points and Optimization Design of Large Span Bridges

Lu Zhen

Hangzhou Municipal Engineering Group Co., Ltd

**[Abstract]** Given the complex geographical environment and terrain in China, large-span bridges are becoming increasingly common in urban areas to avoid factors such as falling piers in the middle of the river and affecting the cross-section of the river. The design difficulty is constantly increasing, and the key points of bridge design are the key to the success of bridge construction. This article summarizes common types of large-span bridges and their design points. Based on the actual engineering situation of a large-span bridge, the influence of different values of beam height at the top of the pier on the calculation results is analyzed; Propose an optimization plan for using high-strength concrete when the beam height condition is limited. The results show that high-strength concrete has a significant effect on controlling the beam height of large-span continuous beams, in order to provide reference for future large-span bridge construction.

**[Key words]** Large span bridges; Design points; Beam height and optimization of continuous beams

### 引言

桥梁作为交通网络的重要组成部分，既可很大程度上缓解城市交通压力，也可以为城市发展带来新的契机。目前，我国桥梁建设重点正在向大跨度桥梁方向迈进，然而大跨度桥梁结构设计更加复杂，要想使大跨度桥梁能够长久、稳定、安全地投入使用则需要科学地制定设计方案，不断优化设计，从建设的源头解决问题，减少在后期施工及使用过程中桥梁病害的发生，从而保障在桥梁投入使用后能够具有长期的稳定性与安全性。

### 1 大跨度桥梁设计要点概述

大跨度桥梁通常跨越山脉、河流、深谷、公路、铁路、城市重要建筑物等，现行规范中单孔跨径大于40m即成为大桥，单孔跨径超过150m成为特大桥。根据跨度的长度和支撑结构的不同有不同的分类，如悬索桥、斜拉桥、拱式桥、混凝土连续梁桥等。大桥在跨越能力方面优势突出，也导致其设计复杂、施工难度较大。此类桥梁通常有以下特点：首先，项目规模大，由于桥梁主体跨度较大，无论从长度还是宽度都有跨度大的要求，同时考虑地块衔接，相应匹配设置引桥；其次，设计较为

复杂，桥梁需跨越河流、公路或者铁路及其他建筑物等，同时还有景观需求，其衔接点或过渡节点则需因地制宜进行设计，尤其城市中，考虑视野开阔性及周边影响，对桥梁高度尤为重视；再者，施工难度较高，受地形与地势影响，地下构筑物较多，加上桥梁跨度较大，工程施工难度增大；最后，承载能力及跨越能力强，大跨度桥梁的建设无疑提供了便利的交通条件，致使通行车辆大幅增加，因此对桥梁的承载能力有了较高要求。常见的大跨度桥梁设计要点如下：

悬索桥，又称吊桥，桥梁主要由主缆、锚碇、塔柱、加劲梁、桥面等部分构成。相比于其他桥梁悬索桥可以用较少的物质来跨越较大的距离，因此悬索桥在山区和高原地区被广泛应用。为使桥梁具有较大的承载能力，需在桥梁两端分别布置塔柱，用来支撑桥身，塔柱和悬索之间使用钢筋混凝土材料进行连接，桥架将桥分为三部分，即中跨及两个边跨。悬索桥的设计不仅要考虑桥的承载能力，还要考虑悬索连接的稳定性问题，同时要根据实际工程中综合考量边跨长度和锚碇的具体位置。

斜拉桥，又称斜张桥，是我国较为常见的大跨度桥梁主体结构形式之一，由索塔、主梁和斜拉索组成，将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，跨径通常为200~800m。拉桥结构在力学上属高次超静定结构，是所有桥型中受力最为复杂的一种结构，其具有较强的承载能力和较好的稳定性。斜拉桥在设计时需要考虑成桥后的受力效果，即需要考虑承受的最大限度，以使得成桥结构受力均匀，进而确定合理的施工状态。斜拉桥设计选择主要以双斜索面、平行索面两种方式，在拉索过程中具备其“自锚”性特点，如在河流及峡谷环境下施工，则无需对固定桥梁锚碇进行考量。

拱式桥，又称曲桥，在我国历史悠久，古代桥梁建筑中拱式桥较为常见。拱式桥的主要承重结构是拱，承担轴向压力，其建筑材料是较为常见的且抗压能力较强的砖、石、混凝土等，具备较强的跨越能力。随着时代的发展，拱式桥的建筑过程中融入新型材料，进而提高承载能力与安全性。拱式桥结构拱肋与拱圈为主，拱肋分为实体拱肋、桁式拱肋。在桥梁设计中需按照实际跨径选择适合的钢管形式，则可使桥梁的稳定性达到最优。钢管形式又分为单管和多管。此外，拱式桥属于一种推力结构，对地基要求较高，若是多拱连续拱桥需考虑特殊措施来承接不平衡的推力，若是建筑高度较大，则易对行车不利。因此，在桥梁建设过程中需根据工程实际情况来选择设计结构。

