

铁路桥渡水文及环境遥感评价

曹林英 范永贵

(铁道部专业设计院 北京 100020)

摘要 运用不同种类和不同时相的遥感图像,可以获得大量的水文、环境信息及动态变化规律。这样,既能为新线桥渡方案比选提供依据;也可在营业铁路桥渡洪水灾害成因分析和综合整治中发挥重要作用。

关键词 遥感,铁路,水文,环境,评价

新建铁路跨越大江大河进行桥渡方案比选时,为了不遗漏可比的桥位,需对河段的水文和环境条件作出综合评价,从而选择河床较稳定、河宽小,地质、环境条件好,水害隐患少,工程投资省的桥渡作为推荐方案。我国地域辽阔,各地区的地质、地形、气候条件复杂,已运营的铁路线几乎每年都遭受暴雨洪水、泥石流、滑坡等自然灾害的侵袭,其中洪水灾害所造成的损失居各种灾害损失之首。因此查明水害成因,制定预防和综合治理措施,使损失大大减少,是利国利民的举措。实践表明遥感技术在上述两方面的应用效果显著。

1 新线桥渡方案比选中水文遥感调查与环境评价

1.1 集通线奈曼方案西拉木伦河桥渡比选

集(宁)一通(辽)线是我国目前已建成的最长地方铁路,全长900多公里,是连接我国西北、华北和东北的主要通道之一,它的建成通车为进一步开发“三北”地区创造了有利条件。西部地区丰富的煤炭、矿产资源可以源源不断地运往东北,东部地区的木材、粮食可以直接支援西部,对开发“三北”地区的经济将发挥极大的作用。

该线在多方案研究中,考虑了自巴林右旗分岔向南跨越西拉木伦河、老哈河,在奈曼与京通线接轨,然后北上通辽的比较方案。经研究,抵奈曼后不绕通辽而直奔沈阳,所以集通线奈曼方案成了巴沈线西段与集通线集(宁)巴(林右旗)段,形成完整的一条出关新通路。

1.1.1 遥感解译

在桥渡方案研究中,应用了1985年9月成像的陆地卫星(TM)图像(假彩色光学合成,比例尺1:20万)。在图像上可以看到,西拉木伦河以响水河口为界,其上游受地质,地形制约,特别是受基岩露头控制,河流宽窄相间,平面形态似藕节,水流归槽,河床相对稳定。

响水河口以下的西拉木伦河河道明显不稳定,水流扩散,南岸自南向北有3条古河道

收稿日期:1994年10月6日;收到修改稿日期:1995年4月6日

(图1),最南侧的已被风沙覆盖,在图像上呈浅色调;靠近现代河床的两条古河道则发育成沼泽,呈褐红色调,有些沼泽已辟为耕地,其标志十分清晰,在褐红色调背景上有规则的线形纹影,此外还点缀着鲜红色调斑块。古河道间有零散的活动沙丘和半固定、固定沙丘分布。西拉木伦河北岸,响水河口下游,由洪水泛滥形成的沼泽地沿河展布长达70多公里,宽度不等,最宽处超过10公里。洪水泛滥线在图像上反映清晰。在短角中场沼泽地外缘有面积达40平方公里的活动沙丘分布,并有逐渐南移逼近西拉木伦河的趋势。

1.1.2 桥渡水文条件评价

西拉木伦河在响水河口下游两侧水文和环境条件较差,线路不宜在该区域穿越。而上游河段可选桥位有4处。既有公路桥(巴林桥)桥台建在基岩露头上,在TM图像上呈橘黄色调,为河床节点,桥长仅为124米,据此推断,其下游的胡日哈庙和哈图庙亦为河床节点,是两个可选桥位。哈图庙桥位处河床束窄,河宽100多米,洪水归槽,无支汉漫滩,只需设200多米大桥,两岸桥头引线较短,桥位基础稳定,可以节省工程投资,北岸桥头一侧约有2公里河岸受洪水冲刷,但可以专门防护,此处为该河段上的最佳桥位方案。另一个河床节点胡日哈庙位于西拉木伦河与其支流查干木伦河交汇处以下约1公里处,两岸亦受基岩控制,与哈图庙节点的边界条件相同,河宽约100米,只需设200多米大桥,但是在该节点的南岸有活动沙丘分布,目前正向下游移动,桥头引线上游约有3公里河岸将受到冲刷,还有凹形洼地,需大量填方,工程投资大。此外,查干木伦河与西拉木伦河汇合口上游南岸有分流现象,对桥位和线路不利。在上述两个节点之间的河段上还有两个收缩处,但其水文和环境条件相对较差,所以哈图庙桥位为最佳方案,与采用小比例尺航空像片解译取得的结果相吻合^[4]。

