

黄河板块旅游公路设计要点分析与应用研究

魏贤鹏, 胡中梅, 姜荣泽, 孔庆伟

(上海市政交通设计研究院有限公司, 上海市 200030)

摘要: 黄河作为中华文明发源地,在我国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位。黄河板块旅游公路的建设对实现黄河流域高质量发展、开发旅游资源、挖掘民族文化、丰富国民精神需求均具有积极意义。针对黄河板块旅游公路的特殊性,从选线、慢行系统、沿河景观、沿河路基等方面分析设计要点,并结合实际工程案例分析黄河板块旅游公路设计过程和思路;同时,针对黄河旅游公路建设中重难点如沿河路基设计、高路堤稳定性等问题进行重点分析计算。

关键词: 黄河流域;旅游公路;沿河路基;高路堤稳定性

中图分类号: U412

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0034-05

0 引言

黄河作为中华文明发源地,在人类文明进程中占据重要位置,这条古老而又伟大河流的治理问题一直是历朝历代领导人需要解决的难题。近年来,国家多次重要会议将黄河流域保护和发展提升到国家战略层面^[1]。黄河宁则天下平^[2],提升黄河流域经济发展,推动生态文明建设,充分挖掘黄河资源,利用黄河优势造福人民,将助力民族复兴和子孙后代永续发展^[3]。

布局合理、功能完善、衔接高效的交通基础设施是实现黄河流域高质量发展的基础^[4]。旅游公路作为交通设施的一种,兼具交通、游憩、生态、产业四大属性^[5],具有其他措施不可替代的优越性。其作为连接各个重要景点的纽带,可以有效引导游客游玩,发挥多景点联动作用,提升游客体验感。旅游公路从某种意义上讲属于带有地方特色的产品,该产品可以为徒步、公共运营、自驾等多种旅游形式提供便利,满足旅游者综合需求,如生理需求、心理需求、情感需求等^[5]。

黄河板块旅游公路的建设相较于其他旅游公路有其特殊性。一方面,靠近黄河,水流湍急,地形地质条件复杂;另一方面,黄河绵延千里,区域差异大,且不乏有文物保护地段,设计限制条件多。笔者结合实际工程项目,探讨黄河板块旅游公路的设计思路与

要点,以期类似工程提供参考。

1 黄河板块旅游公路设计要点

1.1 注重文物保护,合理选线

为了充分发挥黄河旅游资源,旅游公路原则上沿河而建,方便游客游览观光。但在公路选线时,应充分调查地形、地物、水文、自然灾害、生态环境、文物等状况来合理布线,尤其是要注重文物保护及文化资源发掘。历史悠久的黄河文化底蕴深厚,公路线位应避开文物且针对消失的文物考虑重建,并配套相应的人文景观设施,重塑当地特色文化。如此既能吸引游客,提升当地经济水平,又可以增强城市凝聚力、向心力和支撑力,最终实现城市综合能力提高的目标。

1.2 慢行系统设计

游憩属性是旅游公路的重要属性之一。慢行系统与旅游公路的结合既发挥了公路的便捷性、景观性,又发挥了慢行通道的灵活性,为游客提供了亲近自然的空间。良好的慢行通道对于沿线居民的生活质量有全面的提升作用,有利于完善城市功能,凸显地方风貌,促进旅游业及相关附属产业发展^[6]。黄河板块旅游公路慢行系统设计一般沿河而建,可根据路段的具体情况灵活设计,为骑行者预留出足够的空间,并设置可靠的骑行护栏,保障其出行安全。

1.3 沿河景观设计

旅游公路沿线景观与游客大多数处于相对运动状态,这时的视觉感知不同于静止状态下的视觉感知。动态视角下的公路景观应加强连续性,同时应具

收稿日期: 2023-05-30

作者简介: 魏贤鹏(1990—),男,硕士,工程师,从事道路交通设计研究工作。

有韵律感、节奏感^[7]。

黄河板块旅游公路建设的前提是保证安全,其次是尽可能保留原始地形地貌。利用运动美学原理,将具有地方特色的自然景观和人文景观融入到沿线景观带中,实现“无声导游”的作用^[8]。

