

文章编号: 1006—2106(2009)02—0069—03

青藏铁路跨拉贡公路连续梁—拱组合结构桥设计^{*}

莫 悒^{**}

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要: 研究目的: 青藏铁路跨拉贡公路桥位于曲线上, 铁路和公路斜角角度大, 设计路幅较宽, 采用通常的 32 m 跨度简支梁一次跨越不能满足立交净宽要求, 中间若设置桥墩不仅侵占公路限界, 而且影响行车视野的通透, 且本桥位于进入拉萨市的主要道路上, 景观要求高, 因此需设计一座既能满足立交净空要求, 又与拉萨市周边景观相协调、且能满足施工工期要求的桥梁。

研究结论: 采用预应力混凝土连续梁—钢管拱组合结构, 具有跨度大、建筑高度较低、结构性能优越、造型美观大方、施工方便的优势, 文章通过对跨拉贡公路桥的设计和施工介绍, 为今后类似工程的修建提供借鉴。

关键词: 连续梁; 钢管拱; 组合结构; 设计; 施工

中图分类号: U44 文献标识码: A

Design of Continuous Beam and Arch Combination Bridge of Qinghai—Tibet Railway for Crossing Lhasa—Gongga Highway

MO Yi

(The First Railway Survey and Design Institute Co., Ltd. Xi'an, Shanxi 710043, China)

Abstract: Research purposes: The bridge of Qinghai—Tibet Railway for crossing the Lhasa—Gongga Highway is located on the curve with the large bevel angle of the rail and highway and wide road surface, so it can not meet the requirements of clear width of grade separation to us 32 m span simply supported beam to cross the highway. If the bridge pier is built in the middle of the highway, it not only occupies the road bounds, but also affects the permeability of the highway vision because the bridge is located on the main highway to Lhasa, demanding beautiful landscape. Therefore, it is necessary to design a bridge that can meet the requirements of clearance for grade separation and coordination with the surrounding landscape.

Research conclusions: The continuous structure of the pre-stressed concrete continuous beam and steel pipe arch has the characteristics of larger span, lower height, the perfect structure performance and easy construction. This paper gives an introduction to the design and construction of this bridge.

Key words: continuous beam; steel pipe arch; continuous structure; design; construction

青藏铁路格尔木至拉萨段工程, 位于青藏高原腹地, 跨越青海、西藏两省区, 是我国“十五”期间的重点建设项目之一, 是世界上海拔最高、线路里程最长、所处环境最为恶劣的铁路, 是西部大开发战略的标志性工程。青藏铁路跨拉贡公路桥, 位于拉萨市经济技术开发区, 距青藏铁路终点站拉萨车站约 5 km, 距拉萨

市中心约 5 km, 是青藏铁路进入拉萨市的大型铁路桥梁, 桥梁中心线与公路中心线的夹角为 53°。拉贡公路是贡嘎国际机场进出拉萨市的重要通道, 现状路面宽 13.5 m, 规划路面宽 44 m。如何在线路高度受限、跨度要求较大、景观要求高的地方设桥通过, 是需要设计人员思考的问题。

^{*} 收稿日期: 2008—12—05

^{**} 作者简介: 莫悒, 1962年出生, 男, 工程师。

1 工程概况

青藏铁路为单线、I级国铁,客车最高设计行车速度为 120 km/h

桥址位于拉萨市经济技术开发区,地形较为平坦,地势开阔,桥下公路两侧均为旱地。

桥址处地层单一,主要为第四系全新统冲积层的卵石土。地下水为潜水,埋深 1~2 m,水质较好,对混凝土无侵蚀性。

根据《中国地震烈度区划图》抗震设防烈度为 8度,设计基本加速度值为 0.20 g

冻结深度为 0.26 m。

2 桥式方案及孔跨的确定

如前所述,本桥所处位置较为特殊,桥梁跨度在 60 m左右,宜采用的桥型有简支钢桁梁桥、预应力混凝土连续梁桥、系杆拱桥、预应力混凝土连续梁—拱组

合结构桥等几种。

简支钢桁梁桥后期养护维修工作量大,加上景观效果一般,在高原铁路上不适合;预应力混凝土连续梁桥,建筑高度较高,造成线路抬坡较多,引起工程造价增加较多,且连续梁的梁型景观一般,不经济;系杆拱桥,由于距此不远的青藏铁路拉萨河桥已采用系杆拱结构,形式雷同,也未采纳;预应力混凝土连续梁—拱组合结构桥,由于其结构新颖、结构性能优越、跨度大、建筑高度较低、造型美观大方等优点,而被选为本桥采用的桥式方案。

