

福运桥

刘高丰村

途

为偏远地区修座桥，
打通民生之路，铸就幸福通



目录

第一部分 设计理念.....	1
1.1 设计缘起.....	1
第二部分 作品介绍.....	2
2.1 桥址概述.....	2
2.2 建桥必要性分析.....	3
2.3 建设条件.....	4
2.4 设计要点.....	5
2.5 设计依据.....	6
2.6 方案比选.....	7
2.7 设计推演.....	9
2.8 总体布置.....	10
2.9 作品展示.....	11
第三部分 结构计算.....	13
3.1 基本参数.....	13
3.2 结构计算.....	14
3.3 工程概预算.....	18
第四部分 桥梁创新点.....	19
第五部分 施工设计.....	21
5.1 施工步骤.....	21



5.2 施工运输路线设计.....	22
-------------------	----

第一部分 设计理念

1.1 设计缘起

要致富，先修路。在乡村振兴的大背景下，交通基础设施建设，尤其是道路和桥梁的完善，成为推进农村发展的关键。然而，我国农村地区的交通建设仍然面临许多挑战。由于建设不规范、安全标准不达标等问题，许多农村桥梁存在较大的安全隐患。这不仅限制了农村经济的进一步发展，也为居民的日常出行埋下了潜在的危险。因此，强化农村地区交通基础设施的规划与建设，提升其安全性和通行能力，对于实现乡村振兴目标意义重大。



桥址调研



团队结缘



再建小桥

我们激动地投身于此次比赛，选定黑龙江省大庆市龙凤区刘高手桥作为实践对象。之前在学校组织的社会实践中，我们队员从当地政府了解到，该桥因年久失修已成为危桥，虽亟需重建却苦于资金短缺，已荒废多时。鉴于此，我们旨在运用所学专业知

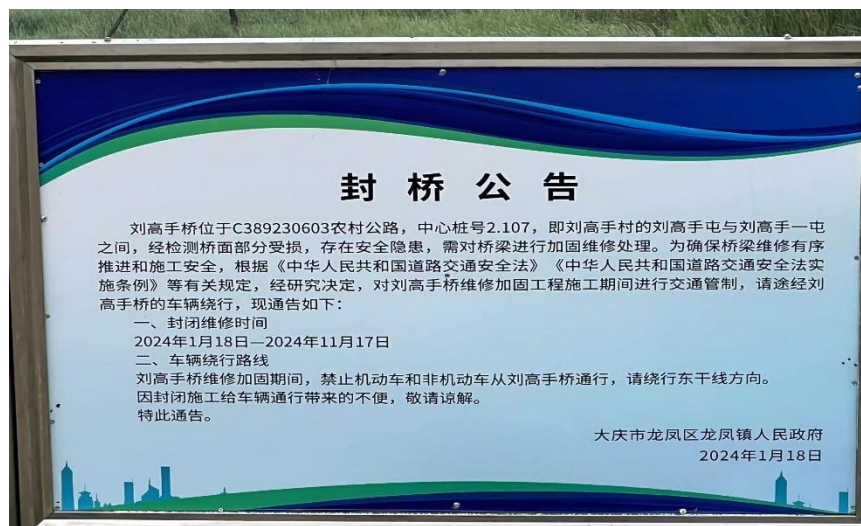
第二部分 作品介绍

2.1 桥址概述

刘高手桥建于上世纪五六十年代，由当时的水利和油矿部门共同出资建设，位于村内河流之上，一侧连接村庄的农田、草场另一侧则连接居民居住区。桥梁整体全长约 15 米，宽 3 米，主要由钢筋混凝土构成。

几十年来，这座桥是河流两岸通行的最近路径，在当地交通运输起着不可替代的重要作用。然而，随着周边工业发展加速、交通负荷增加，桥梁逐渐出现问题。由于桥体老化严重，出现损害，2019 年该桥被划为危桥并停止使用。

小桥停用后，村民不得不绕路进行耕种和放牧，增加了生产成本和时间。此外，村内工厂的货物运输、村民的外出也需另选他径，进一步加重了当地的经济负担。据采访了解，危桥还对当地居民的生命安全存在一定影响。



2.2 建桥必要性分析

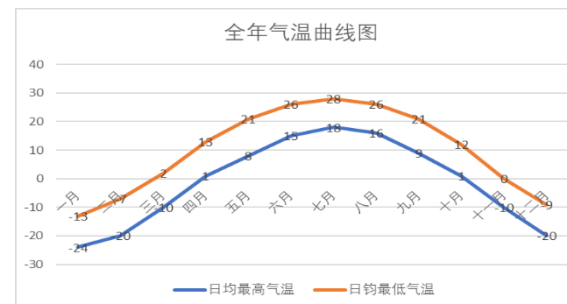
旧桥目前存在的问题：

- 交通闭塞：小桥作为连接村内两侧的唯一交通设施，其重建将有效恢复村民的日常出行，特别是在耕种、放牧等农业活动中的便利性。
- 经济增负：小桥的封闭导致当地工厂的货物运输必须绕路，增加了物流、时间成本。新桥的建设将减轻企业负担，提高运输效率，增加经济效益。
- 安全隐患：刘高手桥因年久失修存在重大安全隐患，村民的出行安全难以保障。新桥的建设将消除这一隐患，在当地提供安全可靠的交通通道。
- 影响发展：桥梁作为重要的基础设施，其重建将促进村庄整体发展，为刘高手村的农业、工业等领域注入新的活力，助力乡村振兴。







2.3 建设条件

- 气候条件：刘高手村位于黑龙江省西部，大庆市东南部，全区地处北温带亚欧大陆性气候区，四季分明。春季干旱多风、夏季炎热潮湿、秋季降雨骤减、冬季寒冷干燥。全年平均气温为 4.2°C ，平均无霜期 143 天。雨热同季，年均降水量为 427.5 毫米。
- 地质条件：当地低洼平坦，泡沼相间，自然坡降小于千分之一，平均海拔较低，为典型的平原地貌，地基稳定，适合桥梁基础的施工。地下蕴藏着丰富的石油、天然气、土碱、土盐、土硝等自然资源。
- 水文条件：村内河流宽度适中，水流平稳，无明显汛期，整体水位变化较小，根据调查资料可计算出，25 年一遇的洪峰流量为 $22.52\text{m}^3/\text{s}$ ，洪水比降为 1.2%。



