长江上游铁路穿江隧道航段清礁方案研究

樊书刚，周　璞
（长江重庆航运工程勘察设计院，重庆 401147）

摘要：根据铁路与航道有关管理要求，针对渝黔铁路长江隧道穿越长江航道猪儿碛滩段需提前实施航道清礁的问题，开展了工程河段远期通航标准、航道清礁方案及施工组织的有关研究。通过将现状船型与三峡水运新通道设计船型相结合的综合分析方法，提出可采用 5 000~10 000 吨级内河单船和 350 TEU 集装箱船作为远期代表船型，并确定了 6.2 m×150 m×1 000 m 的航道建设标准。以航道标准、山区河流浮标漂移安全距离、爆破振动对铁路隧道安全允许距离为基准，提出了纵向以隧道中心线上下游各 200 m、横向 170 m、水深 6.2 m 的提前清礁方案，并基于工程区域年内特征水位分析，提出低水南槽、高水北槽的分槽施工方案，有效解决了施工区位于主航槽的施工与通航矛盾问题。研究成果可为渝黔铁路长江隧道炸礁工程实施及类似项目提供技术参考。

关键词：长江航道；铁路穿江隧道；猪儿碛滩段；清礁
中图分类号：U617　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2026)08-0210-07

Reef removal scheme for navigation section of railway river-crossing tunnel in the upper Yangtze River

FAN Shugang, ZHOU Pu
(Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River, Chongqing 401147, China)

Abstract: According to the management requirements for railways and waterways, research has been conducted on long-term navigation standards, waterway reef removal plan, and construction organization, with a focus on the advance reef removal work for the Yangtze River tunnel of the Chongqing－Qianjiang railway, which crosses the Zhu'erqi shoal reach of the Yangtze waterway. Through a comprehensive analysis combining the current ship types with the design ship types for the Three Gorges new waterway, it is proposed that 5, 000－10, 000 DWT inland single ships and 350 TEU container ships can be used as representative ship types for the long term, and a waterway construction standard of 6.2 m×150 m×1, 000 m is determined. Based on the waterway standards, the safe drift distance of buoys in mountainous rivers and the allowable distance for blasting vibration to the safety of railway tunnels, a reef removal plan is proposed, which involves removing reefs upstream and downstream of the tunnel centerline by 200 m in the longitudinal direction, 170 m in the transverse direction and with a water depth of 6.2 m. Based on the analysis of the characteristic water levels in the project area during the year, a construction plan for separate channels with the southern channel for low water and the northern channel for high water is proposed, effectively solving the contradiction between construction and navigation in the construction area located in the main navigation channel. The research results can provide technical references for the implementation of the reef blasting project of the Yangtze River Tunnel on the Chongqing－Qianjiang Railway and similar projects.

Keywords: Yangtze River waterway; railway river-crossing tunnel; Zhu'erqi shoal reach; reef removal

收稿日期：2025-12-08　　**录用日期：**2026-01-09

作者简介：樊书刚(1985—)，男，硕士，高级工程师，从事港口与航道工程研究与设计工作。

水运工程

长江干线航道全长 2 843 km，是目前世界上运量最大、运输最繁忙的通航河流，2024 年长江干线港口货物吞吐量达到 40.6 亿 t，连续多年稳居世界内河第一。猪儿碛滩段位于重庆市主城区，长江与嘉陵江汇合口上游 2 km 处，三峡 175 m 蓄水运行后，处于变动回水区上段，是长江上游航道重点碍航滩段之一。重庆至黔江铁路是我国中长期铁路网规划的“八纵八横”中厦渝通道的重要组成部分，根据铁路线路走向，将以长江隧道的形式在重庆主城区猪儿碛江段穿越长江，其平面位置关系见图 1。

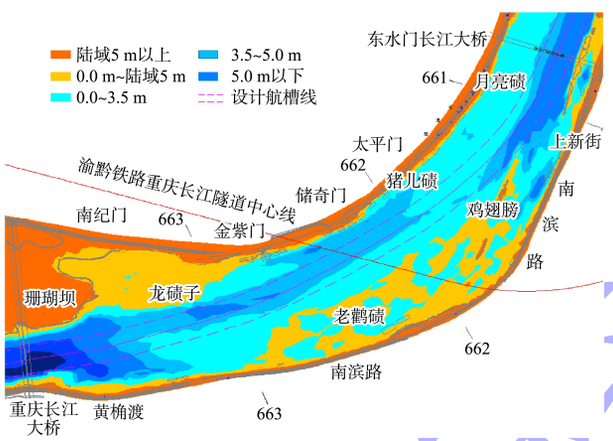


图 1　猪儿碛滩段与渝黔铁路长江隧道位置关系

Fig. 1　Positional relationship between the Zhu’erqi shoal reach and the Yangtze River tunnel of the Chongqing－Qianjiang Railway