经综合比较,兼顾规划的道路宽度并考虑斜交的影响、桥梁的耐久性、施工方便、美观性等因素,最终确定本桥采用的桥梁孔跨为:

(28+60+28) m预应力混凝土连续梁—钢管混凝土加劲拱组合结构桥。

全桥总布置图如图 1所示。

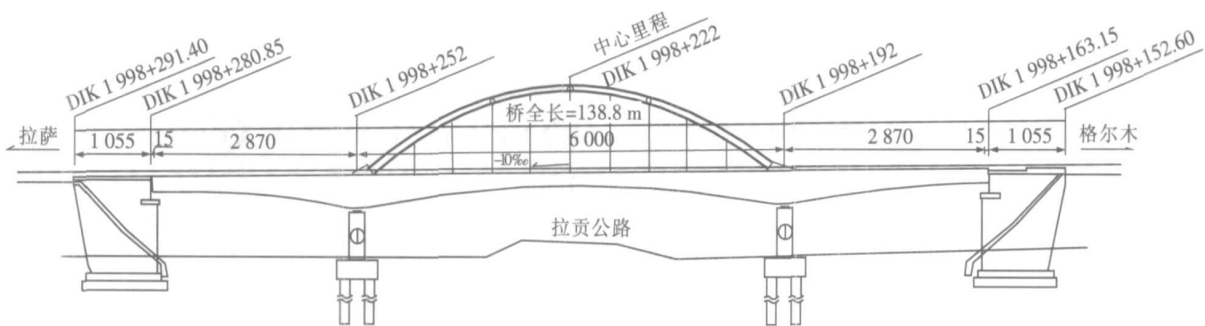


图 1 全桥总布置图(单位: m)

3 桥梁结构设计

3.1 上部结构

3.1.1 预应力混凝土连续梁

主梁采用预应力混凝土连续梁,跨中和边支点梁高 2.0 m,中支点梁高 4.2 m,梁底曲线线型为 1.6次抛物线,抛物线方程为: $y = (2.2/24^{1.6}) \cdot x^6$ 。采用单箱双室,梁顶宽度 9.8 m,梁底宽度 7.9 m。本桥位于 $R=1200$ m, $L=150$ m 的曲线上,主跨按平分中矢法采用直线梁设计以协调加劲拱受力,两边跨采用曲线梁放线,其中格尔木侧边跨箱梁中心线采用 $R=1200$ m 的圆曲线,拉萨侧边跨箱梁中心线采用 $R=2000$ m 的圆曲线,分别与主跨箱梁中心线和梁端线相接,箱梁轮廓线则分别采用以箱梁中心线的曲线圆心为一组同心圆。

主梁梁体顶板厚 30 cm,靠近桥墩附近加厚至 70 cm,底板厚 30 cm,靠近桥墩附近加厚至 90 cm,中

腹板厚 30 cm,至桥墩附近加厚至 100 cm,边腹板厚 50 cm,至桥墩附近加厚至 140 cm。

考虑今后养护维修需要,拉萨侧梁底设置 $\phi 80$ mm 进入孔一处,中腹板设置过人洞一处。

为减少箱梁内外温差,边腹板及中腹板上设置 $\phi 6$ mm 的通风孔。

梁体采用 C50混凝土,预应力钢束采用标准抗拉强度 $f_k=1860$ MPa 的高强度低松弛钢绞线,腹板预应力钢束采用 15- $\phi 15.24$,顶底板预应力钢束采用 12- $\phi 15.24$,预应力锚具采用 OVM15-15, OVM15-12,预应力管道采用金属波纹管成孔。

3.1.2 钢管混凝土加劲拱

钢管拱轴线采用二次抛物线,计算跨径 $L=60$ m,计算矢高 $f=12$ m,矢跨比为 1/5,其计算拱轴线方程为: $y = -0.01333x^2 + 0.8x$ 。

每道拱肋由直径 800 mm 的钢管构成,其管壁厚度为 14 mm,全桥共设两道拱肋。由于线路在桥位处

的平面线形为缓和曲线和圆曲线, 故将拱肋间距进行了适当加宽, 拱肋的中心距为 6.5 m, 两道拱肋之间设 3 道直径 600 mm, 壁厚为 10 mm 的钢管横撑, 另外在边横撑和拱肋间设 4 组斜撑, 由 4 根直径 500 mm, 壁厚 10 mm 的钢管组成。

