

白龙江引水工程取水对嘉陵江川境段 航道航运的影响

陈婷婷, 何熙, 谢玉杰, 李家世

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 白龙江引水工程是全国 2020~2022 年重点推进 150 项重大水利工程之一, 工程拟从甘肃省嘉陵江支流白龙江上游引水, 在代古寺电站枢纽下游新建代古寺水库, 向甘肃省陇南天水、平凉、庆阳 3 市 20 县(区)以及陕西省延安市 4 县(区)共 24 县(区)供水。引水工程实施后, 从而使下游嘉陵江流量相应减少, 最终影响四川省嘉陵江干线航道通航尺度。根据白龙江引水工程设计取水流量, 通过计算工程取水所引起的嘉陵江川境段河道河床演变和航道尺度的变化值, 分析受影响河段航道条件的变化情况。

关键词: 工程取水; 航道条件; 河床演变; 航道尺度

中图分类号: U61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 04—0109—04

白龙江引水工程是从甘肃省嘉陵江支流白龙江上游引水, 向甘肃省陇南东南天水、平凉、庆阳 3 市 20 县以及陕西省延安市 4 县共 24 县供水, 工程任务为“城乡生活、工业供水以及高效农业灌溉, 并为改善革命

老区和六盘山区民生、巩固脱贫攻坚成果、推进区域乡村振兴和生态文明建设提供水资源支撑”。

白龙江引水工程推荐采用 1~3 月不拦蓄, 12 月最大拦蓄比例控制在 25% 以内的方案, 即: 代古寺坝址

来说, 半洋礁锚地中锚泊的船舶以小型船舶居多, 其甲板照明灯对人眼能见距离的削弱不是很大。但是由于此锚地区域和周围水域是众多船舶的必经之地, 途经西堠门南下北上的船舶, 来往舟山和宁波的船舶都从此经过, 在夜间拥挤的交通流在光污染的影响下要求我们必须小心翼翼地对待。

4 如何减少和避免光污染的影响和对策

光污染是实际存在的, 但由于相应的污染标准与立法的缺乏, 因而很难形成较完整的防范措施和环境质量要求。防治光污染, 既是一项社会系统工程, 又需要有关部门制定必要的法律法规并采取相应的防护措施。

4.1 对于海上驾引人员

(1) 在瞭望的时候调整眼睛的疲劳程度, 把雷达调整成最佳状态, 注意使用雷达和视觉的瞭望相结合。

(2) 驶入光污染严重的区域, 注意保持高度戒备。

(3) 做好应急措施。

(4) 注意高频守听, 根据港口相关部门的规定守听相应的频道。

(5) 使用安全航速, 并考虑到背景亮光的影响。

(6) 海上船舶严格控制除了规则规定的船舶必须显示的灯光之外的光源外漏。

4.2 对于城市和港口规划者

(1) 针对有涉及人身安全的光污染特殊场所采取必要的安全防护措施。

(2) 要优化城市和港口的管理和规划, 改善港口和工厂的照明条件等, 从而减少光污染的来源。

(3) 在设计方案上, 研究人员在技术上要找出有利于减少光污染的方法并合理选择光源。

5 结束语

目前光污染对我们生活和工作的危害在日益加重和延伸。因为目前光污染没有被列入环境防治的范畴, 所以我们在生活中应当避免长时间接触, 进而减少各种光污染对健康的危害。特别对于我们这些保证船舶航行和靠离泊安全的海上驾引人员来说, 更要注意。只有我们知道了海上光污染的危害和对安全的影响, 我们才能正确的面对和处理它, 才能充分的保证我们的引航安全, 从而更好地为船舶服务, 为港口的发展服务。光污染是一个社会问题, 其危害日益突出, 迫切需要建立完善的预防光污染体系, 在我们航海体系中, 它的安全隐患尤其突出, 不仅需要航海操作人根据实际情况去避免光污染产生的事故, 更需要港口根据实际情况建立科学有效地预防机制, 防患于未然。

段面生态流量在 11 月至次年 4 月不低于 $21.07\text{m}^3/\text{s}$ ，5~10 月不低于 $27.44\text{m}^3/\text{s}$ 。代古寺水库正常蓄水位为 1804m，在满足下游生态流量并预留下游用水情况下，1~3 月不拦蓄，12 月最大拦蓄比例控制不超过 25%，代古寺和受水区当地水库联合调度可下，多年平均可引水量为 7.74 亿 m^3/s 。