2.4 设计要点

根据比赛要求和对桥址当地的调研资料，本项目主要考虑以几个方面出发：公益性、实用性、经济型、安全性，根据实际情况提出设计方案。

 公益性	新桥将服务于当地居民和运输行业，为当地创造生活便利和经济效益。
 实用性	新桥修建后能够立即投入使用，并能够在一定年限内保持正常，不出现明显破损情况。
 安全性	设计能够确保桥梁结构稳定，耐久性高，能够承受长期的交通荷载和北方季节性分明的气候条件。同时，应安装防护栏和夜间照明设施，保障行人和车辆的安全。
 经济性	选择性价比高的材料和施工工艺，在保证质量的前提下，降低建设和维护成本。施工方案应优化资源配置，减少工程费用。

2.5 设计依据

➤ 桥梁设计规范

《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015

《公路桥涵地基与基础设计规范》(含条文说明) JTG D63-2007

《公路桥梁抗震设计细则》JTGT B02-01-2008

《小交通量农村公路技术标准》JTG 2111—2019

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62-2004)

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ D63-2007)

《公路安全设施设计设计规范》(JTG D81-2006)

《公路工程抗震设计规范》(JTG B02-2013)

《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2011)

《公路桥梁伸缩缝装置》(JT/T 327-2004)

《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30-2003) 以及其他相关标准与规范。

➤ 技术标准

公路等级：三级公路（Ⅱ类）

设计荷载：公路—Ⅱ级

设计速度：25km/h

航道标准：无

2.6 方案比选

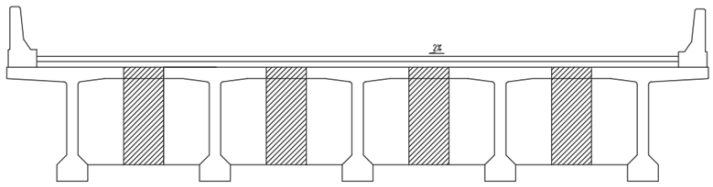
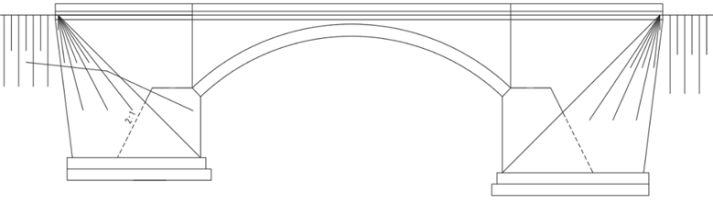

<p>桥址所在处河道净宽 19.6m，本工程设计，将本着突出以人为本、以质量为命脉、以美观为亮点，在充分结合地形、地貌、地质、水文、气候等特点的基础上，拓展设计思路，遵循适用、经济、安全、美观和环保的原则和可持续发展发展的设计理念。</p>	
<p>方案 1. 2×10m 装配式钢筋混凝土简支 T 梁</p> <p>装配式钢筋混凝土简支 T 梁是使用最为普遍的结构形式，其优点是建筑高度较低，易保养和维护等。但其跨度较小，需要额外增加桥墩，增加了建造成本。</p>	
<p>方案 2. 20m 上承式钢筋混凝土板拱</p> <p>上承式钢筋混凝土板拱的优点是外形美观，线条流畅，与周围环境协调性好。同时，它具有较大的承载能力，且稳定性较好。然而，上承式钢筋混凝土板拱施工难度较大，需要在施工过程中进行大量的模板制作和混凝土浇筑工作，这不仅增加了施工时间，还提高了施工成本且其维护成本相对较高。</p>	
<p>方案 3. 20m 钢筋混凝土刚架拱桥</p> <p>钢筋混凝土刚架拱桥的优点是跨越能力较强，能适应较大跨度的需求，减少了中间桥墩的设置，降低了对河道或地形的影响。同时，它的结构整体性好，刚度较大，能够承受较大的荷载，具有较好的稳定性和安全性。此外，其造型美观，线条流畅，与周围环境能够较好地融合，具有一定的景观价值。而且，其施工相对较为方便，可以采用预制拼装等方法，加快工程进度。</p>	