在吊杆附近的拱肋钢管内采用 T 型加劲钢环加固, 以增强其局部刚度。

拱肋钢板及锚箱钢板采用 Q235 钢, 拱肋、横撑及斜撑的钢管内均灌注 C50 微膨胀混凝土, 拱肋钢管在拱顶设一组排气孔, 在两端拱座处各设一组进料口, 灌注混凝土完毕后, 封死排气口和进料口。

3.1.3 吊杆

每片拱肋设有 9 根吊杆, 除拱脚至第一根吊杆间距为 8 m 外, 其余吊杆间距均为 5.5 m, 吊杆锚具采用可调节冷铸锚 OVMLZM(K) 5—55。本桥由于位于 -10% 的坡道上, 拱肋相对连续梁正做, 即两拱脚相对于水平面斜置, 吊杆按铅垂设计, 吊杆锚固端面采用水平设置。

吊杆采用规格为 OVM5—55 PE 护套半平行钢丝束, 护套采用双层 PE 并外套钢管保护。抗拉强度标准值为 1 670 MPa。

3.1.4 防腐材料

拉萨地区日照强烈, 钢管拱部分采用防紫外线旭氟龙氟碳涂装体系, 其余外露钢材均采用 IC531 防锈蚀涂装体系, 人行道栏杆采用镀锌处理。

桥梁横断面图如图 2 所示。

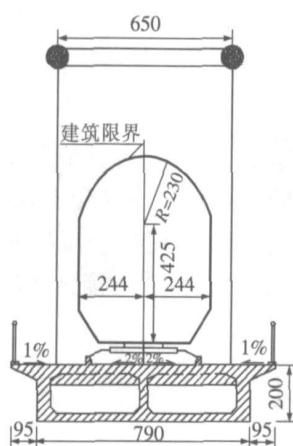


图 2 桥梁横断面图 (单位: cm)

3.2 下部结构

两端桥台均采用 T 形桥台, 明挖基础。为了美观, 桥墩采用外形如花瓶式样的板式桥墩, 基础采用钻孔灌注摩擦桩。

4 施工

本桥采用“先梁后拱”的施工方法, 即先施工连续梁, 然后在已完成的连续梁桥面上施工钢管拱, 最后安装吊杆。

连续梁可采用悬臂拼装法、悬臂灌注法、移动支架法、满堂红支架法等方法施工。本桥位处地势较平坦, 地质条件较好, 桥梁高度小于 15 m, 桥下除留出公路行车的通道, 无影响布设支架的障碍物, 适合采用满堂红支架法现浇制梁。

梁部施工前, 为检验支架的弹性变量及检验地基基础的承载力, 消除因支架竖向非弹性变形和因地基沉降而引起的箱梁早期开裂, 同时为验证支架的安全性和预拱值的准确性, 对支架进行了预压, 预压材料采用砂土。预压在箱梁底模支好以后进行, 预压重量按梁体混凝土重量的 1.05 倍作为压载重量, 在底板上模拟现浇重量加载预压, 加载时尽量符合混凝土浇筑时的状态, 支架变形易于控制, 并随着梁体施工进度逐渐减压。

为防止混凝土收缩产生裂缝, 减少预应力损失, 方便预应力束张拉, 主梁采用分段施工。根据主梁各现浇梁段所在位置分别在主梁顶部和底部设置预应力短钢束; 而腹板和部分底板预应力钢束则通过后浇段。在主梁顶底板的预应力短钢束通过桥墩后锚固在先期浇筑段, 梁底部预应力通长钢束通过连接器后锚固于梁端张拉。

钢管拱分小节段加工, 在现场拼装成较长节段, 并分次吊装于搭设在连续梁桥面的支架上, 在空中焊接成型。采用此法施工的优点是: 无需大型吊装设备, 拱肋线形较易控制, 空中焊接量小, 质量容易保证, 且在已施工完成的连续梁桥面上搭设支架, 所用辅助器材少, 易于搭设和拆除, 节省费用, 缩短工期。