重庆至黔江铁路运营后，根据《铁路安全管理条例》将对铁路隧道上方中心线两侧各 1 000 m 范围内的爆破类航道整治工程进行限制，而水下钻孔爆破仍然是目前最为有效的山区河流航道整治措施之一。根据《内河通航标准》和《长江干线通航标准》相关规定：当过河建筑物布置对规划的航道整治工程造成影响时，应先期实施水下清礁、疏浚等控制性工程，或对过河建筑物结构预先采取相应措施，避免对后期实施航道整治工程产生影响。

调研国内类似项目，包明金等[1]围绕重庆东环线铁路明月峡长江大桥所在的明月峡碍航礁石滩段航道清礁工程，开展了方案设计和效果分析；胡鹏飞等[2]针对重庆南川至两江新区高速公路太洪长江大桥桥区五台梁礁石清除工程，开展了工程效果分析，但上述研究主要聚焦于跨江桥梁进行的航道清礁方案研究，目前针对穿江隧道而实施航道清礁工程的研究相对较少。本文基于猪儿碛滩段的航道条件及远期通航标准分析，提出长江上游渝黔铁路穿江隧道猪儿碛滩段的提前清礁方案和施工组织设计，可为项目实施及类似项目清礁方案的确定提供技术参考。

1　航道整治现状

猪儿碛滩段位于重庆长江与嘉陵江的汇合口朝天门上游 2 km 处，为长江上游重点浅滩河段，河道微弯，碛坝、石梁众多。上段珊瑚坝尾、龙碛子岩盘与右岸老鹳碛边滩相对，中下段北岸有猪儿碛、月亮碛边滩伸入江心，南岸有鸡翅膀、玄坛庙等石梁突嘴，挑流明显。上段深槽居右、中段偏左，下段受左岸猪儿碛—月亮碛边滩束窄又过渡至右岸，滩段枯水期总体呈现浅、险的碍航特征。

先后实施兰叙段航道整治工程[3]、泸渝段航道整治工程、铜锣峡—娄溪沟河段清礁工程等一系列航道整治项目后，在“十一五”初期航道等级达到Ⅲ级，航道尺度达到 2.7 m×50 m×560 m（水深×航宽×弯曲半径），枯水期可通航 1 000 吨级船舶。2010—2015 年三峡 175 m 蓄水初期，猪儿碛滩段成为三峡库区变动回水区上段，累积性淤积逐渐显现[4-5]，低水位期猪儿碛浅区 2.7 m 等深线多次断开，需通过航道维护疏浚才能保障最小维护尺度要求，年度维护疏浚量约 10 万 m^3。为遏制航道条件向不利方向发展的趋势、提升航道等级[6]，2015—2020 年，长江上游九龙坡—朝天门河段（九朝段）航道建设工程对猪儿碛滩段实施了浅区疏浚、清礁和筑坝，整治方案见图 2。猪儿碛浅区按照设计最低通航水位以下 4.0~4.1 m 实施疏浚，

龙碛子、鸡翅膀、玄坛庙突嘴按照设计最低通航水位以下 4.1、4.0 m 实施清礁。为维持疏浚后航槽的稳定，解决老鹳碛边滩低矮散乱、水流分散、泥沙易落淤出浅的碍航问题，在老鹳碛上修建 2 条丁顺坝(Z1#、Z2#)，在鸡翅膀上游建 1 条顺坝(Z3#)、连接鸡翅膀石梁中段缺口建 1 条锁坝(Z4#)。