混凝土连续梁桥是较为常见的一种桥型，其施工技术成熟，广泛应用于大跨度桥梁结构设计中。连续梁具有刚度大、变形小、受力较为明确的优点，后期的养护费用较低，在公路、市政桥梁工程中具有较强的竞争力。大跨径混凝土梁的设计混凝土连续梁桥通常采用悬臂施工和满堂支架施工方案，当受到铁路运营安全、河道洪评、施工安全、桥址地形、环评等各种

施工条件限制时，转体法施工也是比较合理的施工方案。

影响砼连续梁受力的因素有很多，如跨高比，边跨与中跨的比值，箱梁的截面构造，砼的预应力筋设置等。其中，梁高的控制是大跨度连续梁桥的设计重难点，通过计算来选取合理的梁高对大跨度连续梁桥至关重要，其不仅影响桥梁受力的分布，同时对施工方案的影响尤为重要。

本文主要从连续梁梁高的设计选取、连接方式及合龙段的设计施工等方面进行研究分析，解决当梁高条件受限时，有效降低梁高的几种措施。

## 2 大跨度桥梁优化设计

本文以浙江省某预应力混凝土连续梁桥为研究对象，对其桥梁的梁高设计优化进行研究。该桥长度为516m，宽度为32.8米，主桥则为276m的三跨混凝土连续梁，其配跨为(75+126+75)m，跨越京杭大运河，主桥两侧各设置4×30m小箱梁的引桥。

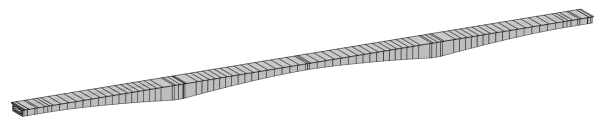


图1 三跨连续梁计算模型

### 2.1 桥梁梁高的设计

常规砼连续梁桥的墩顶梁高与主跨有关，根据以往案例，墩顶处梁高取值可采用 $H=(1/15\sim 1/20)L$ ，L为主桥最大跨径，如采用钢结构，其取值范围可扩大至1/25；变高度连续梁常规采用的施工方法为悬臂施工或者满堂支架现浇，相对于悬臂施工，满堂支架现浇取值较为小一些，主要是因为悬臂施工过程中，会产生较大的负弯矩，顶推施工可取(1/12~1/17)。梁高的选择对砼连续梁的内力，剪力以及挠度等都有着巨大的影响。

本文案例主跨为126m砼连续梁桥，分别采取7.5m（约为主跨的1/17）梁高和7.9m（约为主跨的1/16）梁高进行计算分析对比，其他控制条件不变，当取值7.5m时，主梁的抗弯能力不能满足要求，当取值为7.9m时，其抗弯能力刚好满足规范要求，但富余度很小，需进一步增加梁高方能满足设计。同理，梁高的增加对截面的抗剪能力也有着显著的提升。

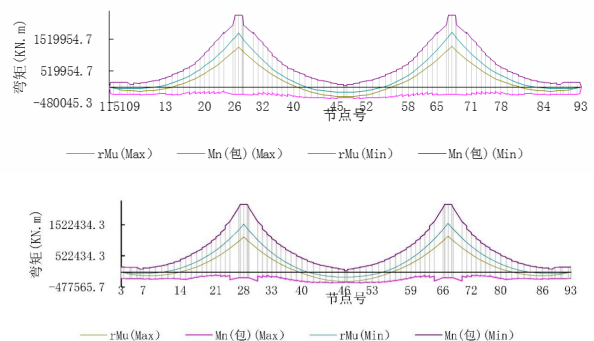


图2 不同梁高其内力值的变化

## 2.2 墩顶连接方式优化

连续梁桥设计过程中,墩顶处的连接方式尤为重要,常规处理方式分为固结和支座连接。固结将桥梁主体与下部桥墩连为整体形成刚构体系,其主要特点为刚度较大,墩梁固结对于整体受力性能提升较大,能够有效的减少主梁的跨中弯矩;同时整体现浇便于一体化施工。但桥墩较矮时,墩梁固结不能满足温度变化及地震带来的影响,墩柱较矮时,抗推刚度较大,温度及地震产生的附加内力往往过于巨大,难以满足设计要求。此时,墩顶处设置支座释放应力更为合适,下部结构桥墩的抗撞击能力更有优势。

## 2.3 高强度砼的利用

预应力砼连续梁根据受力情况分析主梁跨中及墩顶处负弯矩都比较大,大部分由预应力钢筋承担;尤其是超过100m的大跨度时,墩顶的负弯矩较大,产生的压应力往往超出砼的设计强度,也就是说主梁钢筋抗力还未充分使用时,砼已经被压裂,从而破坏桥梁的整体结构,降低主体结构的使用寿命。故此,如何减小砼的压应力是大跨度桥梁的难点之一。

