

宜阳县灵龙大桥工程
防洪评价报告

河南省水利勘测有限公司

二〇二一年六月

批 准：来 光

核 定：杨 平

审 查：何明月

校 核：郝 领

编 写：刘 景 岳广涛

参加人员：余闪闪 曹 冲 李大臣 宋东强

王广杰

目 录

1 概述	1
1.1 项目背景	1
1.2 评价依据	2
1.3 技术路线及工作内容	4
1.4 工作基面及坐标系统	6
2 基本情况	7
2.1 建设项目基本情况	7
2.2 河道基本情况	4
2.3 现有水利工程及其他设施情况	11
2.4 水利规划及实施安排	13
3 河道演变	15
3.1 河道历史演变分析	15
3.2 河道近期演变分析	15
3.3 河道演变趋势分析	18
4 防洪评价计算	19
4.1 防洪标准的确定	19
4.2 水文分析计算	20
4.3 壅水分析计算	29
4.4 桥梁高程复核	31
4.5 冲淤演变分析	32
4.6 堤防稳定复核	37
4.7 河势影响分析	45
5 防洪综合影响评价	61
5.1 与现有水利规划的关系及影响分析	61

5.2	是否满足现有防洪标准、有关技术和管理要求	61
5.3	工程建设对行洪安全的影响	62
5.4	工程建设对河势稳定的影响	62
5.5	工程建设对现有水利工程与设施的影响分析	62
5.6	运行期对防汛抢险的影响分析	63
5.7	建设项目防御洪涝的设防标准与措施分析	64
5.8	工程建设对第三人合法权益的影响	65
6	工程影响防治及补救措施	66
6.1	保护河岸环境的补救措施	66
6.2	保护河岸稳定的补救措施	66
7	结论与建议	67
7.1	结论	67
7.2	建议	68

附件:

附件 1:《关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程实施方案的批复》(宜发改[2015]12 号);

附件 2:《关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程施工图纸设计的批复》(宜交[2015]66 号);

附件 3:《关于宜阳县灵龙洛河大桥景观工程可行性研究报告的批复》(宜发改[2016]160 号);

附图:

附图 1: 宜阳县灵龙大桥工程位置图;

附图 2: 伊洛河流域水系图;

附图 3: 宜阳县灵龙大桥平面布置图;

附图 4: 宜阳县灵龙大桥立面布置图;

附图 5: 宜阳县灵龙大桥桥型布置图;

附图 6：宜阳县灵龙大桥工程河道纵断面图；

附图 7：宜阳县灵龙大桥工程河道纵断面图；

1 概述

1.1 项目背景

宜阳县位于河南省西部，属黄河中游伊洛河流域，地理坐标为北纬 $34^{\circ}16' \sim 34^{\circ}42'$ ，东经 $111^{\circ}45' \sim 112^{\circ}26'$ 之间，东与洛阳市洛龙区、伊川接壤，西与洛宁毗邻，南与嵩县交界，北与澠池、新安、义马相连，东西长 62.8km，南北宽 47.5km，辖 11 镇 5 乡 353 个行政村，总面积 1666 km^2 ，总人口 70 万人。宜阳县城被洛河分为南、北两个城区，海拔高程在 200m 左右。宜阳县夏、商时属于豫州雒西地，战国时期为韩国宜阳邑。县境内省道八官线、安虎线横穿东西，省道南车、县道宜新路和宜白路贯穿南北，郑西高速铁路客运专线穿境而过。

灵龙大桥位于宜阳县城西侧，洛河前进大桥上游 3.3km 处，北起香鹿山镇龙王村（S323 省道与 S318 省道交叉口），南到 S319 安虎线锦屏镇八里堂村。

大桥工程分为两期建设。其中灵龙大桥及两侧引线工程（原项目名称：S323 八官线洛河大桥危桥改造工程，即一期主体工程危桥改造）于 2015 年 3 月 20 日由宜阳县发展和改革委员会批复，详见附件《关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程实施方案的批复》（宜发改〔2015〕12 号）；洛阳市公路规划勘测设计院有限公司于 2015 年 7 月设计完成；随后，宜阳县交通运输局对施工图进行了批复，详见附件《关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程施工图纸设计的批复》（宜交〔2015〕66 号）。大桥景观提升设计及两侧增加人行道工程（即二期工程）于 2016 年 11 月由宜阳县发展和改革委员会对可行性研究报告进行了批复，详见附件《关于宜阳县灵龙洛河大桥景观工程可行性研究报告的批复》（宜发改〔2016〕160 号）；随后，河南世纪博通工程咨询有限公司完成设计。

一期、二期工程于 2019 年 11 月 20 日主体工程完工通车。一、二

期工程全部建设完成后的灵龙大桥桥梁全长 636m，桥梁轴线与河道中心线夹角约为 80°，桥梁上部采用预应力钢筋混凝土箱梁，桥台采用肋板式桥台，桥墩采用柱式墩，钻孔灌注桩基础。

工程位置见图 1.1-1。



图 1.1-1 工程地理位置图

水利部水建管〔2001〕618 号文《关于进一步加强和规范河道管理范围内建设项目审批管理的通知》明确要求，对河道管理范围内的建设项目应“严格进行防洪与河势影响论证”，以作为水行政主管部门审批的技术支撑。因此，为保障工程河段堤防和河道行洪安全，受宜阳县交通运输局的委托，河南省水利勘测有限公司承担了宜阳县灵龙大桥工程防洪评价报告的编制工作。接受任务后，我公司派设计人员到实地查勘、调查，收集有关河道及水文等资料，按水利部《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则（试行）》（以下简称《导则》）的有关要求，进行了洪水分析、计算和影响评价等工作，于 2021 年 5 月编制完成了《宜阳县灵龙大桥工程防洪评价报告》。

1.2 评价依据

1.2.1 有关法律、法规、部门规章和技术性文件

1、法律

- 1) 《中华人民共和国水法》(2016年修订版);
- 2) 《中华人民共和国防洪法》(2016年修订版);
- 3) 《中华人民共和国水土保持法》(2010年修订版)。

2、法规

- 1) 《中华人民共和国河道管理条例》(2017年修订版);
- 2) 《中华人民共和国防汛条例》(2011年修订版);
- 3) 《河南省水利工程管理条例》(2005年修订版);
- 4) 其他相关行政法规和地方性法规。

3、部门规章

- 1) 《河道管理范围内建设项目管理的有关规定》水政〔1992〕7号;
- 2) 《水行政许可实施办法》(2005年修订版);
- 3) 其他相关部门规章。

4、技术性文件

- 1) 关于印发《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》(试行)的通知,水利部,办公厅办建管〔2004〕109号文;
- 2) 《河南省水利厅关于加强河道管理范围内建设项目管理的通知》(豫水管字〔1998〕10号文);
- 3) 其他相关技术性文件。

1.2.2有关技术标准

- 1、《防洪标准》(GB50201-2014);
- 2、《堤防工程设计规范》(GB50286-2013);
- 3、《堤防工程施工规范》(SL260-2014);
- 4、《堤防工程管理设计规范》(SL/T171-2020);
- 5、《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252-2017);
- 6、《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30-2015);
- 7、《铁路工程水文勘测设计规范》(TB10017-99);

- 8、《水利水电工程水文计算规范》(SL/T278-2020);
- 9、《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44-2006);
- 10、《水利水电工程边坡设计规范》(SL386--2016);
- 11、《水利水电工程施工组织设计规范》(SL303-2017);
- 12、《城市防洪工程设计规范》(GB/T50805-2012);
- 13、《城市桥梁设计准则》(CJJ11-2011)(2019局部修订);
- 14、其它相关技术标准等。

1.2.3有关规划、设计文件

- 1、《伊洛河中下游防洪规划》(黄河勘测规划设计有限公司, 2011年3月);
- 2、《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》(河南省水利勘测设计研究有限公司, 2014年6月);
- 3、《洛河灵山段河道治理工程》(河南豫西水利勘测设计咨询有限公司, 2011年04月);
- 4、《S323 八官线洛河大桥危桥改造工程施工图设计》(洛阳市公路规划勘测设计院有限公司, 2015年7月);
- 5、《宜阳县灵龙洛河大桥景观工程施工图设计》(河南世纪博通工程咨询有限公司, 2016年11月);
- 6、其他以往相关规划设计成果。

1.2.4其他依据

- 1、宜阳洛河河道测量资料(灵山洛河陈宅河河口~灵龙大桥下游橡胶坝段, 桩号 0+000-4+200), 河南省水利勘测有限公司, 2020年8月;
- 2、其他相关资料。

1.3技术路线及工作内容

1.3.1技术路线

根据《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则（试行）》（以下简称《导则》）要求，本项目所采取的技术路线如下：在收集大量的水文、地质、地形资料及其它有关资料的基础上，对建设项目、河道基本情况及河道水利工程进行简单的论述；根据实测地形资料以及相关资料进行河道演变分析；结合水文基础资料以及实测地形资料建立一维河网数学模型和河道平面二维数学模型，进而进行壅水分析计算、桥梁梁底高程复核、河道冲淤演变、河段水流流态变化和堤防渗流及抗滑稳定分析，分析工程对河道行洪安全、河势稳定、防洪工程、防汛抢险以及第三人合法水事权益的影响，根据研究成果提出防洪与补救措施，最后提出工程建成后防洪影响及综合评价意见。

1.3.2工作内容

根据《导则》要求，结合工程情况，本报告主要内容如下：

（1）现场查勘

对工程所在河段进行实地查勘，初步了解工程附近河道的地形地貌、河势、岸线、堤防、水利工程设施、交通、涉河建筑等情况。

（2）资料收集

收集工程所在河道的地形、水文及堤防等资料；收集工程附近水利工程及其他设施情况、水利规划及实施安排，工程所在区域附近河床地质、气象特征、自然地理、社会经济等资料。

（3）河床演变

整理分析河道现有地形资料，对工程河段进行河床演变分析。

（4）防洪影响计算

采用一维河网数学模型和河道平面二维数学模型相结合的方法进行工程壅水分析计算和水流流态分析，比较和分析工程对所涉河段水位、流速、流态等水流特性造成的影响，在分析数学模型计算结果的基

基础上，结合工程河段水利现状、规划情况和有关管理要求，综合评价工程的防洪影响；采用《公路工程水文勘测设计规范》中的桥下冲刷计算公式计算桥下一般冲刷和桥墩局部冲刷深度；依据《堤防工程设计规范》计算并分析桥梁跨越堤防处的堤防渗流及稳定性。

（5）防洪综合评价

根据河床演变分析成果、堤防稳定分析成果和防洪影响计算成果，结合收集的相关资料，分析评价工程对其所在河道的防洪现状、防洪规划及附近水利设施等的影响；对河道的行洪安全、河势稳定、防汛抢险的影响；工程与防洪标准的适应性；对第三人合法水事权益可能产生的影响。

（6）提出防治及补救措施和建议

根据防洪综合评价的结果，对工程的建设造成对其所在河道的防洪现状、防洪规划及附近水利设施等的影响提出防治补救措施及合理建议，并对河道的行洪安全、河势稳定、防汛抢险的影响提出防治补救措施及合理建议。

1.4工作基面及坐标系统

本报告采用的高程基准为 1985 国家高程基准，坐标系 2000 国家大地坐标系。

2 基本情况

2.1 建设项目基本情况

2.1.1 建设项目名称、地点

(1) 建设项目名称：宜阳县灵龙大桥工程

(2) 建设项目地点：宜阳县城西侧，北起香鹿山镇龙王村（S323省道与 S318 省道交叉口），南到 S319 安虎线锦屏镇八里堂村。

(3) 桥梁坐标：

桥梁北岸（河道左岸）控制点坐标 $X=603575.73$ ， $Y=3821755.20$ ，高程 $H=213.15\text{m}$ 。

桥梁南岸（河道右岸）控制点坐标 $X=603640.15$ ， $Y=3822381.89$ ，高程 $H=212.41\text{m}$ ；

灵龙大桥位于本次实测河道桩号 3+748 处。桥梁墩台轴线与河道中心线平行，桥梁轴线与河道中心线夹角约为 80° 。

2.1.2 建设项目主要内容及规模

(1) 建设项目主要内容：工程项目全长 1817m，其中桥梁长度 636m，引桥长度 1181m。

(2) 建设项目规模：本桥桥梁全长 636m，桥梁上部采用 21m 和 30m 两种规格预应力钢筋混凝土箱梁，桥台采用肋板式桥台，桥墩采用柱式墩，钻孔灌注桩基础。桥梁标准横断面布置：5.74m(人行道) + 3.51m(非机动车道) + 15m(行车道) + 3.51m(非机动车道) + 5.74m(人行道) = 33.5m。

2.1.3 建设方案

灵龙大桥工程位于宜阳县城西侧，洛河前进双桥上游 3.3km 处。桥梁轴线与河道中心线夹角约为 80° ，路线总体南北走向。灵龙大桥原

危桥改造工程由洛阳市公路规划勘测设计院有限公司勘测设计，景观提升设计及两侧增加人行道工程于 2016 年 11 月由河南世纪博通工程咨询有限公司设计完成。

灵龙大桥上部结构：桥梁全长 636m，宽度 33.5m。桥梁上部采用预应力钢筋混凝土箱梁，加宽桥与原桥面采用桥面连续连接。大桥左岸与滨河北路连接，右岸与滨河南路连接，桥面中心高程为 218.64m，左岸与滨河北路连接处桥面高程为 213.15m，右岸与滨河南路连接处桥面高程为 212.41m。

桥面排水采用引管排水，桥梁每跨均设置泄水孔，并在 1#、2#、19#和 20#墩处设置 PVC 泄水管，接入道路排水系统，未直排入河。

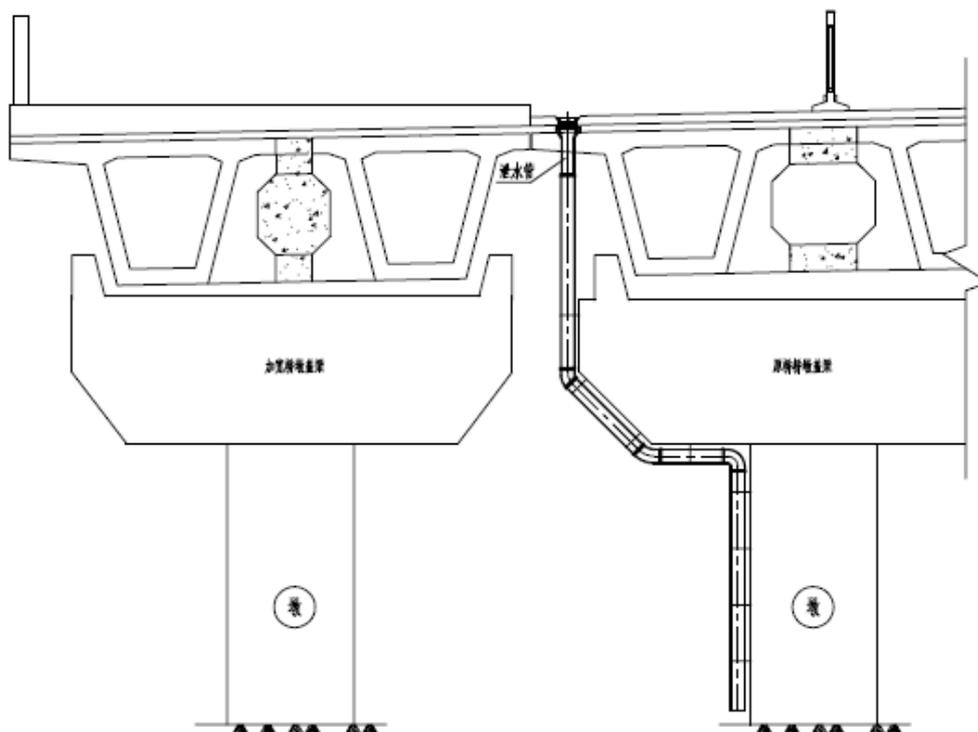


图 2.1-1 灵龙大桥泄水管

灵龙大桥下部结构：桥台采用肋板式桥台，0#、21#桩径 1.4m。桥墩采用柱式钻孔灌注桩，1#~3#桥墩和 18#~20#桥墩桩径 1.6m，柱径 1.4m；4#~17#桥墩桩径 2.0m，柱径 1.8m。盖梁为钢筋混凝土盖梁。

桥梁主要技术标准如下：

- 1) 桥面横坡 2.0%；
- 2) 桥梁结构设计安全等级：一级， $\gamma_0=1.1$ ；
- 3) 抗震：地震基本烈度 6 度，地震动峰值加速度 0.05g，设计特征周期 0.35s；桥梁抗震设防分类：丙类；
- 4) 耐久性设计：按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D3362-2018) 4.5 章节执行，环境类别：II 类；
- 5) 桥梁设计荷载：公路—I 级，人群为 3.5kN/m²，按规范进行折减；
- 6) 桥梁结构设计基准期 100 年，设计使用年限：100 年；
- 7) 桥下洛河无通航要求；
- 8) 设计洪水频率：100 年一遇。

2.1.4 桥梁与堤防工程的关系

灵龙大桥横跨洛河两岸堤防，本段堤防设计堤顶宽度 50m，设计河道比降 1/500，临河亲台以上 1:2，以下为 1:2.5，背水坡边坡 1:3.0。北侧 1#桥墩与堤脚约 10.2m，4#桥墩与堤脚约 19.8m，桥底板与堤顶间净空为 5.46m；南侧 20#桥墩与堤脚约 9.7m，17#桥墩与堤脚约 15.3m，桥底板与堤顶间净空为 5.63m。灵龙大桥跨越洛河堤防情况见下表。

表 2.1-1 灵龙大桥跨越洛河堤防情况表

序号)	近堤桥墩边缘距堤脚距离 (m)				桥梁底板与堤顶间净空 (m)
	河道内		河道外		
	墩号	距堤脚距离	墩号	距堤脚距离	
1	4#	19.8	1#	10.2	5.46
2	17#	15.3	20#	9.7	5.63

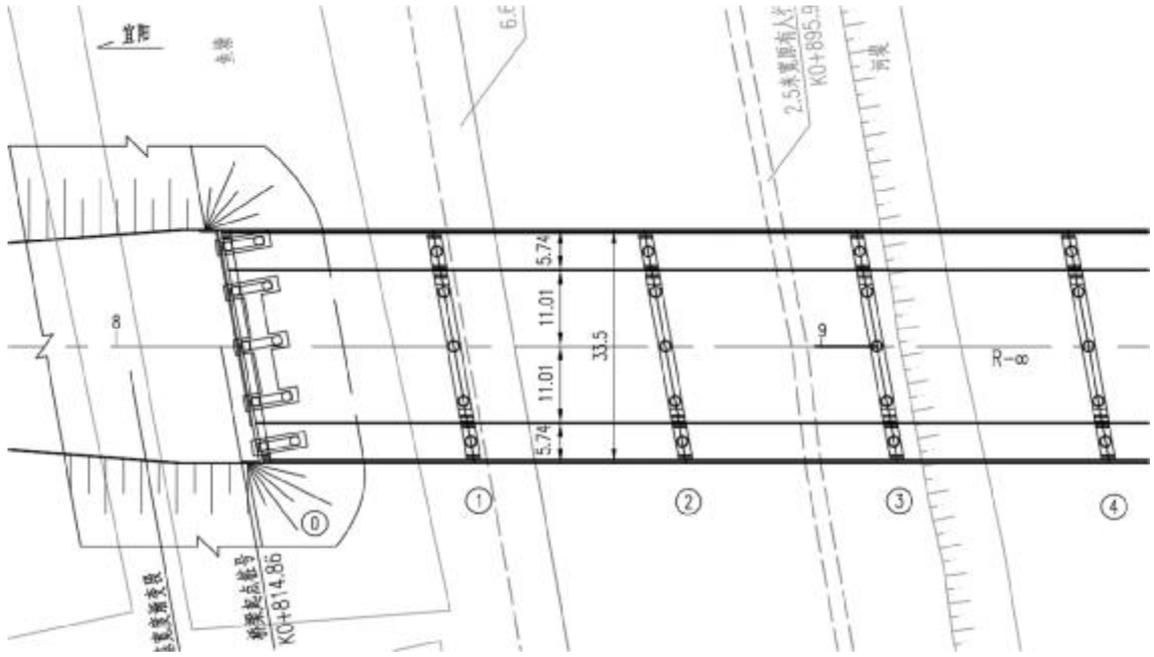


图 2.1-3 灵龙大桥跨越洛河北侧地形图



图 2.1-4 灵龙大桥跨越洛河北侧图

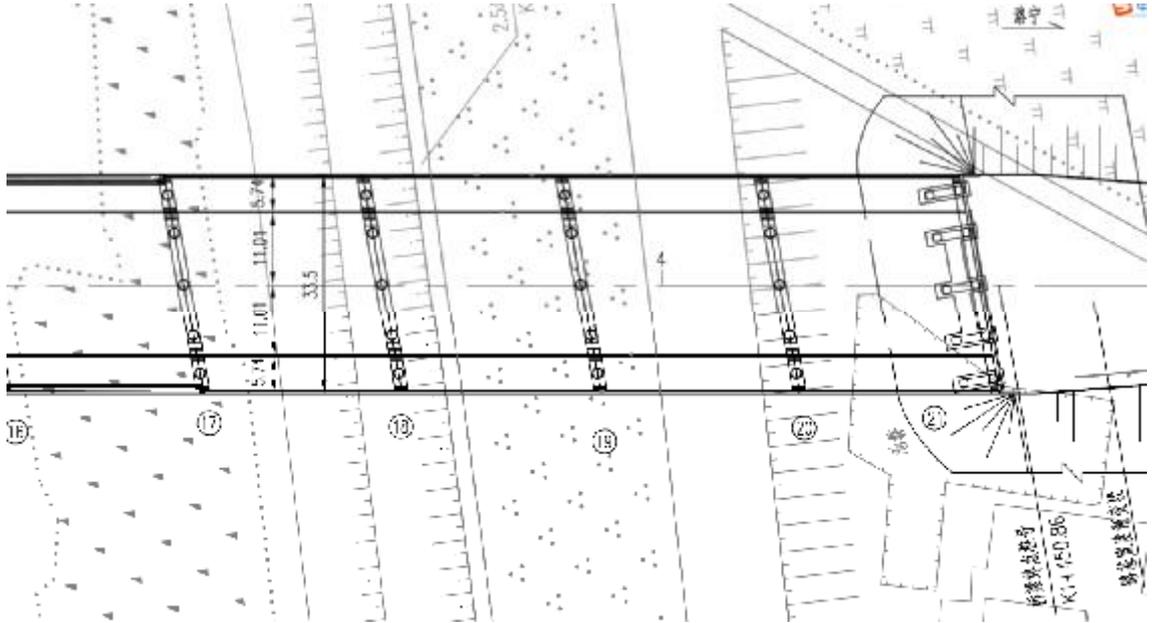


图 2.1-5 灵龙大桥跨越洛河南侧地形图



图 2.1-6 灵龙大桥跨越洛河南侧图

2.2河道基本情况

洛河发源于陕西省洛南县洛源镇木岔沟，在陕西省境内河长 109km，流域面积 3037km²，于河口街进入河南境，经三门峡市的卢氏县，洛阳市的洛宁、宜阳县、洛阳市，于偃师市的杨村与伊河汇流，以下统称伊洛河，经黑石关到巩义市神堤注入黄河。洛河干流长 411km，总流域面积 12049km²。

项目区属洛河冲积平原区，河谷宽浅呈“U”型，一般发育有阶地，局部缺失，河道纵坡比降约 1/360~1/510，河道不顺直，河曲较多，局部形成辫状河道。



图 2.2-1 伊洛河水系图

2.2.1 工程附近河道概况

灵龙大桥工程位于宜阳县前进双桥上游 3.3km 处，工程所在河段基本不顺直，河道走向由西向东，桥梁处河道口宽约 450m；常年水域宽约 420m。

项目区段河道弯曲，河道断面宽阔，两岸地势开阔，较平坦；两岸护坡现状良好；实测河道平均坡降约为 1/430。

工程附近河道概况见下图。



图 2.2-2 灵龙大桥上游河道现状



图 2.2-3 灵龙大桥桥址位置河道现状

2.2.2 工程附近河床地质概况

2.2.2.1 地形地貌

项目所在的洛河宜阳城区~涧河段属丘陵区河道，河谷宽浅呈“U”型，下游逐渐进入平原区，滩地宽数百米不等，一般发育有阶地，局部缺失，滩地高程 207~135m，河道纵坡比降约 1/550，河道不顺直，河