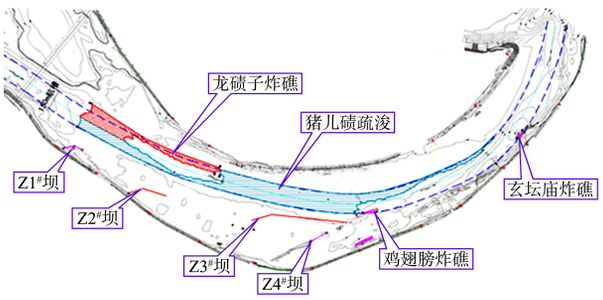


图 2　猪儿碛滩段整治方案

Fig. 2　Renovation plan for Zhu'erqi shoal reach

九朝段航道整治工程实施后[7]，猪儿碛滩段的航道等级提升至Ⅰ级，2024 年最小航道尺度已按照 3.5 m×150 m×1 000 m 进行维护，枯水期可通航 3 000 吨级船舶。采用疏浚、清礁及筑坝的综合整治措施后，猪儿碛滩段航道尺度大幅提高，且中枯水期的水流条件也得到了较大改善。整治后水流更为顺直，不良流态减少，船舶操控难度降低，助拖及航道维护频次大幅降低。随着长江上游来沙量的减少，包括猪儿碛滩段在内的三峡变动回水区累积性淤积趋势明显减缓，从而有利于工程河段优良航道条件的长期保持[8]。

2　航道通航标准

2.1　通航代表船型分析

根据有关数据统计，截至 2023 年长江 14 省市货运船舶(包括货船、驳船)艘数 8.60 万艘、净载质量 21 645.27 万 t，同比分别降低 3.26%、增加 2.53%。内河货船 7.96 万艘、净载质量 12 741.22 万 t，降低 3.23%、增加 2.13%；平均吨位 1 600 t，同比增长 5.55%，2019—2023 年的内河货运船舶运力情况变化趋势见图 3，其中内河货船平均吨位 2 159 t，增长 4.5%。老旧船舶淘汰后的船舶数量减少，但单船大型化趋势显著。

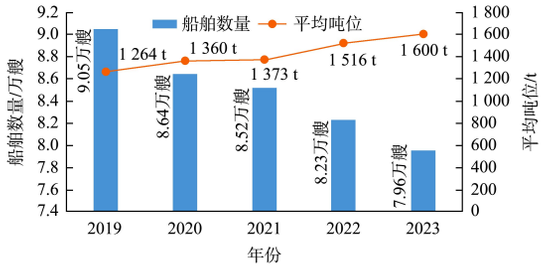


图 3　长江 14 省市近 5 年内河货运船舶运力情况

Fig. 3　Transport capacity of inland river cargo ships in 14 provinces and cities along the Yangtze River in the past 5 years

工程河段位于三峡库区，从三峡过闸船舶 2005—2021 年的吨位变化趋势分析来看，2005 年 1 000 吨级以下船舶占 56.6%，2010 年 1 000～3 000 吨级船舶占比为 51.5%，2013 年 3 000 吨级及以上船舶成为主力，其中 5 000 吨级及以上船舶占比超过 30%；2017 年 5 000 吨级及以上船舶占比分别超过 40%，2021 年后占比为 50%以上，可见近年来 5 000 吨级船舶已成为长江上游的主力船型，三峡近年过闸船舶吨位分布见图 4。“十四五”期实施的长江上游朝天门—涪陵河段航道整治工程、涪陵—丰都河段航道整治工程也均以 5 000 吨级船舶为设计代表船型。2025 年 5 月国家发展改革委批复三峡水运新通道项目，其设计通航船舶为 10 000 吨级，工程建设将极大促进长江上游水运发展，预期将加速船舶大型化发展趋势。

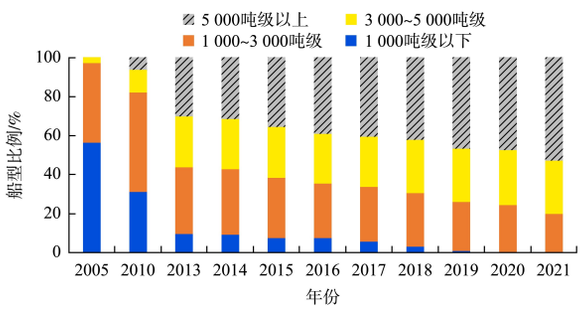


图 4　三峡近年过闸船舶吨级分布

Fig. 4　Tonnage distribution of ships passing through the Three Gorges lock in recent years

综合考虑长江上游现行通航船舶、三峡水运新通道船型，5 000～10 000 吨级船型将成为长江干线航道未来的主力船型，因此根据《长江干线通航标准》《内河过闸运输船舶标准船型主尺度系列 第 1 部分：长江水系》船型等，确定猪儿碛滩段的远期通航代表船型为 5 000～10 000 吨级干散货船和 300 TEU 集装箱船。