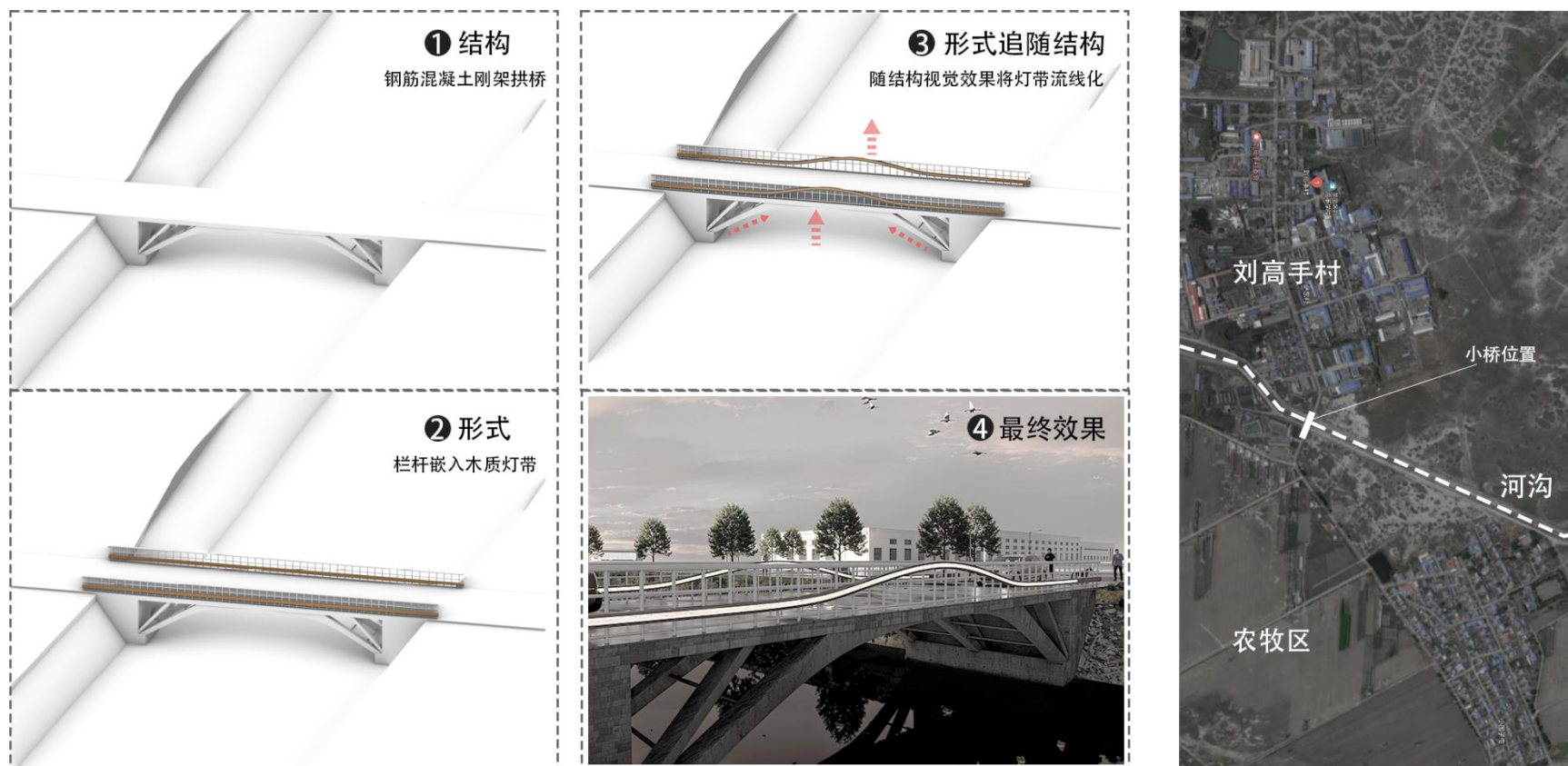
表 2-1 桥型方案对比

方案项目	方案一	方案二	方案三
桥型	装配式钢筋混凝土简支 T 梁	上承式钢筋混凝土板拱	钢筋混凝土刚架拱桥
施工可行性	本桥可采用预制拼装施工工艺，施工方法成熟，自动化程度高，构件规范化，标准化	需要在施工过程中进行大量的模板制作和混凝土浇筑工作，施工周期长	施工相对较为方便，可以采用预制拼装等方法，加快工程进度，降低施工难度
受力合理性	本桥受力以受弯为主，不能发挥混凝土受压性能	本桥受力以受压为主，可较好地发挥混凝土受压性能	本桥受力以受压为主，可较好地发挥混凝土受压性能
桥梁美学	桥型非常常见，难以给人留下深刻印象	外形美观，线条流畅，与周围环境协调性好	造型美观，线条流畅，与周围环境能够较好地融合，具有一定的景观价值

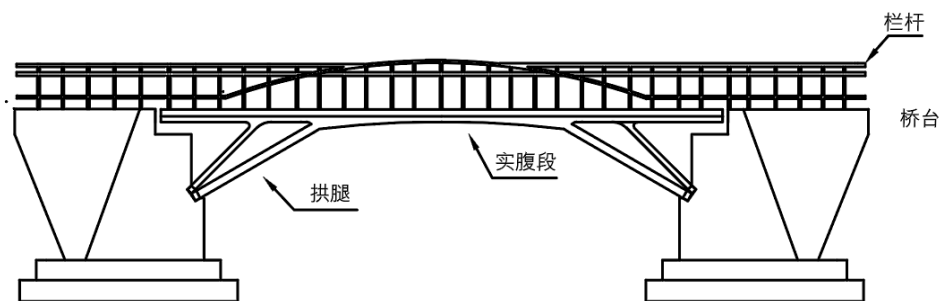
对以上三种方案通过从施工可行性、受力合理性和桥梁美学三个方面进行对比，发现方案三从受力合理性、桥梁美学等方面优于方案一和二，故选择方案三进行详细设计计算。

2.7 设计推演

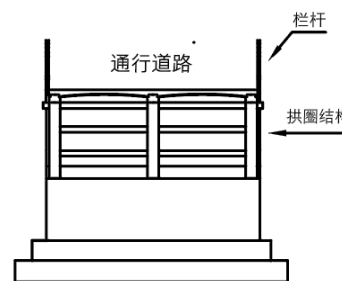
出于公益预算考虑，以及使桥形态尽可能不破坏当地的自然景观风貌，我们选择了栏杆嵌入流线型木质灯带的设计手法，使形式在视觉上呼应结构特点，使得小桥简约而不简单。设计推演如下：



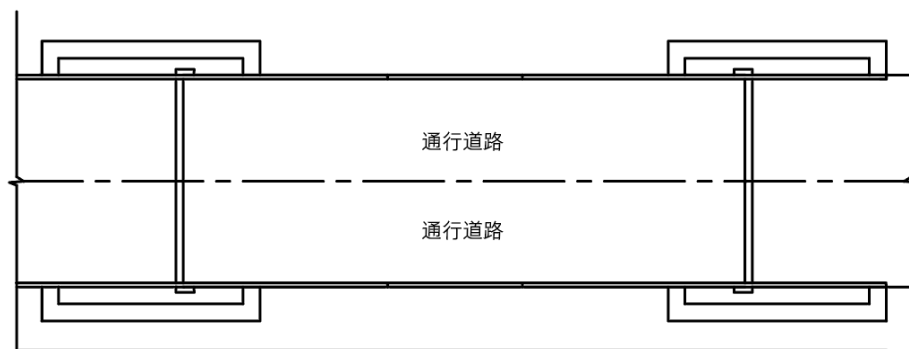
2.8 总体布置



结构布置图



侧视图



平面布置图



2.9 作品展示



- 夜晚时分，凉风徐徐拂来。当地居民们悠然地在桥上漫步、遛弯，兴致盎然地唠着家常，这座桥为大家提供了一个绝佳的休闲娱乐好去处。

- 桥身主体由混凝土浇筑而成，色调古朴，造型美观，线条流畅，能够很好与当地环境相容，具有一定景观价值。
- 桥梁两旁栏杆处设有独特的拱状灯带。其造型犹如巨龙腾飞，寓意着当地在这座桥的助力下将一飞冲天，灯带不仅在夜间为桥梁增添了绚丽的光彩，更为当地带来了蓬勃发展的美好愿景。