曲较多，局部形成辫状河道；桥址区域属洛河冲积平原腹地，洛河近东西向流经本区，地形平坦开阔。河谷呈宽浅“U”型。

工程区属华北地层区豫西分区的滎池-确山小区。地层主要为新近系洛阳组 (N_{1L}) 和第四系全新统 (Q_4^{al}) 地层。工程区场地基本地震动峰值加速度 $0.10g$ ，场地基本地震动反应谱特征周期为 $0.40s$ ，相应的地震基本烈度为VII度区。

2.2.2.2地质构造与地震

场区位于中朝准地台 (I) 之华熊台缘坳陷区 (I_2) 崮山~鲁山拱褶断束 (I_2^2) 内。整体新构造分区属豫皖隆起坳陷区，本区主体构造线方向为北西向或近东西向。自西向东发育有洛宁盆地、济源盆地、开封盆地及周口盆地等一系列盆地。

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001),本地区的地震基本烈度为VI度区。地震动峰值加速度为 $0.05g$ ，地震动反映谱特征周期为 $0.35s$ 。

2.2.2.3地层岩性

该场地在勘探深度范围内，北岸及南岸表层为人工堆积厚约 $0.5\sim 2.2m$ 的回填土，下部土层主要为第四系冲洪积作用形成的卵石层及三叠系风化程度不同的泥岩层、砂岩层，共分7层，现分别描述于下：

第①层回填土 (Q_4^{2ml})：杂色，松散，稍湿，以粉土、卵石为主，含砾石、碎石等，主要分布在南北两岸及河道上平整场地回填的卵石层，南岸钻孔表层见有植物根系，主要为粉土。该层土结构杂乱，固结程度差。层厚 $0.5-2.20m$ 。

第②层粉土 (Q_4^{2dl+pl})：褐黄~灰黄色，可塑，具虫孔及针状孔隙，土质不均匀，局部含砾石、碎石及砂，偶见植物根系。无摇振反应，稍

光滑，干强度中等，韧性中等。土层分层 1.20-1.80m，层底埋深 1.20-1.80m。

第③层卵石 (Q_4^{2al+pl}): 杂色、中密~密实，主要成份为灰岩、泥岩、石英岩、砂岩，卵石呈椭圆或亚圆状，交错排列，颗粒表面未风化或微风化，主要以中粗砂及泥质充填，局部地段含薄层砂层。层厚 3.90-11.30m，层底埋深 3.90-13.50m。

第④层强风化泥岩(T): 紫红~青灰色，层状结构，水平层理明显，裂隙不发育，岩块上伴有灰白、灰绿色小斑点，成半成岩状态，胶结程度不一，钻进一般。主要在场北岸分布稳定，风化层厚度较大，揭露层厚 2.4-26.20m。

第⑤层中风化泥岩 (T): 暗红~紫红色，块状结构，泥质构造,岩体上伴有砂粒、块石或砾石，强度随胶结程度而有所变化，含有灰色、灰白色结晶体，钻进困难。分层厚度 4.00-7.50m，层底埋深 23.90-26.00m。

第⑥层中风化砂岩 (T): 紫红~青灰色，砂质结构，钙质胶结，细粒构造，局部石英含量较高，夹有灰绿色团块，节理发育，岩芯较破碎，多呈碎块状和短柱状，柱长 5~10cm。该层仅在场南岸分布，层厚 4.10-6.10m，层底埋深 22.80-29.30m。

第⑦层微风化砂岩 (T): 灰白色、青灰色，砂质结构，块状构造，钙质胶结，中厚层，层理清晰，主要矿物成份为石英、云母、辉岩、长石。裂隙不发育，该层组织结构部分破坏，岩体较完整，岩石地质条件较好。

该场地不存在影响工程稳定的不良地质作用(如滑坡、崩塌、泥石流等)，不存在地震引发的地基液化、震陷问题，也无发震断裂通过，故该场地稳定。

2.2.3 水文、气象特征

洛河流域位于华北平原向黄土高原过渡的阶地边坡地带的中部，属暖温带山地季风气候区，低空盛行风向及相应的盛行气团，具季节性变化，冬春季主导风向为西北风和东北风，夏秋季主导风向为东南风和西南风。冬季寒冷干燥，春短干旱多风，夏季炎热多雨，秋季晴和气爽。

受季风及地形影响，洛河流域降雨时空分布不均，年际变化和年内分配差异很大，多年平均降水量在 500~1100mm 之间，年降水量随地形高度增加而递增，因而山地为多雨区，河谷及其附近的丘陵为少雨区。由于山地对东南暖湿气流的屏障作用，年降水量自东南向西北减少。位于山地间的河谷地，处于背风地带，海拔高度低，降水量显著减少，一般比邻近山地少 200~300mm，形成少雨区。南部伊河谷地年降水量为 700~850mm，往北到洛河谷地减至 600~700mm，嵩山北麓的偃师仅 525.9mm。4~10 月集中了年降水量的 85%~89%，11~3 月降水仅占年总量的 11%~15%，7~9 月和 12~2 月降水量分别占年总量的 50%~55% 和 3%~6%。

项目所属流域内多年平均气温 14.4℃，绝对最低气温-18.4℃，绝对最高气温 43.7℃，全年无霜期 230 天，多年平均降雨量约 655mm，降水年际变幅大，年内分配不均，汛期雨量较为集中，7~9 月降雨量占全年的 57.9%。降水年际差异，年最大降雨量为最小降雨量的 3 倍。多年平均水面蒸发量约为 1852.7mm，陆面蒸发量约为 470mm，年平均径流深 160mm。季风明显年平均风速 2.5m/s，极值风速 18m/s。

2.2.4 洪水特征

洛河流域洪水由暴雨产生且比较大，并具有涨落陡、洪峰高、历时短等特点。

流域暴雨中心有两个：一是沿 E 字地形喇叭口后偏东流入口处的新安-宜阳-嵩县一带，多因夏季暖湿气团与西北干冷气团在此相持而降雨；二是上游的洛南、栾川，因暖湿气团吹入 E 字型喇叭口后受地形

抬升作用而降雨。前者出现机遇较多，占半数以上，且对中下游影响较大。该流域暴雨移动速度较大，一般每天约 100km 左右，最大可达 300km，故稳定停滞时间不长，多为一天，最长不超过三天。

2.2.5河道边界条件

项目区段河道弯曲，断面宽阔，两岸地势开阔，较平坦；河道现状深泓点高程为 198.66m，现状河底宽为 407.94m，河口宽 447.86m；两岸边坡已护砌，护砌型式为混凝土护坡，左岸边坡坡比为 1:2.0，左岸现状岸顶高程为 206.11m；右岸坡比为 1:1.2.0，右岸现状岸顶高程为 207.20m；现状河道平均坡降为 1/430。

灵龙大桥桥址左岸建有滨河北路，向北 800m 引道连接 S323 省道，右岸建有滨河南路，向南 400m 引道连接灵山大道，项目完工后，可实现灵龙大桥左右岸的连通。项目区现有道路可作为防汛道路使用。



图2.2-4 灵龙大桥左岸



图 2.2-5 灵龙大桥右岸

2.3 现有水利工程及其他设施情况

2.3.1 水利工程

(1) 橡胶坝工程

灵龙大桥桥下游拦水橡胶坝设计坝高为 5m，正常蓄水位 204.23m。拦河橡胶坝主要由橡胶坝、南岸排水闸及闸房、南北岸控制室及控制室系统、上游防渗工程、下游防冲工程组成。拦河橡胶坝共布置 5 跨，每跨长 75m，中墩厚为 1.4m，边墩厚为 1.0m，橡胶坝段总长（包括中、边墩）382.6m。

(2) 堤防工程

根据《洛河灵山至西小河段综合治理工程》（河南华北水利水电勘察设计院有限公司），本段河道治理工程防洪标准采用 50 年一遇，堤防工程级别为 2 级。治理工程左岸段上起灵山段治理工程堤防末端，下至韩沟河，共计 4837m，右岸段上起灵山段治理工程堤防末端，下至西小河，共计 4137m。设计堤顶宽度 50m，设计河道比降 1/500，临河亲台以上 1:2，以下为 1:2.5，背水坡边坡 1:3.0，临河堤肩布置 0.5m 高防浪墙。

2.3.2 桥梁工程

灵龙大桥下游 3.3km 为前进双桥，旧桥位于宜阳县 S323 省道 K182+234km 处，桥梁全长 495m，桥面宽 10m，桥梁上部采用 22-24mT 梁，下部结构为双柱式桥墩，钻孔灌注桩，1974 年 3 月开工，1975 年 12 月完工。新桥位于旧桥上游 17.5m 处，桥梁全长 495m，桥面宽 12m，桥梁上部采用 22m 空心板，下部结构为双柱式桥墩，钻孔灌注桩，2003 年 6 月开工，2004 年 12 月完工。桥梁位置处河道现状如下图。



图 2.3-1 宜阳前进双桥

灵龙大桥下游 5.25km 为锦龙大桥，大桥位于城矿口路东李贺大道官庄村之间，桥梁全长 870m，桥面宽 30m，桥面净宽 22.5m，两侧各有 3.75m 人行道。桥梁上部采用 30m 预应力钢筋混凝土箱梁，下部结构为钻孔灌注桩，桥主体设计有拉锁式景观装饰，2011 年 10 月开工，2015 年 8 月完工。桥梁位置处河道现状如下图。



图 2.3-2 宜阳锦龙大桥

2.4水利规划及实施安排

2.4.1防洪规划

1、《伊洛河中下游防洪规划》（2011年）

根据《伊洛河中下游防洪规划》，伊洛河中下游防洪规划总体布局是：在伊洛河中下游，大力进行堤防工程建设，达到防御相应洪水标准；开展河道疏浚，塑造中水河槽；本着对河道现状防护、因势利导的原则，开展河道治理，进行险工改建加固；加快伊洛河支沟口治理和入黄口治理，提高伊洛河整体抗洪能力。后期进行岸坡防护、堤顶硬化、绿化、美化，完善工程管理所必需的各类设施，完善通信网络、预警预报、防汛抢险等非工程措施。

《伊洛河中下游防洪规划》指出，在5~10年的时间内，通过对治理范围内伊洛河各河段的堤防工程建设、险工改建加固、河道疏浚、支沟口和入黄口治理，初步实现伊、洛河洛阳市区段和洛阳新区段堤防达到防御100年一遇洪水标准；伊河、洛河及伊洛河各县城区段及夹滩以下达到防御50年一遇洪水标准，其余堤段达到防御20年一遇洪水标准的目标；初步形成伊洛河中下游河道治理工程体系，提高伊洛河中下游防洪水平和管理水平，提高沿伊洛河流域城市的生活品味和生活质量，保护伊洛河流域的重要历史文物和国家重点工程建设，支持区域社会经济发展。

在10~20年的时间内，进行岸坡防护，堤顶硬化、绿化、美化，工程管理设施完善、完善通信网络、洪水预警预报系统、防汛抢险装备等非工程措施建设，形成比较完善的伊洛河中下游河道治理工程体系。

2、《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》（2014年）

宜阳上游自洛宁县界至下游洛阳市区交界处，河长67.8km，其中城区段河长29km，自孙留河口至下游洛阳市区界。依据宜阳县城市发展战略规划，以李沟河为界，分为城区西段和城区东段，其中西段自上

游孙留河口至李沟河口，河长 11.2km，为新型现代化农业示范区和城区绿化用地；东段为李沟河口至下游洛阳城区交界处，河长 17.8km，为城区发展的主要方向，以达到与洛阳城区对接。

2.4.2其他规划

工程所在河段位于洛河上游，根据宜阳县交通及水利相关规划，该段无通航要求，不在通航河段范围内，对航运规划无影响；灵龙大桥段河道无水电站规划，对《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》中水电站规划无影响；该段为宜阳城区段，为禁采区，因此对采砂规划无影响。

3 河道演变

洛河宜阳城区~涧河段属丘陵区河道（灵龙大桥位于涧河下游、洛河宜阳城区上游），河谷宽浅呈“U”型，下游逐渐进入平原区，滩地宽数百米不等，一般发育有阶地，局部缺失，滩地高程 207~135m，现状河道纵坡比降 1/430，两岸多建有堤防，河道不顺直，河曲较多，局部形成辫状河道。

3.1河道历史演变分析

伊河和洛河的洪水经常遭遇，形成伊洛河的大洪水。通过对黑石关、白马寺（洛阳）和龙门镇实测大洪水洪峰流量的发生时间统计分析可知，除个别洪水外（如 1956 年 8 月洪水），白马寺、龙门镇与黑石关洪峰出现时间仅相差 0~2 小时，这说明伊河、洛河的洪水经常遭遇，形成黑石关断面较大洪水。再从历史文献来看，汉代以来记载了 20 余次大水，伊河、洛河都为大水的就有 18 年，故历史文献记载中常有“伊洛并溢”之说。

建国以前，伊洛河没有全面修筑堤坊，汛期洪水漫滩，沿河两岸村庄常遭水灾，人民的生命财产没有保障。历史上洪水灾害较多，解放后的近 50 年分别于 1954 年、1958 年、1964 年、1982 年、1996 年 8 月和 2010 年 7 月发生灾害，给沿河两岸人民生命财产安全带来了巨大的损失。伊河、洛河和伊洛河中上游为山区，堤防主要分布在其中下游，陆续修建于上世纪 60、70 年代，1982 年 7 月伊洛河发生大洪水之后，河南省水利厅组织进行了堤防集中整治，现状堤防的雏形基本形成。

3.2河道近期演变分析

河道的自然演变是一个漫长的历史过程，但河道被人为改变却是历史上的一个瞬间，如无序、非法采砂，会造成河道中泓线发生变动；

河道整治工程、水土保持工程等，都会对河道道演变产生重要影响。

洛河宜阳县段近期演变总体表现为刷槽淤滩，随着上游来沙的趋稳和造床流量与平滩流量的趋同，总体演变趋于一种动态平衡，刷槽淤滩的变化逐渐减小，河床总体变形也会随之减弱，河床趋于一种相对稳定状态。但由于来水来沙的年际变化，局部时段河床发生或冲或淤的变形依然长期存在。在河道平面变化上，受出露山体、砌石护岸等边界条件的约束，河道近期平面变化相对较小，主槽位置基本固定，河道没有明显的位置变迁，基本不存在变化剧烈的河段。

3.2.1河道治理情况

1982年7月伊洛河发生大洪水之后，河南省水利厅组织进行了堤防集中整治，现状堤防的雏形基本形成。2009年至今，宜阳县委、县政府组织相关部门对洛河宜阳县城区段进行了全面规划，主要包括宜阳县灵山景区水面工程及城区段河道治理一至四期工程，主要建设内容为两岸堤防治理43.8km和八级橡胶坝工程，其中对宜阳县洛河灵山段进行了治理，治理标准为50年一遇。

3.2.2河床冲淤变化

洛河中上段为山区河段，比降大，洪水猛，河床被冲切；中段为山区到平原的过渡性河段，习惯称为宽河段，泥沙开始有一定的淤积，河床渐有抬高，河床地质多散立体，两岸为开阔的河谷平川地带，迅猛的洪水携带大量泥沙，使主流河床左右摆动，成为游荡性河段；下段坡降小，河床宽，泥沙沉积，河床抬高。中下游河段，淤积严重，凡支流入汇处皆呈宽河段，支流从山丘区冲刷下来的大量沙石淤积在河口，发洪水时大量沙石顺河推移，沿程淤积，使河床升高，沙滩变宽，局部已成地上河。河道过洪后，会发生局部冲刷、滩地淤积，河床总体呈上升性；近年来由于河道挖沙取土，河床有下降的趋势；总体河势稳定。

伊河、伊洛河河道过洪后，会发生局部冲刷和淤积，主河槽、滩地冲淤变化不大，基本平衡；总体河势稳定。

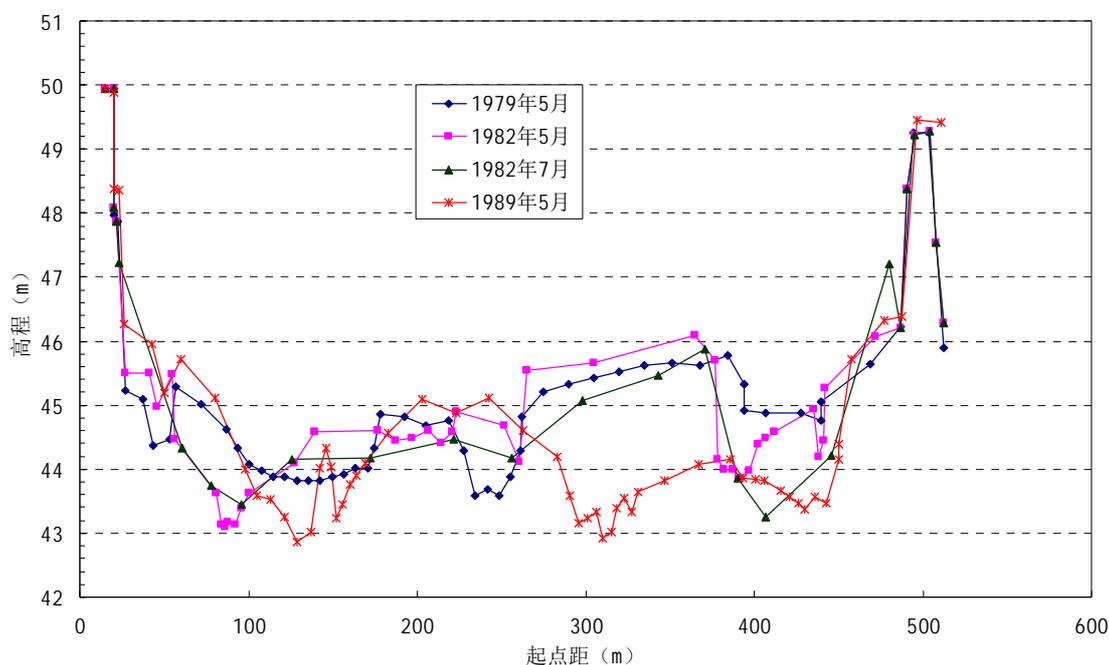


图 3.2-1 洛河宜阳站断面冲淤变化图

选取 1965 年、1979 年、1989 年，加上 1982 年大水年作为代表年，分析洛河宜阳水文站不同年代实测的河道断面变化情况，比较河段断面变化及分析河床冲淤特性等。经过比较分析，洛河宜阳水文站断面河势基本稳定，河线基本一致，仅 1989 年河底冲刷较为明显，断面冲淤变化不一，其余年份基本达到冲淤平衡。一般大水年主要表现为冲刷，小水年主要表现为淤积。

2012 年 10 月洛河宜阳县西小河段治理工程施工图设计过程中实测了本段河道地形图，本次防洪评价 2020 年 9 月也实测了本段河道地形图，两次实测堤防对比如下图所示。

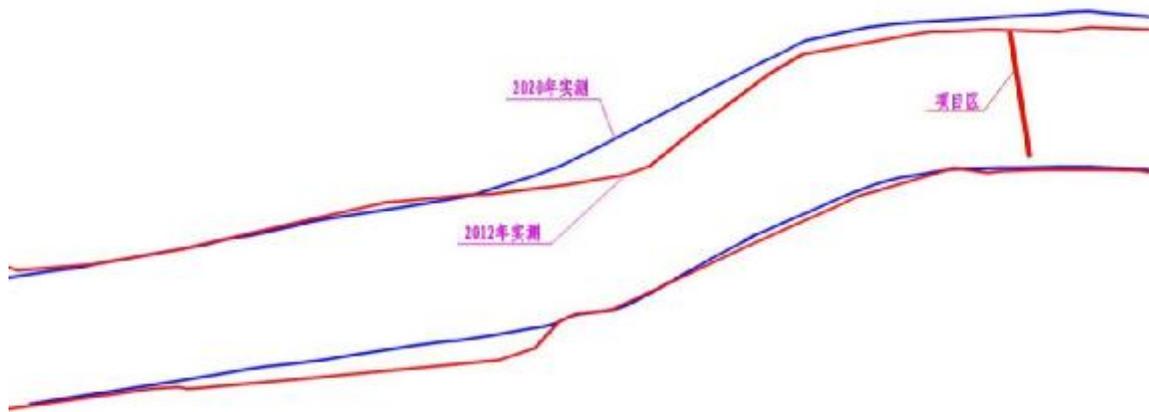


图 3.2-2 2012 年至 2020 年河道演变对比图

由实际测量数据（图 3.2-2）对比可知，近 8 年间本河段总体变化不大，仅局部河段在治理过程中进行了断面的规整，使得河道断面加宽，河道河势略有变化。

3.3 河道演变趋势分析

通过对洛河流势进行分析，河道中泓线位置基本一致，河槽冲淤摆动基本平衡，河势比较稳定。伊洛河水系在 1982 年及 2011 年分别进行过较为系统的治理规划，河道主河槽较为稳定，尚未发生过改道情况，河道仍处于一个相对稳定期；而人为因素如河道整治工程、河道生态修复等活动，对河道演变影响较小。

洛河宜阳城区段河道岸坡及堤防现状保存较好，灵龙大桥附近河段近期不会有大的河道治理工程实施。灵龙大桥桥墩挤占河道行洪断面，造成局部河床桥墩处流速加大，会发生一定冲刷，但总体河势稳定。灵龙大桥 100 年一遇水位（204.99m）距离桥梁底最低高程（210.41m）高差为 5.9m，对河道行洪影响不大，河流的主流线没有变化，不会影响河道原有演变趋势，近期内仍会按原有演变趋势发展。

4 防洪评价计算

4.1 防洪标准的确定

4.1.1 河道防洪标准

根据《防洪标准》(GB50201-2014) 下表 4.1-1 (原表 4.3.1) 确定河道防洪标准。

表 4.1-1 城市防护区的防护等级和防洪标准

防护等级	人口 (万人)	当量经济规模 (万人)	防洪标准 [重现期(年)]
I	≥150	≥300	≥200
II	<150, ≥50	<300, ≥100	200~100
III	<50, ≥20	<100, ≥40	100~50
IV	<20	<40	50~20

宜阳县全县总人口 70 万人, 其中城镇人口约 23.52 万人。根据《防洪标准》(GB50201-2014), 确定宜阳县重要程度及人口数量划分为 III 等, 确定县城段河道防洪标准(重现期)为 50~100 年一遇。根据《伊洛河中下游防洪规划》, 伊河、洛河及伊洛河各县城区段及夹滩以下达到防御 50 年一遇洪水标准。综上分析, 治理段河道防洪标准确定为 50 年一遇。

4.1.2 建设项目防洪标准

根据《城市桥梁设计规范》(CJJ11-2011) 3.0.3, “城市桥梁设计宜采用百年一遇的洪水频率, 对特别重要的桥梁可提高到三百年一遇。城市中防洪标准较低的地区, 当按百年一遇或三百年一遇的洪水频率设计, 导致桥面高程较高而引起困难时, 可按相交河道或排洪沟渠的规划洪水频率设计, 但应确保桥梁结构在百年一遇或三百年一遇洪水频率下的安全。”

综合根据河南世纪博通工程咨询有限公司桥梁设计资料, 确定本

次桥梁工程防洪标准为 100 年一遇设计洪水。

4.2 水文分析计算

4.2.1 水文基础资料

伊洛河流域从 1934 年开始陆续设立过 20 多个水文站，现有水文站 11 处，洛河流域上故县水库以下在洛阳市境内的洛河干流水文站主要有长水、宜阳、白马寺，都观测有水位、流量、泥沙资料。洛河流域控制站、河长、流域面积、观测年限等基本资料见下表。

表 4.2-1 洛河流域水文站概况表

河名	流入处	站名或地名	河道长度(km)	流域面积(km ²)	测站观测起讫时间
洛河	伊洛河	灵口	91.1	2476	1959.10-至今
		瑶沟口	111.4	3159	1956.9-1967.5
		卢氏(一)	185.3	4079	1951.3-1970.12
		卢氏(二)	196.3	4623	1971.1-至今
		故县	234.2	5370	1959.12-至今
		长水	258.9	6244	1951.3-至今
		宜阳(二)	331.8	9603	1954.9-1969.3
		洛阳	374.5	11581	1935.8-至今
		白马寺	388.8	11891	1955.1-至今
		伊河入口	410.1	12037	
涧河	洛河	塔泥	34.2	374	1959-至今
		新安	76.1	829	1952.5-至今
		磁涧	101.8	1036	1954.4-1959.3
		涧河口	122.5	1349	

洛河宜阳县城上游约 70km 处有长水水文站，控制流域面积 6244km²，其观测资料年份为 1951 年至今，观测项目为水位、流量、含沙量、降雨、冰情等。

宜阳水文站控制流域面积 9603km²，观测资料年份 1954 年至 1969 年，观测资料较短。

洛河宜阳县城下游约 43km 处有白马寺水文站，控制流域面积 11891km²，其观测资料年份为 1955 年至今。

由于洛河干流上游 1978 年复工建成了故县大型水库，流域情况发生了较大变化，而且故县水库的建设目标主要是配合黄河流域其它水库联合调度运用，解决黄河下游的防洪问题，运行方式较为复杂，使得下游站的洪水既受水库下泄洪水的影响，又受下游区间洪水影响，这样下游站的观测资料就不能用直接法进行洪水分析计算，只能依据以往的观测资料和黄河水利委员会的一些相关资料进行近似的计算。



