

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.10.018

不对称大跨度箱梁桥总体方案设计

张征浩¹, 张景领², 郭峰石¹

[1.河南省水利勘测设计研究有限公司, 河南 郑州 450016; 2.同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要:郑州市热力总公司裕中热电厂百万机组引热入郑供热管网工程跨越南水北调总干渠管道桥的总体设计,综合考虑桥位环境、安全耐久、经济适用、施工、运营等因素,最终选定实施方案。对推荐方案结构设计作了详细的论述,为类似结构设计提供参考。

关键词: 不对称连续梁;大跨度箱梁桥;压重;体外预应力;悬浇施工

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)10-0069-03

0 引言

常规预应力混凝土箱梁桥边中跨比一般为 0.55~0.6,主要为保证施工过程中悬臂对称浇筑、成桥后受力成对称状态。但在桥梁设计中,经常遇到复杂的边界条件导致桥梁布跨不能按照常规跨径进行布置,出现非对称布跨现象。非对称跨径组合形式桥梁的设计、施工以及成桥后的运营维护均异于常规桥梁,本文根据具体案例提供了一种不对称大跨度箱梁桥的设计方案,用于解决复杂边界条件下的桥梁布跨。

1 设计背景

郑州市热力总公司裕中热电厂百万机组引热入郑供热管网工程需要采用桥梁形式跨越南水北调总干渠,管道路线呈南北走向,基本正交跨越总干渠,跨越处于干渠围网宽度约 132 m。场址处北侧为村庄房屋,南侧有 500 kV 高压线,为确保管道桥施工与运营安全,桥梁结构必须与高压线保持一定的安全距离。由于受到地物限制,桥跨采用了非对称布置。已揭露的桥位地质均为土层,未能探明硬质基岩埋置深度,桥梁周边交通便利,运输条件良好。

桥梁为热力管道上跨越南水北调总干渠而设,热力管道分两期建设,近期桥顶面敷设 2 根热力水管,远期扩建为 4 根热力水管,管道内径均为 D1 600 mm(单管道荷载高于公路行业的单个车道公路-I 级荷载)。桥梁推荐方案采用大跨度变截面连续箱梁桥,跨径组合为(50+150+100)m,结构总长 300 m,宽度 16 m。下部结构为板式墩、柱式墩,

配钻孔灌注桩基础。

2 桥型选择

基于南水北调总干渠断面形式及红线宽度,设置 150 m 主跨可满足南水北调运营管理要求。150 m 桥跨较适应的结构型式主要有以下几种:

2.1 不对称连续梁

连续梁在荷载作用下产生的支点负弯矩对跨中正弯矩有卸载的作用,使梁体内力比较均匀,同时也减小了梁高,减少了材料。该桥型具有刚度大、整体性好、载荷能力强、受力明确等结构特点,同时也具有经济性优越、设计施工技术成熟、安全性良好、养护工作量较小等优点。本桥因受到南侧高压线限制,需采用不对称跨径组合,但可以通过大、小 T 构及压重等措施消除不对称桥跨的不利影响。因此该桥型在本项目中仍然具有较好的应用价值。

2.2 独塔斜拉桥

主梁用多根斜拉索拉在桥塔上的一种桥梁,是由承压的塔、受拉的索和受压弯的梁体组合起来的一种结构体系。主梁亦可看作是多点弹性支承连续梁,斜拉索可大幅减小梁体内弯矩,降低建筑高度,减轻结构重量,节省材料。该桥型具有跨越能力强、技术成熟、景观良好、载荷能力较强等优点,但同时也有建设造价稍高、施工工期更长、拉索养护成本较高等缺点。考虑到独塔斜拉桥能较好地适应本项目桥位特点,因此该桥型具有一定比较价值。

其他桥型,如系杆拱桥、桁架梁等,因施工方案难以满足南水北调的管理要求,不宜采用。

综合考虑:推荐方案为(50+150+100)m 连续箱梁桥;比较方案为(150+70+30)m 独塔斜拉桥(见表 1)。

收稿日期: 2022-02-24

作者简介:张征浩(1981—),男,本科,高级工程师,从事桥梁设计工作。

桥型立面如图1、图2所示。

表1 桥型方案比较

桥型方案	不对称连续梁	独塔斜拉
桥跨组合	(50+150+100)m	(150+70+30)m
建安费	6 480 万元	8 400 万元
施工工艺	悬浇施工	悬浇施工
施工难度	较小	较大
施工工期	320 d	430 d
景观效果	一般	较好
养护成本	较低	较高
比较结论	推荐	比较

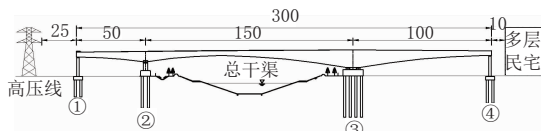


图1 推荐方案:(50+150+100)m连续箱梁桥(单位:m)