- 迎着朝阳、伴着晨曦，无论万水千山，这座桥始终记得你留下的足迹。
- 福运桥，“福”乃幸福满溢，承载美好生活之盼；“运”为运势蓬勃，开启发展新程。此桥如连接福气与好运之通道，为当地带来希望与憧憬。
- 它不仅仅是一座连接两岸的交通设施，更是一座承载着福气与运势的希望之桥。



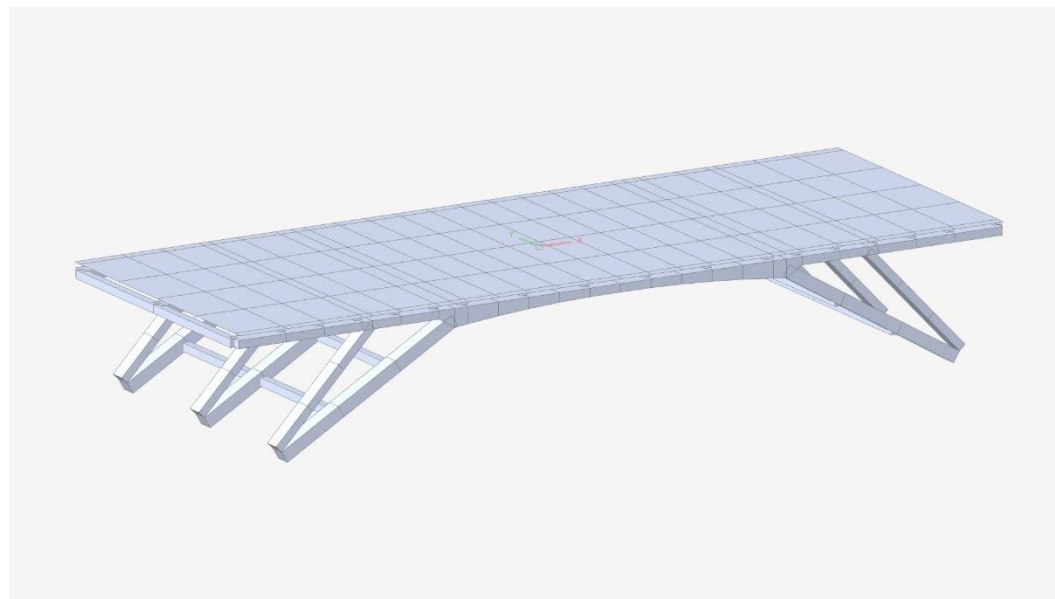
但見新橋映朝暉
不知舊橋歲月痕

第三部分 结构计算

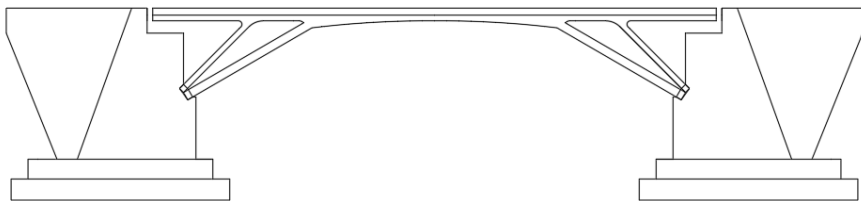
3.1 基本参数

使用 Midas Civil 建立桥梁模型进行结构计算，刚架拱的杆件截面采用矩形截面，其截面尺寸参考《公路桥涵设计手册 拱桥（下册）》给出的参照表。实腹段下底缘曲线采用二次抛物线。本桥梁采用三拱片设计，各拱片之间的间距为 3.5 米。桥跨全长 20m，矢跨比为 1/7，净矢高 2.9m。

本桥的设计标准为公路三级，设计荷载为公路-II级，参考标准，拟定桥宽 7.5m。桥面板为 25cm 厚的钢筋混凝土，纵断面为单项 $i=6.0\%$ 的纵坡，横断面设双向 $i=1.5\%$ 横坡，桥面铺装采用 6cm 厚的装配式预制聚合物复合桥面铺装层用板。上部构造中的拱腿、斜撑、实腹段、弦杆和横梁系均采用 C40 混凝土；桥面板采用 C40 混凝土。主筋采用 HRB300 钢筋，箍筋采用 HRB335 钢筋。



3.2 结构计算



➤ 计算内容

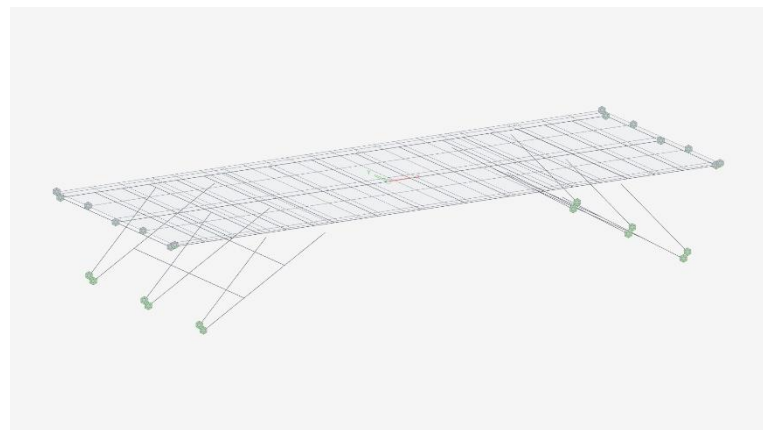
建立桥梁结构空间模型，计算多种工况下全桥的弯矩、轴力、剪力、应力和变形，并对全桥的屈曲稳定和自振频率进行计算。