工程引水使得取水河道的流量、水位等发生变化。文章以此为着眼点，分析白龙江引水工程取水对嘉陵江干线航道与通航可能带来的影响。

1 工程河段航道条件

嘉陵江川境段航运配套工程实施完成后，肖家河以下库区段航道基本达到Ⅳ级航道标准，航道尺度满足 $1.9 \times 50 \times 330\text{m}$ （水深 $\times$ 直线段宽度 $\times$ 弯曲半径），航标按一类配布。亭子口库尾肖家河以上河段，上石盘枢纽至昭化桔柏渡约 11km 河段按亭子口枢纽坝前正常蓄水位 458.00m 时，达到Ⅳ-（3）级航道标准，其保证率可达到 25.2%；昭化桔柏渡至簸箕子滩河段按亭子口枢纽坝前汛限水位 447.00m 时，同时上游来流 $250\text{m}^3/\text{s}$ （最小通航流量）时，通过整治达到Ⅳ-（3）级航道标准，其保证率可达到 76.5%；簸箕子滩至泥溪浩滩河段，按亭子口枢纽坝前汛限水位 447.00m 时，达到Ⅳ-（3）级航道标准，其保证率可达到 84.3%。

2 引水工程对河床演变的影响

嘉陵江属山区冲击性河流，其通过自身的调整作用，作为较长时间的平均情况来说，一般处于相对平衡状态，其断面形态和纵剖面与流域因素之间存在某种被称为河相关系的定量关系，在这种关系下，一般采用造床流量假定和多年流量过程的综合造床条件作用相等。

造床流量分为第一造床流量和第二造床流量，其中决定中水河槽河床形态的流量为第一造床流量，第二造床流量决定枯水河槽横断面的大小，一般将其作为确定航道整治流量的一种方法，根据亭子口 1989~2011 年入库流量序列统计分析得到：河段第一造床流量为 $1050\text{m}^3/\text{s}$ 、第二造床流量 $425\text{m}^3/\text{s}$ 。根据统计分析，实测情况下，第一造床流量 $1050\text{m}^3/\text{s}$ 对应的流量保证率为 7.90%，第二造床流量 $425\text{m}^3/\text{s}$ 对应的流量保证率为 34.85%，调水后，第一和第二造床流量基本保持不变，对应的第一、第二造床流量保证率分别降低至 7.37% 和

31.6%，即第一、第二造床流量历时分别减少约 2 天和 12 天。

造床流量包含造床强度和造床历时两方面因素，造床强度取决于输沙率大小，造床历时取决于各级流量出现的频率。故输沙率与历时的乘积最大时的流量为造床流量，因此输沙率可以写成 $G \approx Q^m J$ 。

式中：Q——流量；

J——比降，枯水期平均比降取 0.8‰，中洪水期平均比降取 0.2‰；

G——床沙质输沙率；

m——指数，通常取 2。

因此结合上述公式第一造床流量下输沙率 $144.5\text{kg}/\text{s}$ ，第二造床流量下输沙率 $220.5\text{kg}/\text{s}$ ，但引水前后造床流量历时长有所减小，将导致河段的输沙能力减弱，河段输沙能力减弱的沙量将主要直接淤积在下游河槽中，引起下游河槽的淤积和萎缩，直接引起河道淤积和河床演变；第二造床流量历时减小接近 12 天，减小了水流对河槽的冲刷能力和过流能力，引起河床的横向淤积。

造床流量附近的中水流量历时缩短和来流量的减小，降低了水流的挟沙能力和造床强度，破坏了原河流的泥沙冲淤平衡和航道稳定，不利于航槽“落冲”演化过程的完成，从而加剧了航道的出浅机会及碍航程度，原有的非碍航河段将产生新的碍航滩险，造床流量的减少会导致下游河宽减少，为泥沙淤积成滩提供了空间；对于已整治河段，由于原设计整治流量的减小，原有的整治建筑物标示的整治线宽度已达不到调整水流、输水攻沙、保持航深的效果，航槽内将逐渐淤浅，已整治河段重新出浅碍航；引水后，上游来水来沙规律将发生较大变化，从而导致原有的滩险河段演变发生新的变化，特别对于分汉浅滩，主汉将向超窄深方向发展，主汉的河宽趋向变窄，而支汉逐渐淤积，最终逐渐消退；对于沿岸码头，洪水淤积过后，由于用以“落冲”港池的中水历时减小，港池将逐渐淤积，最终影响船舶正常停靠。

嘉陵江 2018 年发生“7·11”特大洪水，根据亭子口入库流量达到 $25000\text{m}^3/\text{s}$ ，超过 30 年一遇洪水标准，一般类似山区河流均表现为流量大，来沙大的特点，因此该年为典型的丰水丰沙年。根据嘉陵江 2018 年“7·11”洪水汛期前后测图对比结果，河床汛期航槽平均淤高约 0.51m，即经过一个水文年后，河床可基本恢复至原高程。调水后，中枯水流量的减少和中水历时的大幅缩短，水