1.2 京九铁路黄河桥渡方案比选

正在修建中的京(北京)一九(龙)铁路是纵贯我国南北的又一条大动脉,位于京广铁路东部,两线基本平行。该线的建成将大大地促进沿线各地区的经济繁荣,对加速我国改革开放具有深远的政治、经济意义。

多年来,跨越黄河的桥渡方案几经论证,有关单位做了大量的调查工作,因涉及面较广,难以选定,我院采用遥感技术和少量的野外验证工作,在很短的时期内解决了有关问题。

1.2.1 分析资料,找出主要问题

根据铁道部大桥局提供的4个桥址(旧城集、孙口、鱼山、艾山)资料分析认为,孙口和鱼山两桥位为重点比选桥位,其中主要问题:

- (1) 冰凌的分布状况及对鱼山建桥的影响;
- (2) 鱼山建桥后对东平湖淤积的影响;
- (3) 东平湖东岸稳定性评价;
- (4) 台前圈堤的性质及其对孙口桥位的影响。

1.2.2 遥感图像解译

1) 任敬善. 遥感技术在铁路洪水灾害调查和防治中的作用. 铁路桥渡设计与洪水灾害研讨会论文. 1993,10.

采用 1984 年 10 月获取的陆地卫星 TM 4.3.2 波段彩色合成图像(图版 I 图 2)和不同时期的 MSS 图像,局部地区配以少量的航空像片。

(1) 桥渡区特征 在 TM 图像上显示出黄河安庄至艾山段河道弯曲不大,河床宽浅平坦,现代河床冲积层深厚,床面淤积抬高,呈地上河,难以区分河槽和河滩。此岸为北金堤滞洪区,南岸为东平湖滞洪区,南北临黄大堤呈黄色调的条带,两侧有串珠状红色斑块的护林带,在北金堤滞洪区内,根据村台分布的疏密程度可以勾绘出浅水区、深水区、蓄水区和淤积区的边界;东平湖新、老湖区被 I 级湖堤分隔,甚至连 II 级湖堤外的渗透河和 1982 年老湖区分洪后的淤积区也明显可见。

(2) 桥位分析 鱼山桥位:桥长 3.35 公里,为各桥位方案中最短的,南岸基岩出露,河床稳定。对凌汛期 MSS 图像(1977 年 1 月成像)的解译表明,黄河主槽(深蓝色调)内有数量不等的冰凌分布,而且集中在河流拐弯和其上下河段内,其影像为蓝色背景上呈白色调粗条带(冰排)、白色间断点线(冰花或流冰)及依附于边滩的白色锯齿状图案(封冻的浅滩)。在各桥位中,以安庄、艾山冰凌分布最重,杨集、孙口较轻,而旧城集、梁集与赵庄、鱼山 4 个桥位河段未见冰花形迹。资料分析和现场验证表明,鱼山河段有史以来未出现过冰坝,遥感图像解译结果与其吻合。目前有三门峡水库调蓄,今后还有小浪底水利工程枢纽控制,不会因鱼山建桥而形成冰坝,造成水害。