2.2　通航标准分析

根据《内河通航标准》《长江干线通航标准》等有关规范，对设计代表船型航道尺度进行计算，结果见表 1。工程河段航槽顺直，5 000 吨级现状船舶双线航宽为 138～140 m，三峡水运新通道设计船型双线航宽为 125～128 m，因此该工程设计航槽宽度确定为 150 m，水深为 6.2 m，弯曲半径考虑万吨级船队要求取 1 000 m。

目前工程河段的航道宽度 150 m 和弯曲半径 1 000 m 已满足设计代表船型通航需求，仅航道水深 3.5 m 尚不满足远期尺度要求。根据工程河段实测水文资料，2021 年 4 月三峡消落期工程河段最大流速为 2.15 m/s，最大比降约 1‰，2020 年 9 月洪水期工程河段最大流速为 3.27 m/s，最大比降为 0.89‰，且工程区河段顺直，不同水位期均无较强横流、回流等不良水流，通航水流条件满足设计代表船型自航上滩要求。

表 1　猪儿碛滩段远期航道尺度计算
Tab. 1　Calculation of long term channel scale for Zhu'erqi shoal reach

代表船型	船舶尺度(长×宽×吃水,m)	双线航宽/m	水深/m	弯曲半径/m
5 000 吨级散货船	110×19.2×4.2	138	4.9	550
	130×16.3×4.3	140	5.0	650
4×3 000 吨级船队	223×32.4×3.5	140	4.2	669～1 115
4 000～6 500 吨级干散货船	105×16.3×5.5	125	6.2	525
300 TEU 集装箱船	110×16.3×5.5	128	6.2	550
10 000 吨级货船	130×22.0×5.5	150	6.2	650

3　清礁方案

3.1　平面布置

根据《爆破安全规程》《水运工程爆破技术规范》《高速铁路安全防护管理办法》进行爆破安全距离计算，结果表明，在距离铁路隧道 60 m 以内区域进行爆破，隧道结构质点振动速度不能满足 5.00 cm/s 的安全控制标准，距离铁路隧道 130 m 的区域爆破，隧道结构质点振动速度已下降到 1.50 cm/s，爆破对隧道结构影响可控；距离铁路隧道 200 m 的区域爆破，隧道结构质点振动速度进一步下降到 0.75 cm/s，爆破对隧道结构安全基本无影响，也基本满足关于仪器设备的安全振动要求 0.50～0.70 cm/s 的要求。考虑爆破施工对隧道结构和铁路运营安全的影响，确定爆破振动安全允许距离为 200 m。根据铁路隧道走向与航道布置，清礁区以隧道中心线上下游各 200 m 范围进行确定，纵向长约 563 m。

根据设计代表船型的远期航道尺度计算，猪儿碛滩段设计航槽宽度为 150 m。该滩段为山区河流，通过选取工程河段猪儿碛 1#白浮、鸡翅膀红危浮、海棠溪红危浮及石板坡桥左 1#白浮，分析 2024 年 4—5 月低水位期在风、浪、流等作用下的浮标漂移范围(工程区水位为航基面上 1.6～4.0 m)，枯水期水流流向与航槽基本一致，浮标正常漂移距离约为 3～5 m，最大漂移距离约 10 m。中高水位期工程河段通航水域宽阔，仅采用重点位置设标。根据工程区航槽布置，考虑浮标飘移的安全距离及与前期整治工程平顺衔接，清礁宽度确定为 170 m，可以满足工程后的设标维护和通航安全需要。

综合上述关于清礁区纵向和横向范围的分析，猪儿碛滩段提前清礁工程区纵向边界为平行于隧道中心线上下游各 200 m，基线长度约 563 m，横向宽度为 170 m，清礁区面积约 9.55 万 m^2，清礁工程平面布置见图 5。