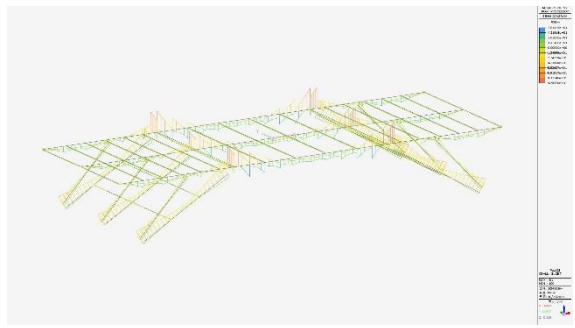
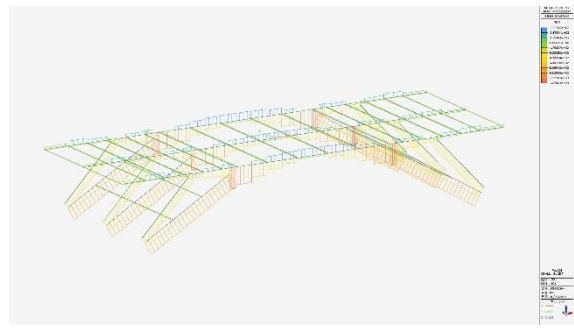
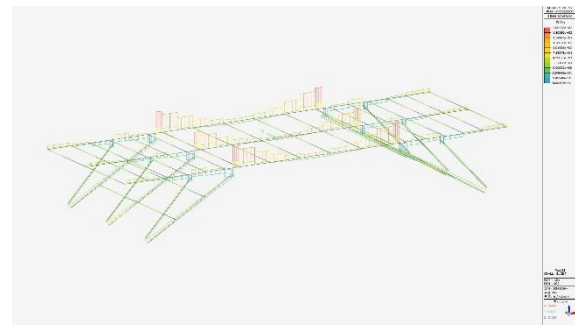
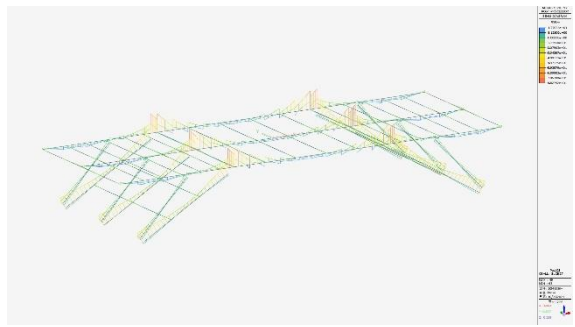
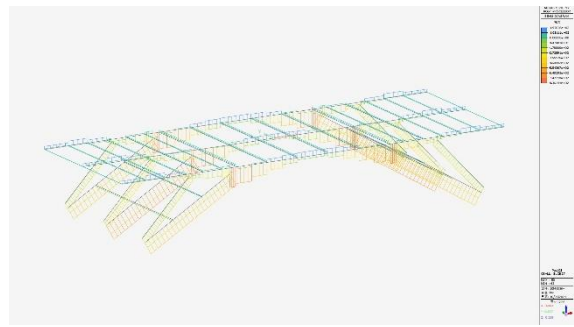
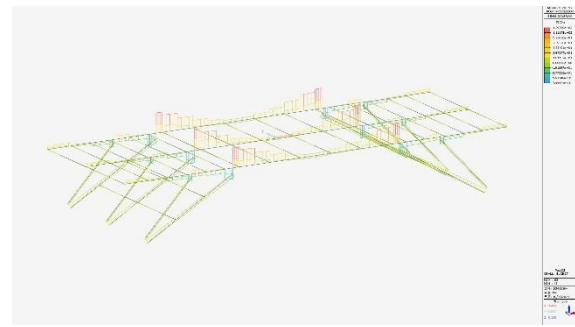
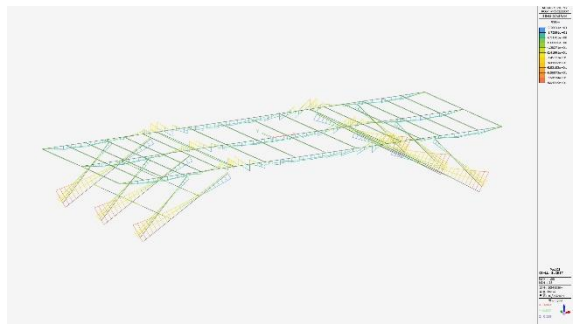
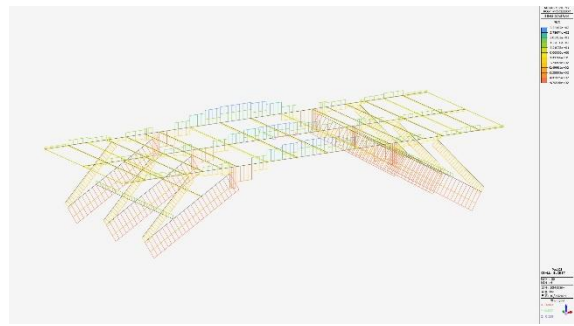
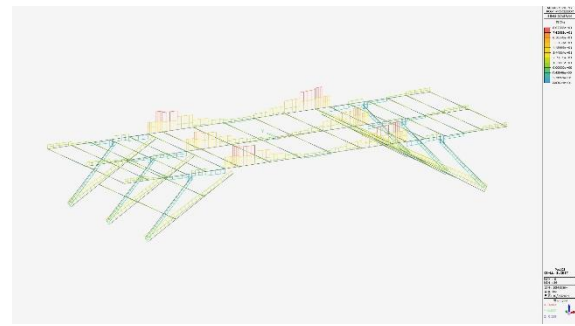
➤ 荷载

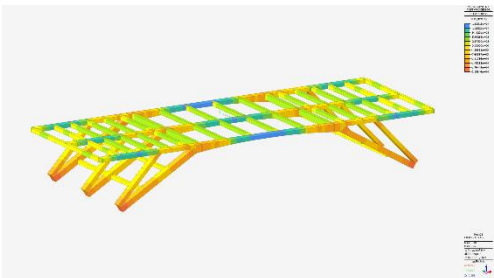

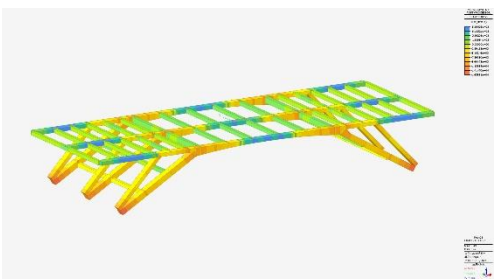

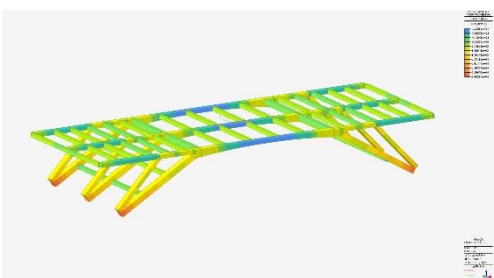
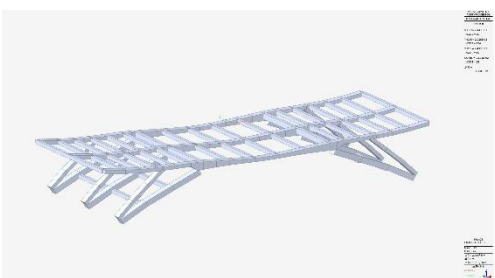
恒载、二期恒载、汽车荷载、人群荷载、基础沉降和温度变化。