图4.1-1 流域水文站分布图

4.2.2 历史洪水调查

建国以来，在伊洛河流域普遍开展了历史洪水调查考证工作，取得了宝贵的资料，在 20 世纪 70 年代、80 年代进行流域规划和水库工程设计时，又对主要历史调查洪水进行了详细复核，并经过水利电力部审查后刊印成册。

1898 年（光绪二十年）洪水是洛河故县河段调查的最大洪水，洛河长水调查洪峰流量 5540m³/s，故县调查洪峰流量 5400m³/s。在洛阳及其以下，该年洪水没有反映。

关于 1898 年历史洪水重现期，在进行黄河小花间洪水频率分析工作中，查阅了《黄河流域历史调查洪水》、《河南省历史调查洪水》、《陕西省历史调查洪水》等资料，这些资料表明 1898 年洪水不仅在洛河为大水，在邻近流域的丹江、渭河、宏农涧河等也为大水，且调查时大都反映为百年一遇大洪水。洪水调查时间为 1950~1970 年，当时 60~90 岁的老人普遍反映该年洪水为一生所见或听说的最大洪水，并且降雨范围较大，其洪水实属稀遇，是洛河长水以上百年来的最大洪水，因此，确定 1898 年洪水的重现期为 100 年（截至 1997 年）。

在洛河的部分河段，有些调查洪水虽然洪水量级不十分突出，但调查洪痕可靠，且距今年代较近，河道变化可以考证。因此，估算的洪峰流量较可靠，可以加入洪水系列进行计算。主要河段调查洪水成果见下表。

表 4.2-2 洛河历史洪水调查成果表

河名	地点	流域面积 (km ²)	调查洪水年份	流量 (m ³ /s)	计算方法	成果评价
洛河	灵口	2476	1898	3700	比降法	供参考
			1919	3270	比降法	较可靠
			1957	3150	比降法	较可靠
	杨九河	4079	1954	3440	比降法	较可靠
			1918	2250	比降法	供参考
	故县	5370	1898	5400	比降法	较可靠
			1954	4250	比降法	可靠
			1918	3340	比降法	较可靠
			1909	3220	比降法	供参考
			1935	2950	比降法	较可靠
	长水	6244	1898	5540	比降法	较可靠
			1954	4060	比降法	较可靠
			1935	3200	比降法	较可靠
			1918	3000	比降法	较可靠
	宜阳	9603	1931	6210	比降法	较可靠
			1898	5410	比降法	较可靠

河名	地点	流域面积 (km ²)	调查洪水年份	流量 (m ³ /s)	计算方法	成果评价
			1923	4980	比降法	较可靠
			1954	4390	比降法	较可靠
			1935	3360	比降法	较可靠
	洛阳	11581	1931	11100	H~Q 外延及比降法	较可靠
			1935	6900	H~Q 外延及比降法	较可靠

4.2.3 设计洪水计算

(1) 计算方法

《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》对伊洛河流域重点河段进行了规划设计，并对伊洛河全流域主要控制点设计洪水进行了推算。

该报告根据洛河控制性工程的建设情况，考虑水库工程的调节作用，将河道分为洛河故县水库以上和故县水库以下两段，按不同的方法分别进行洪水计算。

故县水库以上无大型水利工程，各站均为实测天然系列洪水，对水库以上设计洪水采用各站实测流量计算。故县水库下游设计洪水与黄河流域防洪规划有关，涉及黄河干流小浪底水库、三门峡水库和支流伊洛河上的陆浑水库、故县水库、伊洛河夹滩滞洪区以及支流沁河上的河口村水库等，需要考虑水库群联合调度运用及伊洛河夹滩地区滞洪运用情况，分析不同洪水组成来确定故县水库以下的设计洪水。

(2) 选取代表站及区间

根据需要，计算伊洛河陆浑、故县水库以下及黄河干流花园口等站及区间的设计洪水。各站及区间包括：陆浑、故县、龙门镇、白马寺、黑石关、花园口、陆浑~龙门镇区间（简称陆龙间）、故县~白马寺区间（简称故白间）、陆浑、故县~黑石关区间（简称陆故黑区间）、三门峡~花园口区间（简称三花间）。其中花园口、三花间的设计洪水在以往历次规划及下游防洪工程设计中都进行过分析计算，目前仍采用 1976 年

审定成果。

（3）洪水资料插补延长及天然设计洪水

为了提高统计资料系列的代表性，对上述伊洛河流域各有关站及区间的洪水资料进行了插补延长。故县站插补资料年份（1951~1956年、1962~2010年）的峰、量值用长水站插补求得。陆浑站插补资料年份有1943年、1951~1959年，1951~1959年的洪峰、洪量用嵩县和龙门镇的实测资料以面积比内插求得。

《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》利用实测流量资料推求设计洪水的计算方法，分析计算了陆浑、故县、龙门镇、白马寺、黑石关、花园口以及陆浑~龙门镇区间、故县~白马寺区间、陆浑、故县~黑石关区间、三门峡~花园口区间的天然设计洪水。

（4）工程影响及夹滩地区不同滞洪情况分析

按照黄河流域防洪规划要求，满足以上有关分析的范围较大，如水库群联合调度、对黄河下游洪水影响等，需要的水文和工程资料较多，因此，2012年8月，河南省水利勘测设计研究院有限公司委托黄河勘测规划设计有限公司对伊洛河设计洪水进行了分析计算。《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》采用黄河勘测规划设计有限公司2012年8月对伊洛河洪水分析成果。陆浑、故县水库以下与伊洛河重点治理河段设计洪水分析有关的水文站主要包括龙门镇、白马寺、黑石关站，各站设计洪水主要受上游陆浑、故县水库调蓄影响，两水库作为黄河下游防洪工程体系的组成部分，参与联合调度，同时也考虑了黄河中游水库群联合防洪调度以及伊洛河交汇处的夹滩地区滞洪的影响也作出分析说明。

（5）设计洪水成果

《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》利用实测流量资料推求设计洪水的计算方法，分析计算了陆浑、故县、龙门镇、白

马寺、黑石关、花园口以及陆浑~龙门镇区间、故县~白马寺区间、陆浑、故县~黑石关区间、三门峡~花园口区间的天然设计洪水，并对受陆浑、故县水库以及夹滩自然滞洪区影响的实测洪水系列进行了还原。

考虑到黄河防洪规划要求，按照五库联合防洪调度方式进行洪水调节，对于 100 年、50 年一遇洪水采用部分滞洪方案，对于 20 年一遇洪水采用夹滩不滞洪方案，推求龙门、白马寺、黑石关水文站工程影响后的设计洪水。

本次宜阳灵龙大桥防洪评价设计洪水采用《河南省伊洛河重点河段治理工程可行性研究报告》中相应的洪水设计成果。该设计成果已经通过水利部水规总院的评审。目前包含在该可研设计范围内的洛阳市区、嵩县、偃师、巩义等河段的河道治理项目均采用该成果的设计洪水，且个别县市已经完成了相应河段的治理工程。鉴于此，本次设计洪水直接采用已批复的设计洪水成果。具体如下表所示。

表 4.2-3 洛河主要控制断面设计洪水成果表

控制断面	设计频率 (m ³ /s)				
	1%	2%	5%	10%	20%
故县水库	5260	4380	3250	2410	1650
故县水库下	4110	1000	1000	1000	1000
寻峪河口	4300	1790	1560	1330	1090
崇阳沟口	4490	2470	2040	1680	1260
大铁沟口	4590	2880	2320	1870	1350
还峪沟口	4720	3480	2710	2150	1470
长水	4810	3580	2770	2180	1490
底张涧口	4900	3680	2840	2210	1510
陈吴涧口	5040	3830	2930	2260	1530
洛宁	5170	3960	3020	2310	1560
龙窝涧口	5250	4050	3070	2340	1570
渡洋河口以上	5340	4150	3140	2370	1590
连昌河口以上	5730	4580	3400	2510	1670
韩城河口以上	6100	4880	3600	2640	1740

控制断面	设计频率 (m ³ /s)				
	1%	2%	5%	10%	20%
焦涧河口	6300	5040	3710	2700	1770
汪洋河口	6410	5130	3760	2740	1790
陈宅河口	6640	5310	3880	2810	1830
水兑河口	6740	5390	3930	2840	1850
宜阳	6930	5540	4030	2910	1890
甘水河口	7240	5790	4180	3000	1940
涧河口以上	7360	5880	4250	3040	1960
白马寺	9720	7880	5710	3840	2280

本次宜阳县灵龙大桥位于水兑河口下游 3.7km 处，距离下游洛河宜阳控制断面较近，因此采用宜阳控制断面设计洪水成果作为洛河灵龙大桥桥址处设计洪水成果，即 100 年一遇洪峰流量 6930m³/s，50 年一遇洪峰流量 5540m³/s，20 年一遇洪峰流量 4030m³/s。

4.2.4 河道水面线计算

4.2.4.1 基础资料

本次水位推算采用 2020 年 8 月实测的河道断面资料，桩号范围 0+000-4+200，横断面间距 200m 左右，灵龙大桥位于河道桩号 3+748 处，桥址处上下游 50m 各加密一个横断面，资料精确度满足河道洪水水位推算需要。

4.2.4.2 水位推算方法

(1) 计算原理

水位推算采用美国工程兵团河流分析系统(HEC-RAS)软件,HEC-RAS 可以完成一维恒定流和非恒定流的河道水力计算，是一个设计为多任务多用户网络环境交互式使用的完整软件系统。该系统由图形用户界面(GUI)、独立的水力分析模块、数据存储和管理、图形和报告工具组成。HEC-RAS 系统最终包含三个一维水力分析模块：(1) 恒定流水面线计算；(2) 非恒定流模拟；(3) 运动边界的泥沙输送。这三个

模块都使用共同的数据形式、公用的图形数据及水力计算程序。

本次水位推算采用 HEC-RAS 的恒定流水面线推算模块，模型系统的这个部分是为了实现非恒定渐变流的水面曲线计算。使用这个系统可以完整地进行河网计算，树状系统的计算，以及单河道的水力计算。这个恒定流模块能够计算模拟次临界，超临界的以及混合流的水体表面曲线。这个基本的计算程序是基于一维能量方程式的解。能量损失通过摩擦（曼宁公式）和收缩或者扩展（流速水头的改变量乘以系数）。动力方程只在急变流水面曲线计算的情况下使用。这些都包括混合流区域的计算（例如水跃），桥的水力学性质，还有在河流影响下的水面曲线估算（例如在溪流交汇的情况下）。

恒定流模块系统设计应用于洪泛平原的管理和分洪河道侵蚀的洪水风险研究。也可以用来评估由于渠道和防洪堤等的改变引起的水面曲线变化。

本次洛河宜阳段属半山区河道，采用河道明渠非均匀流计算方法推算灵龙大桥处各频率水位。

洛河灵龙大桥河段的过水断面形状、面积、流量、流速等随流程和时间而变化，故河道洪水水面线推算采用恒定非均匀流自下而上推算，水面线的基本方程式为：

$$z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_j + h_f$$

式中： z_1 、 z_2 ——分别为上、下游断面水位；

v_1 、 v_2 ——分别为上、下游断面的流速；

h_j 、 h_f ——分别为上、下游断面之间的局部水头损失和沿程水头损失；

α_1 、 α_2 ——分别为上、下游断面的动能修正系数。

（2）计算过程

1) 对于急流，在上游断面假定一个水深；

- 2) 若是缓流，则在下游断面假定一个水深；
- 3) 基于假定的水位，确定对应的总输水流量和速度水头；
- 4) 计算损失；
- 5) 求解 WS （水面）；
- 6) 计算值和估计值进行比较，满足要求即停止。

4.2.4.3 桥梁建设前河道水位推算

(1) 起始水位推算

根据河道特点，洛河宜阳城区段已治理，现状河道岸坡护砌完好，河道断面较为规整、断面形式稳定，因此可选取实测河段末端作为本次项目区水位推算的起推水位，结合明渠均匀流计算末端100年一遇防洪水位为202.92m、50年一遇防洪水位为202.51m、20年一遇防洪水位为202.03m。并选取灵山洛河人行景观桥下游0.40km橡胶坝作为控制断面，以校核水位计算的合理性以及准确性。

依据《宜阳县洛河灵山段治理工程初步设计报告》，灵山洛河人行景观桥下游0.40km处的橡胶坝最大坝高3.5m，坝顶高程209.80m，橡胶坝段总长428.0m，橡胶坝处河道50年一遇水位为209.41（橡胶坝下游断面）~210.60m（橡胶坝上游断面）。与本次计算橡胶坝（桩号1+400处）50年一遇水位210.32m基本一致，因而起始水位推算基本合理。

依据《宜阳县洛河灵山段治理工程初步设计报告》，计算河段整体情况，河底相对平整，局部存在中心岛淤积；河道岸坡采用混凝土护砌，护砌保存良好，河床断面相对规整，本次计算综合糙率取 0.033。

(2) 水面线推算成果

采用水面线基本方程式，并将河道划分为适宜计算河段后，由下游向上游逐段推算。计算得到：建桥前桥址处 100 年一遇水位为 204.99m；50 年一遇水位为 204.62m；20 年一遇水位为 203.91m。水面线计算结果见下表。

表 4.2-4

水面线推算成果表

单位:m

桩号	100 年一遇水位	50 年一遇水位	20 年一遇水位	备注
0+000	213.44	212.8	212.04	
0+200	213.36	212.72	211.97	
0+400	213.25	212.62	211.89	
0+600	212.97	212.38	211.69	
0+800	212.55	212.03	211.39	
1+000	212.14	211.57	211.07	
1+075	211.66	211.1	210.42	
1+125	211.65	211.09	210.41	
1+200	211.61	211.06	210.38	
1+400	210.76	210.32	209.78	
1+600	209.17	208.78	208.31	
1+800	208.72	208.18	207.53	
2+000	208.19	207.62	206.94	
2+200	207.89	207.31	206.6	
2+400	207.49	206.92	206.22	
2+600	207.06	206.47	205.76	
2+800	206.81	206.22	205.51	
3+000	206.49	205.9	205.19	
3+200	206.18	205.58	204.84	
3+400	205.88	205.29	204.55	
3+600	205.51	204.91	204.16	
3+707	205.36	204.77	204.03	灵龙大桥
3+748	204.99	204.62	203.91	
3+834	204.80	204.41	203.72	
4+000	204.39	204.04	203.45	
4+200	202.92	202.51	202.03	

4.3壅水分析计算

桥梁修建后天然水流受阻，在桥梁上游形成壅水区，壅水高度不仅影响桥梁的设计高度，而且还会对桥梁上游两岸的河道工程产生一定

程度的影响。故应对桥梁上游最大壅水高度及壅水影响范围开展必要的计算研究。

(1) 阻水率

经一维数学模型分析计算，工程建设前河道 100 年一遇设计洪水水位为 204.99m；桥址处河道断面在 100 年一遇水位下，河道过水面积为 2472.96m²；桥墩及桥柱阻水面积为 49.55m²，经计算，建桥后阻水率为 2.00%；

河道 50 年一遇设计洪水水位为 204.62m，桥梁建设完成后的河道过水断面面积为 2269.63m²，桥墩及桥柱阻水面积为 43.33m²，经计算，建桥后阻水率为 1.91%。

河道 20 年一遇设计洪水水位为 203.91m，桥梁建设完成后的河道过水断面面积为 1887.00m²，桥墩及桥拱阻水面积为 33.48m²，经计算，建桥后阻水率为 1.77%。

(2) 桥前最大壅水高度公式

依据《铁路工程水文勘测设计规范》(TB10017-99)，桥前最大壅水高度计算公式为：

$$\Delta Z = \eta (\overline{v_m^2} - \overline{v_o^2})$$

式中：

ΔZ ——最大壅水高度 (m)；

η ——系数，与桥阻断流量有关，取 0.07；

$\overline{v_m}$ ——桥布置后断面平均流速 (m/s)， $\overline{v_m} = \overline{v_{om}}$ ；

Q_p ——流量 (m³/s)；

ω_j ——桥过水断面面积 (m²)；

$\overline{v_{om}}$ ——现状河道桥范围内流速 (m/s)；

$\overline{v_o}$ ——现状河道断面平均流速 (m/s)。

(3) 壅长计算公式

$$L=2\frac{\Delta Z}{I}$$

式中：

L——壅水长度（m）；

ΔZ ——最大壅水高度（m）；

I——水面比降。

根据不同重现期洪水水面线推算的现状情况下河道断面平均流速、建桥后断面平均流速，并根据河滩路堤阻断流量与设计流量的比值选定 η 值，进行壅高值计算。采用和公式计算结果见表4.3-1。

表4.3-1 壅高计算成果表

桥名	重现期	Q_p (m ³ /s)	ω_j (m ²)	\bar{v}_m (m/s)	\bar{v}_o (m/s)	I	阻水比	ΔZ (m)	L (m)
灵龙大桥	100年	6930	2423.41	2.86	2.80	1:430	2.00%	0.024	20.44
	50年	5540	2226.30	2.49	2.44	1:430	1.91%	0.017	14.84
	20年	4030	1853.52	2.17	2.14	1:430	1.77%	0.009	7.78

经计算，灵龙大桥 100 年一遇设计洪水壅高为 0.024m，壅水长度为 20.44m；50 年一遇设计洪水壅高为 0.017m，壅水长度为 14.84m；20 年一遇设计洪水壅高为 0.009m，壅水长度为 7.78m。

堤防设计防洪标准为 50 年一遇，建桥后，桥址断面 50 年一遇水位高度 204.66m，安全超高为 1.01m（即堤防安全加高为 0.8m（不允许越浪），波浪爬高等为 0.21m）。建桥壅高后水位+安全超高高程为 205.67m，低于桥址处现状堤防高程 206.11m（左堤防）、206.65m（右堤防）。

4.4 桥梁高程复核

按照防洪要求，桥梁最低下弦高程 H_{min} 用下式计算：

$$H_{min}=H_p+\Delta Z+\Delta h_j+\Delta h$$

式中：

H_{min} —梁底最小高程；

H_p —设计洪水位；

ΔZ —桥下水面壅高，采用前面章节计算值；

Δh_j —桥下净空(m)，根据《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2015)，考虑到洪水期有大漂浮物，底面至设计洪水水位的净高不应小于1.5m；

Δh —浪高(m)。

将桥位断面设计洪水位、壅水高度、波浪高度、河床淤积和桥下净空代入上式，计算得到最低桥梁下弦高程，计算结果见表4.4-1。

表 4.4-1 桥位处桥梁高程计算成果

频率	计算部位	设计水位(m)	壅水高度(m)	浪高(m)	桥下净空(m)	计算下弦高程(m)	桥底顶高程(m)	桥底顶高程与水位差值(m)
1%	右岸	204.99	0.024	0.21	1.5	206.72	211.15	4.43
	中间						216.64	9.92
	左岸						210.41	3.69
2%	右岸	204.62	0.017	0.21	1.5	206.35	211.15	4.80
	中间						216.64	10.29
	左岸						210.41	4.06
5%	右岸	203.91	0.009	0.21	1.5	205.63	211.15	5.52
	中间						216.64	11.01
	左岸						210.41	4.78

根据《公路工程水文勘测设计规范》(JTGC30-2015)，设计梁底高程高于相应桥位100年一遇防洪要求的梁底高程，即桥梁设计洪水标准下的梁底高程满足河道行洪要求。

4.5 冲淤演变分析

在河道上修建大桥后，桥下水流受桥墩和过水断面缩窄的影响出现阻水壅水情况，河道单宽流量增加，局部水面比降和流速加大，导致

河床产生一般冲刷；同时在桥墩附近形成复杂的水流条件，导致桥墩及桥墩周围产生局部冲刷。由于水流流态的改变，有效过水面积的减少，桥下流速增大，对岸坡也产生冲刷。因此本节桥后河道冲淤演变一般分析的基础上，采用流速变化定性分析和经验公式定量计算相结合的方法来研究灵龙大桥桥墩近区床面的冲淤分布和冲刷深度。

洛河宜阳城区~涧河段属丘陵区河道，河谷宽浅呈“U”型，下游逐渐进入平原区，滩地宽数百米不等，一般发育有阶地，局部缺失，滩地高程 207~135m，河道纵坡比降约 1/550，河道不顺直，河曲较多，局部形成辫状河道；桥址区域属洛河冲积平原腹地，洛河近东西向流经本区，地形平坦开阔。河谷呈宽浅“U”型。

工程区属华北地层区豫西分区的澠池-确山小区。地层主要为新近系洛阳组（N_{IL}）和第四系全新统（Q₄^{al}）地层。新近系洛阳组（N_{IL}）为一套棕黄色、棕黄杂灰绿色砂质粘土岩、砂砾岩，成岩差，多泥质胶结或散体结构。第四系全新统（Q₄^{al}）岩性主要为卵石，上部 7~10m 粒径较大，一般 6~20cm，最大可达 25cm，砂质充填，结构稍密~中密。下部卵石粒径稍小，一般 2~6cm，泥砂质充填，结构中密。

4.5.1 建桥后河道冲淤演变一般分析

桥梁工程建设后，桥孔上游水流急速的集中流入桥孔，在桥孔处形成收缩断面，使得桥孔和桥孔稍下游处过水面积减小值和流速增加值最大，水流动力和挟沙力增强，河床切应力加大，河床泥沙运动强烈，床面将发生冲刷或导致冲刷明显增加。同时，桥墩阻水使水流产生绕流，引起局部水流流速和流态的变化，从而导致河道输沙力发生变化。河道输沙力的改变会使河床的冲淤变化引起相应的调整，引起河槽一般冲刷。桥墩附近，因墩壁的阻力与桥墩附近的绕流而产生复杂的水流结构，会产生局部淘刷。这种冲刷是河床自动调整的一种现象，是短期的，待桥下过水面积扩大至桥下流速等于天然河槽流速时，冲刷即停

止。但这种短期性的冲刷在一定时间内对桥梁安全及堤岸稳定有所影响。

另一方面，桥梁工程建设后，水流流至桥墩附近，产生分离现象，在桥墩两侧水流流速加大，墩头冲刷，桥墩尾部一定范围产生低流速涡流区，悬沙在低流速区易落淤沉积。

河床的冲刷与淤积变化主要取决于水流挟沙力变化和泥沙运动流速。水流流速小于泥沙运动流速，河床将不会冲刷；水流流速大于泥沙运动流速，会引起河床的冲刷。输沙力增大将引起河道减淤或冲刷，输沙力减小将引起淤积或减冲；河道水动力条件的改变，会引起河床发生相应的调整。

4.5.2河床局部冲淤变化定性分析

根据一维数学计算模型计算成果，可以从流速的变化来定性分析工程建设前、后河床的冲淤变化。从灵龙大桥工程建设前后的流速变化可见：由于桥梁工程距离现有水利工程距离较远，桥梁工程引起的水流流速变化程度和范围有限。

4.5.3经验公式河槽冲刷计算

根据交通部颁发的《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30—2015)推荐的公式，对不同重现期洪水引起的冲刷进行分析计算。冲刷计算分两种情况：非粘性土和粘性土，不同的土质采用不同的公式计算。根据地质资料，灵龙大桥基础为非粘性土。

建桥后，桥下流水面积因压缩而减小，建桥压缩水流而在桥下河床全断面内发生了普遍冲刷（一般冲刷），并且桥墩前水流受到阻挡与干扰，墩周产生了局部冲刷坑（局部冲刷）。

（1）桥梁一般冲刷计算

计算公式如下：

$$h_p = \left[\frac{A_d \frac{Q_2}{\mu B_{cj}} \left(\frac{h_{cm}}{h_{cq}} \right)^{\frac{5}{3}}}{E \bar{d}^{\frac{1}{6}}} \right]^{\frac{3}{5}}$$

$$A_d = \left(\frac{\sqrt{B_z}}{H_z} \right)^{0.15}$$

式中： h_p ——桥下河槽一般冲刷后的最大水深（m）；

A_d ——单宽流量集中系数，对于粘性土河床，取 1.0-1.2；对应非粘性土河床，山前变迁、游荡、宽滩河段当 $A_d > 1.8$ 时， A_d 值可采用 1.8；