鱼山建桥后会不会因壅水引起东平湖淤积,采用 TM 图像解译表明,东平湖东南部的大清河三角洲呈红色舌状,偏向东岸,湖中悬沙流呈条带状分布,并且自南向北递减,在陈山口出湖闸上游 4 公里处消失,水面影像又恢复纯蓝黑色调。陈山口出湖闸下游有 6 公里的退水道,其上游 4 公里河道呈蓝黑至蓝色调,表明该河床无泥沙堆积,不受黄河洪水倒灌的影响,仅下游 2 公里的河道东侧呈白色调,说明受黄河浑浊流回灌影响,而河道两侧仍有浅蓝色调的流水线(深泓线)分布,表明退水道西侧以冲刷为主。利用 MSS 图像对比解译发现东平湖东岸淤积较严重,而退水道未见淤积现象。东平湖的淤积主要受大清河来沙影响,洪水期间,当大清河水量增大,黄河的水量小时,则开启出湖闸放水入黄河,这时退水道以冲刷为主。东平湖陈山口出湖闸距鱼山桥址 8 公里(退水道比降为 0.4‰),地势西高东低,在鱼山修建铁路大桥后,桥前壅水的影响不会波及东平湖,况且湖区两个出湖闸可以控制黄河洪水倒灌,因而不会导致东平湖水库的淤积。

根据对汛期各波段 MSS 图像及航空像片的综合解译,东平湖东岸为低山丘陵区,基岩裸露,岸线稳定,没有严重的坍塌现象,因此,线路过鱼山后,可沿东岸展布。

孙口桥位:在室内定线时,确定的孙口(王黑西)短桥方案是将台前圈堤加高加固到北金堤防洪标准,以圈堤取代北金堤,并在北金堤拉口,台前设站,桥长为 12.42 公里。台前圈堤与黄河滩区的生产堤皆属阻水建筑物,它们在 TM 图像上呈细小的浅黄色弧线,与北金堤相比,其影像较模糊,两侧没有护林带,堤防较单薄。另外,水利部门明确表示台前的滞洪区不宜压缩,应满跨布桥。因此原定桥长 12.42 公里,不能满足防洪的要求,应改为 16.68 公里,显然桥梁太长,工程投资大。

(3) 桥渡水文及环境条件评价 如上所述,鱼山桥位所处的河床稳定,河宽小,桥梁短,南侧桥头基础较坚固,工程投资小。该桥建成后不会形成冰坝,桥前壅水也不会使东平湖淤积加重;东平湖东岸的地质基础较稳定,湖岸区没有发现严重的塌岸等不良地质现

象。但纵观全国路网布局,线路走东岸太靠近京沪铁路。孙口桥位压缩滞洪区,不符合现行的防洪规范,桥梁长,工程投资大,但是路网布局比较合理,如果必须在此设桥,应同水利部门充分协商,做好防洪工作。

1.3 铜九铁路湖口大桥水文条件评价

铜九铁路自安徽省铜陵市沿长江至江西省九江市,跨越我国第一大淡水湖——鄱阳湖的湖口地区。该区西侧狮子山,东侧培湖大山隔湖对峙,湖面宽度由上游6公里缩窄为3公里。初步选择4个桥位方案(图版I图3和图4)。

1.3.1 遥感解译

采用1973年至1993年成像的湖口区陆地卫星MSS、TM共7个时相的图像和1993年高洪水位时摄影的航空像片(比例尺1:1万)。

(1) 桥渡区主航道位置 主航道较深,在卫星图像上呈现深色调条带,解译1975年、1988年、1991年和1993年4个时相的卫星图像,可以清楚地看到,受湖区两岸基岩的控制,近二十年来,鄱阳湖主航道处于较为稳定的状态,其中北段的走向为:屏峰—青山鱼厂—姑塘镇—培湖大山—湖口,然后汇入长江。桥渡区范围内的主航道一直靠近东岸,非常稳定,与实测的航道位置相符,因此,通航桥孔应布设在该侧。

(2) 桥渡区湖底冲淤状况 在1975年2月成像的MSS单波段图像上,西侧湖区呈灰白色调,说明水深较小,部分湖底甚至出露水面;东侧主航道区呈深黑色调,说明水深较大。在1991年10月成像的TM图像上显示出整个湖区水深较大,但仍可解译出与上述相同的结果。据此,可将桥渡范围的湖区分为西侧浅滩淤积区和东侧主航道冲刷区两部分。对比不同时相的卫星图像及4个时期的湖区地形图可以看出,湖底冲淤已基本趋于平衡,年际间变化很小,主航道湖底区一般比浅滩湖底低8—10米,最深处可低15米。