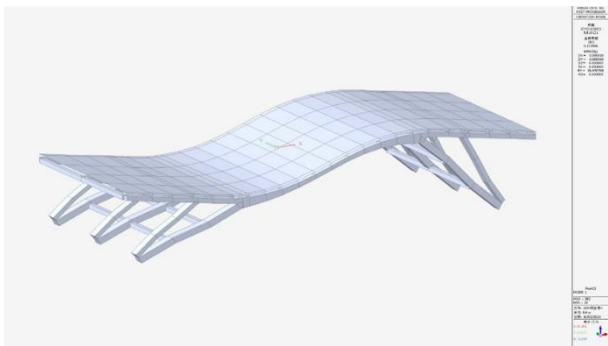

➤ 验算内容

对上部结构计算得到荷载，分别进行持久状况正截面抗弯验算、持久状况正截面抗剪验算、持久状况正截面抗压验算、使用阶段裂缝宽度验算、混凝土边缘压应力验算、中性轴主拉应力验算和配筋率验算。



内力组合	弯矩分布图	轴力分布图	剪力分布图
基本组合			
频遇组合			
准永久组合			

内力组合	应力分布图	位移分布图
基本组合		
频遇组合		
准永久组合		

一阶振型模态图	一阶屈曲模态图	
		<ul style="list-style-type: none">➤ 由 Midas Civil 软件计算得桥梁了的第一阶自振频率为 8.8Hz，大于 3Hz，符合规范中的要求；➤ 由 Midas Civil 软件计算得第一阶线弹性稳定系数为 2.284×10^3，表现为拱肋纵向弯曲，满足规范要求。
<ul style="list-style-type: none">➤ 全桥受力以受压为主，最不利荷载组合作用下，桥梁的弯矩最大值为 $9.7 \times 10 \text{kN} \cdot \text{m}$，最小值为 $5.6 \times 10 \text{kN} \cdot \text{m}$；轴力的最大值为 $1.3 \times 10^3 \text{kN}$，最小值为 $4.5 \times 10^2 \text{kN}$；剪力的最大值为 $2.1 \times 10^2 \text{kN}$，最小值为 $8.1 \times 10 \text{kN}$；一个桥跨范围内的正负挠度值的绝对值之和最大值为 $8.9 \text{mm} / 20000 \text{mm} = 4.45 \times 10^{-4}$，不大于计算跨径的 1/1000，满足规范要求。➤ 验算通过 Midas Civil Designer 软件进行，采用上部结构计算所得的荷载组合开展验算。结果表明，所有验算项目均合格，具体详情可参见计算书。		

3.3 工程概预算

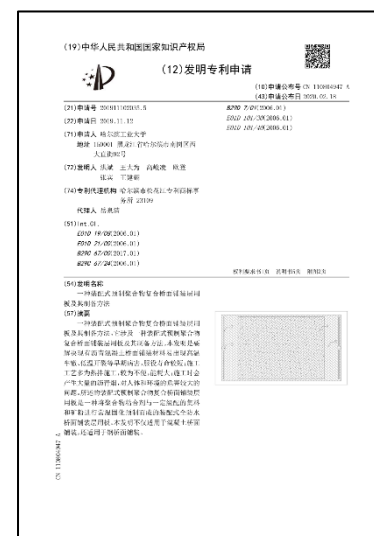
拱桥上部构造、桥面板采用 C40 混凝土，桥面铺装采用 C40 防水混凝土和 8cm 的装配式预制聚合物复合桥面铺装层用板，护栏采用金属护栏，桥梁下部构造、桥台、基床等均采用 C25 混凝土。

表 3-1 工程预算表

工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	金额(元)
C40 混凝土	m ³	35.93	420	15091
C25 混凝土	m ³	97.77	380	37153
钢筋	t	10.2	6000	61200
路面工程	t	32.89	600	19788
脚手架	t	208	210	43680
设备及工具、器具租用 或购置费	-	-	-	100000
工程建设用人费用	-	-	-	80000
工程建设其他费用				20000
总金额	364790			

第四部分 桥梁创新点

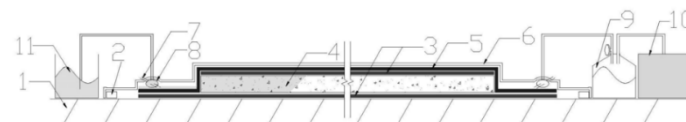
- 现有混凝土桥面铺装材料存在抗裂性能有限易产生裂缝、耐磨性能不足致表面粗糙、抗滑性能不稳定增加行车风险等性能问题。而现有沥青混凝土桥面铺装材料易出现高温车辙、低温开裂等早期病害，服役寿命较短；施工工艺多为热拌施工，较为不便，能耗大；施工时会产生大量的沥青烟，对人体和环境的危害较大的问题。桥面铺装是桥面的重要构造，为行车提供舒适表面并保护桥梁主体，一旦损坏会降低行车安全性与舒适性，可能导致车辆失控引发事故；还会使雨水渗入加速桥梁腐蚀损坏，缩短使用寿命；且维修更换耗费人力物力财力，影响交通，给出行带来不便
- 我校交通科学与工程学院王大为教授、洪斌副教授团队长期致力于针对沥青路面全寿命周期材料、结构与功能衰变等前沿问题的基础理论与工程技术研究。团队发明了一种装配式预制聚合物复合桥面铺装层用板及其制备方法。此项发明旨在解决现有沥青混凝土桥面铺装材料存在的早期病害多、服役寿命短、热拌施工不便且能耗大、对人体和环境危害大等问题。所述的装配式预制聚合物复合桥面铺装层用板是将聚合物粘合剂与一定级配的集料和矿粉进行常温固化预制而成