B_z ——造床流量下的河槽宽度（m）；

H_z ——造床流量下的河槽平均水深（m）；

Q_2 ——河槽部分通过的设计流量；

μ ——桥墩水流侧向压缩系数，依据《公路工程水文勘测设计规范》（JTG C30—2015）查表 8.3.1-1 确定，取 0.97；

B_{cj} ——桥下部分桥孔过水净宽（m）；

h_{cm} ——河槽最大水深（m）；

h_{cq} ——河槽平均水深（m）；

\bar{d} ——河槽土平均粒径（mm），根据《洛河宜阳县西段生态治理III期工程》中河床泥沙粒径参数，取 8；

E ——与汛期含沙量有关的系数，依据《公路工程水文勘测设计规范》（JTG C30—2015）查表 8.3.1-2 确定；

(2) 非粘性土桥梁墩台局部冲刷计算

$$\text{当 } v \leq v_0 \text{ 时 } h_b = K_\xi K_{\eta 2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left(\frac{v-v_0'}{v_0} \right)$$

$$\text{当 } v > v_0 \text{ 时 } h_b = K_\xi K_{\eta 2} B_1^{0.6} h_p^{0.15} \left(\frac{v-v_0'}{v_0} \right)^{n_2}$$

$$K_{\eta 2} = \frac{0.0023}{\bar{d}^{2.2}} + 0.375 \bar{d}^{0.24}$$

$$v_0 = 0.28(\bar{d} + 0.7)^{0.5}$$

$$v_0' = 0.12(\bar{d} + 0.5)^{0.55}$$

$$n_2 = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{0.23+0.19\log\bar{d}}$$

h_b ——桥下河槽局部冲刷深度 (m);

K_ξ ——墩形系数, 查规范附录 C, 取 1.0;

$K_{\eta 2}$ ——河床颗粒影响系数;

n_2 ——指数;

B_l ——桥墩计算宽度 (m);

v ——一般冲刷后墩前行进流速 (m/s);

v_0 ——河床泥沙起动流速 (m/s);

v_0' ——墩前泥沙起动流速 (m/s);

\bar{d} ——河槽土平均粒径 (mm);

灵龙大桥桥址断面非粘性土冲刷深度计算参数按照规范选取, 计算结果见下表。

表4.5-1 灵龙大桥桥址断面一般冲刷计算成果表

重现期	B_z (m)	H_z (m)	A_d (m)	Q_2 (m ³ /s)	h_{cm} (m)	h_{cq} (m)	μ	B_{cj} (m)	E	\bar{d} (mm)	桥下一般冲刷最大水深 (m)	一般冲刷深度 (m)
100年	420	5.38	1.22	6930	6.46	5.52	0.97	448	0.66	8	7.31	0.85
50年	420	5.38	1.22	5540	6.11	5.17	0.97	439	0.66	8	6.47	0.36
20年	420	5.38	1.22	4030	5.38	4.44	0.97	425	0.66	8	5.59	0.21

表4.5-2 灵龙大桥桥址断面局部冲刷计算成果表

重现期	v_0 (m/s)	v_0' (m/s)	B_l (m)	$K_{\eta 2}$	v	n_2	K_ξ	局部冲刷深度 (m)
100年	0.83	0.39	1.80	0.62	2.80	0.61	1.00	2.28
50年	0.83	0.39	1.80	0.62	2.44	0.65	1.00	2.10
20年	0.83	0.39	1.80	0.62	2.14	0.68	1.00	1.90

表4.5-3 灵龙大桥桥址断面冲刷计算成果表

重现期	流量 (m ³ /s)	一般冲刷深度 (m)	局部冲刷深度 (m)	总冲刷深度 (m)
100 年	6930	0.85	2.28	3.13
50 年	5540	0.36	2.10	2.46
20 年	4030	0.21	1.90	2.11

100 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.85m，桥墩附近主河槽局部冲刷深度为 2.28m，因此主河槽最大冲刷深度为 3.13m。

50 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.36m，局部冲刷深度为 2.10m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.46m。

20 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.21m，局部冲刷深度为 1.90m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.11m。

4.6 堤防稳定复核

4.6.1 ABAQUS 渗流有限元分析

假设岩土体为非均质各向同性可压缩材料，利用达西定律进行渗流计算。计算所选用渗流模型为达西渗流模型，即各土层中渗流均符合达西流动定律，则二维饱和-非饱和渗流的控制方程可表示为：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \frac{\partial \theta_w}{\partial t}, \quad \text{在 } \Omega \text{ 内}$$

式中： $h = h(x, y)$ 为待求水头函数； k_x, k_y 分别为以轴为主方向的渗透系数； θ_w 为体积含水量； Ω 为渗流区域。令 y 为位置水头，则： $h = \frac{u_w}{\gamma_w} + y$ ，若 m_w 为土水特征曲线斜率，则式(1-1-1)就可以写为：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = \frac{m_w \gamma_w \partial(h)}{\partial t} \quad \text{在 } \Omega \text{ 内}$$

上式即二维饱和-非饱和渗流方程，该式的定解条件为：

- (a) 初始条件： $h|_{t=0} = h_0(x, y, 0)$ 在 Ω 内

(b) 边界条件：假定边界面 $\mathcal{L} = \mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2 + \mathcal{L}_3$ 。其中： \mathcal{L}_1 为第一类边界，如上、下游水位边界面和自由渗出面等已知水头边界； \mathcal{L}_2 为不透水边界面和潜流边界面等第二类边界（已知流量边界）； \mathcal{L}_3 为自由面边界，亦属第二类边界，但作为流量补给边界，其补给量随时间和位置的变化而变化。

工程问题中几何形状和边界条件十分复杂，解析求解困难，甚至是不可能的，解决工程中的渗流问题通常采用数值方法，采用有限元求渗流问题是一种比较成功的方法。本项目采用 SIMULIA 公司的 ABAQUS 软件进行堤防渗流分析。

4.6.2 堤防稳定-非稳定渗流有限元分析

4.6.2.1 模型的建立

为了准确模拟堤防在修建桥墩前后的渗流场，本次建立了二维有限元模型，根据相关区域工程地质数据对大桥左右岸堤防进行简化处理，简化为平面二维渗流问题，进行有限元渗流计算。二维有限元模型的建立充分利用了相应剖面的工程地质图，包括桥墩的尺寸、桥墩的深度等。

灵龙大桥左堤二维模型模拟了卵石、强风化泥岩、中风化泥岩、中风化砂岩，微风化砂岩等五个地层，其有限元网格如图 4.6-1 所示；右堤二维模型模拟了卵石（稍密~中密状）、强风化泥岩、中风化泥岩、微风化砂岩等四个地层，其有限元网格如图 4.6-2 所示；已建成的桥墩概化为混凝土柱，利用分区命令对其赋予不同的材料属性，包括密度、弹性模量和渗透系数等参数，其概化图如图 4.6-3 所示；

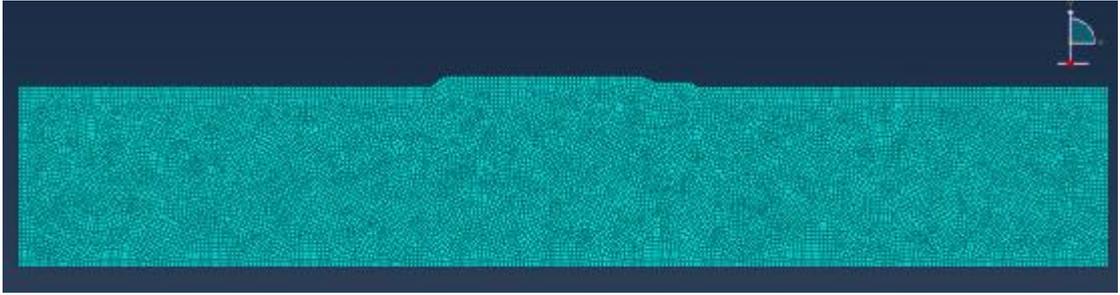


图 4.6-1 左岸有限元网格图

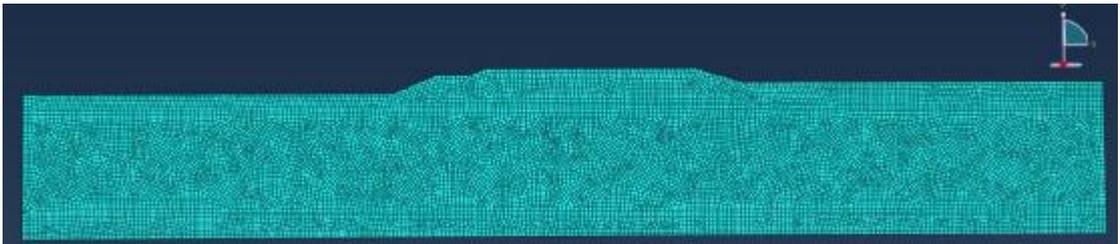


图 4.6-2 右岸有限元网格图

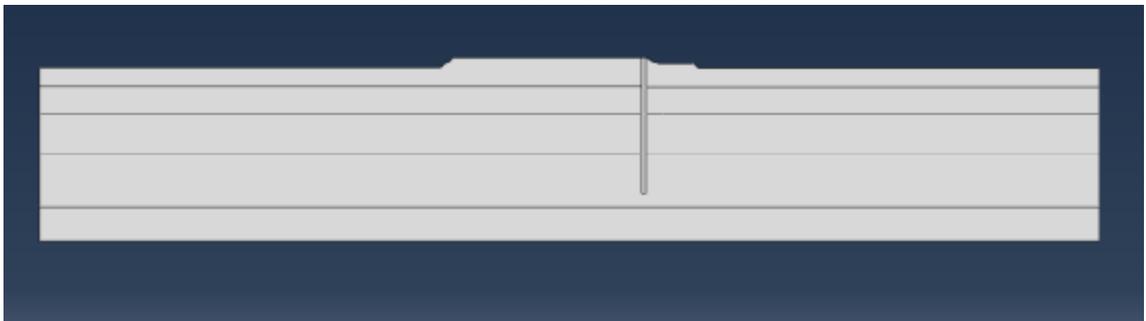


图 4.6-3 左岸桥墩概化图

每个二维模型的总体尺寸及计算规模如下表所示。

表 4.6-1 洛河堤防渗流计算范围及模型规模

计算剖面	堤中心距(m)		堤顶	材料分层	节点数	单元数
	堤内	堤外				
灵龙大桥左堤	100.0	100.0	48	5	12079	11769
灵龙大桥右堤	100.0	100.0	59	4	15642	14802

4.6.2.2材料参数

根据区域工程地质资料，洛河左岸宜阳段现有堤身土岩性以卵砾石为主，充填细沙、壤土，多经碾压。同时参考相关工程经验，确定洛河宜阳段两岸堤基渗流计算参数分别如下表所示。

表 4.6-2 洛河宜阳段堤身土体力学指标建议值表（左岸）

段名	填筑土类	饱和快剪		饱和固结快剪		压缩系数	压缩模量	渗透系数	承载力标准值
		粘聚力	内摩擦角	粘聚力	内摩擦角				
		C	φ	C	φ				
		kPa	°	kPa	°				
洛河宜阳段	以卵砾石为主，充填细砂、壤土。	0	30	5	32	-	-	7.6E-02	300
	堤防填筑材料（砂卵石为主）		30	5	32			5.0E-03	
	堤防地基		30	5	32			5.0E-03	

表 4.6-3 洛河宜阳段堤身土体力学指标建议值表(右岸)

段名	填筑土类	饱和快剪		饱和固结快剪		压缩系数	压缩模量	渗透系数	承载力标准值
		粘聚力	内摩擦角	粘聚力	内摩擦角				
		C	φ	C	φ				
		kPa	°	kPa	°				
洛河宜阳段	以卵砾石为主，充填细砂、壤土。	0	30	5	32	-	-	6.4E-02	300
	原有堤防砂卵石	0	30	5				4.8E-03	
	堤防地基	0	30	5				4.8E-03	

4.6.2.3堤防渗流计算工况

根据设计条件，灵龙大桥桥址处 50 年一遇洪水位 204.62m；此渗流条件下洛河堤防计算工况及特征水位条件如表 4.6-4 所示。

表 4.6-4 灵龙大桥计算工况及特征水位条件

剖面	工况	分析类型	临水侧水位(m)	背水侧水位(m)
灵龙大桥左堤	工况一	稳定渗流	204.62	0
灵龙大桥右堤	工况一	稳定渗流	204.62	0

4.6.2.4堤防渗流有限元计算结果分析

(1) 左堤防计算结果

50年一遇洪水情况下，左堤临水侧水位204.62m，左堤防有限元计算结果如下图所示。

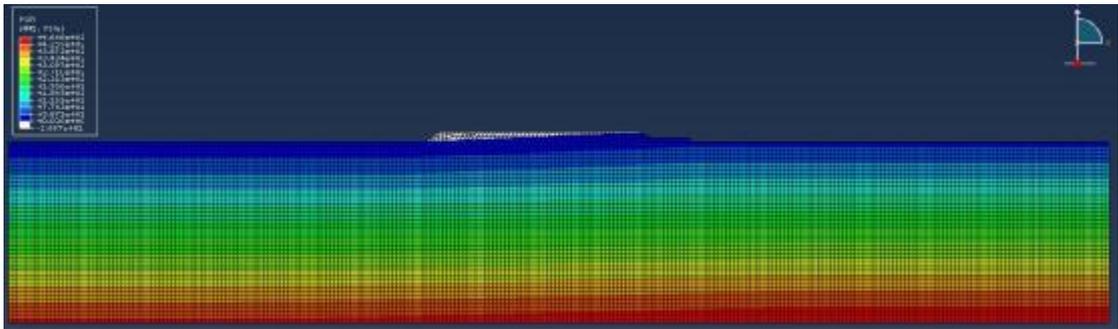


图 4.6-4 左堤孔压分布图（浸润线）

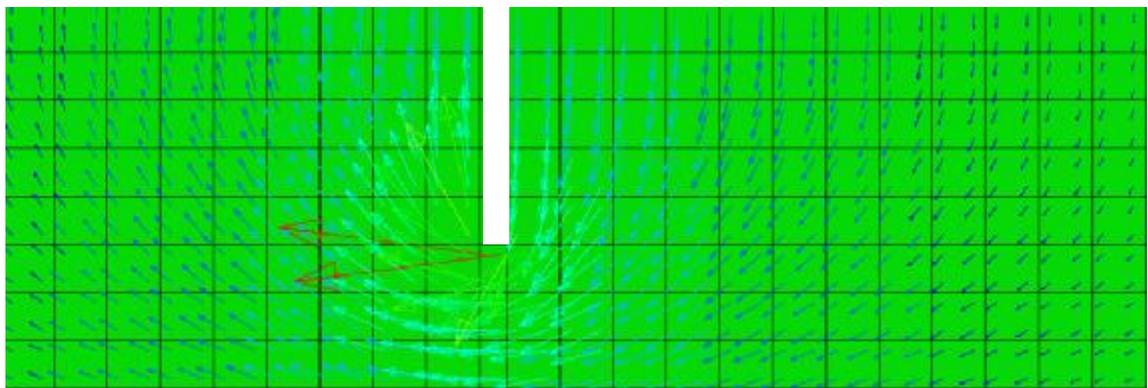


图 4.6-5 左堤建设后桥墩处流速大小及方向图

[计算结果]

下游出逸点高度=0.000 (m);

建设后单位宽度渗流量=7.08 (m³/d.m);

建设前渗出段 AB 的比降=0.297<J_允=0.35;

建设后渗出段 AB 的比降=0.304<J_允=0.35;

建设前地基段 BC 的比降=0.275<J_允=0.35;

建设后地基段 BC 的比降=0.288<J_允=0.35;

由以上数据可知，桥梁建设前后对堤防的渗流稳定影响较小，建设前后堤防渗流稳定满足规范要求。

(2) 右堤防计算结果

50年一遇洪水情况下，右堤临水侧水位204.62m，右堤防有限元计算结果如图所示。

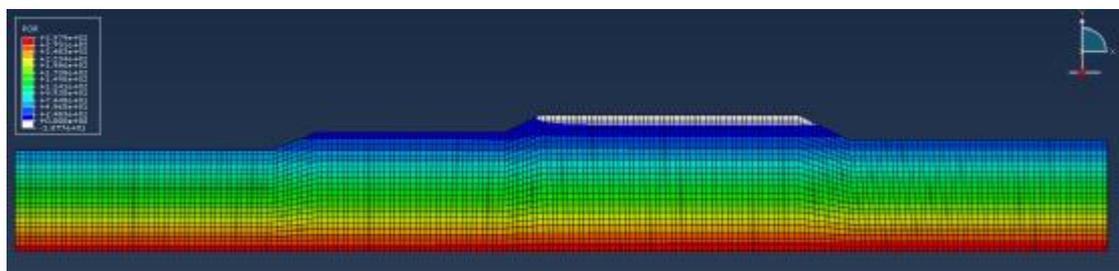


图 4.6-6 右堤孔压分布图（浸润线）

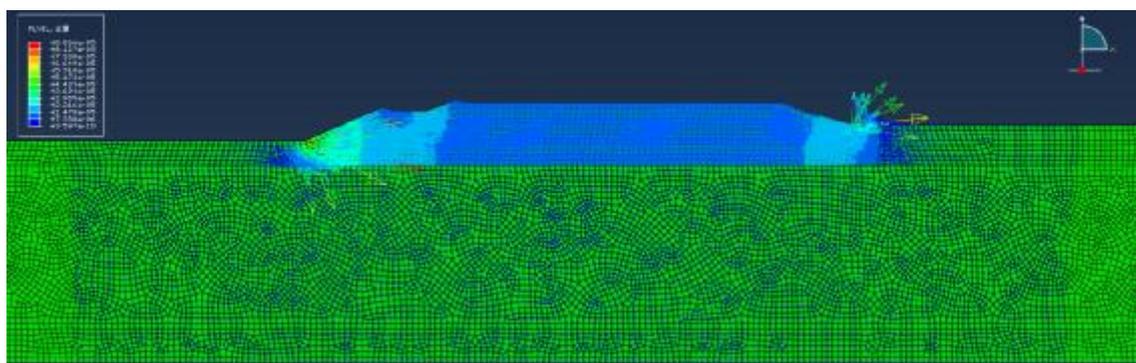


图 4.6-7 右堤流速大小及方向图

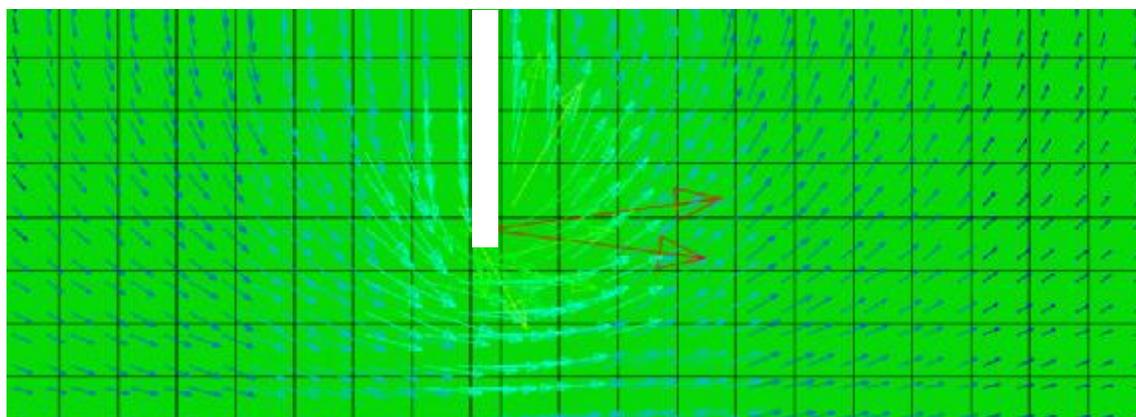


图 4.6-8 右堤建设后桥墩处流速大小及方向图

[计算结果]

下游出逸点高度=0.000 (m);

建设后单位宽度渗流量=6.35 (m³/d.m);

建设前渗出段 AB 的比降=0.285<J_允=0.35;

建设后渗出段 AB 的比降=0.299<J_允=0.35;

建设前地基段 BC 的比降=0.256<J_允=0.35;

建设后地基段 BC 的比降=0.273<J_允=0.35;

由以上数据可知,桥梁建设前后对堤防的渗流稳定影响较小,建设前后堤防渗流稳定满足规范要求。

4.6.3堤防抗滑稳定分析

渗流作用下,堤防的整体稳定性采用极限平衡法进行计算。在临水侧水位骤降时,堤防内的渗流自由面随时间发生变化,因此堤防的整体稳定性安全系数 F_s 也随时间变化。为了保证堤防整体稳定,各个时刻的安全系数必须都大于规定值。根据《堤防工程设计规范》(GB50286-2013),堤防抗滑稳定计算采用瑞典圆弧滑动算法。

堤坡稳定计算方法由于对土体抗剪强度计算方法的不同,分为总应力法和有效应力法。

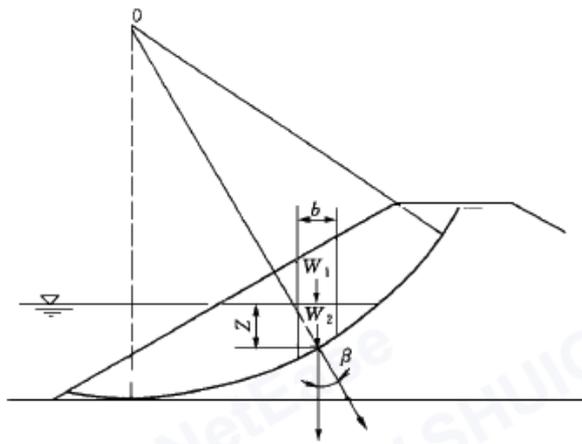


图 4.6-9 瑞典圆弧滑动面

总应力法

①施工期抗滑稳定安全系数可按下式计算:

$$K = \frac{\dot{a} C_u b \sec b + W \cos b \tan j_v}{\dot{a} W \sin b}$$

②水位降落期抗滑稳定安全系数可按下式计算:

$$K = \frac{\dot{a} [C_{cu} b \sec b + (S \cos b - u_i b \sec b) \tan j_{cu}]}{\dot{a} W \sin b}$$

$$W = W_1 + W_2 + g_w Z b$$

(2)有效应力法

稳定渗流期抗滑稳定安全系数可按下式计算：

$$K = \frac{\dot{a} C' b \sec b + [(W_1 + W_2) \cos b - (u - Z y_w) b \sec b] \dot{g} j'}{\dot{a} (W_1 + W_2) \sin b}$$

式中：

b — 条块宽度 (m)；

W — 条块重力， $W = W_1 + W_2 + r_w Z b$ (KN)；

W_1 — 在堤坡外水位以上的条块重力 (KN)；

W_2 — 在堤坡外水位以下的条块重力 (KN)；

z — 堤坡外水位高出条块底面中点的距离 (m)；

u — 稳定渗流期堤身或堤基中的孔隙压力 (KPa)；

u_i — 水位降落前堤身的孔隙压力 (KPa)；

b — 条块的重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角；

g_w — 水的重度 (kN/m^3)；

$C_u, j_u, C_{cu}, j_{cu}, C', j'$ — 土的抗剪强度指标 ($kN/m^2, \circ$)。

根据《堤防工程设计规范》(GB50286-2013)规定，渗流计算工况取表 4.6-5 水位组合；按照 50 年一遇设计洪水位，选择最不利断面，计算稳定渗流期、水位降落期的抗滑稳定安全系数以及施工期抗滑稳定安全系数。堤边坡稳定计算工况见下表。

表 4.6-5 堤防稳定计算工况表

部位	运行工况	
临水侧岸坡	正常运用条件	水位骤降+临水侧
	非常条件 I	施工期+临水侧
	非常条件 II	多年平均水位+地震

根据表 4.6-5 中所列计算工况，推求堤防边坡稳定计算成果如表 4.6-6 所示。

表 4.6-6

堤防稳定计算成果表

临水侧岸坡			
计算工况	正常运用条件	非常条件 I	非常条件 II
规范允许值	1.25	1.15	1.05
计算结果	1.73	1.85	1.75

由上表可知,各种工况下,堤防抗滑稳定安全系数均满足规范要求。

4.7河势影响分析

4.7.1.1 二维数学模型

(1) 模型简介

二维数学模型采用 MIKE21FM 进行模拟,MIKE21FM 是一个专业的工程软件包,由丹麦水力学研究所开发,广泛用于模拟河流、湖泊、河口、海湾、海岸及海洋的水流、波浪、泥沙及环境。MIKE21FM 为工程应用、海岸管理及规划提供了完备、有效的设计环境,经国内外诸多工程项目实际应用,证明其精度高、守恒性好、使用方便。MIKE21FM 以高级图形用户界面与高效的计算引擎的结合使其在世界范围内成为了水流模拟专业技术人员不可或缺的工具,在平面二维自由表面流数值模拟方面具有强大的功能。

(2) 基本原理

模型是基于三向不可压缩和 Reynolds 值均布的 Navier-Stokes 方程,并服从于 Boussinesq 假定和静水压力的假定。

平面二维水流连续方程为:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hs$$

平面二维水流的动量方程为:

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial\vartheta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\tau_{sx}}{p_0} - \frac{\tau_{bx}}{p_0} - \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \\
& \quad \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = f\bar{u}h - gh \frac{\partial \vartheta}{\partial y} - \frac{h}{p_0} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2p_0} \frac{\partial p}{\partial y} \\
& + \frac{\tau_{sy}}{p_0} - \frac{\tau_{by}}{p_0} - \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \\
& \quad h\bar{u} = \int_{-d}^{\vartheta} u dz \quad h\bar{v} = \int_{-d}^{\vartheta} v dz \\
& \quad T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right), \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}
\end{aligned}$$

式中：

x 、 y 、 z 、为空间笛卡尔坐标， t 为时间坐标；

η 为河底高程； d 为静水深，即基准面到底床的距离；

h 为总水深， $h=\eta+d$ ；

u 、 v 分别为 x 、 y 方向的流速分量；

\bar{u} 、 \bar{v} 为基于水深平均的流速；

g 为重力加速度；

ρ 为水的密度， ρ_0 为水的参考密度；

p_a 为大气压力；

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 为辐射应力张量各方向的分量；

S 为源项产生的流量，由点源进入周围水体的流速表示为 (u_s, v_s) ；

T_{ij} 为侧向应力项，包括粘滞摩擦、湍流摩擦、差异平流。这些量是根据沿水深平均的速度梯度用涡流粘性方程得出的。

4.7.1.2数值解法

(1) 空间离散

模型采用基于单元中心的有限体积法对二维浅水控制方程进行离散求解。

二维浅水方程组的通用公式表示为：

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{F}(\bar{u}) = \vec{S}(\bar{U})$$

式中： \vec{u} 为守恒物理矢量；

\vec{F} 为通量矢量；

\vec{S} 为源项。

笛卡尔坐标系下的二维浅水方程表示为：

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t} + \frac{\partial (\vec{F}_x^I - \vec{F}_x^V)}{\partial x} + \frac{\partial (\vec{F}_y^I - \vec{F}_y^V)}{\partial y} = \vec{S}$$

式中：上表 \mathbf{I} 和 \mathbf{V} 分别表示非粘性通量和粘性通量，各项分别如下：

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} h \\ h\bar{u} \\ h\bar{v} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F}_x^I = \begin{bmatrix} h\bar{u} \\ h\bar{u}^2 + \frac{1}{2}g(h^3 - d^3) \\ h\bar{u}\bar{v} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F}_x^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(2\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{F}_y^I = \begin{bmatrix} h\bar{v} \\ h\bar{u}\bar{v} \\ h\bar{v}^2 + \frac{1}{2}g(h^3 - d^3) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{F}_y^V = \begin{bmatrix} 0 \\ hA \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \\ hA \left(2\frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial x} + f\bar{v}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + h\bar{u}s_s \\ g\eta \frac{\partial d}{\partial y} + f\bar{u}h - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\tau_{xy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + h\bar{v}s_s \end{bmatrix}$$

运用 Gauss 定理对二维浅水方程公式进行积分，得到

$$\int_{A_i} \frac{\partial \vec{U}}{\partial t} d\Omega + \int_{\Gamma_i} (\vec{F} \cdot \vec{n}) ds = \int_{A_i} \vec{S}(\vec{u}) d\Omega$$

式中： A_i 为单元 Ω_i 的面积；

Ω_i 为定义在 A_i 上的积分变量；

Γ_i 为单元的边界；

ds 为边界上的积分变量；

\vec{n} 为边界上外法向的单位向量。

为检验第 i 个单元的积分结果，以单点积分准则评估式求得的面积

的积分，求积点位于单元的积点；以中点积分法计算边界积分，上式可以写成：

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{1}{A_i} \sum_j^{NS} \vec{F} \cdot \vec{bn} \Delta \Gamma_j = S_i$$

(2) 时间积分

时间积分的一般形式为：

$$\frac{\partial U}{\partial t} = G(U)$$

对于二维模拟,有低阶和高阶两种浅水方程的求解方法。

若采用一阶显式 Euler 法，则

$$U_{n+1} = U_n + \Delta t G(U_n)$$

式中 Δt 为时间步长。

若采用二阶 Runge-kutta 法，则

$$U_{n+1/2} = U_n + \frac{1}{2} \Delta t G(U_n)$$

$$U_{n+1} = U_n + \Delta t G(U_n)$$

4.7.1.3 边界条件处理

(1) 模型边界条件

边界是指陆地和水之间的边界，包括闭合边界和开边界两种。对于所有垂直于闭合边界的变量都设为 0。本报告考虑洪水淹没范围，陆地边界为河道两岸堤防，并给定两岸边界为非滑动边界，即： $u=0, v=0$ 。开边界是指可以应用边界条件（水位或流量等变化过程）的地方。

(2) 干湿边界

考虑超标准洪水下可能发生河道溢流，河岸两侧滩地将处于干湿边交替区，为保证模型计算的稳定性，设定干湿水深。当某一单元的水深小于湿水深时，在此单元上的水流计算会被相应调整。当水深小于干水深时，该网格单元将被冻结不再参与计算，直至重新被淹没为止，模型中基于淹没深度参数来判定某一网格单元是否处于淹没状态；当某

一网格单元处于淹没状态但水深小于湿水深时，模型中将在该网格点处不再进行动量方程的计算，仅计算连续方程。

各参数的默认设置为：

干水深 $h_{dry}=0.005\text{m}$ ，淹没水深 $h_{flood}=0.05\text{m}$ ，湿水深 $h_{wet}=0.1\text{m}$ 。

4.7.1.4 计算范围及资料选取

(1) 网格划分

二维模型计算区域为宜阳灵山段，以桥址上游 5km~桥址断面下游 2.94km 范围作为二维模型区域的进口和出口断面，计算长度为 7.94km。计算区域网格划分采用三角形网格，计算区域网格布置见下图。网格在各桥梁桥墩位置进行了局部加密，三角形边长 3~6m，最大面积不超过 30m²，其他位置网格边长约 10~25m，最大面积不超过 500m²。总节点数 20853，总网格数 40475。在计算时计算区域的上下游边界保持不变，两侧边界则根据计算单元干湿情况自动调整。

表 4.7-1 洛河灵龙大桥工程局部二维数学模型计算范围

大桥名称	所在河道	桥址断面河宽 (m)	桥址距计算上边界		桥址距计算下边界	
			距离 (m)	河宽倍比	距离 (m)	河宽倍比
洛河灵龙大桥	洛河	450	5000	10.67	2940	6.98

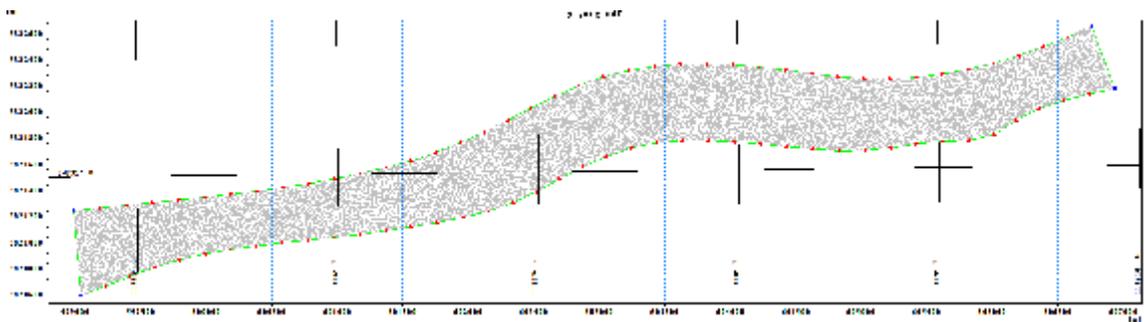


图 4.7-1 计算区域网格图

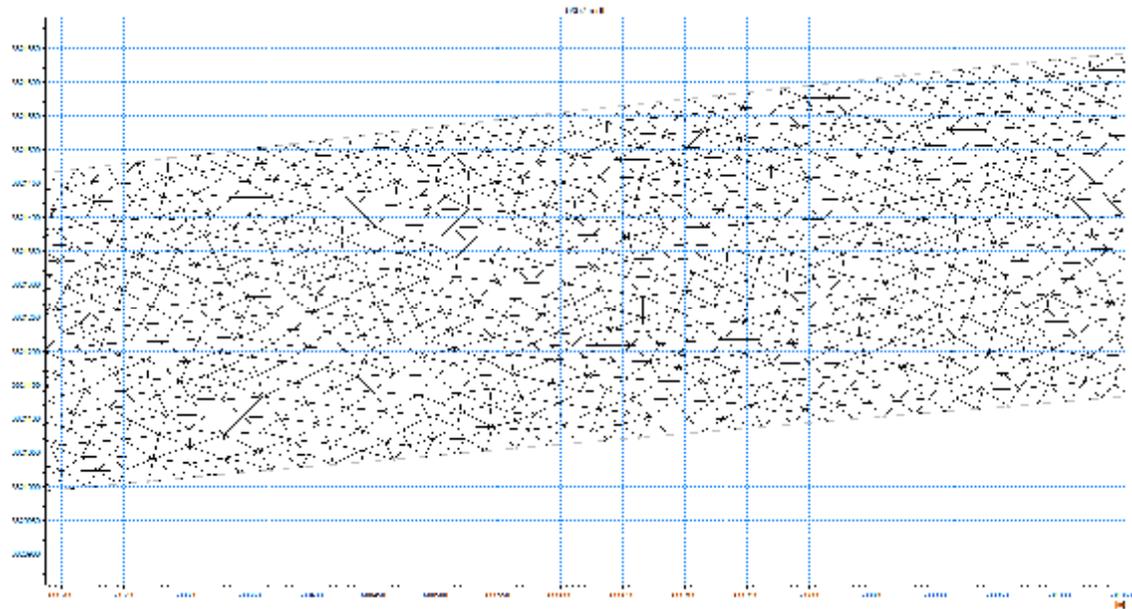


图 4.7-2 局部区域网格图

(2) 地形资料

本次计算采用测量高程数据并结合 1:10000 地形图经处理后得到计算区域地形。

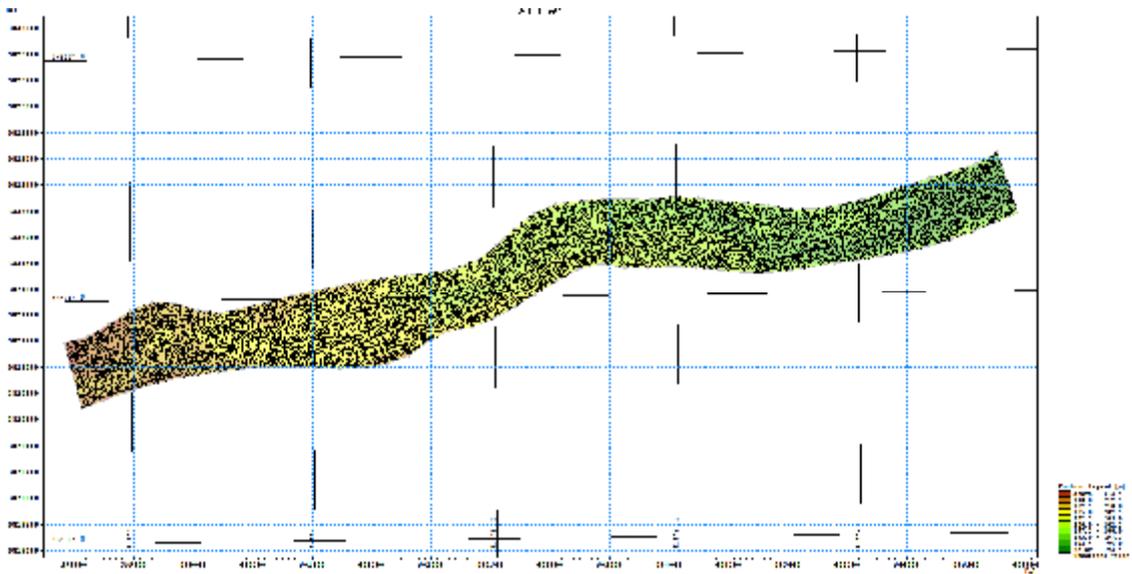


图 4.7-3 计算区域地形图

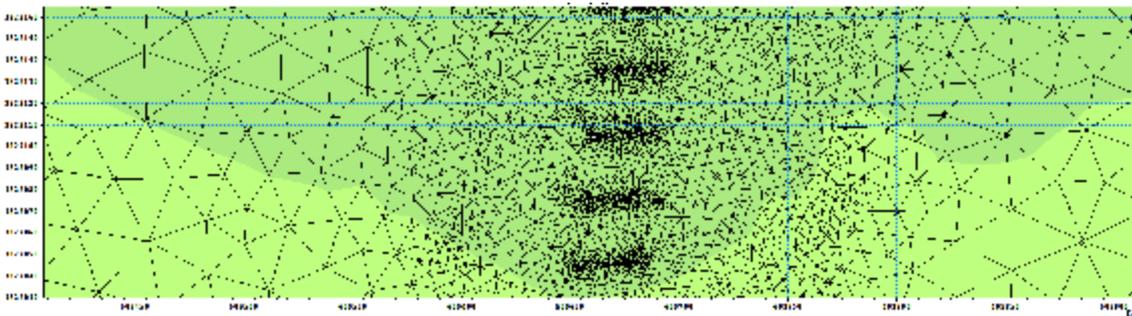


图 4.7-4 桥址区域地形图

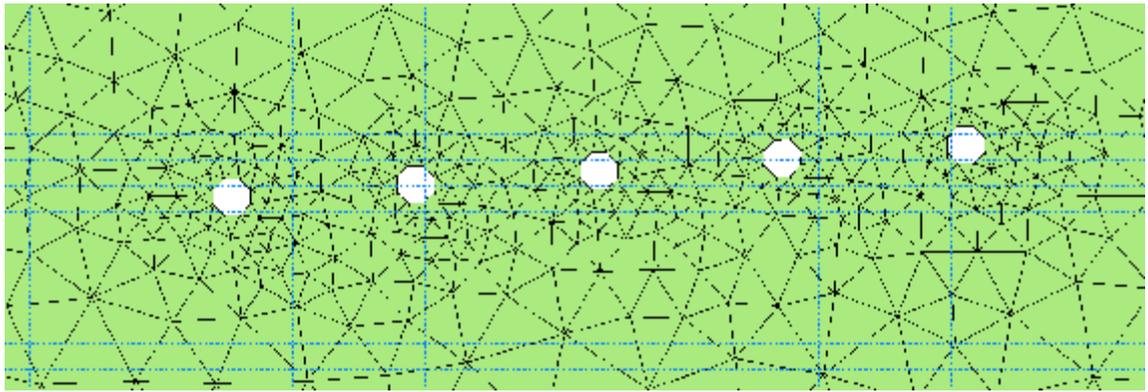


图 4.7-5 桥墩区域地形图

(3) 边界条件处理

模型计算中，上游给定流量、下游给定水位以确定模型计算的边界条件。桥梁所在洛河段两岸堤防现状设计防洪标准为 50 年一遇。故本次评价对 50 年一遇设计洪水进行二维数学计算，所对应的流量为 $5540\text{m}^3/\text{s}$ 。下游出口水位根据河道出口处地形，采用明渠均匀流公式计算出流，计算得 50 年一遇设计洪水时取值为 197.70m。

(4) 糙率选取

根据前述水面线计算，河道糙率取值为 0.033。

(4) 桥墩概化处理

在应用二维数值模型模拟时，常用的桥墩概化处理方法有 2 种：局部阻力修正法和直接模拟法。局部阻力修正法建立在等效阻力的基础上，对桥墩所在网格的糙率进行修正并相应抬高网格高程，将桥墩作为过水区域处理，这样的处理模式不必描述桥墩边界，可以减少计算网格数量，缩短计算时间，但桥墩所在位置及附近的流场则会失真，这便影响了计算结果的精度；直接模拟法采用加密网格，精确描述桥墩的边界并将其作为不透水区域处理，所得流场较为真实可靠。本报告根据桥梁的特点对桥墩采用直接模拟法，如上图 4.7-5 所示。

4.7.1.5 河道流速、流态变化

本报告采用一维数学模型对跨河桥梁工程进行模拟计算，再采用灵龙大桥工程局部河道平面二维数学模型进行桥梁工程的防洪影响计

算，既能模拟河道的水流运动，又能细致模拟桥梁工程的局部水流流态，并对桥梁工程进行防洪影响分析和评价。

由于平面二维数学模型计算成果数据量较大，为便于比较分析工程建设前、后引起的河道水动力条件的变化，在计算区域布置若干个流速采样点，采样点布置见下图，采样点的流速变化见下。同时为了形象、直观地反应工程建设后对流速、流向的影响，绘制了工程实施前后河道及桥址处二维流速、流向图（图 4.7-8~4.7-17）。



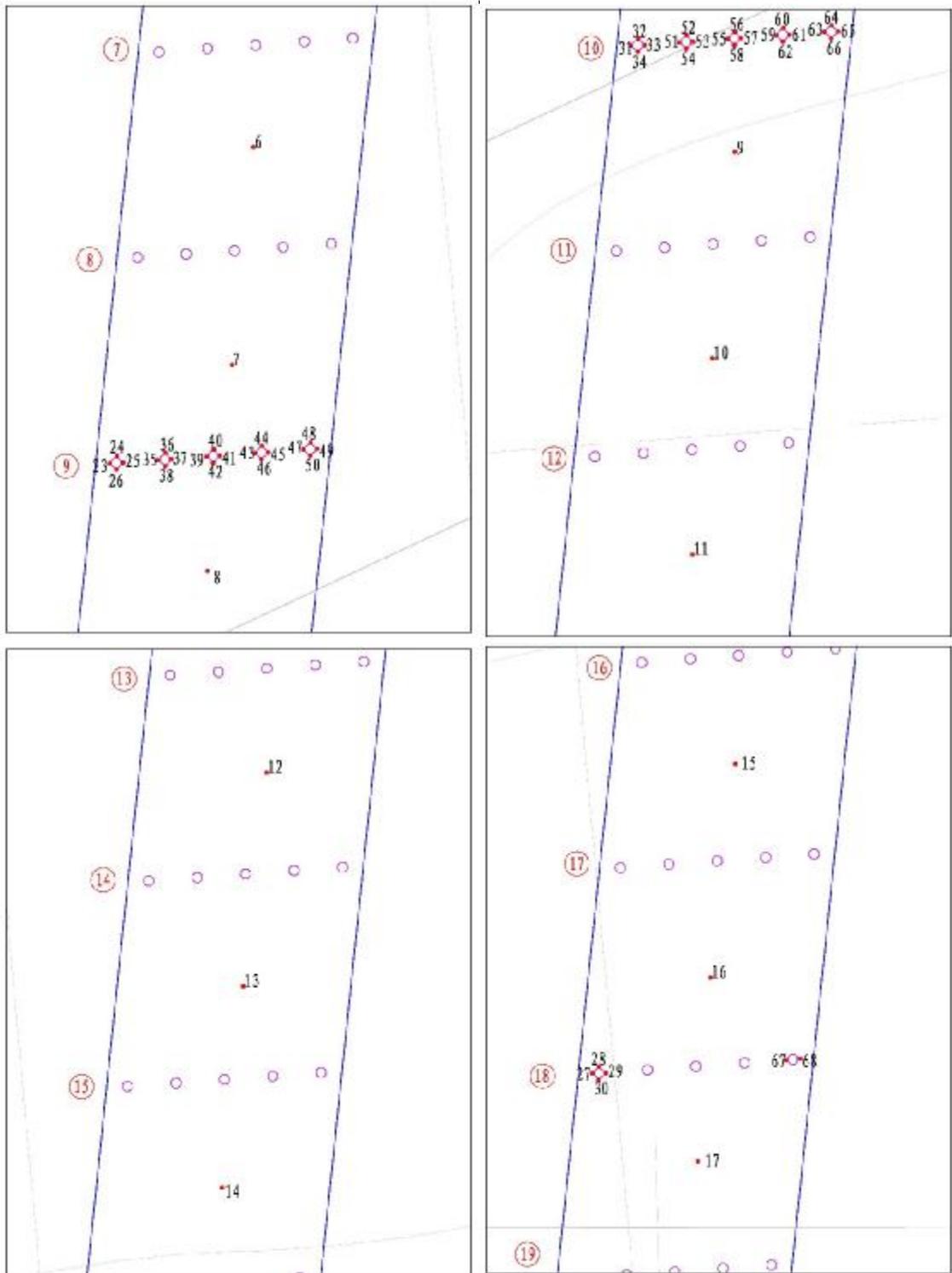


图 4.7-6 采样点位置

表 4.7-2

桥址处部分取样点成果表

采样点	工程前 (m/s)	工程后 (m/s)	流速变 率 (%)	采样点位置	采样点	工程前 (m/s)	工程后 (m/s)	流速变 率 (%)	采样点位置
0	2.46	1.20	-51.1%	桥墩前端	35	3.15	0.95	-69.8%	桥墩前端
1	2.41	0.72	-70.2%	桥墩后端	36	2.93	2.06	-29.6%	桥墩左端
2	3.04	3.43	12.6%	近堤防	37	2.93	0.54	-81.6%	桥墩后端
3	3.73	4.21	12.8%	桥墩中间	38	2.94	1.68	-42.9%	桥墩右端
4	3.74	4.12	10.3%		39	2.94	0.79	-73.1%	桥墩前端
5	3.35	3.44	2.7%		40	2.99	1.89	-36.8%	桥墩左端
6	3.06	3.20	4.7%		41	2.99	0.65	-78.3%	桥墩后端
7	2.96	3.13	5.6%		42	3.01	1.50	-50.1%	桥墩右端
8	3.01	3.51	16.5%		43	3.00	0.82	-72.7%	桥墩前端
9	3.14	3.62	15.2%		44	3.05	1.92	-37.1%	桥墩左端
10	3.12	3.51	12.5%		45	3.06	0.62	-79.7%	桥墩后端
11	2.79	3.02	8.0%		46	3.07	1.62	-47.2%	桥墩右端
12	2.28	2.31	1.1%		47	3.06	0.82	-73.2%	桥墩前端
13	1.24	1.35	8.9%		48	3.11	2.08	-33.2%	桥墩左端
14	1.02	1.11	8.8%		49	3.12	0.58	-81.4%	桥墩后端
15	1.8	1.92	6.7%		50	3.13	1.72	-45.1%	桥墩右端
16	2.31	2.38	3.0%		51	3.12	0.95	-69.6%	桥墩前端
17	1.91	2.01	5.2%	52	3.12	2.12	-31.9%	桥墩左端	
18	1.79	1.89	5.4%	近堤防	53	3.10	0.68	-78.1%	桥墩后端
19	2.14	0.69	-67.7%	桥墩前端	54	3.11	1.72	-44.7%	桥墩右端
20	2.14	1.84	-13.9%	桥墩后端	55	3.12	0.92	-70.5%	桥墩前端
21	2.48	2.02	-18.7%	桥墩右端	56	3.09	2.06	-33.3%	桥墩左端
22	2.38	1.26	-47.1%	桥墩左端	57	3.08	0.68	-77.9%	桥墩后端
23	2.95	0.71	-75.9%	桥墩前端	58	3.08	1.56	-49.4%	桥墩右端
24	2.94	1.38	-53.1%	桥墩左端	59	3.09	1.03	-66.7%	桥墩前端
25	2.94	0.68	-76.9%	桥墩后端	60	3.07	2.13	-30.7%	桥墩左端
26	2.95	1.85	-37.3%	桥墩右端	61	3.07	0.72	-76.6%	桥墩后端
27	2.39	0.66	-72.4%	桥墩前端	62	3.08	1.56	-49.4%	桥墩右端
28	2.40	1.42	-40.8%	桥墩左端	63	3.08	1.23	-60.0%	桥墩前端
29	2.38	0.62	-73.9%	桥墩后端	64	3.12	2.25	-27.9%	桥墩左端
30	2.37	1.31	-44.5%	桥墩右端	65	3.13	0.82	-73.8%	桥墩后端

采样点	工程前 (m/s)	工程后 (m/s)	流速变 率 (%)	采样点位置	采样点	工程前 (m/s)	工程后 (m/s)	流速变 率 (%)	采样点位置
31	3.14	1.42	-54.8%	桥墩前端	66	3.13	1.82	-41.8%	桥墩右端
32	3.13	1.85	-40.9%	桥墩左端	67	2.58	0.72	-72.1%	桥墩前端
33	3.13	1.25	-60.1%	桥墩后端	68	2.08	0.48	-76.9%	桥墩后端
34	3.12	2.35	-24.7%	桥墩右端					