(3) 湖岸稳定性 桥渡区东岸基岩裸露,岸坡较陡,对1978年至1993年5个时相的卫星图像解译表明,东岸历年洪枯水边线平面位置基本不变,岸坡、岸线稳定;桥渡区西岸亦为基岩裸露,而且岸线较稳定,但是在1988年4月的TM图像上,岸边展布一白色条带,再对1993年8月高洪水位时摄取的黑白航空像片进行详细解译,同样可看到岸边有多处白色调区,这说明该岸有坍塌现象,岸坡稳定性不如东岸,其中第III、IV桥渡方案所经过的岸坡有长

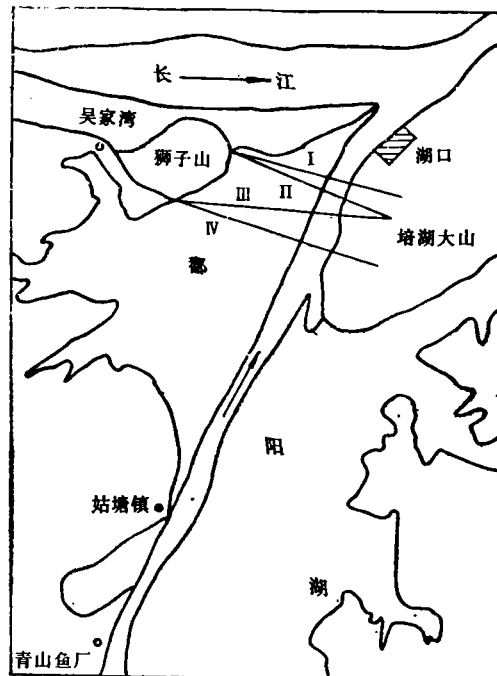


图4 铜九线湖口特大桥位置图

Fig. 4 Location map of the Hukou bridge crossing of Tongjiu railway line

100多米的塌岸,影响桥头基础稳固性,桥位宜适当调整,避开这一不稳定地段。西侧岸坡较缓,洪枯水边线位置变化较大,尤其是第I、II方案所经过地段为地势稍高的淤积平台,虽建有堤防,但防洪标准不高,洪水期将被淹没,因此,应以高洪水位控制桥长。

(4) 桥头两端引线区水文条件 东岸引线走行于地势较高的培湖大山区,除桥头附近线路应考虑高洪水位时波浪侵袭影响外,其它地段不受水文控制;西岸吴家湾一带受湖区高洪水位回水影响,可能被淹没,线路宜北移,避开回水区,否则应考虑回水浸泡及波浪侵袭的影响,做好路基防护。

1.3.2 桥渡区水文条件评价

4个桥位方案所在的桥渡区湖底西侧为浅滩淤积区,东侧为主流冲刷区,总的演变规律为西淤东冲,但冲淤已基本趋于平衡,年际间变化很小,主流区湖底比浅滩区湖底平均低8—10米,有利于各桥位方案主槽与浅滩的划分。

主航道靠近东岸,历年来很稳定,因此可将通航孔布设在该侧,以便与航道部门取得共识。

东侧湖岸岸坡、岸线稳定,桥头引线水文条件良好。西侧湖岸稳定性稍差,有坍塌等不良地质现象,但岸线位置仍较稳定,该侧岸坡较缓,洪枯水边线变化显著,所以应按高洪水位的水边线控制桥长。吴家湾附近线路宜北移,否则应采取防浸泡、防浪措施,避免水害。

此外,应用遥感技术进行长江口越江通道工程方案比选和钱塘江第二桥位水文环境条件评价,均取得了较好的效果,不再一一赘述。

2 营业铁路桥渡水害遥感调查及整治

2.1 陇海线咸阳渭河铁路桥组水害遥感分析及治理措施

2.1.1 渭河铁路桥组及水害情况

陇海铁路跨越咸阳市城区东南部的渭河,自1936年至1990年在长100余米的河段内并行修建了4座桥,桥长同为338米(图5)。

随着咸阳市城建的发展,河道及两岸环境发生了较大变化,这影响了河道泄洪能力。每遇稍大洪水,市区部分地段和附近村庄常常被淹,如1981年8月发生的不足二十年一遇的洪水就进入位于铁路桥上游南岸约1.5公里的河南街村,使房屋倒塌,良田被淹;渭河北岸咸阳市区部分地段河堤决口,洪水进入公园,造成水害。陕西省和咸阳市政府认为水害是铁路桥造成的,该桥属碍洪桥,并多次致函铁道部要求扩孔加长。而铁道部门则认为4座桥除第一座老桥属浅基,已报废,应予以清除外,其余3座桥的设计标准、施工技术均符合现行铁路桥渡规范。由于双方意见不一致,长期以来铁路与地方就该桥组是否碍洪,需否扩孔存在争议,为此,采用遥感技术论证水害成因,为综合整治提供可靠依据。