流的挟沙能力和造床强度降低后,洪水期河床淤积的泥沙难以通过中枯水期完成冲刷,使河床恢复至汛期高程,参考已有工程,预测一个水文年后嘉陵江亭子口库尾段航槽内河床淤高约 0.2~0.8m,见图 1。

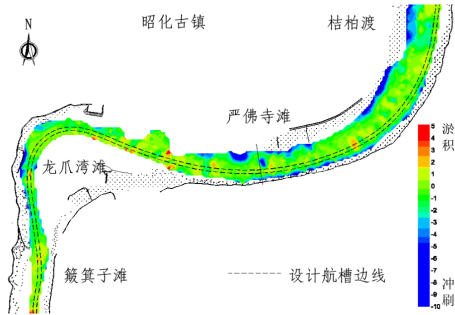


图 1 嘉陵江亭子口库尾冲淤变化图(2017~2018)

3 引水工程对航道水文要素的影响

航道水文要素的分析变化以河道现状边界为基础,不考虑上游梯级修建和河床演变的影响。

根据《嘉陵江川境段航运配套工程二期工程二批次滩险整治工程(亭子口库区)施工图设计》(报批稿),昭化桔柏渡至簸箕子滩河段航道按亭子口枢纽坝前汛限水位 447.00m 时,同时上游来流 250m³/s(设计最小通航流量)时,达到Ⅳ-(3)级航道标准,其保证率约为 66.5%。引水后,在不考虑上游枢纽修建和调水后河床演变影响的情况下,经插值计算,对应流量保证率下降至 62.49%,影响天数约 15 天。同时如果按照引水前 250m³/s 对应的保证率查调水后的综合历史曲线,则对应的流量为 233m³/s,即相同流量保证率下,对应昭化桔柏渡至簸箕子滩河段设计最小通航流量减少 27 m³/s。

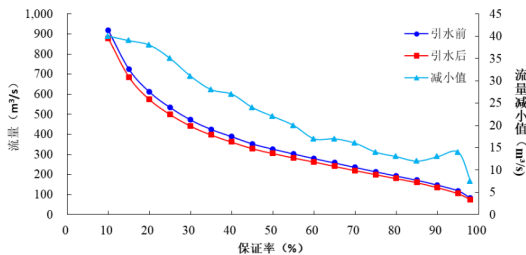


图 2 引水前后不同保证率下亭子口入库流量对比图

比较保证率为 50% 的中水流量,引水前为 326m³/s,引水后为 304m³/s,同比减少 22m³/s;比较保证率为 25% 的中水流量,引水前为 533m³/s,引水后为 498m³/s,同比减少 35m³/s。各保证率下,引水前后流量减少值详见表 1。

表 1 亭子口入库流量 1989~2011 年不同保证率下流量统计表

保证率 (%)	调水前(m ³ /s)	调水后(m ³ /s)	减小值(m ³ /s)
10	916	876	40
15	723	684	39
20	610	572	38
25	533	498	35
30	471	440	31
35	424	396	28
40	388	361	27
45	352	328	24
50	326	304	22
55	302	282	20
60	279	262	17
65	257	240	17
70	235	219	16
75	213	199	14
80	192	179	13
85	171	159	12
90	147	134	13
95	118	104	14
98	82	74.5	7.5

4 引水工程对枯水期航道尺度的影响

4.1 不考虑河床演变时

昭化桔柏渡至簸箕子滩河段设计最低通航水位对应的流量为 250m³/s(即设计流量),根据亭子口库区 150km 一维水面线计算结果,在桔柏渡码头附近对应水位 449.93m,2019 年嘉陵江川境段航运配套工程实施后,可基本达到内河Ⅳ级航道水深 1.6m。调水后,对应流量保证率下该位置水位 449.21m,即在引水后较引水前桔柏渡码头附近水位下降约 0.07m。在该段航道控制性滩险龙爪湾滩弯道处水位为 448.26m,2019 年嘉陵江川境段航运配套工程实施后,可基本达到内河Ⅳ级航道水深 1.6m。调水后,对应流量保证率下该位置水位 448.20m,即在引水后较引水前桔柏渡码头附近水位下降约 0.06m。