根据多个案例,增加梁高是解决应力偏大的最有效的方法,但在城市桥梁中,过高的梁会影响整体视觉效果,梁高受到不同条件的限制。当梁高受到限制时,需提高材料本身属性,提高砼的抗压强度即提高砼标号。

受到条件限制,本文桥梁整体高度不超过7.5m,考虑铺装因素,梁高采用7.3m,当其他条件不变的情况下,根据计算结果,其顶缘压应力值较大,底缘压应力属于正常范围值,见下图示;按照《桥规》第7.1.5-1条公式 $\sigma_{kc} + \sigma_{pc} \leq 0.5f_{ck}$ 验算,当采用C50砼时,顶缘 $\sigma_{kc} + \sigma_{pc} = 18.336 \text{ MPa} > 0.5f_{ck} = 16.2 \text{ MPa}$ ,不满足规范要求;当采用C60砼时,顶缘 $\sigma_{kc} + \sigma_{pc} = 18.336 \text{ MPa} \leq 0.5f_{ck} = 19.250 \text{ MPa}$ ,满足规范要求。

由以上计算结果分析可知,采用高标号的砼可以大幅度提高其砼的抗压能力,能有效的控制桥梁总体高度,在城市空间受限、景观要求较高的情况下可作为重要的解决方案。

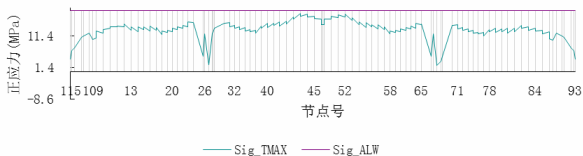


图3 使用阶段正截面压应力验算(顶)包络图

## 2.4 合龙段的设计与施工要点

大跨度连续梁桥多采用悬臂施工法,合龙段关系着结构体系的转换,是主梁施工过程中非常关键的工序。由于合龙段与已施工段存在一定的施工时间差,对温度的变化较为敏感,其在此期间产生的收缩、徐变以及施工荷载的变化都会引起结构

内力的变化,对合龙段造成很大的困扰,故对此次设计和施工均应采取合理的措施。

首先设计时应尽量减少合龙段的长度,常规取值为2m,跨中梁高取值为 $(1/30 \sim 1/50)L$ ,从而减少合龙段的收缩变形,便于施工控制;其次,施工时应设置临时支撑,使合龙段形成T构,能承受一定的内力及变形,防止未合龙前产生变形,待张拉钢束完成后再解除临时支撑;然后对中墩支座进行限位,形成结构体系转变,再浇筑合龙段砼完成连续梁结构。

## 3 结语

大跨度桥梁建设形式多样,不同桥梁类型有不同的设计要点,需根据工程具体实际情况综合考量,本文通过对不同类型桥梁设计要点进行阐述,并以某大跨度桥梁作为研究对象,对连续梁的连接方式、梁高及高强度砼的利用等进行深入研究,对合龙段的设计要点进行阐述,得出下列结论:

(1) 大跨度桥梁类型多样,常见的有悬索桥、斜拉桥、拱式桥及混凝土连续梁桥等,需根据地形、地势、桥梁跨度、车流量等结合周边环境进行桥型设计的选择,既要重视技术层面的革新,融入新材料、新工艺提高桥梁性能,也要对桥梁设计的结构合理化、美观化提出较高的要求。

(2) 桥梁梁高的选取是大跨度连续梁桥的关键节点之一,本文对某大桥采用有限元模型进行计算分析对比,合理选取梁高后,主梁抗力提升明显,墩顶主应力值大部分处于 $10 \sim 15 \text{ MPa}$ 之间,其墩顶负弯矩区主压应力控制在 $15 \text{ MPa}$ 以内,没有明显的边缘效应,应力情况较优化前有明显改善。

(3) 当大跨度桥梁高度受限时,其主压力往往是制约计算结果的关键点,提高砼强度即采用高强度砼是解决主梁压应力值较大的有效措施,从而间接的降低墩顶处梁高,提升桥梁整体美观性。

(4) 合龙段的设计长度及高度是影响施工质量的要素之一,合龙段的构造尺寸较大时,温度收缩产生的变形较大,在合龙施工时会产生较大的内力导致其开裂。同时合理的施工顺序也是影响合龙质量的关键要素。

## [参考文献]

- [1]赵忠杰.大跨径预应力混凝土连续梁桥设计分析[J].城市建设理论研究,电子版,2011(15).
  - [2]马碧波,周艺,李光凤.两座预应力混凝土连续梁桥的设计分析[J].四川建筑,2010,第002期.
  - [3]孙明强.大跨径变截面连续箱梁桥设计浅析[A].北方交通,1673-6052(2014)03-0051-04.
- 作者简介:卢震(1989-),男,汉族,河南固始人,本科,桥隧工程师,从事桥梁隧道设计工作。