



# 三峡—葛洲坝枢纽区锚地综合布置方案

易琛

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443000)

**摘要:** 随着三峡—葛洲坝梯级枢纽两坝十三闸联合投入运行, 极大地改善了长江上游通航条件, 降低船舶水运成本, 促进长江航运的发展, 货运量不断攀升, 2011 年提前达到通过能力 1 亿 t。货运量快速增长的同时, 三峡—葛洲坝梯级枢纽船闸通过能力不足引起的船舶积压问题日益严峻, 船舶待闸问题已成常态。加强梯级枢纽锚地工程研究与建设, 是保障梯级枢纽船舶待闸安全、开展安全检查、维持通航秩序、提高通航效率的迫切要求。因此, 通过梳理梯级枢纽锚地的功能定位及布局要求, 结合两坝船闸匹配运行等调度技术的进步与方法的创新, 最终提出了三峡—葛洲坝梯级枢纽锚地建设方案。

**关键词:** 梯级枢纽; 锚地; 锚泊方式

中图分类号: U642

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)01-0184-05

## Comprehensive layout plan for anchorage in Three Gorges Gezhouba Hub area

YI Chen

(Three Gorges Navigation Authority, Yichang 443000, China)

**Abstract:** With the joint operation of the two dams and thirteen gates of the Three Gorges Gezhouba cascade hub, the navigation conditions in the upper reaches of the Yangtze River have been greatly improved, the shipping costs of ships have been reduced, and the development of Yangtze River shipping has been promoted. The freight volume has been continuously increasing, reaching a capacity of 100 million tons ahead of schedule in 2011. However, with the rapid growth of freight volume, the problem of ship backlog caused by insufficient capacity of the Three Gorges Gezhouba cascade hub ship lock is becoming increasingly severe, and the problem of ship waiting for lock has become a normal situation. Strengthening the research and construction of anchorage engineering in cascade hubs is an urgent requirement to ensure the safety of ships waiting for gates, carry out safety inspections of ships waiting for gates, maintain the navigation order of ships, and improve the navigation efficiency. Therefore, this article proposes a construction plan for the Three Gorges Gezhouba cascade hub anchorage by sorting out the functional positioning and layout requirements of the anchorage, combined with the progress of scheduling technology and the innovation of methods such as the matching operation of the two dam ship locks.

**Keywords:** cascade hub; anchorage; anchoring method

锚地作为船闸或港口的重要配套设施, 是供船舶安全停泊、避风、安全检查或进行过驳编组作业的水域, 应就近选择建设地点。受航道特征、水域面积、地质条件以及锚地规模和技术经济指标等多重影响, 选择合理的锚泊方式极为重要。

由于三峡、葛洲坝船闸通过能力长期不满足需求, 造成严重的堵船, 因此对锚地的需求尤为重要。以往的研究中, 锚泊形式分为单锚、八字锚、一字锚、平行锚 4 种。其中单锚锚泊的不足之处是对水域的要求大、偏荡大、抓力弱; 八字锚泊的

收稿日期: 2023-04-06

作者简介: 易琛 (1993—), 男, 工程师, 从事船闸运行维护管理和设备技术研究。

缺点是操纵复杂，且有风流影响时易发生锚链绞缠；一字锚泊受风流变化易发生锚链的绞缠，操纵困难；平行锚泊两锚的夹角几乎为 $0^{\circ}$ ，与单锚锚泊类似，不能有效克制偏荡的发生。本文通过对三峡坝区船舶的锚泊方式，锚地的功能定位、规划、布置的研究，针对普通货船待闸、危险品船舶待闸、船舶安检等不同的锚地需求，以及应急停泊和应急冲滩等功能定位，提出一种梯级枢纽锚地综合布置方案。

## 1 锚地规划选址的基本原则及要求

锚地宜选在河床稳定、水域宽阔、水深和水流条件良好的河段，且宜在通航建筑物上下游就近设置；与水上过河建筑物的间距应满足船舶航行、作业和建筑物运行的安全要求，过河建筑物在下游时需小于设计船型长度的4倍，在上游时不小于设计船型长度的2倍；对于一跨过河的建筑物，则不受上述限制。在通行控制河段以及河道的弯曲和狭窄区段不宜设置锚地，此外受库岸再造的影响，库区地质滑坡现象较为普遍，锚位布置应避免有潜在滑坡隐患的区域，且危险品锚地应尽量远离城区及人口聚集区。