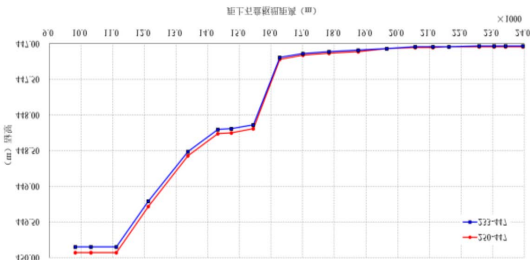


图 3 引水前后昭化桔柏渡至簸箕子滩河段沿程水位变化

4.2 考虑河床演变影响时

由前分析可知,引水后,航道的河床演变将发生较大变化,年淤积平均高度为0.2~0.8m,结合流量减小导致的水位降低,昭化桔柏渡至簸箕子滩河段枯水航道水深将减少0.28~0.88m。

综上,在调水后,在不考虑河床演变的前提下,同等保证率下,枯水期航道水位下降约0.08m,水位的下降必然导致航深减小,降低河段的航道尺度,特别对于枯水期,航道尺度的降低将对航运产生重要影响;若考虑调水后河床演变和水位下降的双重影响,航道尺度将进一步降低,枯水航道水深将减少0.28~0.88m。

5 引水工程对库尾航道的航运影响

5.1 对通航保证率的影响

在不考虑生态、供水情况下,同时根据亭子口航道建设标准等相关要求,引水工程对亭子口库区的影响主要集中在昭化桔柏渡至簸箕子滩河段,该段航道达到设计内河Ⅳ级航道标准所需最小通航流量为上游来流 $250\text{m}^3/\text{s}$ 以及下游亭子口电站维持坝前水位447m的组合,根据引水工程实施后,相同保证率流量降低至 $233\text{m}^3/\text{s}$,对应引水前后保证率分别为66.5%和62.49%,影响天数为15天。

5.2 增加航道管理及维护的工作量和难度

调水之后,由于大量调走了中水期的水量,而弃水仍频繁发生,致使中水历时减少,洪峰跌落过程加快,浅滩淤积的泥沙来不及被冲走,使碍航现象的发生频率大幅度增加,必须在航道整治工程基础上,定期辅以一定的航道维护措施,以维持原通航标准,给航道管理及维护、航标设置与调整工作增加了一定的工作量和难度。

5.3 对码头、渡口运行的影响

一方面,调水之后,由于大量调走中水期的水量,致使中水历时减少,港区淤积的泥沙来不及被冲走,港区逐渐落淤。

另一方面,调水后,将导致长期中枯水历时减少,水位下降,对沿岸的码头、渡口等设施的运营和航道的维护将造成不利影响。根据调查,沿江大型观光游览船设计吃水0.65~1.30m,内河Ⅳ级航道富裕水深值0.2m,卵石河床富裕水深值应另加0.1m的相关要求,

航道水深应满足1.6m的相关要求,亭子口库尾建设标准按照内河Ⅳ级航道建设标准进行建设,航道尺度为 $1.6 \times 30 \times 330\text{m}$ (水深 $\times$ 单线航道直线段宽度 $\times$ 弯曲半径)。枯水期水位降低约0.08m后,部分船舶不能正常航行。

受以上两方面影响,沿岸码头、渡口需要增加港池和码头前沿疏浚深度和范围,加大维护量。

6 引水工程对船舶吨位的影响

根据计算,亭子口库尾航道整治后,通行500t级船舶的保证率约66.5%,在不降低通航保证率的情况下,仅能通行300t级船舶,航道水深减小约0.08m。

1000t级机动驳满足设计吃水的流量约 $500\text{m}^3/\text{s}$,对应保证率约27.66%,基本满足航道水深2.0m的要求。调水后,在不降低保证率情况下,航道水深减小约0.06m。

7 结语

(1)嘉陵江亭子口库区河床汛期航槽平均淤高约0.51m,经过一个水文年后,河床可基本恢复至原高程。白龙江取水工程调水后,中枯水流量的减少和中水历时的大幅缩短,水流的挟沙能力和造床强度降低后,洪水期河床淤积的泥沙难以通过中枯水期完成冲刷,使河床恢复至汛期高程,参考已有工程,预测一个水文年后嘉陵江亭子口库尾段航槽内河床淤高约0.2~0.8m。

(2)白龙江引水工程使嘉陵江川境段河道流量的减小和水位的下降,将对嘉陵江航道水文要素、枯水期航道尺度、船舶吨位及通航条件均会产生不利影响。

参考文献:

- [1] 李顺超,张有林,何熙,谢玉杰.岷江下段航道典型滩险整治技术[J].水运工程,2020(4):89-94.
- [2] 胡鹏,裴金林,秦磊,郑力.引江济汉工程取水对航道通航条件的影响[J].水运工程,2016(6):144-148.