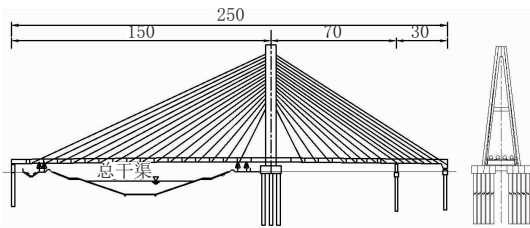


图2 比较方案:(150+70+30)m独塔斜拉桥(单位:m)

3 推荐方案结构设计

3.1 上部总体设计

上部结构采用(50+150+100)m不对称预应力混凝土连续箱梁,箱梁总宽16m,采用C55混凝土。由于边中跨比例仅为0.33,远低于常规值0.55,如按常规设计思路,必然造成梁体受力极不平衡,所以须采取措施改善结构受力。为此,对箱梁构造进行计算分析,得出以下措施能有效改善不对称连续梁受力状态:

(1)采用大、小T悬浇构造,促使箱梁在合龙时自重产生内力处于良好平衡状态,与常规悬浇较为接近。

(2)对1号墩处箱梁采取点荷载压重措施消除支座脱空问题,经过计算分析,当压重为340t时,能确保施工安全,运营阶段1号墩支座仍有不小于400t的压力储备。

(3)3号墩采取双排支座对负弯矩进行削峰,大幅降低负弯矩峰值,同时也改善了承台受力。

(4)对第三跨采取77.4kN/m线荷载压重,减小主跨跨中下挠,改善主跨受力,同时也促使3号墩双排支座支反力趋于接近。

(5)预留备用体外预应力构造,待远期四管通水

时张拉,为后期大幅增加管道荷载提供受力支撑。

通过以上措施,无论是近期两管通水,还是远期四管通水,均能使梁体受力处于良好状态,1号墩支座始终处于受压状态。

3.2 主梁节段划分

主梁节段划分力求结构纵向受力均匀合理,节段重量接近,方便挂篮施工操作。箱梁纵向梁段划分:4m边跨现浇段+(3×4m+4×3.5m+5×3m)12个悬浇段+10m0#梁段+(5×3m+4×3.5m+5×4m)14个悬浇段+2m中跨合龙段+(7×5m+7×4m+8×3m)22个悬浇段+14m0#梁段+(8×3m+7×4m+7×5m)22个悬浇段+6m边跨现浇段。箱梁采用挂篮悬浇施工,其中0#块采用支架现浇施工,合龙段采用挂篮现浇施工,边跨现浇段采用支架现浇施工。

3.3 箱梁截面设计

箱梁截面设计是影响结构受力是否合理的主要因素,根据跨径确定箱梁高度,桥宽影响腹板厚度。鉴于目前国内已建箱梁桥中,部分箱梁出现了明显病害,主要病害为主跨跨中下挠和梁体开裂。究其原因,除了施工不规范外,也有设计考虑不周全等因素。为了获得合理的结构尺寸,在方案设计阶段应重视截面尺寸的计算分析,对构成截面的顶底板、腹板尺寸做反复的计算、分析及优化,以求达到更佳受力状态。

本桥在方案设计阶段,通过对截面尺寸多次调整与计算获取了较为理想的截面尺寸,采用单箱单室截面,箱室宽8.5m,两侧悬臂翼缘板宽3.75m,顶板自成2%横坡,底板保持水平。

2号主墩小T箱梁梁高:主梁根部高 $H_{根}=7.5$ m,跨中梁高 $H_{中}=3.5$ m,梁高变化采用2.0次抛物线, $H_{根}/L=1/20, H_{中}/L=1/42.86$ 。顶板厚度为32cm,底板厚度由根部厚90cm渐变到跨中32cm(按2次抛物线变化),腹板厚度采用50cm、65cm、80cm、90cm四种厚度。

3号主墩大T箱梁梁高:根部梁高 $H_{根}=12.5$ m,跨中梁高 $H_{中}=3.5$ m,梁高变化采用1.6次抛物线, $H_{根}/L=1/12, H_{中}/L=1/42.86$ 。顶板厚度采用32cm、45cm、60cm三种厚度,底板厚度由根部厚110cm渐变到跨中32cm(按1.6次抛物线变化),箱梁腹板厚度采用50cm、70cm、85cm、100cm四种厚度,箱梁跨中截面如图3所示。

