

· 优秀论文二等奖 ·



# 航电枢纽工程选址与布置

吴 澎, 张 珊, 罗少桢, 赵 凯

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 航电枢纽以满足航运要求为首要目标, 船闸布置是影响航电枢纽选址和布置的主要因素, 通过工程实例分析, 总结航电枢纽选址和布置的一般要求。相对顺直河段和弯曲河段都有条件布置枢纽, 但依河段具体条件的不同, 布置条件有优劣。枢纽布置分为集中和分散两大类型, 集中布置重点解决水电站和泄水建筑物水流对通航建筑物的影响, 分散布置重点是通航航道与主河槽相连接的上下游口门区布置。

**关键词:** 航电枢纽; 选址; 布置

中图分类号: TV 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)S1-0028-05

## Site selection and layout of navigation-power junction

WU Peng, ZHANG Shan, LUO Shao-zhen, ZHAO Kai

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** The layout of a navigation-power junction must satisfy firstly relevant requirements of vessels passing through the dam. The layout of locks is the main factor of site selection and layout of the dam. Through some cases studies, the general requirements of site selection and layout of navigation dam are summarized. Both the straight reach and the curved reach in a river could be selected to arrange the navigation dam. The layout can be divided into two types: One is the concentrated layout and the other is the separated one. The focus of the former arrangement is the influence of discharge flow from the hydropower station and spillway on the lock, while the focus of the separated arrangement is the layout of the entrance area connecting the access channel to the lock and the river.

**Key words:** navigation-power junction; site selection; layout

航电枢纽建设的主要特点是把满足航运要求作为开发的首要目标<sup>[1]</sup>。所谓满足航运要求就是指保证船舶安全、高效通过枢纽。因此, 船闸布置要求是影响枢纽选址和布置的主要因素。

《渠化工程枢纽总体布置设计规范》<sup>[2]</sup>对坝址选择和枢纽总体布置提出了原则性要求。本文通过一些工程实例的分析, 进一步总结航电枢纽选址和布置的一般要求。

### 1 枢纽布置分类

枢纽布置可分为“集中”和“分散”两种大

的类型。

集中布置, 是将枢纽所有水工建筑物集中布置在同一河床中。根据电站与船闸的相对位置, 集中布置还可进一步分为同岸布置和异岸布置。同岸布置是指电站和船闸相邻布置在河床的同一岸侧。异岸布置是指电站和船闸布置在同一河床的不同岸侧。

分散布置, 是将船闸和其他水工建筑物布置在不同的河床或渠道内。分散布置的最大特点是船闸单独布置在航道中, 通航水流条件相对较好, 主要应关注的问题是航道与主河槽相连接的

收稿日期: 2011-07-18

作者简介: 吴澎(1956—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事港口及航道规划、设计、管理工作。

上下游口门区的布置, 应能保证船舶安全进出通航汊道。

位于分汊河段的枢纽, 其布置模式根据船闸是否单独在一个汊道中而分属集中布置和分散布置。

## 2 集中布置

当坝址处河面较宽阔、河道相对顺直时, 枢纽总体布置可采用集中布置的方式。集中布置要解决的主要问题是水电站和泄水建筑物的水流对通航建筑物的影响。枯水期一般是电站过流, 因此船闸与电站异岸布置较容易解决水流相互干扰问题。航电枢纽在平面布置时应优先选择船闸的位置。

枢纽位于相对顺直的河段时, 主流一般居中, 这时船闸布置在哪一岸并没有明显的差别, 要根据上、下游连接条件进行分析比较确定。例如, 赣江永泰枢纽坝址位于顺直河段(图1), 船闸布置在左岸或右岸, 从各方面比较基本相当,

但若考虑预留二线船闸的布置, 则船闸布置在左岸要明显优于右岸。

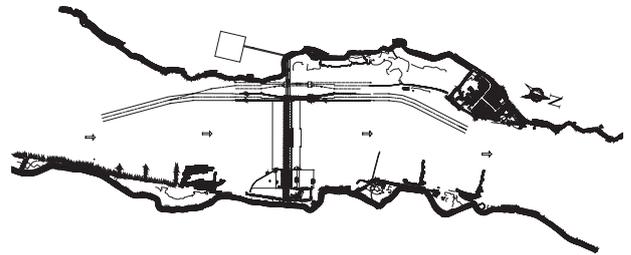


图1 赣江永泰枢纽平面布置

枢纽位于微弯河段时, 船闸布置在凹岸似乎与主航道的衔接更为顺畅。

湘江长沙枢纽坝址位于微弯、分叉交错河段(图2), 受蔡家洲、洪家洲、丁字湾卡口及洑水出口的影响, 河势较为复杂。现状条件下枯水期洪家洲左汊河道中部为主航道, 洪水期左、右汊河道均可作为通航航道。枢纽布置既要考虑河流本身在弯曲、分叉交错河段的运动特点, 还要考虑水流经过卡口扩散水力特点及支流入汇的影响。