水运工程

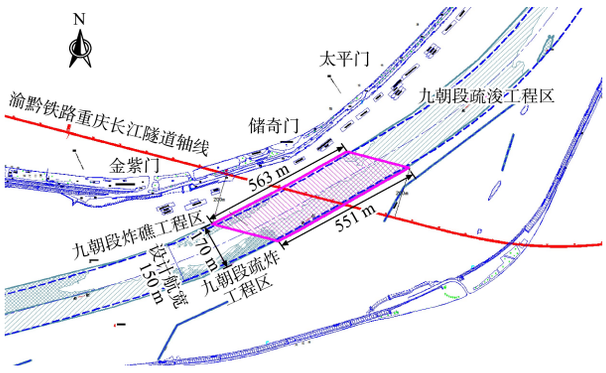


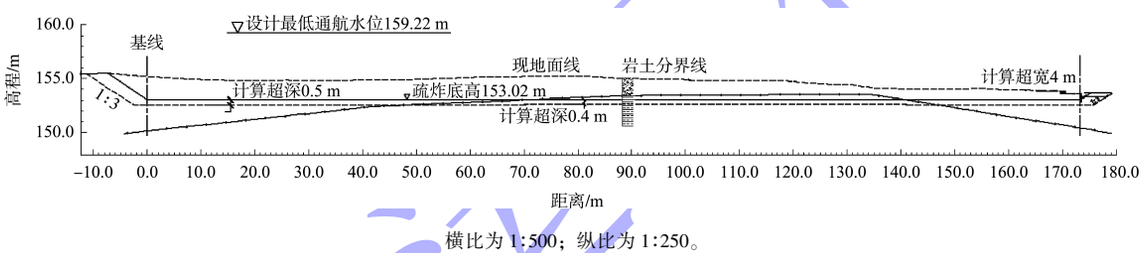
图 5　清礁工程方案平面

Fig. 5　Plan of reef removal project

3.2　结构设计

三峡 175 m 蓄水后的原型观测表明，自 2012 年以来长江上游来沙量减少约 75%，工程河段发生严重淤积的概率已大幅降低，因此，清礁深度可确定为满足通航标准的 6.2 m 即可。根据地质勘察资料，猪儿碛滩段清礁工程区域内主要揭示为上覆卵石混砂、下伏泥岩及砂岩的地质构造，因此主要为表层疏浚和水下清礁。根据《疏浚与吹填工程设计规范》要求的稳定边坡，设计横断面边坡考虑边坡稳定及改善水流条件均为 1∶3，清礁工程断面结构见图 6。清礁区上下游端坡以平缓工程区与上下游原始河床地形的衔接、改善流态取为 1∶10。

清礁区工程量计算时计算超深取 0.4 m，卵石区工程量计算时超深取 0.5 m，计算超宽取 4 m。工程区为上层卵石、下层基岩时，表层卵石覆盖层疏浚不计超深工程量。经测算，清礁和疏浚总工程量约 20.4 万 m^3。为加强项目实施期间的鱼类保护，除施工期避开鱼类卵苗漂流高峰期外，仍需采取气泡帷幕等水击波削减措施。



横比为 1∶500；纵比为 1∶250。

图 6　清礁工程方案断面结构

Fig. 6　Cross-section structure for reef removal project plan

3.3　清礁渣石综合利用

为贯彻生态优先、绿色发展理念，工程约 11.1 万 m^3 疏浚卵石土可采用上岸综合利用的方式，剩余约 9.3 万 m^3 清礁渣石运至朝天门下游的外梁梁沱深潭区，以构建浅埂-深潭型人工鱼礁区，丰富长江鱼类生境。

4　施工组织方案设计

考虑渝黔铁路长江隧道盾构进入长江的时间安排，猪儿碛滩段清礁工程有效施工时间仅为 4—10 月(约 7 个月时间)。猪儿碛滩段末端为重庆羊角滩水尺，分析 2019—2023 年的水位过程表明，如 2019—2021 年三峡坝前水位调度过程保持了 175、155、145 m 的较为规律的年内调度规程，羊角滩在 1—4 月、10—12 月受坝前蓄水影响，水位抬高，可大幅缓解施工与通航矛盾；4 月中下旬随着坝前水位消落，逐渐恢复为天然山区河流，7—9 月受汛期洪峰影响，水位暴涨暴落，最大日变幅约 5~7 m。但 2022 年 7 月—2023 年 5 月，受降雨偏少影响，长江流域出现汛期反枯，汛期及蓄水期羊角滩水尺水位较往年最大偏低约 10 m，不利于施工组织安排。

重庆羊角滩水尺近年 4—10 月的典型水位分析见表 2，由表可知，4—6 月受三峡坝前水位影响，最低水位为 0.65~4.51 m，正常年份低于 4 m 的时长为 30~63 d，平均为 50 d，但水位变化差异较大，拟爆破区域位于枯水主航槽，根据长江海事局朝天门断面的船舶流量监测，工程河段日船舶流量约 150 艘次，在三峡消落期施工与通航矛盾非常突出。7—9 月汛期平均水位为 5.5~14.6 m，正常年份最低水位 5.9 m，2022、2023 年非正常年份最低水位分别达到 2.58、3.25 m。汛期洪峰