3.4 箱梁预应力设计

箱梁采用纵向、横向和竖向三向预应力体系,均

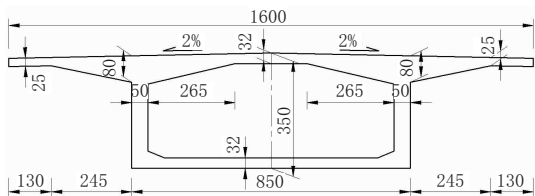


图 3 箱梁跨中截面

为 $\phi 15.2$ 高强低松弛钢绞线, 主梁纵向按全预应力构件设计。

备用体外预应力束: 中跨合龙段设置 3 对 15-26 体外预应力束, 采用无黏结环氧低松弛钢绞线, 钢束外套采用高密度聚乙烯管, 转向块预埋管采用无缝钢管。

3.5 箱梁计算分析

箱梁结构计算采用 Midas 进行, 箱梁纵向受力按全预应力构件设计, 箱梁横向受力顶板按 A 类预应力构件设计, 底板按普通钢筋构件设计。支点截面处横隔板段采取其空心处的截面尺寸进行计算, 其余重量按照集中力加在对应位置。计算模型如图 4 所示。

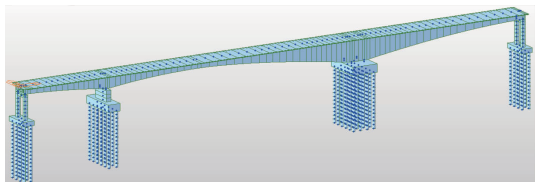


图 4 Midas 结构计算分析模型

箱梁验算按公路桥梁系列规范进行, 远期四管通水需张拉备用体外预应力, 否则跨中下缘将出现拉应力。箱梁纵向受力各项主要指标见表 2。

表 2 箱梁纵向受力主要指标

验算内容	两管通水	四管通水
抗弯承载能力富余量 /%	33.9	34.1
支点上缘正应力 /MPa	2.4	1.0
跨中下缘正应力 /MPa	2.3	2.4
斜截面主拉应力 /MPa	-1.03	-1.25
正压应力峰值 /MPa	16.4	16.1
1 号墩支反力 /kN	4 280	6 235

3.6 下部结构设计

下部结构的主要功能是承上启下, 需将上部结构传递下来的各项荷载可靠地传递给地基, 因此地质条件是影响下部结构布局的重要因素之一。根据本桥位地质资料, 100 m 以内无坚硬基岩, 因此桩基按摩擦桩设计。项目组选取受力最大的 3 号主墩基

础进行技术方案分析, 分别选取 15 根 $\phi 2.0$ m 群桩、18 根 $\phi 1.8$ m 群桩、24 根 $\phi 1.6$ m 群桩进行桩长计算。计算结果显示, 15 根 $\phi 2.0$ m 群桩桩长需要 95 m, 18 根 $\phi 1.8$ m 群桩桩长需要 92 m, 24 根 $\phi 1.6$ m 群桩桩长需要 79 m。经对比分析, 24 根 $\phi 1.6$ m 群桩基础材料更节省且桩基施工风险较小, 故选取 $\phi 1.6$ m 桩基作为本桥桩基础方案。

2 号主墩采用板式墩, 墩身顺桥向 3.0 m, 横桥向 13.0 m。矩形承台, 顺桥向宽 7.1 m, 横桥向长 22.6 m, 厚 4.0 m, 底面设 0.1 m 厚垫层。为了避免施工开挖影响总干渠围栏, 主墩承台上抬至地面之上。基础采用群桩, 基础由 12 根 $\phi 1.6$ m 钻孔灌注桩组成, 桩长 68 m, 按摩擦桩设计, 桩底沉渣厚度不大于 10 cm。

3 号主墩无墩身, 支座垫石放于承台之上。矩形承台, 顺桥向宽 14.6 m, 横桥向长 22.6 m, 厚 4.5 m, 底面设 0.1 m 厚垫层。为了避免施工开挖影响总干渠围栏, 主墩承台上抬至地面之上。基础采用群桩, 基础由 24 根 $\phi 1.6$ m 钻孔灌注桩组成, 桩长 79 m, 按摩擦桩设计, 桩底沉渣厚度不大于 10 cm。

边墩采用双柱方墩, 墩身顺桥向 1.8 m, 横桥向 1.8 m。矩形承台, 顺桥向宽 6.6 m, 横桥向长 14.6 m, 厚 2.5 m, 底面设 0.1 m 厚垫层。基础采用群桩, 基础由 8 根 $\phi 1.6$ m 钻孔灌注桩组成, 按摩擦桩设计, 桩底沉渣厚度不大于 10 cm。

4 结语

通过对管道桥的方案设计, 可以看出做一座大跨度箱梁桥的方案设计, 需要综合考虑到桥位环境、安全耐久、经济适用、施工便利、养护轻松等诸多因素。对于非常规大跨度箱梁桥, 还需针对其受力特点采取改良措施, 同时对假定的主体结构尺寸经过反复论证后才能获得良好的设计方案。

参考文献:

[1] 范立础. 预应力混凝土连续箱梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1988.
 [2] 范立础. 桥梁工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
 [3] 鲍卫刚, 周永涛, 等. 预应力混凝土梁式桥梁设计施工技术指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
 [4] 朱静. 不对称连续刚构桥受力分析[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.
 [5] 王文涛. 刚构-连续组合梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
 [6] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].