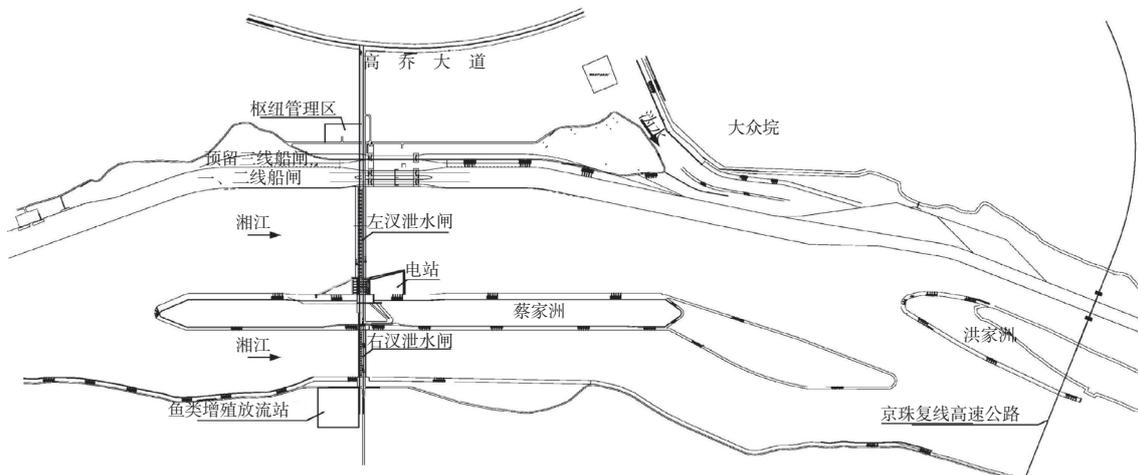


图2 长沙枢纽总平面布置

船闸布置在左汊左岸(凹岸), 上游引航道口门区及连接段通航条件较好; 下游引航道口门区及洑水河口连接段通航条件, 经过适当优化, 采取一定工程措施后, 均能基本满足要求。船闸若布置在左汊右岸, 下游口门区及连接段航道由于受蔡家洲洲尾及洪家洲洲头之间的斜向分

汊河道的影响, 大量水流通过该斜向水道泄入洪家洲右汊河道, 导致口门区横流流速和回流流速较大, 船舶不能顺利由洪家洲左汊主航道进入船闸, 还存在船舶冲向洪家洲右汊, 撞击下游大桥桥墩的安全隐患。枢纽布置方案最终选择了船闸布置在左汊左岸(凹岸)。

但上述情况并不总是成立，随着上、下游河道地形条件的不同，有时布置在凸岸是有利的。图3是赣江石虎塘枢纽的平面布置。船闸布置在右岸（凹岸）上游引航道需要有较长的隔流堤（墙），流量较大时下行船舶进闸有些困难。预留二线船闸的条件就更差一些了。船闸布置在左岸（凸岸），上游引航道口门区水流条件明显改善，但下游引航道口门区以外连接段航道的回淤成为关注的焦点。当二线船闸的布置成为重要的考虑因素时，最终选择船闸布置在左岸。

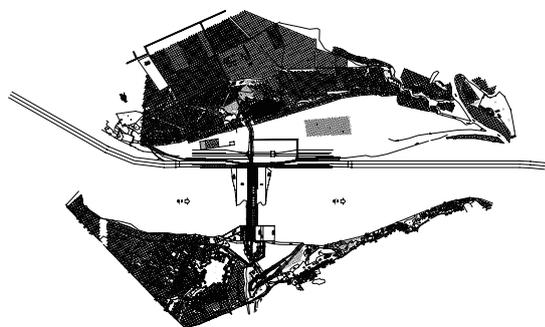


图3 赣江石虎塘航电枢纽平面布置

### 3 分散布置

利用天然河道将船闸单独布置在汉道内的情况是比较少见的。在弯曲河段，枢纽坝址不得不选择在弯道时，若弯道的形态和长度合适，可利用凸岸台地开挖形成通航汉道，即枢纽分散布置。

湘江大源渡枢纽（图4）位于湘江干流的中游<sup>[3]</sup>。坝址所在河段为一连续的微弯河段，坝轴线所在河弯右岸为凹岸，左岸为凸岸，凸岸阶地和河漫滩发育，长约2 km左右。利用河漫滩布置船闸及上、下游引航道，实现平顺地与上、下游弯道凹岸主航道衔接<sup>[4]</sup>。大源渡枢纽是早期分散布置的成功范例。