过境羊角滩水位暴涨暴落，日变幅大于 3 m，流速大于 3.5 m/s，统计寸滩流量 30 000 m^3/s 以上(对应羊角滩水位约 14 m)的天数，从 2019—2023 汛期平均水位来看，约 20～30 d 不满足安全施工要求，为确保实施进度，可在非洪峰期间合理安排施工，可施工时长约 60 d。10 月受三峡蓄水影响，正常年份羊角滩水尺最低水位为 7.84～12.17 m，蓄水期平均施工水位为 12～15 m，可以有效解决航道内施工的通航矛盾问题。

表 2　重庆羊角滩水尺 2019—2023 年典型水位分析

Tab. 2　Analysis of typical water levels at Yangjiaotan water gauge in Chongqing from 2019 to 2023

年份	4—6 月			7—9 月				10 月	
	低于 4 m 的时段(日期)	时长/d	最低水位/m	平均水位/m	最高水位/m	最低水位/m	高于 14 m 的时长/d	平均水位/m	最低水位/m
2019	4 月 10 日—5 月 9 日	30	2.60	10.26	19.05	5.47	17	12.67	7.84
2020	4 月 13 日—6 月 8 日	57	0.92	14.61	32.46	8.37	52	15.16	12.17
2021	4 月 16 日—6 月 17 日	63	1.83	11.78	21.75	5.90	21	15.05	12.17
2022	–	0	4.51	5.52	9.67	2.58	0	4.87	2.74
2023	4 月 1 日—6 月 30 日	91	0.65	7.89	14.43	3.25	1	14.63	11.70

参考刘作飞等[9]、马李伟等[10]针对三峡变动回水区浅滩河段的疏浚对策及施工组织研究，根据猪儿碛滩段施工期水位和船舶航行线路规划，扣除施工准备期，可考虑的施工时序为 5—7 月低水位期实施航槽南侧区域，实施期间向北岸适当调整航槽，采取北槽单向限制性通航；南槽实施完毕并经扫床验收后，8—10 月高水位期施工北半槽，其间航槽调整至施工区南侧，采取南槽通航，根据水位情况考虑是否需要采取限制性通航措施，清礁施工方案见图 7。考虑铁路隧道的施工进度，为避免隧道盾构和航道清礁交叉施工，可考虑优先对隧道轴线附近的区域开展清礁作业。

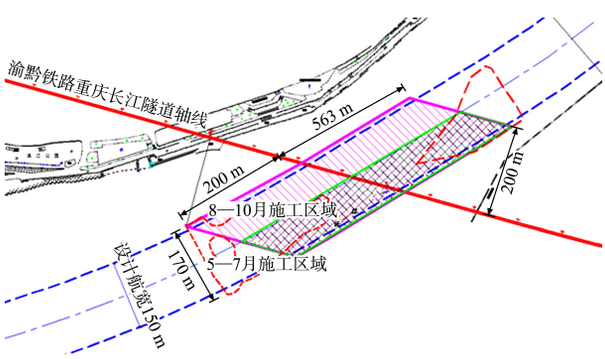


图 7　清礁施工方案平面

Fig. 7　Reef removal construction plan

5　结语

1）猪儿碛滩段是长江上游重点浅滩河段，三峡 175 m 蓄水后位于变动回水区上段，历经多次整治达到 3.5 m×150 m×1 000 m 的航道尺度标准。考虑船舶大型化发展趋势，滩段目前的航道尺度尚不能满足远期通航需求。根据《内河通航标准》等相关要求，需按照远期规划尺度标准提前实施渝黔铁路穿江隧道航段的航道清礁工程。

2）通过长江干线及三峡过闸现状船型分析，并考虑三峡水运新通道设计代表船型，5 000～10 000 吨级干散货船和 300 TEU 集装箱船可以作为长江上游的远期通航代表船型，其对应的航道建设标准为 6.2 m×150 m×1 000 m。