1.4 沿河路基设计

黄河板块旅游公路绝大多数路段与河并行,依山傍水,临河一侧路基长期受水流侵蚀与水位变化的影响,为路基病害多发路段,特别是河湾凹岸冲刷和对岸挑流的顶冲极易造成路基失稳。黄河板块旅游公路设计时,应在防洪评价的基础上,调查水流、河床,分析特殊路段如凹岸冲刷、峡谷河段的具体情况后采用科学的防护措施。对于峡谷河段宜采用挡墙防护,并采用抛石保护基础。对于山区开阔河段可采用石砌护坡、漫水丁坝、挡墙配合护坦等防护措施^[9]。对于洪水位过高的路段,应该提高路基高程,完善排水系统,硬化路肩,提高其抗冲刷能力。

1.5 高路堤设计

路堤高度大于 20 m 为高路堤^[10]。黄河板块旅游公路沿线沟壑纵横,有众多高填深挖路段,针对该类型的路段最重要的问题是如何处理边坡稳定性。高路堤或陡坡路堤稳定性分析的强度参数(黏聚力 c 、内摩擦角 φ)应依据填料情况综合判定^[10],特别是要考虑填料场地、建设工况等情况。选择具有代表性的材料进行试验,根据科学合理的试验数据来确定可靠的强度参数。

考虑路堤整体稳定性时,采用简化的 Bishop 法。路基沿着斜坡或软弱层带滑动的稳定性分析时可采用不平衡推力法^[10]。

2 工程案例

2.1 工程概况

本工程旅游公路位于山西省忻州市河曲县境内。河曲县三面被黄河环绕,有着得天独厚的区位优势。本工程旅游公路长约 23 km,建设标准为二级公路,设计速度为 40 km/h。

其中,中间一段约 8 km,已按照城市主干路实施,设计速度与公路段一致。

本工程项目位置图见图 1。

2.2 旅游公路选线

河曲明长城位于黄河东岸的山崖与河谷平缓地带,是世界文化遗产长城的重要组成部分。河曲县属于明九边重镇,历来处于防御鞑靼、瓦剌的第一线^[11]。本工程



图 1 工程项目位置图

沿线存在多处明长城遗址,北段线位与明长城至少相交一次,经现场勘察确实无法避让,故采用桥梁上跨的方式跨越长城,以保留长城原有历史风貌。在南段为了避让长城遗址,不惜巨额拆迁成本(如图 4 中方案一所示),以保护既有文物(见图 2 至图 5)。



图 2 北段上跨明长城



图 3 北段明长城

2.3 慢行系统及公路景观设计

本工程在靠近黄河一侧设置连续的慢行步道(见图 6),与主线机动车道之间设置有着一定视觉缓冲作用的生态林带,林带中有林荫小道,供游客休憩观赏。北段设置亲水广场,广场铺装有部分木平台,在材料运用上体现了刚与柔、自然与现代的视觉碰撞。亲水广场设置仿古驿站(见图 7),既是对古文化的重塑,又有一定的遮阴效果,增加了游客体验感。



图4 南段避让明长城



图5 南段明长城



图6 北段慢行系统



图7 北段驿站节点

南段慢行系统见图8、图9。

2.4 沿河路基设计

2.4.1 边岸冲刷深度

该工程沿河设置护岸河堤,护岸形式以挡墙为主,其基础埋深主要受边岸冲刷深度影响。顺坝、平顺护岸冲刷深度计算^[12]如下:

$$h_s = H_0 \left[\left(\frac{U_{cp}}{U_c} \right)^n - 1 \right] \tag{1}$$



图8 南段慢行系统(1)



图9 南段慢行系统(2)

$$U_{cp} = U \frac{2\eta}{1+\eta} \tag{2}$$

$$U_c = \left(\frac{H_0}{d_{50}} \right)^{0.14} \sqrt{17.6 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} d_{50} + 6.05 \times 10^{-7} \cdot \frac{10 + H_0}{d_{50}^{0.72}}} \tag{3}$$

式中: h_s 为局部冲刷深度; H_0 为冲刷处的水深; U_{cp} 为近岸垂线的平均流速; n 与防护岸坡形状有关,取1/4~1/6; U_c 为泥沙启动流速; d_{50} 为泥沙的中值粒径; γ_s 、 γ 分别为泥沙与水流的容重; η 为水流流速不均匀系数,可根据水流流向与岸坡交角 α 查表1取值。