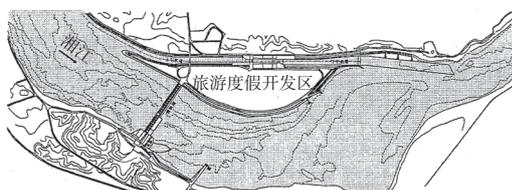


图4 大源渡枢纽总平面布置

与此类似的有嘉陵江金银台枢纽，坝址所在河段为一连续弯曲河段（图5），上游河弯为右弯河道，至金银台水文站河段向左弯曲，下行至河溪镇再向右弯。枢纽所在河段两岸山形陡峭，条形山内侧有一较低洼的“何家沟”向下游延伸至河溪镇。船闸布置于左岸（凸岸）的何家沟内，开挖形成的上、下游引航道可与位于凹岸的主航道平顺衔接。

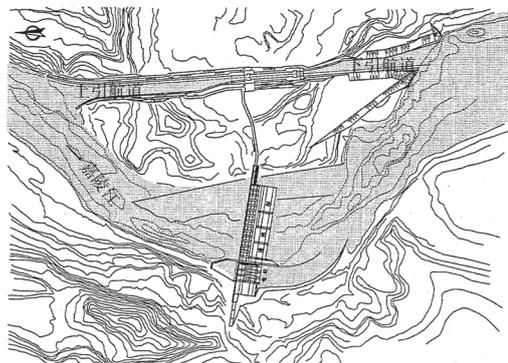


图5 金银台枢纽总平面布置

西江干流贵港枢纽位于郁江上连续弯道段，坝址所在弯道的左岸为凹岸，河流主流沿左岸下泄，右岸为凸岸有一宽广台地，长约2.2 km，坝址所在弯道的上游为微弯顺直河段，下游与反向河弯相连接。船闸布置在凸岸开挖的人工汉道内（图6）。

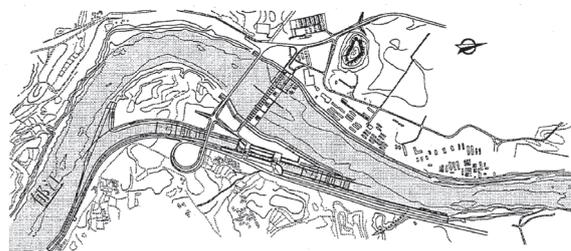


图6 贵港枢纽总平面布置

此坝址弯道转弯角度较大，布置条件不如以上两例优越，但仍具有船闸引航道水流条件较好，船闸、电站施工互不干扰，施工期较短等优点。只是上游引航道与主河道连接段的弯曲半径较小，与主航道衔接不甚理想。

#### 4 引航道口门区布置

引航道由导航段、停泊段和制动段组成。引航道内的水流条件分两种情况加以限制<sup>[5-6]</sup>: 一是船舶进出闸室时, 导航段宜为静水, 停泊段和制动段的纵向流速不大于 $0.5\text{ m/s}$ , 横向流速不大于 $0.15\text{ m/s}$ ; 二是船闸灌泄水时, 上游引航道纵向流速不大于 $0.5\sim 0.8\text{ m/s}$ , 下游引航道纵向流速不大于 $0.8\sim 1.0\text{ m/s}$ 。

根据以上水流条件要求, 一般采用隔流墙或隔流堤将引航道掩护起来。引航道口门区处于河流水与引航道静水的交界处。枢纽采取集中布置形式时, 上游引航道口门区段河道断面变窄, 下游引航道口门区段河道断面放宽, 形成斜向水流和回流。斜向水流的横向流速分量和回流达到一定强度后, 便成为阻碍船舶进入引航道的不良流态, 使航行船舶产生横漂和扭转, 严重时会发生事故, 影响通航。

围绕改善船闸引航道口门区水流条件的工程措施国内外已有大量研究, 提出的措施有调整导流堤堤头形式、堤身开孔、采用浮式导流堤等。

在大源渡和株洲等航电枢纽中应用的菱形导流墩有效地改善了引航道口门区的水流条件。无导流墩时, 水流绕过导流堤头后开始扩散, 由于斜流夹角较大, 伴随产生的横向流速、回流流速也较大, 对船舶航行不利。设置导流墩后, 由于导流墩的阻流作用, 进入口门区的流量沿程逐步增加, 斜流流向得到改进, 从而有效削弱了斜流的不利影响。