表 4.7-3 建桥前后洛河各断面流速成果表

序号	桩号	建桥前 (m/s)	建桥后 (m/s)	速度变率 (%)	备注
1	0+000	3.10	3.12	0.6	
2	0+200	3.26	3.33	2.1	
3	0+400	2.85	2.86	0.4	
4	0+600	2.98	3.01	1.0	
5	0+800	3.40	3.41	0.3	
6	1+000	2.85	2.79	-2.1	
7	1+075	2.89	2.84	-1.7	
8	1+125	2.98	2.95	-1.0	
9	1+200	2.97	2.95	-0.7	
10	1+400	2.69	2.68	-0.4	
11	1+600	3.44	3.41	-0.9	
12	1+800	3.37	3.36	-0.3	
13	2+000	3.89	3.86	-0.8	
14	2+200	2.88	2.9	0.7	
15	2+400	2.81	2.88	2.5	
16	2+600	3.77	3.94	4.5	
17	2+800	3.61	3.86	6.9	
18	3+000	3.59	3.99	11.1	
19	3+200	3.21	3.21	0.0	
20	3+400	3.14	2.86	-8.9	
21	3+600	3.22	2.71	-15.8	
22	3+707	3.69	3.62	-1.9	
23	3+748	3.42	4.24	24.0	灵龙大桥
24	3+843	2.82	3.21	13.8	
25	4+000	3.06	3.12	2.0	
26	4+200	2.22	2.25	1.4	

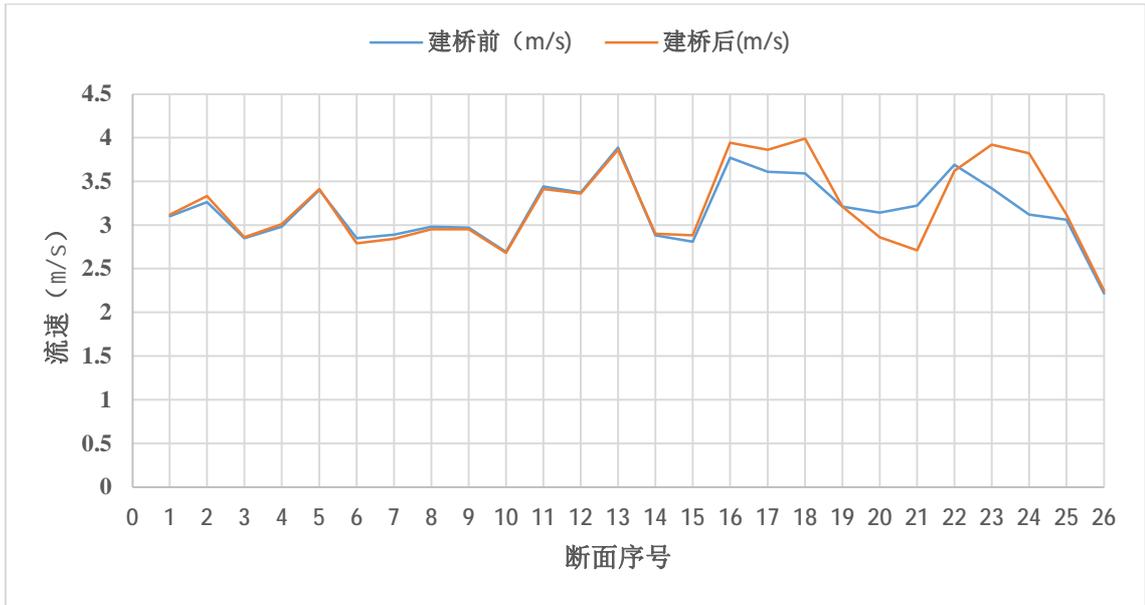


图 4.7-7 工程实施前后河道不同断面流速对比图

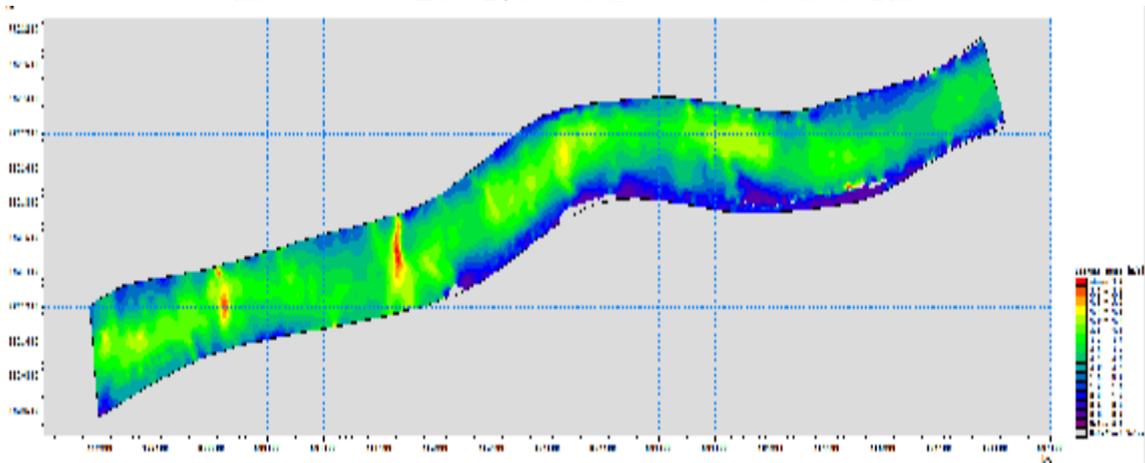


图 4.7-8 工程实施前河道二维流速图

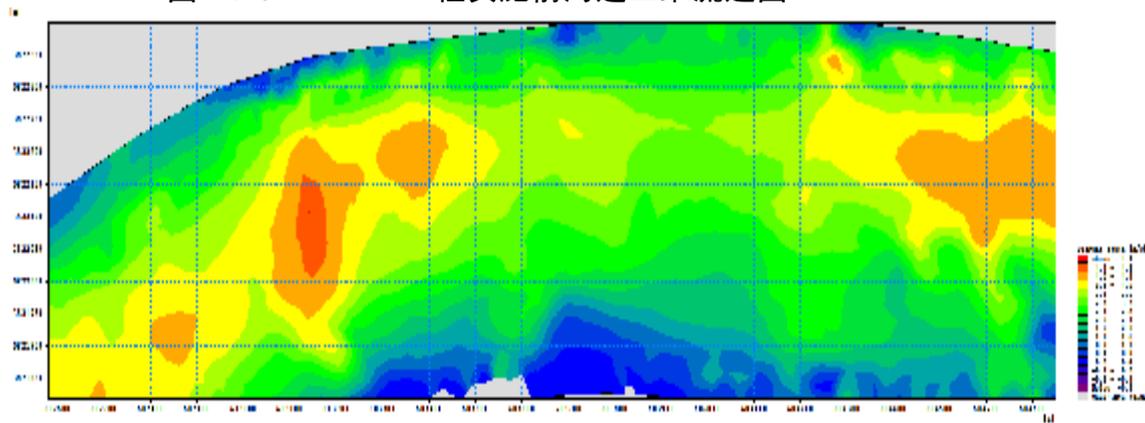


图 4.7-9 工程实施前桥址处河段二维流速图

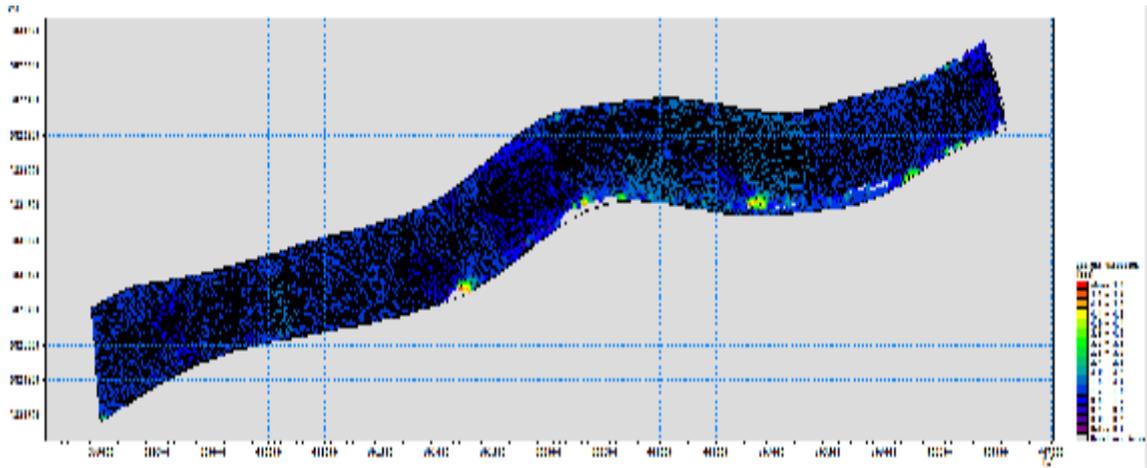


图 4.7-10 工程实施前河道二维流向图

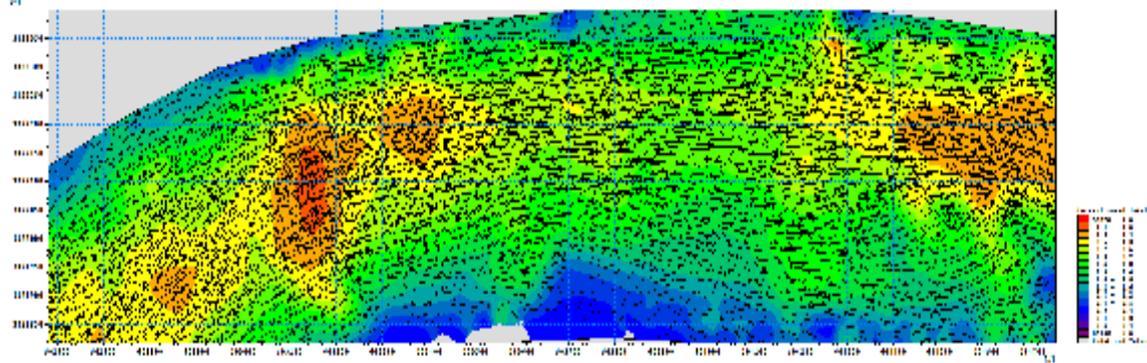


图 4.7-11 工程实施前桥址处河段二维流向图

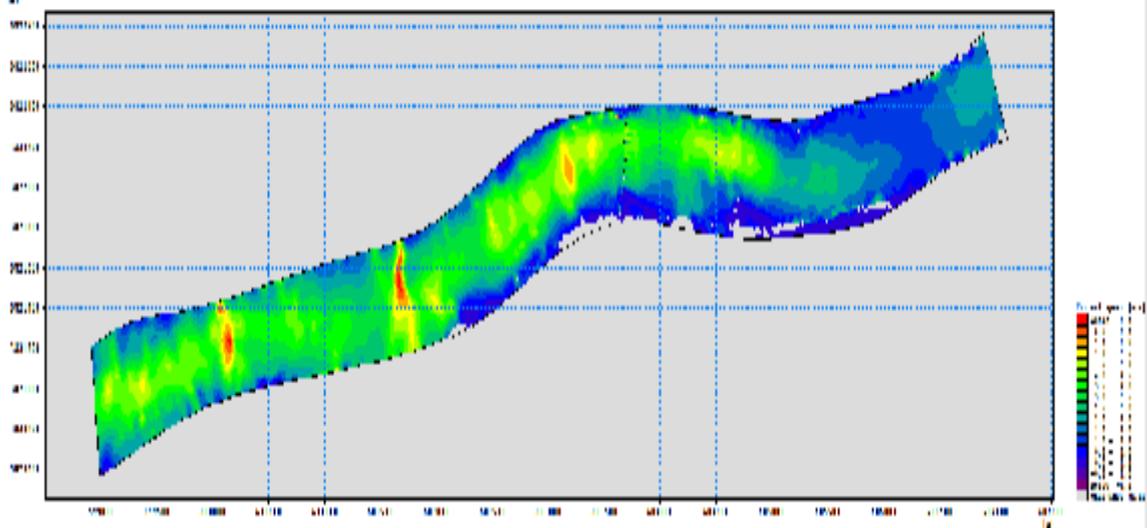


图 4.7-12 工程实施后河道二维流速图

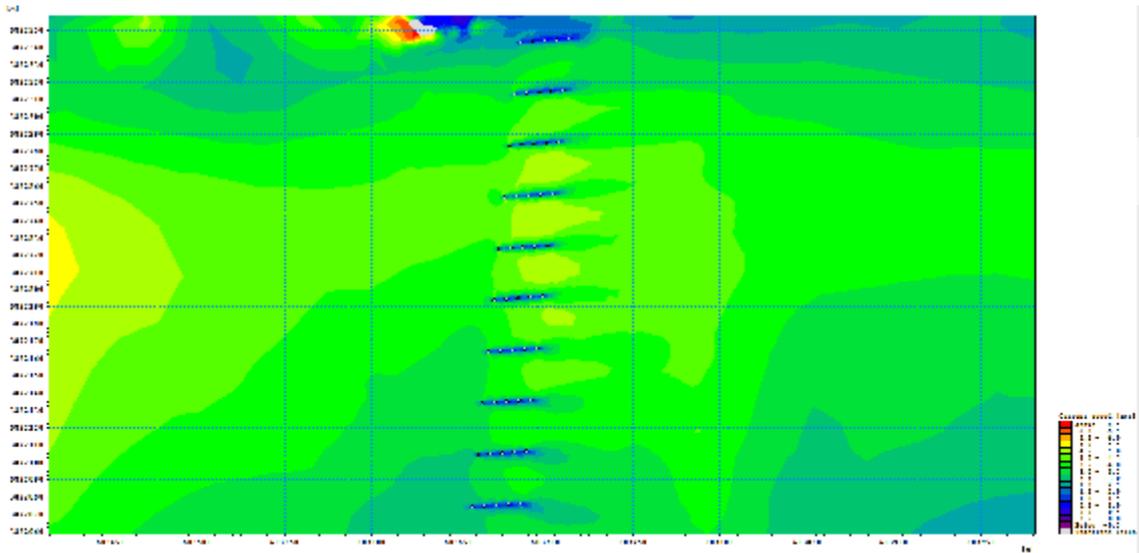


图 4.7-13 工程实施后桥址处河道二维流速图

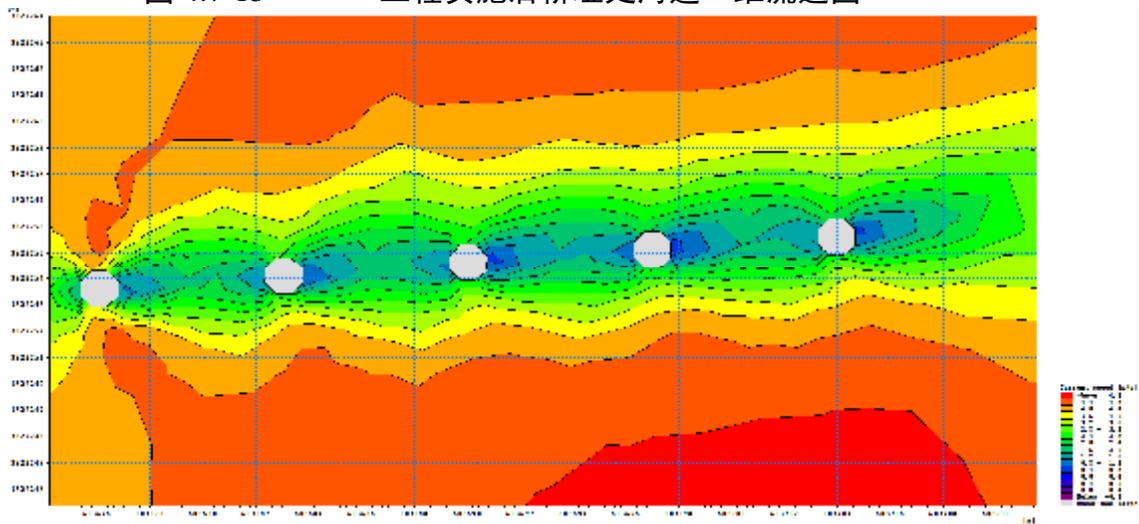


图 4.7-14 工程实施后桥墩处河道二维流速图

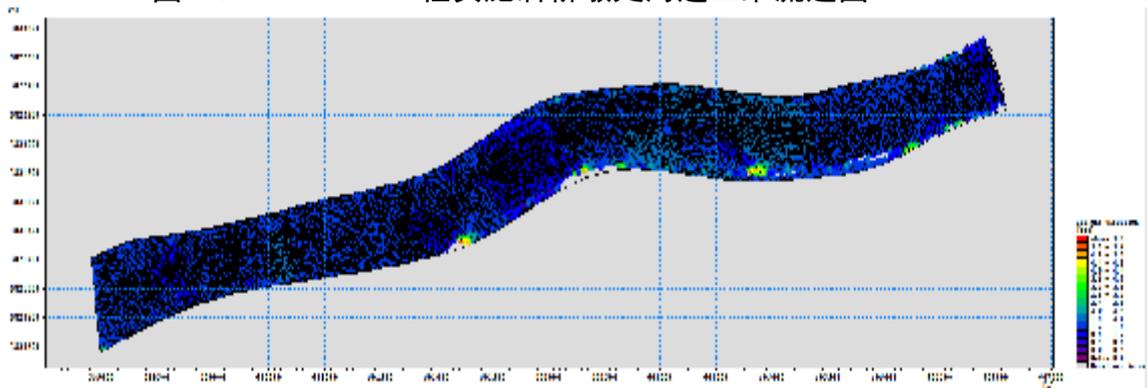


图 4.7-15 工程实施后河道二维流向图

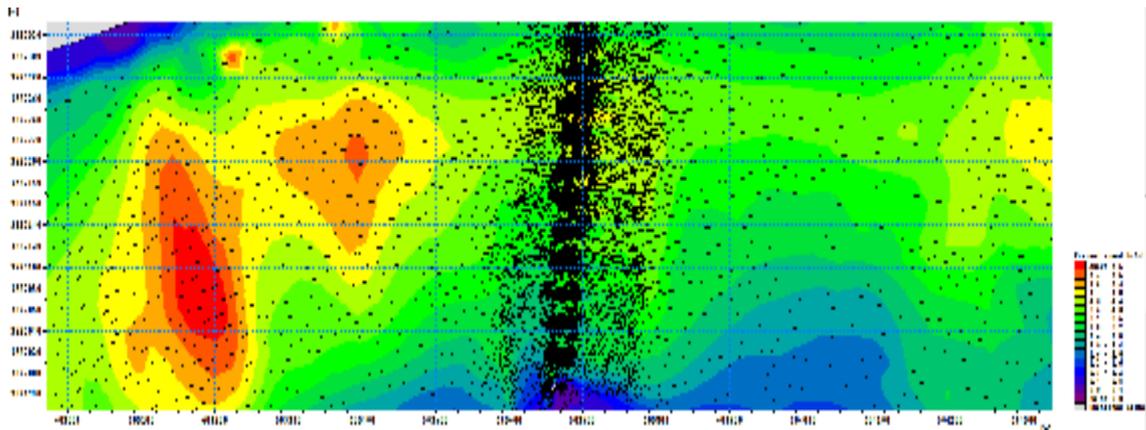


图 4.7-16 工程实施后桥址处河道二维流向图

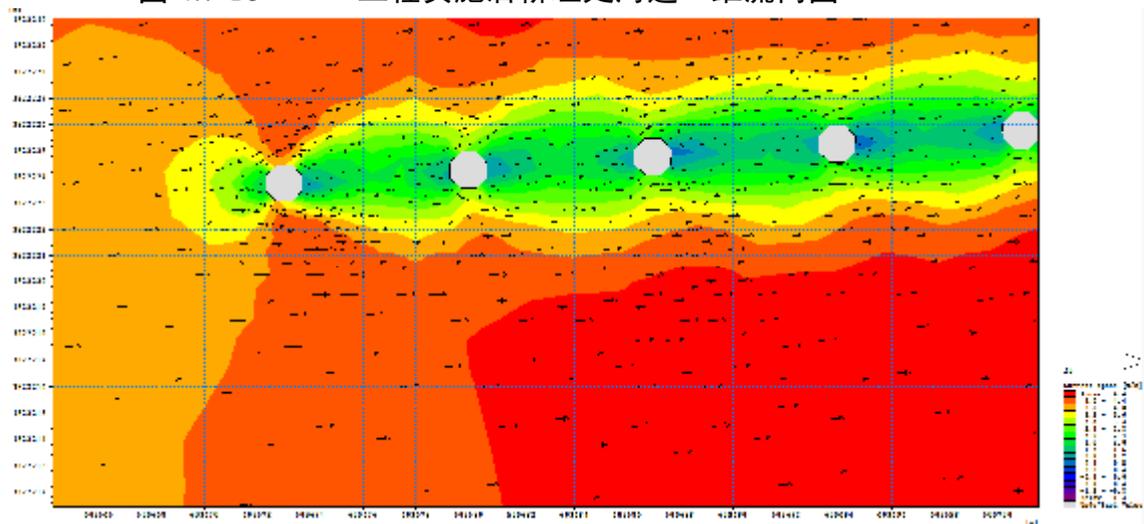


图 4.7-17 工程实施后桥墩河道二维流向图

从以上图表可见，河道流速、流态变化主要集中在：

(1) 由于桥墩导致桥址处过水面积减小，对水流产生收束。由上图表可以看出桥墩之间的采样点(2~17)流速有所增加，但流速变率较小。

(2) 近岸水流变化较小。2#、18#采样点位于 3#桥墩与堤防之间，均为接近岸坡处，其流态变化可以反映建桥前后近岸水流流速的变化情况，该两点建桥后流速变率分别为 12.6%和 5.4%，流速变化较小，对岸边堤防的影响较小。

(3) 受桥墩的阻水影响，桥墩近区附近局部产生绕流和回流（图 4.6-17），桥墩附近流速明显减小，其中桥墩头部及尾部流速变化最大。以 9#桥墩为例，采样点为 23~26、35~50。表 4.6-2 可以看出，桥墩周围流速均减小，变化最大的是由建桥前的 3.12m/s 减小到建桥后的

0.58m/s，变化速率为 81.4%。

(4) 由工程实施前后河道不同断面流速对比图表可以看出，桥梁工程的建设对河段桩号 3+600~3+843 段流速有所影响，但影响较小，其中桥址处平均流速由建桥前的 3.42m/s 增加至建桥后的 3.92m/s。桩号 0+000~3+600 及桩号 3+843 以下河段，工程对其流态基本无影响。

由此可见，灵龙大桥建设后，洛河整体流态平顺，流速变化区域主要局限在桥址附近，影响范围及幅度有限，流速变化明显区域仅桥墩墩头及尾部，其余部位影响较小。因而灵龙大桥工程对工程所在河道整体流速、流态影响不大。

4.7.2 动力轴线的变化

灵龙大桥修建完成后，工程附近河段断面平均流速与现状河段断面相比发生了变化，这种变化一定程度上反映了工程修建前后，工程河段水流的变化情况。

灵龙大桥工程修建完成后，工程上下游河段洪水河势基本与现状一致，整体保持原有态势。修建灵龙大桥工程对洪水期河道过流能力影响较小，工程河段河道水流动力轴线基本不变。

4.7.3 滩槽和岸线变化

灵龙大桥工程设计方案基本没有改变河道岸线布置，原河道断面宽度未出现缩窄，施工过程中造成的岸线破坏，在灵龙大桥施工完成后，对其进行了一定的修复。

5 防洪综合评价

5.1与现有水利规划的关系及影响分析

灵龙大桥位于宜阳县洛河干流河段，与水利规划有关的是《伊洛河中下游防洪规划》（2011年6月），本项目建设不影响该规划的实施。

5.2是否满足现有防洪标准、有关技术和管理要求

5.2.1是否满足现有防洪标准

《伊洛河中下游防洪规划》在5~10年的时间内，通过对治理范围内伊洛河各河段的堤防工程建设、险工改建加固、河道疏浚、支沟口和入黄口治理，初步实现伊、洛河洛阳市区段和洛阳新区段堤防达到防御100年一遇洪水标准；伊河、洛河及伊洛河各县城区段及夹滩以下达到防御50年一遇洪水标准，其余堤段达到防御20年一遇洪水标准。

灵龙大桥跨越洛河段位于宜阳中心城区，河道防洪标准50年一遇，灵龙大桥设计防洪标准为100年一遇，桥梁主体结构设计为100年。大桥建成后，经复核壅水后各断面水位高程仍低于现状河道左右岸高程，满足洛河河道防洪标准。河道桥址断面100年一遇工程洪水位204.99m，灵龙大桥桥板底最低高程210.41m，梁下净空5.42m，河道内建设项目对河道防洪标准基本无影响，满足现有防洪标准。