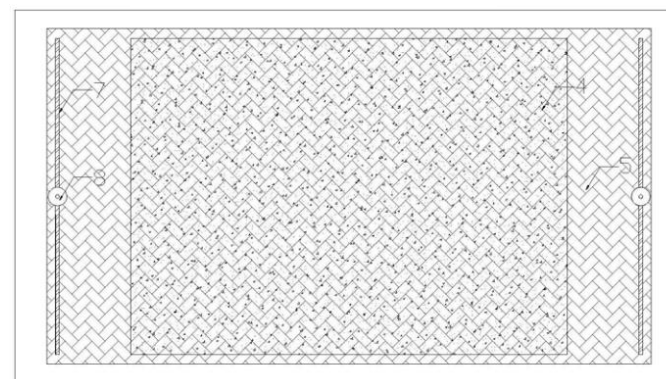
该发明已申请国家专利

的装配式全防水桥面铺装层用板，不仅适用于混凝土桥面铺装，还适用于钢桥面铺装。

- 该发明在性能方面优势显著，通常具有更高的强度和耐久性，能有效减少高温车辙、低温开裂等早期病害，极大地延长桥面的服役寿命。同时，可根据不同需求设计出更好的抗滑性能和防水性能，提升行车安全性和桥梁的整体稳定性。从施工角度来看，桥面铺装层用板多为预制件，施工更加便捷快速，能大幅缩短施工周期，减少对交通的影响。而且预制化程度高，质量更易控制，不受现场复杂施工条件如天气、温度、湿度等因素影响。在环保方面，与热拌施工的沥青和混凝土铺装相比，其施工过程中能耗更低，也不会产生大量有害物质，对人体健康和环境危害极小。
- 我们计划采用团队自主研究的装配式预制聚合物复合桥面铺装层用板作为铺装层，以提升桥面的使用寿命和使用性能，简化施工流程，降低对环境的影响。



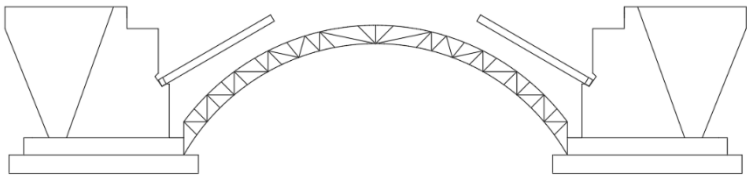
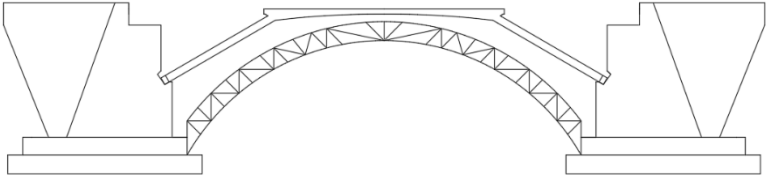
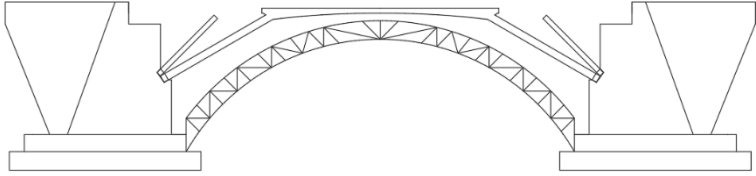
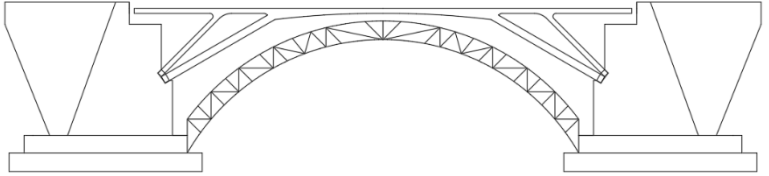