锚地位置应优先考虑天然水深适宜、水下地形平缓、底质好、水域开阔、便于船舶进出航道以及具有良好定位条件的水域，根据河床地质条件、水流和航道条件，选择安全可靠的锚泊方式，合理布置，确保锚地和航道内船舶的安全<sup>[1-2]</sup>。锚地布置不得占用现行和规划航道，与航道边线的距离不小于3倍设计最大锚泊船型宽度，且船舶与航道边界不得小于50 m。此外还应考虑社会、经济和环境3方面的综合效益，重视环境保护，尽量减少项目对周围生态环境的不利影响，满足防火、安全、卫生、环保等方面的要求。

## 2 锚泊方式

锚泊方式应根据锚地所处的水域岸线形态、自

然岸坡地质地貌、河床底质、风、浪、流等自然条件以及锚地性质、设计船型、当地航行条件综合选择，一般船舶锚泊方式有抛锚系泊、趸船系泊、顺岸系泊、丁靠系泊。

### 2.1 抛锚系泊

抛锚系泊(图1)是一种简易经济的锚泊方式，通过船舶自身锚链的锚抓力把船舶系留在预定位置。抛锚系泊不需要修建任何水工建筑物，但水域占用面积较大、管理难度较高、对风浪适应性较差。该抛锚方式最多可停靠8条船舶。



图1 抛锚系泊

### 2.2 趸船系泊

趸船系泊(图2)是利用趸船系泊船舶，通过松紧锚链适应水位变化。该抛锚方式最多可停靠4条船舶。



图2 趸船系泊

### 2.3 顺岸系泊

顺岸系泊(图3)是指利用固定靠泊设施顺岸系泊船舶，主要有岸壁式系泊和系缆墩系泊。该抛锚方式可停靠船舶数量的综合宽度不得超过航道宽度的 $2/3$ 。



图 3 利用系靠船墩顺岸系泊

2.4 丁靠系泊

丁靠系泊(图 4)是船舶抵坡系泊,当船舶需要锚泊时,驾驶员慢速调整船舶,使船体垂直于岸线,并将船首靠近岸坡,缆绳系于系缆桩,而对于系缆桩在设计水位以下的情况,可将系缆

桩上带漂浮装置的缆绳系在船上<sup>[3]</sup>。该抛锚方式可停靠船舶数量的综合宽度不得超过航道宽度的 2/3。

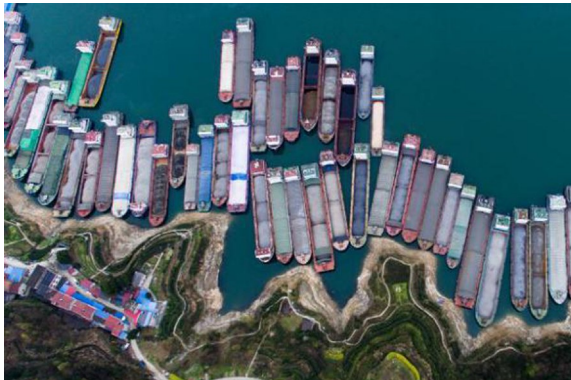


图 4 丁靠系泊

2.5 锚泊方式比选  
各种锚泊方式的优缺点比较见表 1。

表 1 各种锚泊方式的优缺点比较

锚泊形式	优点	缺点
抛锚系泊	简易、经济,投资最小	1) 占用水域大,对掩护条件要求较高; 2) 对河床底质要求较高,一般要求为泥质或者砂质河床; 3) 锚地管理及锚泊船舶服务难度较大
趸船系泊	使用方便,安全性较好	1) 需要人值守; 2) 后期管理、维护工作量较大; 3) 容量较小,投资较大
顺岸系泊	直立式岸壁 船舶系靠安全性高,船舶靠泊条件最为灵活	1) 对岸线使用条件要求最高,需岸线顺直河段,由于三峡库区均为山区岸线,选址难度最大; 2) 施工难度最大,投资最大
	直立式系靠船墩 船舶系靠安全性高,船舶靠泊点最为明确	1) 对岸线使用条件要求较高,其岸线宜较为顺直,由于三峡库区均为山区岸线,选址难度较大; 2) 施工难度较大,投资较大
丁靠系泊	建设容易,投资较小	1) 需占用岸线资源,避风掩护要求高; 2) 对地形坡度要求在 1:1.5~1:2 左右,过陡人员上、下岸困难,过缓则不能实现船舶抵坡的目的; 3) 系缆设施所在的坡面需要进行防护,由于受水位变幅和船舶抵坡影响,系船设施易损坏,维护工作量大

3 梯级枢纽锚地功能及总体布局要求

通航河流的流量不同、航道等级不同以及梯级枢纽中不同的航段,对锚地的功能及总体布局均有较大差别。全面研究航道及锚地功能定位事关船舶锚泊安全及船闸通航效率的提高。现行船闸设计规范虽提出了锚地建设的要求,但缺少功能定位及布局等规定。梯级枢纽锚地应有船舶锚