2.1.2 遥感解译和水害成因分析

选用陆地卫星MSS、TM图像(1978年、1981年、1984年、1987年)作宏观分析,局部地段采用黑白航空像片(1956年、1989年)和天然彩色航空像片(1984年)作微地貌解译,通过多片种、多时相遥感解译,得到了各时期的水文和环境信息,进行动态分析,并结合现

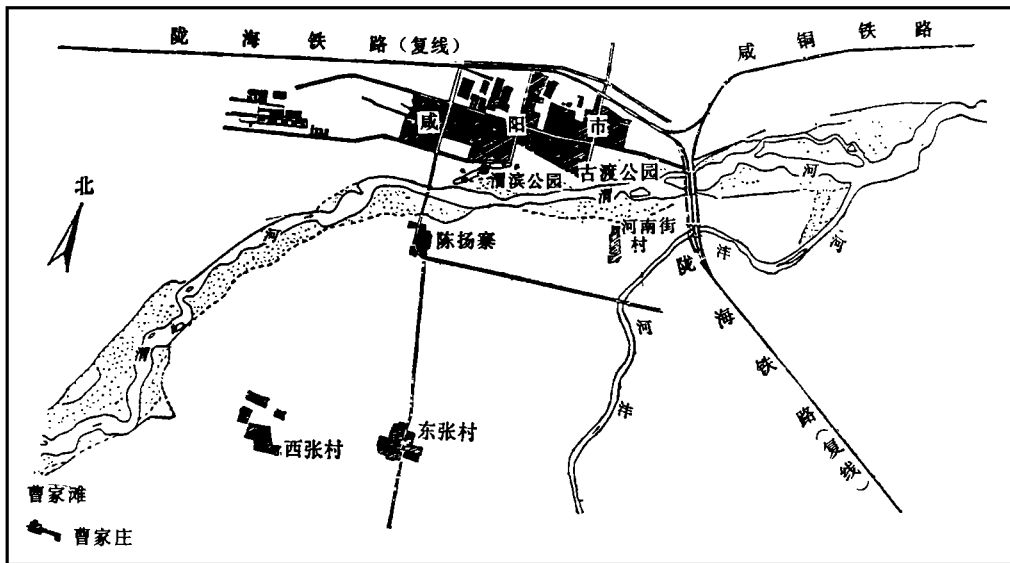


图 5 陇海铁路咸阳渭河大桥地理位置图

Fig. 5 Geographical position map of the Wei He River Bridge in Xian Yang of the Long-Hai Railway

场重点验证,认为导致咸阳市水害的原因有:

(1) 咸阳市城市建设压缩河道,环境发生变化。从 1956 年所摄的航空像片上可以看到咸阳市区西南、东南角渭河河滩发育,而 1984 年的彩色航空像片反映出河滩地已修了渭滨公园和古渡公园,占据面积达 40 公顷,压缩河宽 100—200 米,降低了河道滞洪、泄洪能力。

(2) 河道内盲目修建挑水坝使主流流路和河道冲淤规律发生变化,破坏原有的冲淤平衡状态。在距铁路桥 4,5 公里的公路桥上游修了 3 道挑水坝,虽起到了防冲保护公路桥墩的作用,但改变了主流流路,水流过桥后冲向北岸的渭滨公园,当水流遇到为保护公园而加固的防洪大堤时又转向南岸,直冲河南街村,威胁着该村的安全。

(3) 河道堤防防洪标准偏低。北岸部分堤防较单薄,如渭滨公园东门外河堤抵御不了二十年一遇洪水的袭击,洪水进入公园。南岸部分地段甚至没有堤防,自然河岸抗洪能力很弱,如河南街村上下河段仅有一个向河倾斜的缓坡,1987 年遭灾后才修建了浆砌石护堤。