3）清礁方案布置需综合考虑航道尺度、航标设置、爆破振动对铁路隧道安全允许距离等因素，横向范围以设计航槽 150 m 宽度为基准，增加山区河流浮标漂移安全距离确定为 170 m，纵向范围以远期爆破施工不影响铁路隧道结构及运营安全为原则，确定为隧道中心线上下游各 200 m。对于上覆卵石下伏基岩的山区河流，横断面边坡以卵石稳定边坡及改善流态的考虑确定为 1∶3，上下游端坡则主要以改善衔接段水流条件采用 1∶10 的缓

坡设计。清礁渣石考虑生态环保因素，采取综合利用和构建人工渔礁的方式。

4）考虑渝黔铁路长江隧道施工进度计划和猪儿碛滩段施工与通航矛盾异常突出的问题，通过年内特征水位分析，提出由南至北分槽施工的作业方案：低水位期南槽、高水位期北槽。

5）该清礁方案的建设标准、平面确定原则可为类似项目提供参考，但受限于长江干线复杂的通航环境，针对不同区域的施工组织仍需开展针对性设计。

参考文献：

[1] 包明金, 贺岚, 郭琦, 等. 拟建明月峡长江大桥桥区炸礁工程整治效果分析[J]. 水运工程, 2018(9): 133-138.
BAO M J, HE L, GUO Q, et al. Analysis on the effect of reef engineering in the proposed Mingyuexia Yangtze River bridge area [J]. Port & waterway engineering, 2018(9): 133-138.

[2] 胡鹏飞, 李梁喜. 五台梁清礁工程整治效果分析[J]. 水运工程, 2022(2): 129-134.
HU P F, LI L X. Effect analysis of Wutailiang reef removal project [J]. Port & waterway engineering, 2022(2): 129-134.

[3] 王士毅, 甘鉴登, 周冠伦, 等. 长江上游航道的整治[J]. 水利学报, 1980(4): 12-25.
WANG S Y, GAN J D, ZHOU G L, et al. Regulation of the upper Yangtze River navigation channel [J]. Journal of hydraulic engineering, 1980(4): 12-25.

[4] 陈贤祎. 新水沙条件下三峡水库重庆河段泥沙淤积与航道整治研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2009.
CHEN X Y. The sedimentation and regulation of the Chongqing reach of the Three Gorges Reservoir under the condition of new seiries of water and sediment [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2009.

[5] 伍文俊, 余新明. 三峡水库运行后库区航道条件变化及趋势 [J]. 武汉大学学报(工学版), 2010, 43(3): 344-347.
WU W J, YU X M. Changes and trends of waterway in reservoir area after operation of Three Gorges Reservoir [J]. Engineering journal of Wuhan University, 2010, 43(3): 344-347.

[6] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江上游九龙坡—朝天门河段航道建设工程可行性研究报告[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2014.
Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River. Feasibility study report on the channel construction project from Jiulongpo to Chaotianmen in the upper reaches of the Yangtze River [R]. Chongqing: Chongqing Shipping Engineering Surveyand Design Institute of the Yangtze River, 2014.

[7] 何艳军. 长江上游九龙坡—朝天门河段航道整治工程效果分析[J]. 水运工程, 2025(2): 164-171, 224.
HE Y J. Effect analysis of channel regulation project from Jiulongpo to Chaotianmen in upper reaches of the Yangtze River [J]. Port & waterway engineering, 2025(2): 164-171, 224.

[8] 胡春宏. 三峡水库 175m 试验性蓄水十年泥沙冲淤变化分析[J]. 水利水电技术, 2019(8): 18-26.
HU C H. Analysis on sediment scouring and silting variation of Three Gorges Reservoir since 175 m trial impoundment for past ten years [J]. Water resources and hydropower engineering, 2019(8): 18-26.

[9] 刘作飞, 朱彬华, 樊书刚. 三峡库区变动回水区虾子梁滩段养护疏浚对策[J]. 水运工程, 2025(2): 172-177.
LIU Z F, ZHU B H, FAN S G. Maintenance and dredging countermeasures for Xiaziliang shoal section in variable backwater area of Three Gorges Reservoir [J]. Port & waterway engineering, 2025(2): 172-177.

[10] 马李伟, 贺勇. 三峡水库变动回水区维护性疏浚施工组织[J]. 水运工程, 2015(11): 179-183.
MA L W, HE Y. Maintenance dredging construction management method within fluctuation backwater area of Three Gorges Reservoir [J]. Port & waterway engineering, 2015(11): 179-183.

（本文编辑 赵娟）

水运工程