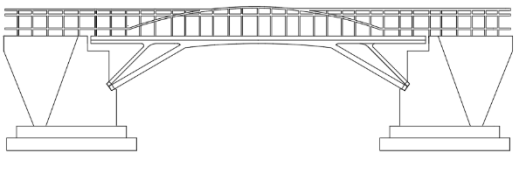
发明结构示意图



发明的俯视图

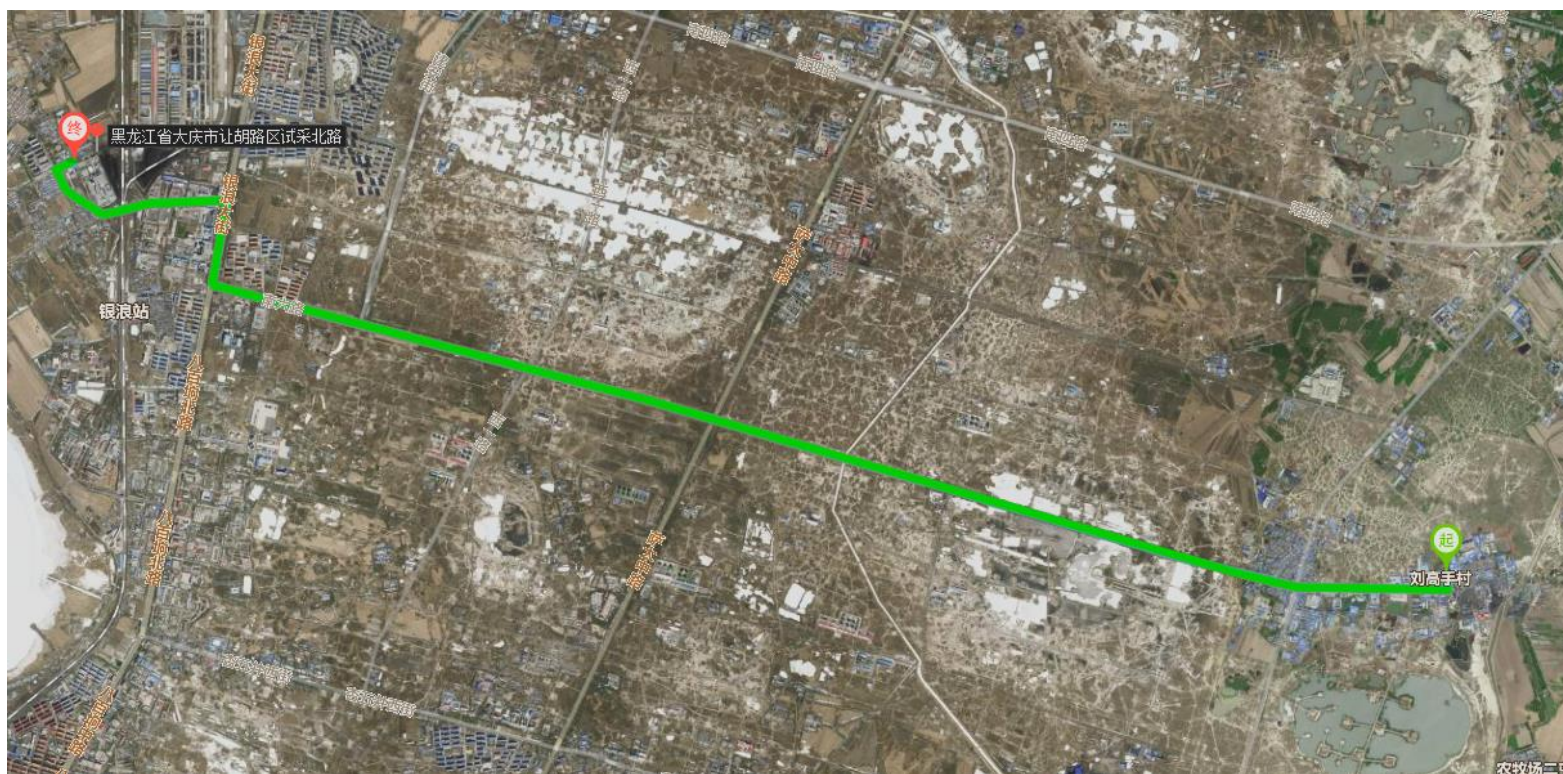
第五部分 施工设计

5.1 施工步骤

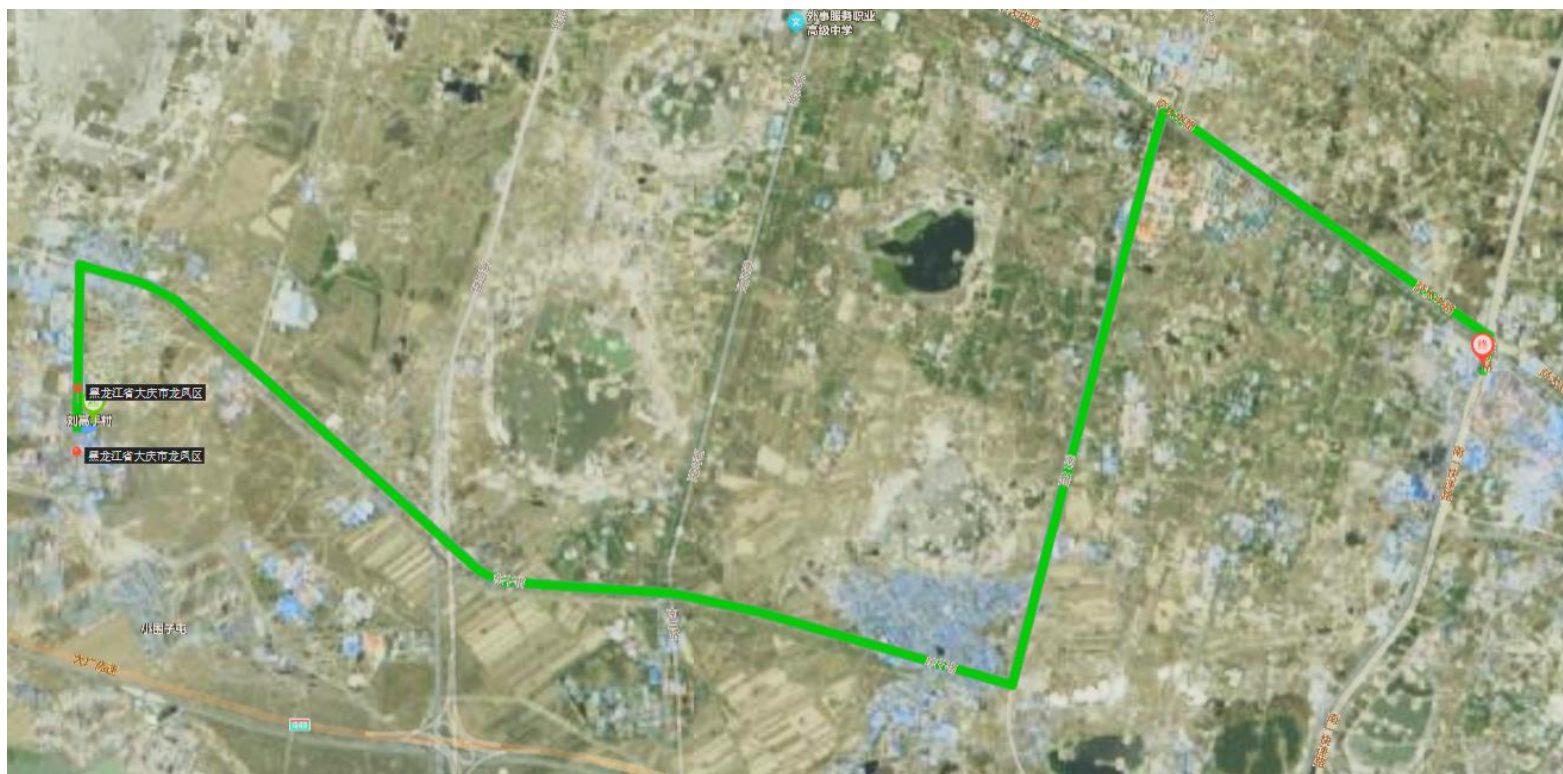
	
<p>第一步 设置临时支架，安装拱腿</p>	<p>第二步 实腹段放置及其横梁系浇筑</p>
	
<p>第三步 安装斜撑</p>	<p>第四步 弦杆放置及其系杆浇筑</p>
	
<p>第五步 拆除临时支架，浇筑桥面板</p>	<p>第六步 桥梁附属设施安装</p>

5.2 施工运输路线设计

基于当地的交通环境，我们设定了一条施工购材及运输路线，以进一步降低工程成本。



基于当地的交通条件等条件，我们拟定从大庆油田昆仑集团水泥公司第三分厂购买水泥的计划，路线全程约14.3公里，全程地势平坦，行车便利。



基于当地的交通条件等条件，我们拟定从大庆油田昆仑集团水泥公司第三分厂购买水泥的计划，路线全程约14.3公里，全程地势平坦，行车便利。