引航道口门区的另一个问题是泥沙回淤, 回淤类型主要是悬移质淤积和推移质淤积两大类。

悬移质淤积主要包括回流淤积、异重流淤积和缓流沉降淤积, 其中以回流淤积为主。推移质泥沙沿河床底部运动, 其运动方向具有与底部水流方向一致的特性。

导沙坎是一种简单实用的导沙建筑物, 株洲航电枢纽为首次使用。

导沙坎就是在船闸引航道口门区靠主河道一

侧设置一定高度和长度的坎, 其轴线方向与上游水流偏向于主河道呈一定夹角, 底沙运动受导沙坎的阻挡, 改变其运动方向, 并在底部螺旋水流的作用下, 将泥沙导离口门区航道, 从而达到减少泥沙淤积的目的。

根据水槽和动床模型试验成果可以得出: 导流墩只能削弱横向流速和回流流速, 对减少泥沙回流淤积作用明显; 当推移质泥沙淤积显著时, 必须将导流墩和导沙坎联合使用, 才能达到减少泥沙淤积的目的。

株洲航电枢纽在引航道口门区设置导流墩 6 座, 每个导流墩长 $25\text{ m}$ , 宽 $2\text{ m}$ , 顶高程为 $42\text{ m}$ , 导流墩沿下游分水堤轴线的延长线方向布置, 间距为 $25\text{ m}$ ; 导流墩左侧布置顶高程为 $33\text{ m}$ 导沙坎, 导沙坎与导流墩轴线的夹角为 $15^\circ$  (图 7)。

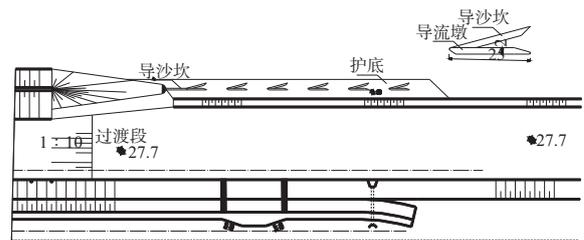


图 7 株洲枢纽船闸下游引航道口门区导流墩与导沙坎联合应用平面布置

#### 5 结论

1) 航电枢纽选址和布置首先考虑船闸的布置要求。相对顺直河段和弯曲河段都有条件布置枢纽, 但随具体条件不同, 船闸布置条件有优有劣。

2) 在相对顺直和微弯河段选址, 枢纽采用集中布置模式。集中布置重点解决水电站和泄水建筑物的水流对通航建筑物的影响。

3) 在弯曲河段选址时, 选择弯道形态和长度合适的位置布置枢纽, 可利用凸岸台地开挖形成通航汉道, 即枢纽分散布置。分散布置的研究重点是通航汉道与主河槽相连接的上下游口门区的布置, 以保证船舶安全进出通航汉道。

4) 引航道口门区是船闸布置的重点问题之

一。口门区布置的关键技术问题是改善水流条件和减少泥沙回淤。导流墩和导沙坎的联合运用是有效解决引航道口门区关键技术问题的良好范例。

参考文献:

[1] 吴澎. 中国内河航运发展的机遇与挑战[J]. 水运工程, 2010(2): 21-25.

[2] 杨锡安, 刘德全. 大源渡枢纽的总平面设计[J]. 水运工

程, 2000(10): 26-29, 34.

[3] 郝品正, 李伯海, 李一兵. 大源渡枢纽通航建筑物优化布置及通航条件试验研究[J]. 水运工程, 2000(10): 30-34.

[4] JTS 182-1—2009 渠化工程枢纽总体设计规范[S].

[5] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].

[6] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评:

在山区通航河流上修建航电枢纽，受河势、水文、地质、地理、防洪、发电、环保等多重因素的影响，如何在满足航运要求的前提下科学合理地进行航电枢纽的选址和布置至关重要。

论文通过赣江石虎塘、嘉陵江金银台、西江贵港、湘江大源渡、长沙和株洲等一些枢纽工程实例的分析，进一步明确了航电枢纽选址和布置的一般要求。提出航电枢纽选址和布置应首先考虑船闸的布置要求，在相对顺直和微弯河段枢纽宜采用集中布置，而在弯曲河段则采用分散式布置的模式。同时，指出采用导流墩和导沙坎的联合运用，是有效改善引航道口门区水流条件和解决口门区泥沙回淤问题的良好措施。论文对航电枢纽工程的规划和设计具有重要的指导价值。

2012年12月

评委简介:

王平义，博士，教授，重庆交通大学副校长，博士生导师。

2001—2002年美国密西西比大学访问学者，首批“新世纪百千万人才工程”国家级人选，交通部“十百千人才工程”第一层次人选，重庆市首批学术技术带头人，先后主持国家、省部级项目40余项，获省部级科技进步奖7项；出版科技专著4部、发表学术论文70余篇。