5 结论

(1) 梁拱组合结构是一种新的组合体系, 结构受力较好, 具有优良的技术经济指标, 与同跨度连续梁相比, 降低了主梁的高度。而钢管拱结构, 由于钢管混凝土受压时, 钢管对核心混凝土的套箍作用, 使得核心混凝土处于三向受压状态, 从而提高了混凝土的抗压强度和变形能力, 而内填混凝土又有效地增加了钢管管壁的局部稳定性, 从而使钢管和混凝土既发挥了各自的特长, 又形成优势互补, 使得这种组合材料具有强度高、塑性和韧性好、耐疲劳、抗冲击等优点。

(下转第 75 页)

影响,能够改善工作条件,有利于环境保护。节段在预制场内统一生产,系统化模板安装、拆除方便、模板利用率高;机械化、自动化程度高,节段制作精度高、质量容易控制、节段品质稳定。节段预制后可获得足够的养生时间和混凝土龄期,在拼装完成后混凝土的收缩、徐变量小。加上运输、起吊设备的改进和发展以及规模化生产大幅降低成本等诸多优势,节段预制拼装的施工方法已被世界范围广泛采用。

但郑西客运专线渭河特大桥 44 m 简支箱梁由于工期紧迫及对环氧树脂胶接缝的耐久性顾虑等原因最终未能采用“干接缝”,而采用了使用广泛且成熟的“湿接缝”联结方式。如果随着我国桥梁施工工艺技术的进步使梁段预制更为精确,接缝键体的匹配度更高,以大力满足现代化结构的高品质外观要求。同时新技术和新材料的研制使用使接缝胶体的抗老化指标得以大幅提高,以满足接缝面设计使用年限 100 年的

耐久性要求。那么采用“干接缝”的施工方法将会使节段预制拼装梁得以更广阔的发展使用,以推动我国桥梁设计施工更为标准化、集约化;提高施工速度;也使桥梁结构更具有经济性优势。

参考文献:

- [1] 严国敏. 译. PC 预制节段拼装桥梁的现状与其研究方向 (日本) [J]. 国外桥梁, 1998(1): 50—53 78
- [2] 李坚, 陆元春. 预制节段混凝土桥梁的设计与工程实践 [Q] // 上海: 第十五届全国桥梁学术会议论文集, 2002 115—122
- [3] 美国州际公路和运输工作者协会. 节段式混凝土桥梁设计与施工指南 [S].
- [4] 黄真, 刘西拉. 预制节段式无粘结预应力混凝土箱梁受弯、扭、剪共同作用分析 [J]. 土木工程学报, 2003(6): 60—65

(编辑 吕洁)

(上接第 71 页)

(2) 本桥采用刚性连续梁柔性钢管拱组合结构,充分利用了连续梁和钢管拱的材料特性和受力特点,梁体自重由连续梁承担,二期恒载及活载由连续梁、钢管拱共同承担,连续梁作为本桥的主要承重结构,使得本桥不仅外形较为轻巧、美观,同时,由于梁拱的共同作用,连续梁拱具有较大的竖向刚度和良好的动力性能。本桥位于曲线上,结合建筑限界适当加宽,不仅满足了限界要求,还提高了桥梁的横向刚度,一举两得。

(3) “先梁后拱”的施工方案,以建好的连续梁桥为外部条件,拱的水平推力由连续梁承担,避免了传统拱桥施工中因墩台只能承受较小的水平力所承担的风险,发挥了两种结构受力的优点,并方便了施工。

青藏铁路跨拉贡公路桥于 2005 年 9 月建成,至今使用良好,建成后的实景如图 3 所示。由于桥型合理、用材较少、施工方便、造价较低,该桥是刚性连续梁柔性钢管拱组合结构一个成功的应用范例。

参考文献:

- [1] 金成棣. 预应力混凝土梁拱组合桥梁设计研究与实践 [M].

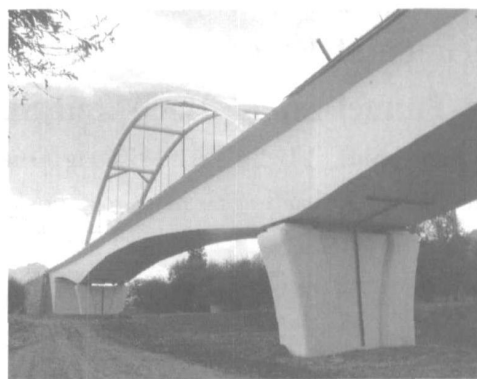


图 3 建成后实景

北京: 人民交通出版社, 2000

- [2] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001
- [3] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥实例集 (一) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2002

(编辑 吕洁)