(4) 河道设障,部分边滩被垃圾堆占据,影响泄洪。古渡公园临河一侧垃圾堆局部已高出水面 10 米,近年来虽停止堆放,并用拖拉机推平,种植作物,但已侵占了河滩。

在遥感调查的基础上,进行了水文计算,结果表明铁路桥有足够的泄洪能力;桥前壅水的回水影响范围虽抵河南街村,但已是末端,不会波及渭滨公园,所以咸阳市区的水害并非由桥组引起。

2.1.3 效果与治理措施

上述论证使铁路与地方多年争议的问题得以解决,取得了很好的社会效益和经济效益。铁路、水利、城建等部门可以通力合作,共同协商,并依据工农业、城市发展现状对该

河段的洪水灾害提出综合整治措施。在经过充分论证后,路局已暂缓工程全面整治,仅对老桥分阶段拆除,桥渡不扩孔加长,节约工程整治资金数千万元。同时也为遥感技术拓宽了应用领域。

2.2 平齐线东辽河三江口铁路桥渡区水害遥感调查

1986年7月底,辽宁、吉林、内蒙古三省普降暴雨,使几条河流泛滥成灾,东辽河出现了历史上少有、建国以来最大的洪峰,平齐线东辽河三江口铁路桥上游右堤决口,平齐线东、西辽河间路基被洪水袭击、浸泡,两座铁路小桥的3个翼墙被冲毁,中断行车累计300多小时。采用灾害发生期间(1986年8月2日)摄影的彩红外航空像片,通过室内解译和野外验证,并参考有关资料¹⁾,查明其成灾的原因为:

(1) 河堤防洪标准低。彩色红外图像的色调、线形等影像反映出东辽河两岸大堤差别较大,东岸堤防较宽,其两侧有呈红色调的护坡林;而西岸堤防狭窄、弯曲,两侧没有护坡林,防洪标准偏低。西岸决口位于堤防与铁路路堤交接处,其上游一段堤防明显地淹没在水中,充分说明河堤防洪标准低是引起决口的原因之一。

(2) 铁路桥下游河堤间距骤然缩窄,河宽不足200米,河道内有大量的树木(在彩色红外航空像片中呈鲜红色颗粒状),顺水流方向排列有序,还有一个扬水站伸入河床,经现场验证,扬水站系水泥结构物,两者都属行洪阻水物,致使泄洪不畅,桥前壅水加高,增加了上游河堤的压力。

(3) 铁路桥上游东侧低丘似矶头,将水流挑向西岸,加剧了对该岸堤防的冲击作用,很显然这也与西岸决口有一定的关系。在遥感图像上低丘呈鲜红色块状,一目了然。

除上述例子外,采用遥感技术还对铁路与地方同样有争议的沟海线大辽河铁路桥是否碍洪进行了论证,并提出了技术改造措施(不再详细阐述)。

铁路洪水灾害往往伴有滑坡、泥石流等地质病害发生。遥感技术在滑坡、泥石流灾害调查、成因分析、分布规律及其发展趋势等方面亦有很好的效果,而且已在防灾、减灾中发挥了重要作用。

3 结论

1. 遥感图像影像逼真、视野广、区域特征反映清晰,可以提取大量的水文和环境信息,是新线勘测的一种先进手段,不会遗漏有价值的桥位方案和合理的线路走向。

2. 不同片种、不同时相的遥感图像解译,可以得到水文和环境条件的动态变化规律,查明水害成因,分布规律和其发展趋势,以利与其他部门配合,提出整治措施,为防洪减灾服务。

1) 曹述互等. 应用大比例尺航空遥感图像分析1986年东辽河三江口堤防决口原因. 水电部遥感中心, 1986, 8.

Remote Sensing Evaluation of Hydrology and Environment of the Railway Bridge Crossing

Cao Linying Fan Yonggui

(Professional Design Institute of Railway Ministry)

Abstract Using different sort and time remote sensing image, a lot of hydrology and environment information and the variation law can be get and used not only to select the best location of bridge crossing in new railway line, but also to analyse the cause of flood disaster and put forwarded the dredging measure in old railway bridge crossing.

Key words Remote Sensing, Railway, Hydrology, Environment Evaluation