泊、应急停泊和应急冲滩三大功能,且应结合梯级枢纽的航道特性和调度技术综合确定锚地布局方案。

3.1 梯级枢纽锚地功能

3.1.1 船舶待闸锚泊功能

船舶待闸锚泊是梯级枢纽通航中最重要的功能,为保障船舶锚泊安全及梯级枢纽通航建筑物



的安全高效运行,需根据待闸船舶种类及数量兴建相应的锚地设施。主要包括普通货船锚地、化学品锚地及危险品锚地等,不同的锚地对选址、建设内容及建设标准均有差别。如三峡船闸上游已建庙河、端方溪、百岁溪、老太平溪、靖江溪、杉木溪、兰陵溪、沙湾、仙人桥、银杏沱等10处锚地<sup>[4]</sup>。其中,庙河和杉木溪为危险品锚地,兰陵溪为油品锚地。化学品及油品锚地建设地点均要求远离居民区,当锚地水域离陆地较近时,还需封闭隔离陆域,防止闲杂人员特别是火种进入锚地,引起失火等安全事故。

### 3.1.2 船舶应急停泊功能

大雾等极端气候条件下,船舶须禁止航行,而航道流速较大无法保证船舶的停泊安全时,需设置应急停泊区,以满足船舶的应急停泊需求。此外,对于流量陡涨的山区河流,当流量超过禁航标准或船闸达到停航标准时,船舶也需应急停泊,待具备条件后再恢复航行。应急停泊区的建设有利于保障船舶的临时停泊安全,应作为梯级枢纽锚地建设内容之一。2006年三峡枢纽航运配套设施工程建设时,即在三峡大坝上游建设了林家溪、白弹珠2处应急停泊区,在两坝间建设了胡茶腰、下牢溪、王家沟、大浪红、杨家溪、平善坝、野人沱7处应急停泊区。应急停泊区仅作船舶应急停泊使用,对周边环境要求不高,一般仅需设置系缆桩,保证停泊区域水深即可,可以占用航道水域等进行布置。

### 3.1.3 船舶应急冲滩功能

当发生动力失控等船舶机械故障时,为防止船舶漂流发生翻船或撞击枢纽建筑物等事故,需在河道岸侧设置应急冲滩区,用于船舶应急冲滩,引导船舶安全进入冲滩区内搁浅。冲滩区为人工设置的缓坡浅滩,河床底部为人工铺填的砂土等材料,以避免冲滩时造成船体划伤。2006年进行三峡枢纽配套设施建设时,即在两坝间建设了胡子沙坝和下红溪2处冲滩区。通过多年实践,结果表明上述2处冲滩区对维护两坝间航道畅通以

及航行安全做出了巨大贡献,有效避免船舶撞击事故数十起。

### 3.2 梯级枢纽锚地总体布局方案

锚地总体布置及规模与河道水域宽度、地质条件有关,更与通航调度技术水平及管理要求相关,自2003年6月三峡船闸通航以来,三峡—葛洲坝梯级枢纽通航调度技术不断发展,由最初的现场或电话人工申报过闸计划、每天编制1次船舶过闸计划的方式,发展到现在的远程一键式申报过闸计划、动态调整过闸计划的方式,相关人员均可通过互联网进行过闸计划查询,无需船舶行驶到梯级枢纽附近水域时,通过甚高频等通信方式等待过闸指令,大大影响了三峡—葛洲坝梯级枢纽的锚地布局方案。

根据2022年颁布实施的《三峡—葛洲坝水利枢纽通航调度规程(修订版)》,三峡—葛洲坝梯级枢纽调度水域管理范围上起重庆万州驸马长江大桥(长江上游航道里程322.8 km),下至石首长江大桥(长江中游航道里程375.5 km)。

按照距离三峡—葛洲坝水利枢纽由近到远,将调度范围划分为核心水域、近坝水域、控制水域、调度水域(图5)。核心水域指宜昌长江公路大桥(长江中游航道里程611.0 km)至庙河(长江上游航道里程62.5 km)之间的水域<sup>[5]</sup>。

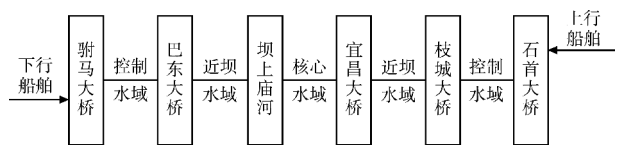


图5 三峡—葛洲坝水利枢纽通航调度管理范围

通航调度水域扩大后,所有船舶均可根据计划过闸时间调整航行计划,选择在生活设施较为齐全、船舶锚泊条件较好的水域沿程锚泊,既减轻了枢纽核心水域的锚泊压力,也有利于提高生活品质。锚地选址范围更广,有利于优化锚地形式,节省锚地建设费用。规程还规定:三峡—葛洲坝水利枢纽通航设施实行“统一调度、联合运行”的调度方式,船舶过坝执行“一次申报、统一