表1 流速不均匀系数

$\alpha/(\circ)$	≤ 15	20	30	40	50	60	70	80	90
η	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00

建设旅游公路后,少部分路段会侵占河道过流断面,对洪水流场有一定影响,因此需要采用上述公式,利用平面二维水动力模型提供的修建公路后的流速场数据来提取岸边流速,计算建设项目涉及河段修路以后的公路沿线边岸冲刷深度。计算结果表明:在50a一遇校核洪水条件下,工程北段沿岸一般冲刷深度为0.01~0.62m,最大冲刷深度为1.07m;工程南段沿岸一般冲刷深度为0.24~0.86m,最大冲刷深度为1.92m。

2.4.2 沿河护岸设计

该工程在堤防临水侧无滩且易受水冲刷路段设置墙式护岸。护岸墙的基底须设置在冲刷线以下,且埋深不小于1.0m,并在墙前设置阶梯状铅丝笼坝护脚,以保证护岸墙基础稳定,见图10。对于河道开

阔、水流冲刷弱、临水侧有滩地段,采用铅丝笼坝护岸,如图 11 所示。

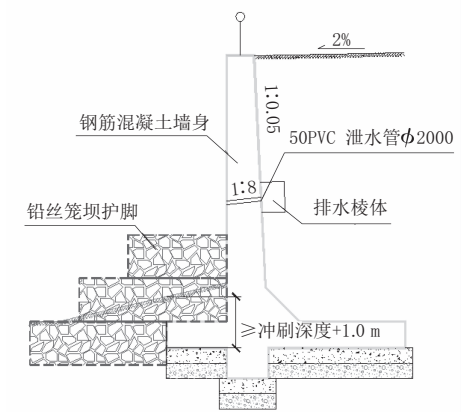


图 10 铅丝笼坝护墙



图 11 铅丝笼坝防护

2.4.3 软弱地基处理

K20+740~K22+380 段位于河床、河漫滩区,出露地层为 Q4al+pl 粉土,含水量较高(大于 35%),地下水埋藏较浅。当黄河水位上升时,该路段极有可能被淹没,地基稳定性较差。本工程在该路段采用“抛石挤淤”的处理措施。抛石高度至少高出软土 0.5 m。抛石底部可以采用 20~30 cm 大小的块石填筑,但顶部采用粒径不大于 10 cm 的碎石填平压实。

为了进一步提高路基密实程度,防止工后产生过大沉降或不均匀沉降,在本段采用路基重锤夯实处理。夯击能采用中等强度,单点单击的夯击能为 1 500 kN·m,梅花状布置,夯击中点间距 3.0 m,每点夯击 2 次。满夯单击的夯击能为 500 kN·m,根据夯锤尺寸大小,搭接 1/4,按梅花状连续推进。

2.5 高填路基设计

本工程沿线有众多冲沟,冲沟深度为 3.0~21.0 m;本节以 K16+200~K16+260 范围为例阐述高填路基设计方法。该段最深填土高度 21 m,冲沟下游紧邻黄河,如图 12 所示。设计考虑采用三级边坡,坡脚设置直立式挡土墙,并满铺土工布分层压实回填的方

案,如图 13 所示。该方案的核心问题是边坡稳定性,本节点沟底以岩石为主,基础坚固,路堤的最可能破坏形式是沿斜坡滑动,故稳定性分析采用不平衡推力法计算。不平衡推力法的剩余下滑力计算见式(4)、式(5)。

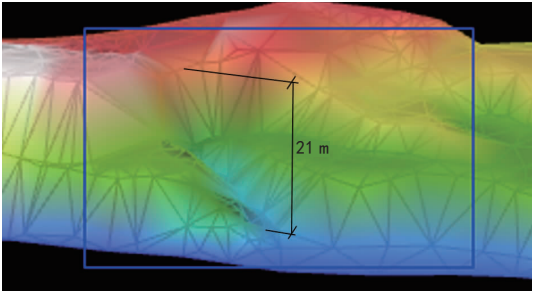


图 12 高填冲沟

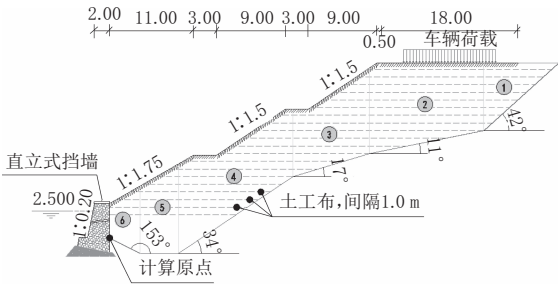


图 13 高填边坡设计图(单位:m)