5.2.2是否满足有关技术和管理要求

灵龙大桥桥梁长为636m，桥梁桥墩大部分在河道内属河道管理范围内，占用河道行洪过流面积，局部增大了水流阻挡，壅高行洪水位。桥址断面50年一遇水位高度204.66m，堤防安全加高为0.8m（不允许越浪），桥址处堤防高程为206.11m（左堤防）、206.65m（右堤防），高于建桥后桥址断面处50年一遇水位高度，满足防洪要求。

通过对灵龙大桥上下游河段河道边坡的防护，有利于岸坡的稳定

及行洪畅通，符合河道防洪要求。

5.3 工程建设对行洪安全的影响

由于工程实施改变了原有河道断面有效过水面积和局部河道边界条件，河道水位随之出现调整。工程对河道水位的影响主要表现为：桥轴线上游水位略有壅高；桥墩局部水位变化相对明显，然后向桥墩上、下游和两侧逐渐减小；流量越大，水位变化幅度也越大。

5.4 工程建设对河势稳定的影响

根据工程建设前后的水面线推算，宜阳灵龙大桥项目实施后，河道整理流态和影响局部流态变化趋势基本一致，工程建设前后各代表断面垂线流速也无大的变化。工程建设后，对河势稳定影响较小。

根据冲刷计算结果，100年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.85m，桥墩附近主河槽局部冲刷深度为 2.28m，因此主河槽最大冲刷深度为 3.13m。

50年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.36m，局部冲刷深度为 2.10m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.46m。

20年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.21m，局部冲刷深度为 1.90m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.11m。

主河槽最大冲刷深度为 3.13m。现状桥址处桩顶埋置深度为 3.31m 超过最大冲刷深度。因此工程建设对河势稳定影响不大。

5.5 工程建设对现有水利工程与设施的影响分析

由于宜阳灵龙大桥壅水较小，回水长度 20.44m，而灵龙大桥上游

现有水利工程仅有一座橡胶坝，并且距离灵龙大桥 1700m，在灵龙大桥壅水回水范围以外，因此灵龙大桥上游橡胶坝工程正常使用不会造成影响。

根据《堤防工程设计规范》规定：“桥梁、渡槽、管道等跨堤建筑物、构筑物，其支墩不应布置在堤身设计断面以内。当需要布置在堤身背水坡时，必须满足堤身设计抗滑和渗流稳定的要求。”

(1) 近堤桥墩与堤防的关系

灵龙大桥跨越洛河左岸堤防时采用 30m 跨度，河道内近堤桥墩（4#）承台边缘距堤脚约 19.80m，桥底板（211.57m）与堤顶（206.11m）间净空为 5.46m。

灵龙大桥跨越洛河右岸堤防时采用 30m 跨度，河道内近堤桥墩（17#）承台边缘距堤脚约 15.30m，桥底板（212.28m）与堤顶（206.65m）间净空为 5.63m。

(2) 堤防渗流稳定分析

对于灵龙大桥桥址河段堤防，建设前最大水力坡降为 0.256，建设后最大水力坡降为 0.304，均位于堤防溢出段，小于其允许渗透坡降 0.35。堤防在桥墩修建后满足渗透稳定性要求。

(3) 堤防抗滑稳定分析

正常运行条件时，洛河项目区堤防临水侧及背水侧安全系数（1.73、1.81）均大于规范允许值 1.25；非常条件时，两种工况（施工期的临水侧岸坡、稳定渗流期临水侧岸坡（地震））下的堤防临水侧及背水侧安全系数均规范允许值（1.15、1.05）。即灵龙大桥桥址河段堤防岸坡满足抗滑稳定性要求。

5.6运行期对防汛抢险的影响分析

防汛期间，要组织好人员对河道水情和边坡状况进行实时监测，对

于沿岸居民生命和财产安全有威胁的洪水险情，要及时通过电台、电视台、长鸣警报等现代通讯手段，告知相关人员采取防范措施。另外要充分做好抢险预案与抢险组织，要对工程河段被破坏的边坡进行及时维修和加固，对工程河段防洪工程可能出现的险情做好抢险的各种人、财、物的准备。对工程河段防洪工程应实行岗位责任制，分段落实抢险任务。

项目区河道现状有堤防，因而利用现有建设交通道路作为防汛道路。灵龙大桥建设工程所在灵山大道和 S323 为宜阳县区北部重要的东西向主干道，现状已经通车。且滨河南路也滨河北路与桥底高差大于 5m，不影响防汛车辆的通行。因而工程建成后对本河段防汛抢险是有利的。

项目的建设有助于疏通两岸的交通，便于抢险人员及物资的通行，对区域防洪抢险有利。建议工程建设单位和河道管理部门、橡胶坝管理部门等密切联系，建立和完善一套工程施工过程中和运行过程中的防洪抢险应急预案，为工程的安全提供保障。

5.7 建设项目防御洪涝的设防标准与措施分析

1、防御洪涝标准

宜阳县区段河道洪水标准应达到 50 年一遇。灵龙大桥设计洪水标准为 100 年一遇，大于该段河道设计洪水标准。

2、防御洪涝措施

(1) 严格落实各项防汛责任制，实行分工防守责任制，且落实到单位；

(2) 组建群众防汛抢险队伍，加强技术培训，提高实战能力；

(3) 落实防汛抢险料物和工具；

(4) 对工程进行细致的检查，针对可能出现的险情，制定抢险预

案；

(5) 汛期加强防汛值班，随时掌握天气变化趋势、雨情、汛情和工程运行情况，出现汛情要随时组织抗洪抢险。

5.8 工程建设对第三人合法权益的影响

灵龙大桥工程建设完成后，灵龙大桥上游水位有所壅高，但壅高水位较小，影响范围也较小；下游水位基本不变。主流（水流动力轴线）与河势也基本保持原有状态，因此灵龙大桥工程的建设对河道沿岸工程没有影响。

在 100 年一遇防洪标准下，汛期灵龙大桥上游回水长度为 20.44m，灵龙大桥上游 1700m 的橡胶坝工程基本不受灵龙大桥工程建设的影响。

桥面排水采用引管排水，桥梁每跨均设置泄水孔，并在 1#、2#、19#和 20#墩处设置 PVC 泄水管，接入道路排水系统，未直排入河。

综上所述，灵龙大桥工程建设不影响第三方合法权益。

6 工程影响防治及补救措施

6.1 保护河岸环境的补救措施

施工结束后及时对施工现场进行了清理,清除废渣,避免对河道水质及周边环境产生污染;对岸边开挖、道路修建等毁坏的河道内生物防护和地表植被进行了修复。

6.2 保护河岸稳定的补救措施

工程的建设和运行后桥墩附近的冲刷可能会对河道两岸岸坡稳定造成影响,建设期已对桥轴线上下游一定范围的岸坡进行了防护。灵龙大桥建成后,受桥梁布置的约束,水流会对岸坡有一定冲刷,但总体无影响。

7 结论与建议

7.1 结论

灵龙大桥工程是连接 S323 和灵山大道一条重要枢纽，是宜阳县一项重要的民生工程，桥梁建设将进一步完善宜阳县城城市路网，推动城市化的进程，对于促进全市经济和社会的发展具有重要意义；通过对桥梁跨河交叉断面附近的水文分析、河势演变分析，以及现有水利工程等情况的综合分析得出以下结论。

7.1.1 建设项目与有关水利规划及影响分析结论

宜阳县灵龙大桥桥址建设影响范围内近期没有相关的水利规划及实施安排。

7.1.2 建设项目对河道防洪标准和管理的影响评价结论

灵龙大桥桥梁设计洪水频率为 100 年一遇。根据前述分析，桥梁设计洪水标准满足河道防洪标准和河道管理要求。

7.1.3 河道演变规律、行洪安全及河势稳定性的分析结论

根据冲刷计算结果，100 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.85m，桥墩附近主河槽局部冲刷深度为 2.28m，因此主河槽最大冲刷深度为 3.13m。

50 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.36m，局部冲刷深度为 2.10m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.46m。

20 年一遇设计洪水下，灵龙大桥桥位处水位低于滩地高程，桥墩附近主河槽一般冲刷深度为 0.21m，局部冲刷深度为 1.90m，因此主河槽最大冲刷深度为 2.11m。

主河槽最大冲刷深度为 3.13m。现状桥址处桩顶埋置深度为 3.31m

超过最大冲刷深度。因此工程建设对河势稳定影响不大。

7.1.4 建设项目对现有水利及其他设施的影响评价结论

由于宜阳灵龙大桥壅水较小，回水长度 20.44m，而灵龙大桥上游现有水利工程仅有一座橡胶坝，并且距离灵龙大桥 1700m，在灵龙大桥壅水回水范围以外，因此灵龙大桥橡胶坝工程正常使用不会造成影响；另外在其壅水影响范围内无其他水利设施。

对于灵龙大桥桥址河段堤防，建设前后水力坡降均位小于其允许渗透坡降 0.35，堤防在桥墩修建后满足渗透稳定性要求。不同工况下，灵龙大桥桥址河段堤防临水侧及背水侧安全系数均大于规范允许值，即灵龙大桥桥址河段堤防岸坡满足抗滑稳定性要求。

7.1.5 建设项目对防汛抢险的影响评价结论

项目区河道现状有堤防，因而利用现有建设交通道路作为防汛道路。灵龙大桥建设工程所在灵山大道和 S323 为宜阳县区北部重要的东西向主干道，现状已经通车。且滨河南路也滨河北路与桥底高差大于 5m，不影响防汛车辆的通行。因而工程建成后对本河段防汛抢险是有利的。

7.2 建议

(1) 运行期间河道内废弃物、漂浮物等应及时进行清除转运，按设计河底高程恢复河道行洪断面，保持河道畅通。

(2) 汛期内下游橡胶坝应及时塌坝，使河道顺畅泄洪。

(3) 其它未尽事宜，请参照《中华人民共和国防洪法》、《中华人民共和国河道管理条例》等有关法律法规严格执行。

宜阳县发展和改革委员会文件

宜发改〔2015〕12号

关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程 实施方案的批复

宜阳县交通运输局：

你单位《关于上报 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程实施方案的请示》（宜交〔2015〕19号）收悉。经研究，现批复如下：

一、为实现区域经济发展战略目标，促进宜阳社会经济建设及城市建设发展和道路交通发展，拉大城市区框架，方便群众出行，缓解城区交通压力。同意县交通运输局委托宜阳县工程咨询中心编制的《S323 八官线洛河大桥危桥改造工程实施方案》。

二、建设地点、建设规模和主要建设内容。S323 八官线洛河大桥危桥改造工程，新桥起点位于宜阳县香鹿山镇龙王村

(S323省道与S318省道交叉口处),向南跨洛河,终点止于S319安虎线锦屏镇八里堂村处。项目全长1.817公里,其中桥长0.636公里,引线长1.181公里,道路等级为二级公路,设计速度为80Km/h。路基主要指标:路基宽25米,行车道宽15米,左右人行道宽各5米,路面结构为细粒式沥青混凝土(AC-13)+中粒式沥青混凝土(AC-16)+18cm水泥稳定碎石+18cm水泥稳定碎石+20cm水泥稳定砂砾。桥梁主要技术标准:新建桥梁采用21-30米预应力钢筋混凝土箱梁桥,中心桩号为K1+132.858,路水交角为80°,桥梁上部结构采用预应力钢筋混凝土箱梁,桥台采用肋板式桥台,桥墩采用柱式墩,钻孔灌注桩基础。桥梁全宽为22米,桥面净宽为15米,两侧各3.5米人行道。

三、投资估算和工期安排。该项目估算投资11263.4万元,平均每公里造价6198.9万元。建设工期安排为2015年12月至2017年5月,工期18个月。项目业主单位宜阳县公路管理局,

四、项目建设单位应按照国家招投标管理相关要求,尽快委托有资质的中介机构代理实施公开招标。

请据此开展下一步工作。依据程序相关工作要报有关部门备案。争取项目早日开工见效。

2015年3月20日



宜阳县发展和改革委员会办公室

2015年3月20日印发

宜阳县交通运输局文件

宜交〔2015〕66号

宜阳县交通运输局 关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程施工 图纸设计的批复

宜阳县公路管理局：

宜阳县公路管理局“关于呈报 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程施工图纸设计的请示”（宜公路办〔2015〕63号）已收悉，根据《宜阳县发展和改革委员会关于 S323 八官线洛河大桥危桥改造工程实施方案的批复》（宜发改〔2015〕12号）精神，结合局审查意见，经评审，现批复如下：

一、路线走向及建设规模

拟建项目起点位于宜阳县香鹿山镇龙王村（S323 省道与 S348 省道交叉口处），向南跨洛河，终点止于 S319 安虎线锦屏

镇八里堂村外。本项目全长 1.817 公里，其中桥长 0.636 公里，引线长 1.181 公里，道路等级为二级公路，设计速度为 80Km/h。

二、主要工程技术指标

(一)路基宽度：路基宽 25 米，行车道宽 15 米，左右人行道宽各 5 米，道路等级为二级公路标准，设计速度 80Km/h。

(二)桥涵宽度：新建桥梁全宽为 22 米，桥面净宽为 15 米，两侧各 3.5 米人行道；涵洞与路基同宽。荷载等级：公路-I 级；设计洪水频率：桥梁百年一遇，涵洞五十年一遇。地震烈度：抗震设防烈度为 7 度，地震动峰值加速度 0.05g。

(三)路面设计标准轴载采用 BZZ-100，沥青混凝土路面设计使用年限为 12 年。

三、建设方案

(一)路面建设方案：新建路面结构，采用 4cm 细粒式沥青混凝土 (AC-13)+6cm 中粒式沥青混凝土 (AC-16)+18cm 水泥稳定碎石+18cm 水泥稳定碎石+20cm 水泥稳定砂砾。

(二)桥梁建设方案：新建桥梁采用 21-30 米预应力钢筋混凝土箱梁桥，中心桩号为 K1+132.858，路水交角为 80 度，桥梁上部结构采用预应力钢筋混凝土箱梁，桥台采用肋板式桥台，桥墩采用柱式墩，钻孔灌注桩基础。

四、主要工程数量

主线挖方 249 立方米，填方 51.1 万立方米，沥青混凝土路面面积 17.48 千平方米；新建大桥 636 米/1 座，小桥 16.02 米/1 座，涵洞 196.3 米/5 道；平面交叉 2 处；通道 32.58 米/1 座。

五、工程预算

根据交通运输部颁发的《公路工程基本建设项目概算预算编制办法》及河南省有关文件规定，经审查，该项目工程预算核定为 10292.5 万元，平均每公里造价 5664.6 万元，其中建筑安装工程费 8570.7 万元。

请依据此批复，抓紧开展下阶段工作，尽早开工建设。

附件：总预算表

2015年7月20日



宜阳县交通运输局办公室

2015年7月20日印发

宜阳县发展和改革委员会文件

宜发改〔2016〕160号

宜阳县发展和改革委员会 关于宜阳县灵龙洛河大桥景观工程可行性研究报告 报告的批复

宜阳县交通运输局：

你单位《关于上报灵龙洛河大桥景观工程可行性研究报告的请示》（宜交〔2016〕147号）已收悉。根据县长办公会议纪要（〔2016〕39号），及原灵龙大桥工程县国土、规划、环保部相关批文，经研究，现批复如下：

一、为完善我县环城快速路网建设，适应未来城市交通发展，提升我县城市形象，展现我县城市风采，促进我县经济社会发展，加快城市建设和土地开发。同意县交通运输局上报的《宜阳县灵

龙洛河大桥景观工程可行性研究报告》。

二、建设规模、建设地点。原灵龙洛河大桥起于宜阳县香鹿山镇龙王村（S323省道与S318省道交叉口处），向南跨洛河，终点止于S319安虎线锦屏镇八里堂村外。本项目在原灵龙洛河大桥基础上，桥梁左右两侧各加宽5.66米，新增桥梁面积7199.52平方米，在原桥11号桥墩外侧增设64.7米高的装饰性斜拉桥主塔一座。