计划、分坝实施”的调度程序。因此,船舶在两坝间航道的待闸时间短,对两坝间的锚地容量需求小,仅需在三峡船闸下游附近以及葛洲坝船闸上游附近水域设置少量锚地即可满足要求。葛洲坝下游水域较宽、河床地质较软,可采用投资较少的抛锚停泊作为主要的锚泊方式。

#### 4 锚地综合布置方案

综合锚地所处水域的自然条件、锚地性质、设计船型、当地航行条件等因素,通过分析三峡坝上河段河势特点以及地形地貌及地质条件,在三峡坝区提出了基于空间利用最大化的锚地综合布置方案,形成了抛锚系泊、趸船系泊、顺岸系泊、丁靠系泊多式协同的锚泊方式,实现了锚泊水域及岸线的极限使用。

##### 4.1 三峡坝上近坝河段河势特点

上迄牛肝马肺峡出口的庙河,下至三峡坝址三斗坪,全长约 16 km。河道平面以庙河、沙湾、太平溪为拐点,呈敞脚平缓不对称 M 形。两岸有靖江溪、老太平溪、百岁溪、端方溪、柳林溪、杉木溪、兰陵溪、曲溪等支流入汇。其中庙河—太平溪河段长约 9.5 km,左岸除庙河和太平溪处局部弯曲外,其余均较顺直,右岸则多弯、微弯,庙河处水面宽约 320 m,左岸有滩地出露,50 m 高程的滩宽约 280 m;沙湾—太平溪河段长约 4 km,水面宽 300~400 m,右岸滩地较宽又长,50 m 高程的滩宽 150~180 m;太平溪—坝址三斗坪,河段长约 2.5 km,平面形态微弯,河谷和河面同步逐渐展宽,坝址处河段开阔,该河段地处西陵峡河段中段,属三峡低山丘陵,两岸及河床大多由基岩和卵石覆盖,平面形态和河床边界受两岸山地基岩控制,多年无变化,河势稳定。

通过河势分析锚地建设条件,庙河—沙湾段两岸地形较陡、河面较窄、流速较大,除可利用庙河附近局部水域较宽位置设置锚地外,其整体条件较差。沙湾—太平溪河段水面较宽、流速较缓、右侧岸线较为顺直,可以设置顺岸靠泊设施;

右岸沙湾区域岸坡较缓,河势较为稳定,可以设置丁靠系泊设施;靖江溪、老太平溪、百岁溪、端方溪、柳林溪、杉木溪、兰陵溪等支流河面较宽,可根据实际设置丁靠系泊设施或抛锚停泊设施;此外,还可充分利用沙湾段河面宽度,设置围船靠泊设施,实现锚地水域及岸线的极限使用,尽量增加锚地总体规模;太平溪—三峡大坝河段因距大坝及通航建筑物较近,根据《长江三峡水利枢纽安全保卫条例》中水域安全保卫区域的相关规定,不设置锚地。

##### 4.2 地形地貌及地质条件

该区域为长江三峡侵蚀中低山丘陵峡谷地貌,两岸多为丘陵剥蚀地貌,地形起伏大,地势较开阔,呈对称形峡谷。水库蓄水位 145~175 m 之间两岸多为裸露的风化岩,冲沟及山凹洼地多有坡积土,无植被;175 m 高程水库淹没线以上植被发育,树木丛生,除表层为覆盖土以外,多为强风化及中风化岩层,地质构造总体稳定,地质条件较好。

通过地质条件分析锚地建设条件,该区域岸坡总体稳定,地质条件较好,完全满足顺岸靠泊及丁靠系泊结构的条件。

##### 4.3 锚地综合布置方案

为充分利用近坝核心水域锚泊条件、增加锚位数量,研究确定建设庙河、仙人桥、兰陵溪等 10 处锚地,其中仙人桥和兰陵溪右侧为顺岸锚地,沙湾、兰陵溪左侧、老太平溪、靖江溪、季家湾、银杏沱以丁靠锚地为主,端方溪、百岁溪为抛锚锚地。

#### 5 结语

1) 实现大量船舶在调度水域及控制水域内沿程靠泊待闸,缓解近坝水域尤其是核心水域的待闸锚泊压力,降低锚地建设规模与投资,提升了待闸船舶生活服务保障水平。

2) 提出普通货船锚地、化学危险品锚地、应急停泊区和应急冲滩区等锚地建设功能定位。

(下转第 208 页)