$$E_i = W_{Qi} \sin \alpha_i - \frac{1}{F_s} [c_i l_i + W_{Qi} \cos \alpha_i \tan \varphi_i] + E_{i-1} \psi_{i-1} \quad (4)$$

$$\psi_{i-1} = \cos (\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \frac{\tan \varphi_i}{F_s} \sin (\alpha_{i-1} - \alpha_i) \quad (5)$$

式中: E_i 为第*i*个土条对*i*+1个土条的下滑力; E_{i-1} 为第(*i*-1)个土条对第*i*个土条的下滑力; W_{Qi} 为第*i*个土条的竖向力; α_i 为第*i*个土条底部的倾角; c_i 、 φ_i 为第*i*个土条底部分的黏聚力和内摩擦角; l_i 为第*i*个土条滑面长度。

正常工况下,路堤沿斜坡滑动的稳定安全系数取 1.3,结合理正岩土计算软件,计算得到图 13 中最后一个土条(滑块 6)的剩余下滑力,见表 2。

表 2 滑块 6(X=0~2.0 m)土条计算结果

上块传递推力 /kN	本块滑面黏聚力 /kPa	有效的滑动面长度 /m	下滑力 /kN	滑面抗滑力 /kN	黏聚力抗滑力 /kN	本块剩余下滑力 /kN
0	30.000	2.236	-69.765	60.123	67.082	-196.971

由表 2 可知,最后一个土条的剩余下滑力为 -196.971<0,路基稳定。坡脚设置直立式浆砌块石挡墙,目的是避免坡脚被河水冲刷失稳。

3 结 语

(1)黄河板块旅游公路设计的指导思想是充分融合交通、游憩、生态、产业四大特性,总体合理把握

设计方案,响应黄河流域发展的国家战略。

(2)结合黄河流域实际情况,重点对黄河板块旅游公路设计如选线、慢行系统、沿河景观、沿河路基、高路堤等要点进行分析和总结,给出合理化建议。

(3)结合实际工程案例分析黄河板块旅游公路设计过程和应用效果,尤其针对黄河板块沿河路基的冲刷深度、护岸形式、软弱地基处理以及高路堤的边坡稳定性进行重点分析,其结果可供类似工程参考。

参考文献:

- [1] 姜文来.黄河流域大保护大治理要“写好”水文章[J].河北水利, 2020(3):16-17.
- [2] 万鹏.大气力、大保护、大治理:习近平总书记为黄河流域发展注入新动能[N/OL].中国共产党新闻网,(2020-01-06)[2024-03-28].
<http://theory.people.com.cn/n1/2020/0106/c40555-31535925.html>.
- [3] 王巧瑜.黄河流域高质量发展的区域差异及影响因素研究[D].徐州:中国矿业大学,2022.
- [4] 秦华,任保平.黄河流域城市群高质量发展的目标及其实现路径[J].经济与管理评论,2021(6):26-37.
- [5] 王萌萌,孔亚平,陈兵,等.旅游公路概念、属性及分类[J].公路,2019(3):117-181.
- [6] 张瑞,任晓敏.旅游公路的设计要点[J].建筑工程技术与设计,2017(4):618-619.
- [7] 黄明明.基于自驾游的美丽公路景观规划设计研究[D].合肥:安徽农业大学,2020.
- [8] 秦晓春,张肖宁.旅游公路景观设计及美学研究[J].公路,2007(10):213-215.
- [9] 马保成.沿河公路路基水毁灾害评价及防治措施研究[D].西安:长安大学,2008.
- [10] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].
- [11] 忻州政协.河曲长城[N/OL].(2021-07-28)[2024-03-28].
<http://www.xinzhoux.gov.cn/article/show/id/748.html>.
- [12] GB 50286—2013,堤防工程设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com