三、投资估算和工期安排。该项目估算总投资为4542.2191万元。建设工期安排为2016年10月至2017年9月，工期12个月。项目业主为宜阳县交通运输局。

四、项目建设单位应按照国家招投标管理相关要求，尽快委托有资质的中介机构代理实施公开招标。

请据此开展下一步工作。编制项目初步设计、工程施工图设计。依据程序相关工作要报有关部门备案。争取项目早日开工见效。

2016年10月10日

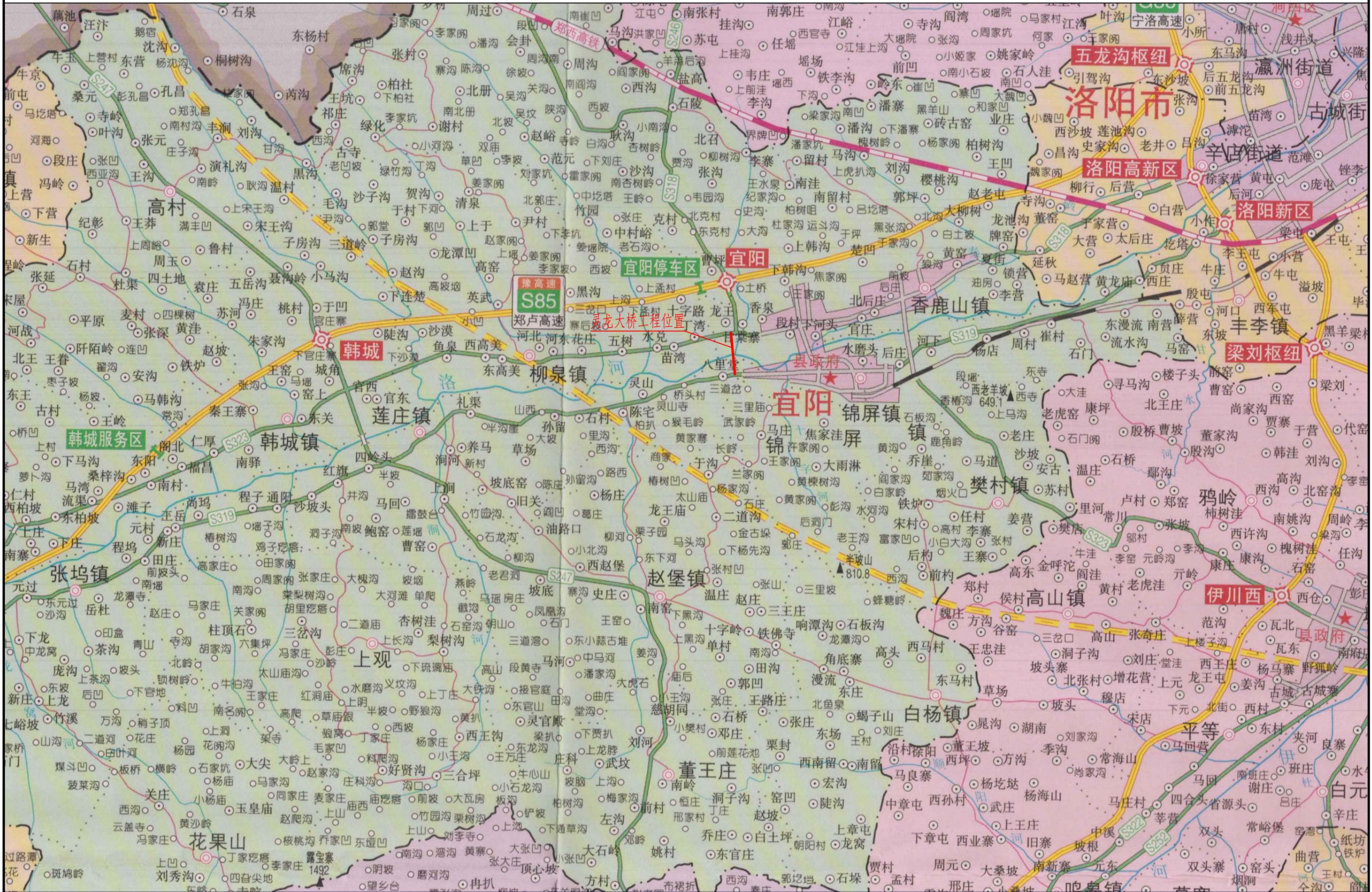


宜阳县发展和改革委员会办公室

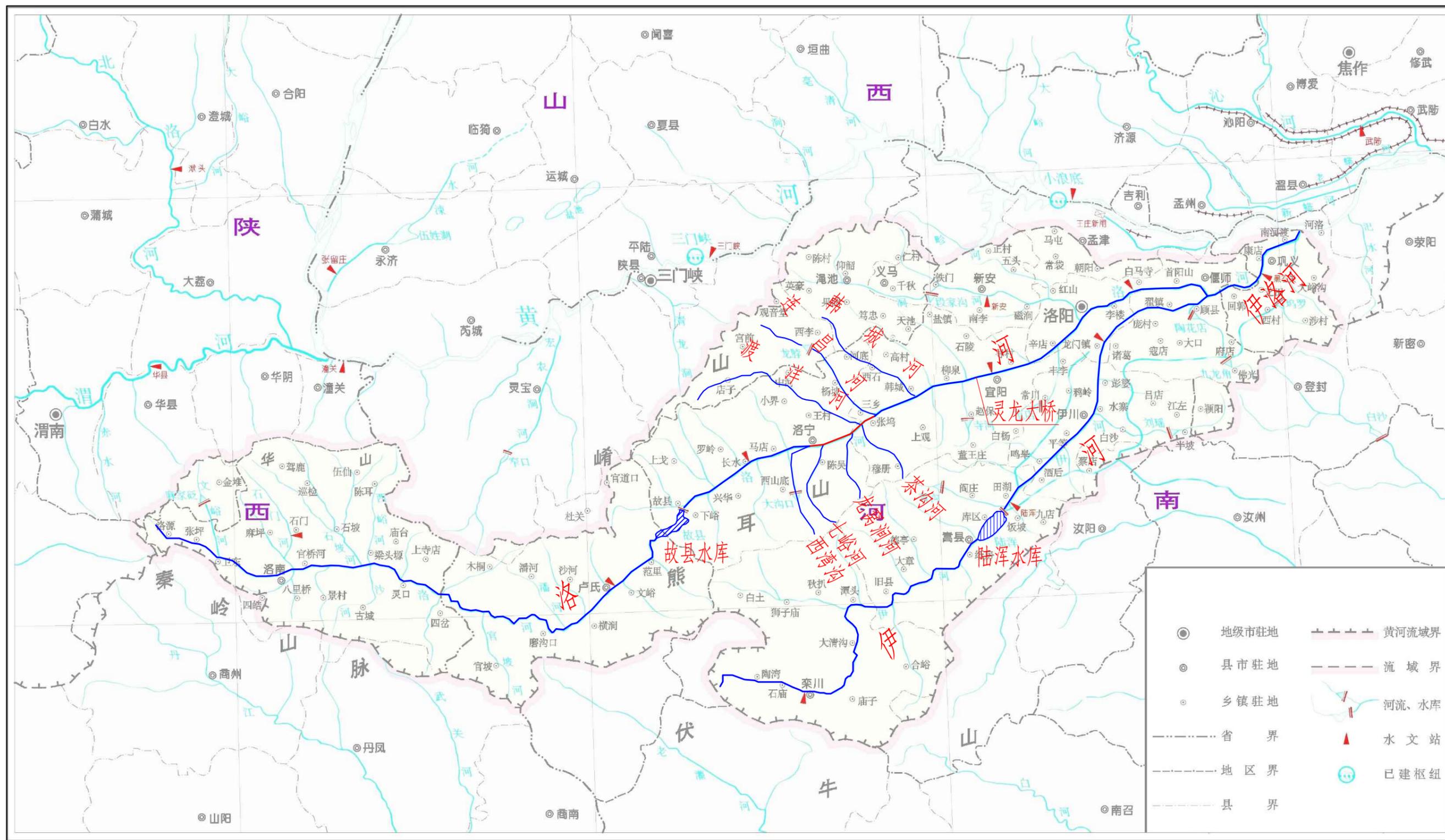
2016年10月10日印发

附 图

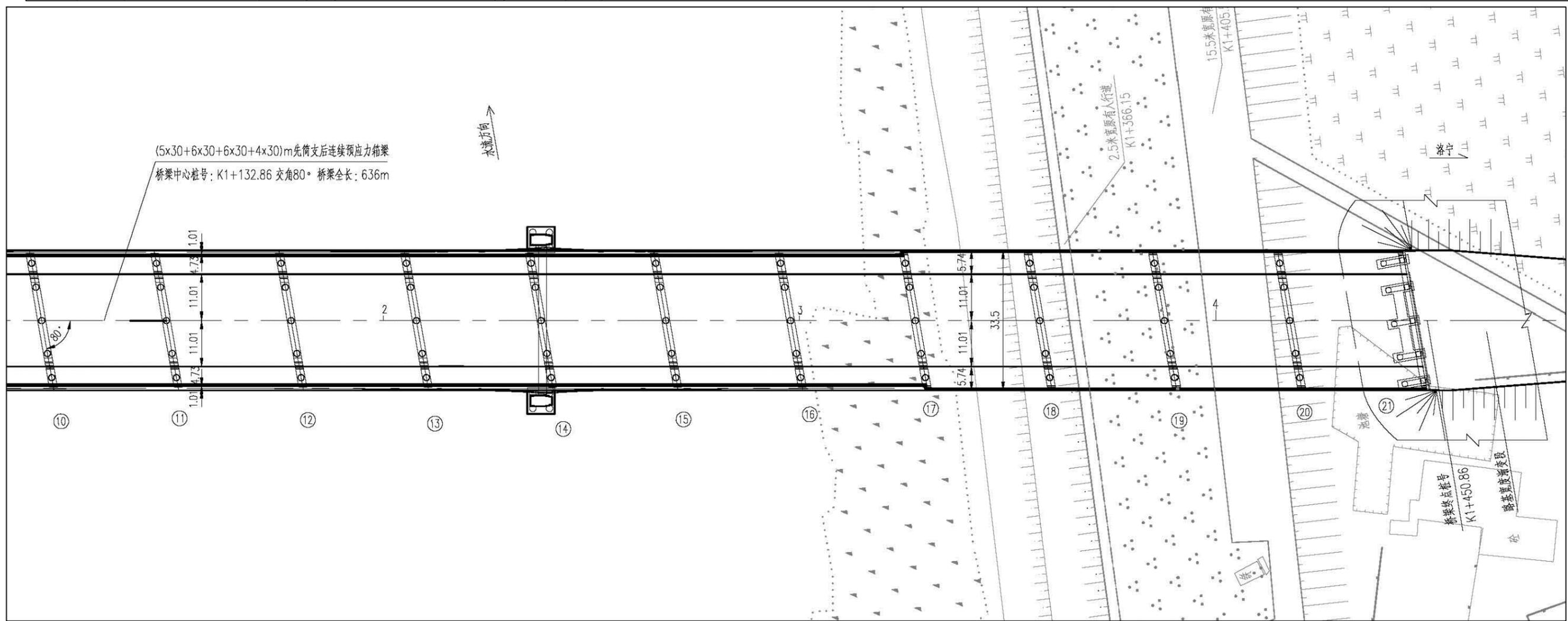
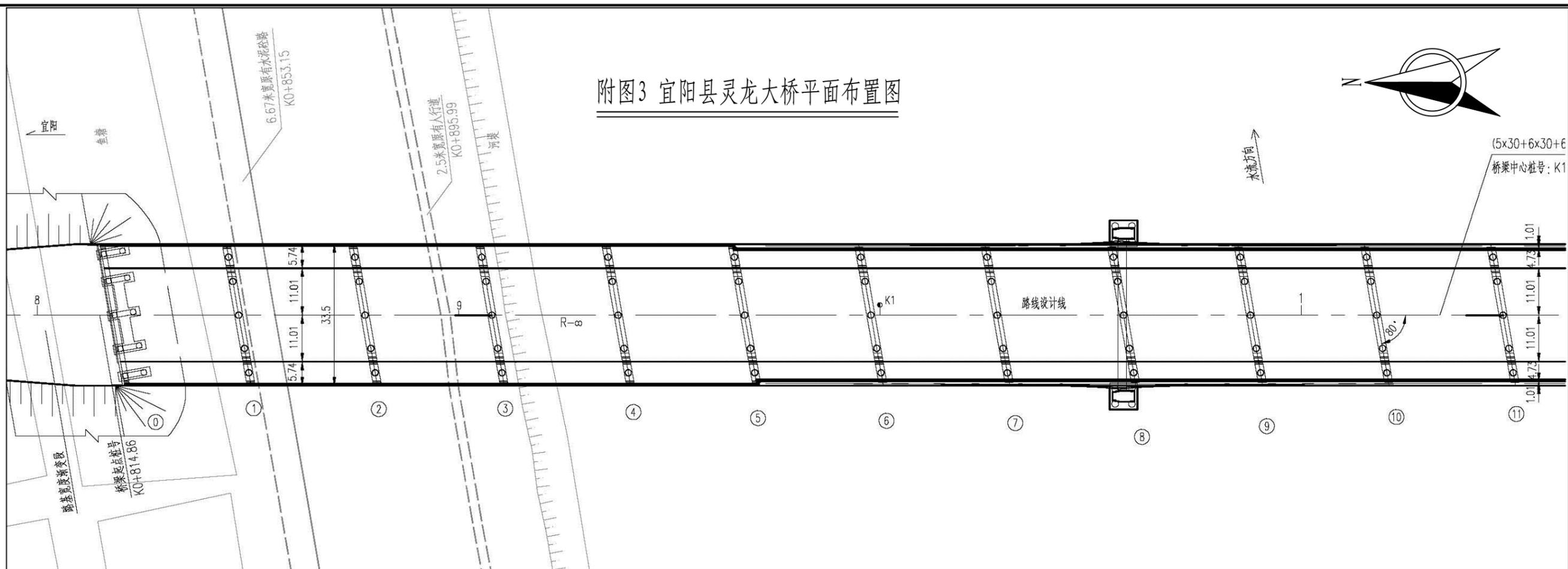
附图1 宜阳县灵龙大桥工程位置图



附图2 伊洛河流域水系图

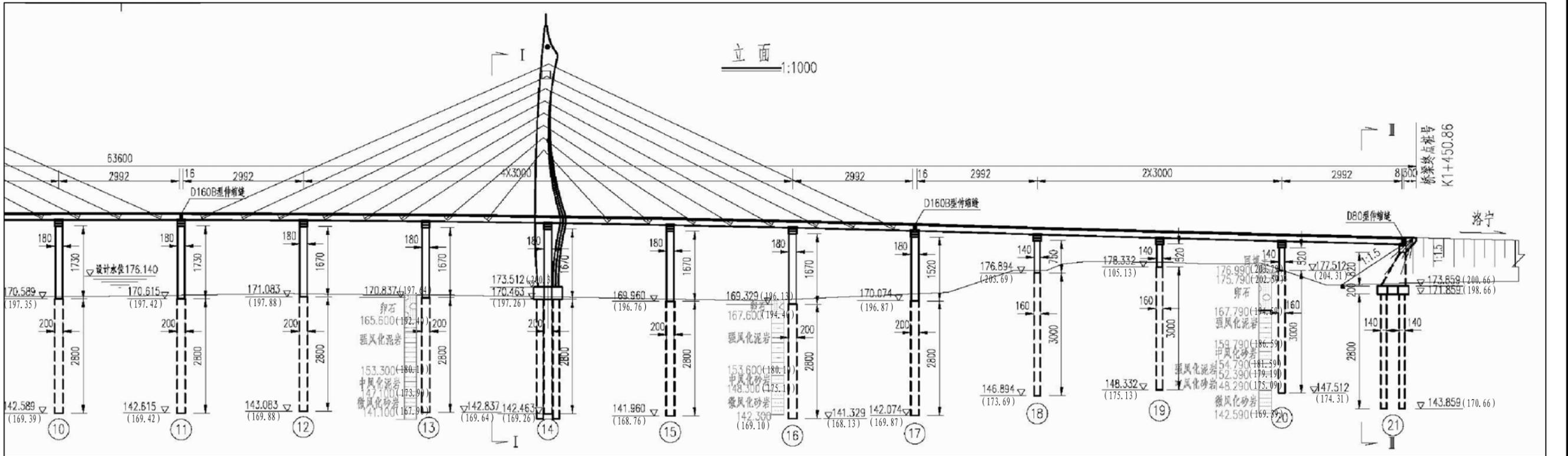
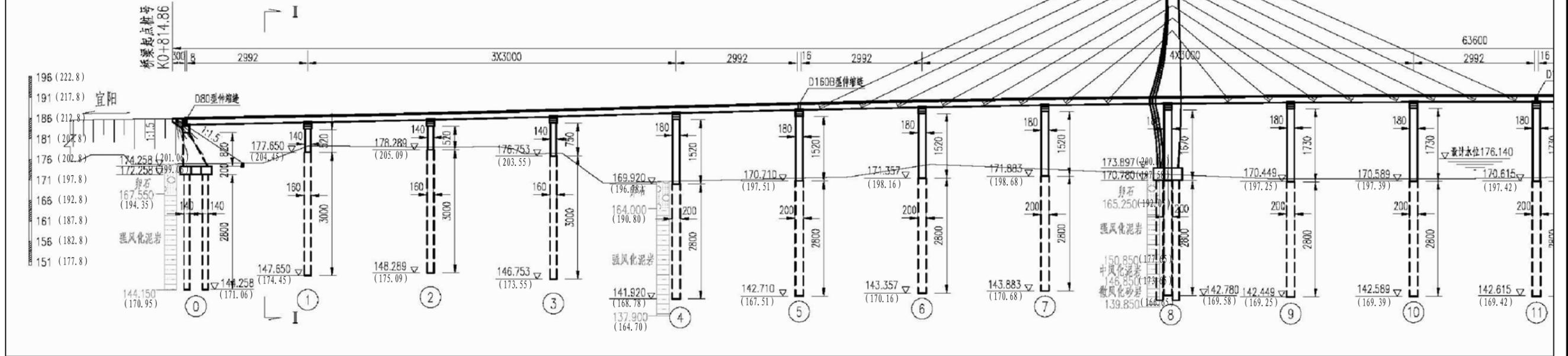


附图3 宜阳县灵龙大桥平面布置图



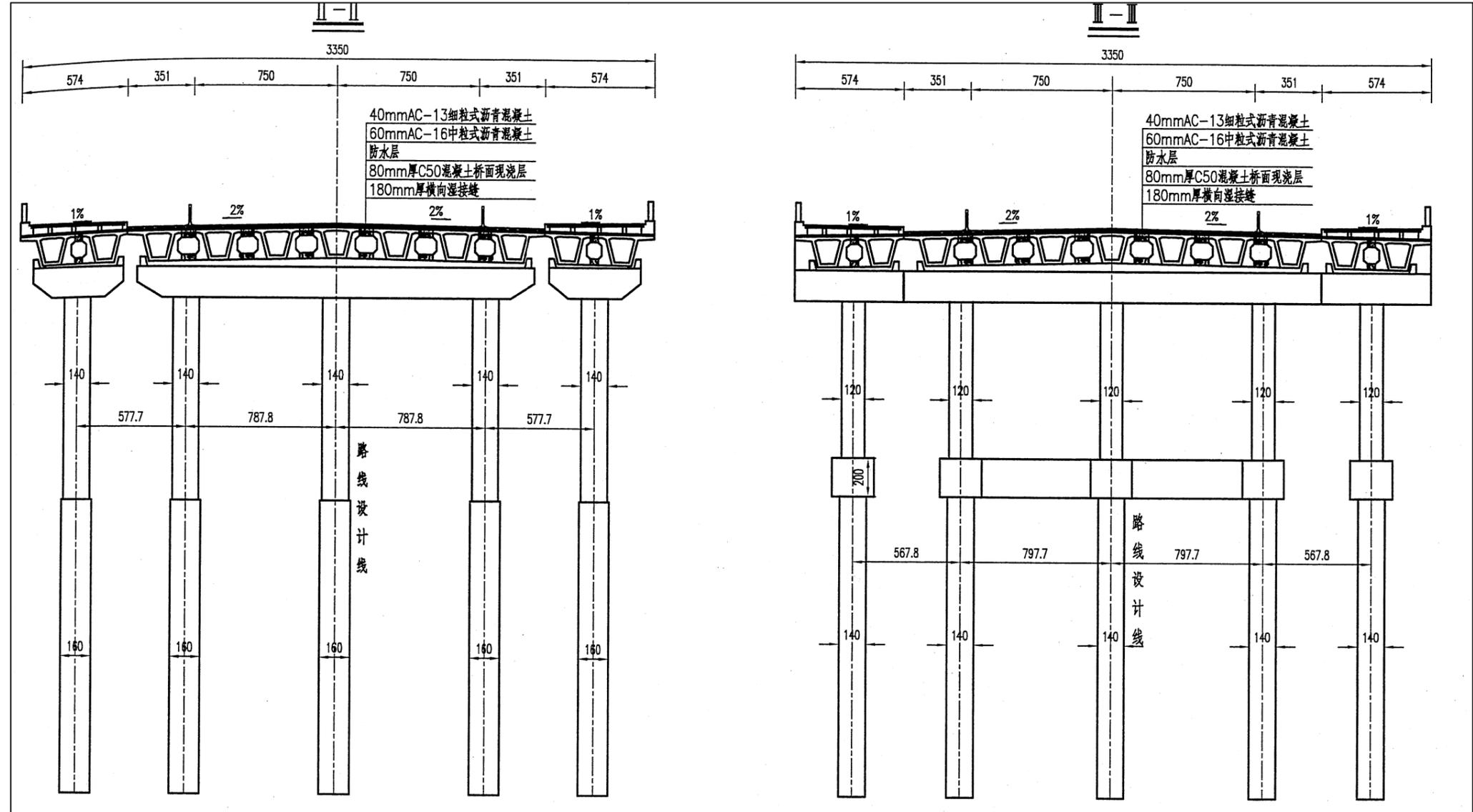
附图4宜阳县灵龙大桥立面布置图

立面 1:1000



注：括号内为1985国家高程基准。

附图5宜阳县灵龙大桥桥型布置图

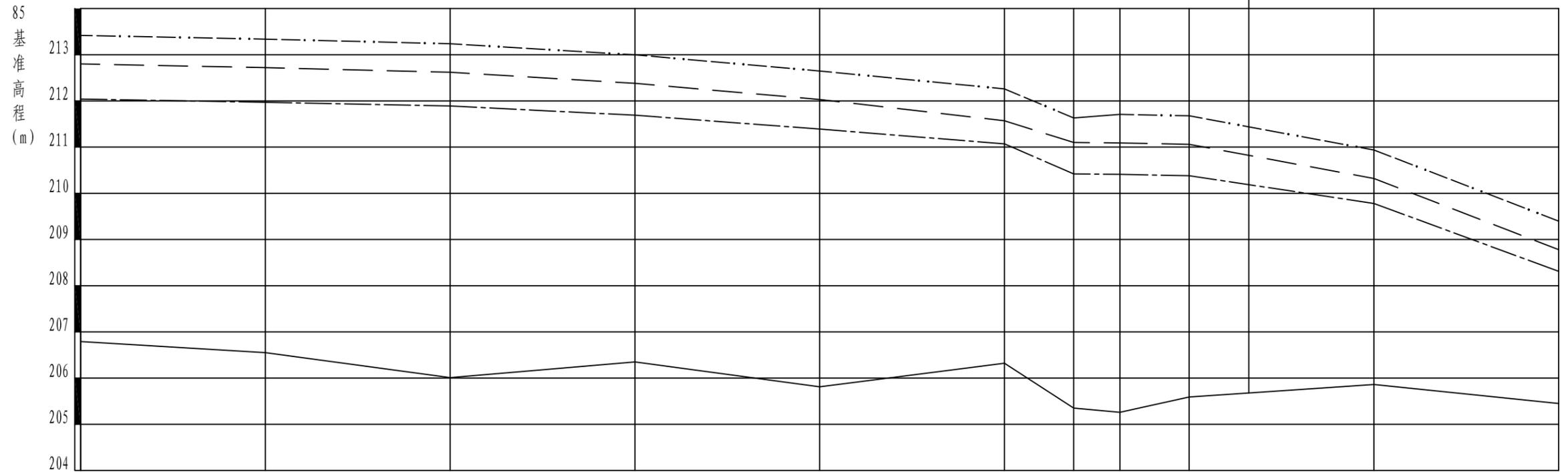


附图6宜阳县灵龙大桥工程河道纵断面图

水平1:5000 竖直1:100

纵断面
01
03

100年一遇水位
50年一遇水位
20年一遇水位
现状中线河底高程



100年一遇水位	213.44	213.36	213.25	212.97	212.55	212.14	211.66	211.65	211.61	210.76	209.17
50年一遇水位	212.8	212.72	212.62	212.38	212.03	211.57	211.1	211.09	211.06	210.32	208.78
20年一遇水位	212.04	211.97	211.89	211.69	211.39	211.07	210.42	210.41	210.38	209.78	208.31
河道中线河底高程	206.79	206.55	206.01	206.35	205.81	206.32	205.35	205.26	205.59	205.86	205.45
桩号	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+075	1+125	1+200	1+400	1+600

图例

100年一遇水位 ———— · ————

50年一遇水位 ———— ————

20年一遇水位 ———— ————

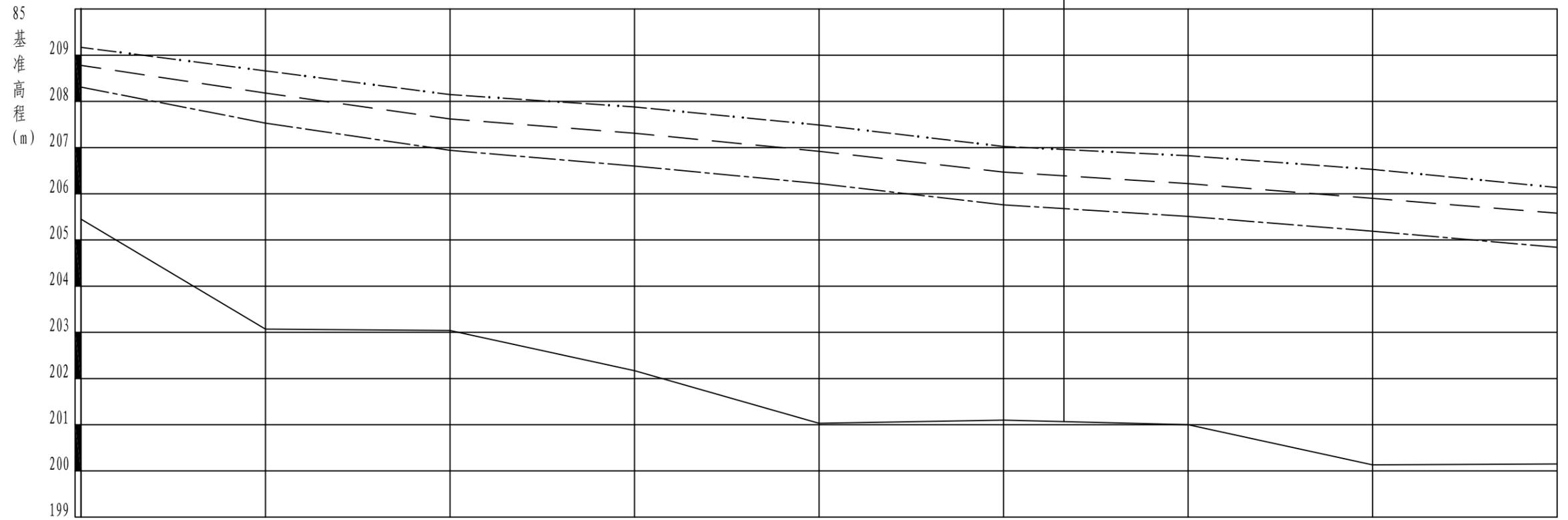
河道中线河底高程 ————

附图6宜阳县灵龙大桥工程河道纵断面图

水平1:5000 竖直1:100

100年一遇水位
50年一遇水位
20年一遇水位
现状中线河底高程

纵断面
02
03



100年一遇水位	209.17	208.72	208.19	207.89	207.49	207.06	206.81	206.49	206.18
50年一遇水位	208.78	208.18	207.62	207.31	206.92	206.47	206.22	205.9	205.58
20年一遇水位	208.31	207.53	206.94	206.6	206.22	205.76	205.51	205.19	204.84
河道中线河底高程	205.45	203.07	203.04	202.17	201.03	201.1	201	200.13	200.15
桩号	1+600	1+800	2+000	2+200	2+400	2+600	2+800	3+000	3+200

图 例

100年一遇水位 ————

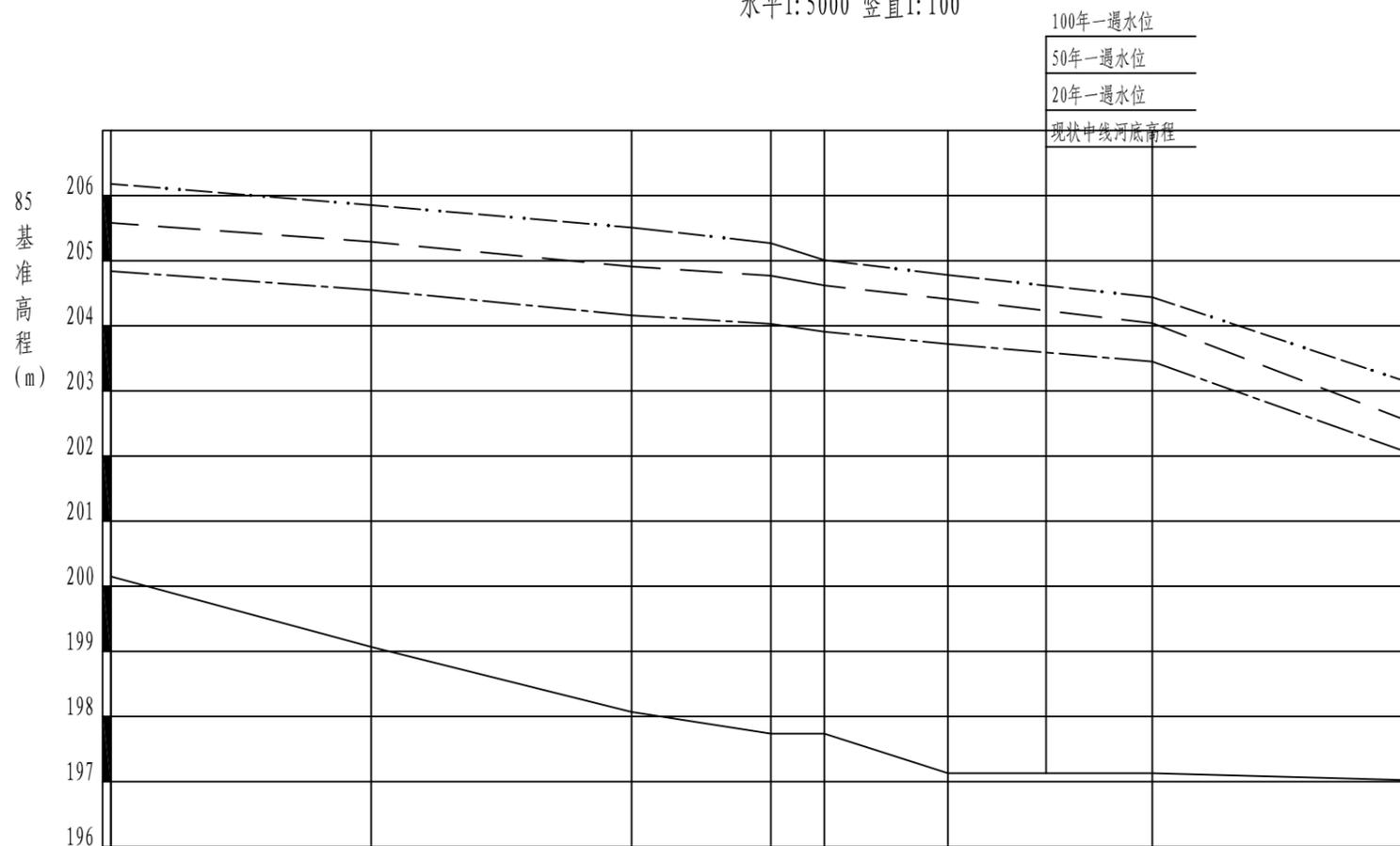
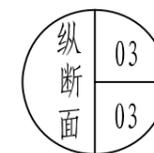
50年一遇水位 - - - - -

20年一遇水位 ·····

河道中线河底高程 —————

附图6宜阳县灵龙大桥工程河道纵断面图

水平1:5000 竖直1:100



100年一遇水位	206.18	205.88	205.51	205.36	204.99	204.80	204.39	202.92
50年一遇水位	205.58	205.29	204.91	204.77	204.62	204.41	204.04	202.51
20年一遇水位	204.84	204.55	204.16	204.03	203.91	203.72	203.45	202.03
河道中线河底高程	200.15	199.07	198.07	197.73	197.75	195.59	197.13	197.02
桩号	3+200	3+400	3+600	3+707	3+748 灵龙大桥	3+843	4+000	4+200

图 例

- 100年一遇水位 ———— · ————
- 50年一遇水位 ———— ————
- 20年一遇水位 ———— · ————
- 河道中线河底高程 ————

附图7宜阳县灵龙大桥工程河道横断面图

水平1:800 垂直1:200

