

# 武钢二号水源泵站工程技术总结

76-1963  
WGS

# 武钢二号水源泵站工程技术总结

圖故展詳由，鑄造由國工故案圖本号二附先發製話總件本

本、藥器工不木器長水如麻曹則，此不共而，江誠對銀樹茂，十

。 藝 術 工 人 與 學 校 師 生 人 大 建 築 工 工 廠 ， 什 麼 樣 的 水 池 面 積

江苏工业学院图书馆  
藏书章

武汉给排水设计院 第一冶金建设公司

上海基础公司 冶金建筑研究院 武钢供水厂

## 内 容 提 要

本书总结建设武钢二号水源泵站工程的经验,包括泵站设计、井筒滑模施工、沉井下沉、顶管和取水头部水下工程等。本书可供水泵站设计、施工工程技术人员和科学研究工作者参考。

### 武钢二号水源泵站工程技术总结

总结汇编组编

(内部发行)

一冶科技处经售

一冶印刷厂印刷

1980年1月第一版 印数1~3000 工本费3.00元



# 目 录

## 前 言

## 概 述

## 第一章 设 计

一、水源位置的选择..... ( 4 )

二、水泵选择..... ( 11 )

三、泵站形式的选择..... ( 14 )

四、构筑物形式选择..... ( 16 )

五、泵站的枢纽布置..... ( 21 )

六、取水头部..... ( 24 )

七、进水管..... ( 35 )

八、泵 房..... ( 46 )

九、渠 道..... ( 77 )

## 第二章 泵房施工

一、井筒滑模施工..... ( 80 )

二、沉井施工..... ( 97 )

三、几项质量问题的处理..... ( 106 )

### 第三章 顶管施工

- 一、顶管的主要设备..... ( 110 )
- 二、工具管的设计..... ( 119 )
- 三、顶管施工..... ( 127 )
- 四、1\* 管的处理..... ( 139 )
- 五、应力测定..... ( 145 )

### 第四章 取水头部和水下管道施工

- 一、双壁钢壳沉井施工..... ( 162 )
- 二、门槽施工..... ( 165 )
- 三、水下混凝土浇灌..... ( 165 )
- 四、清基及锚固桩..... ( 166 )
- 五、水下管道施工..... ( 168 )

### 第五章 渠道施工

- 一、渠道地基的处理..... ( 170 )
- 二、穿堤渠道回填土措施..... ( 174 )
- 三、消力渠道接头漏水处理..... ( 175 )

### 第六章 泵站投产情况和看法

..... ( 176 )

# 前 言

武钢二号水源泵站是武钢一米七轧机工程的重要组成部分，它的建成投产，保证了武钢一米七轧机工程和武汉青山热电厂扩建的生产供水。

武钢二号水源泵站取水量 $45.5\text{米}^3/\text{秒}$ ，是目前我国长江上最大的一座工业用水水源泵站。建设中积累了不少的经验教训。在向四个现代化进军的新长征中，认真加以总结，对于提高我国水源泵站设计和施工水平，多快好省地完成基本建设任务，具有重要的意义。

建设二号水源泵站过程中，在湖北省、冶金部和武钢一米七轧机指挥部领导下，参加会战的单位精心设计、精心施工，艰苦地战斗在长江岸边，为建成二号水源泵站做出了应有的贡献。上海基础工程公司远离基地来到武汉，主动地克服在生活上和建设中的困难。武汉给水排水设计院在关键部位施工中，设计人员昼夜不离现场，及时配合解决施工中的问题。这些辛勤劳动和苦干、巧干精神，同建成二号水源泵站所取得的胜利，是分不开的。

由武汉给水排水设计院，上海基础工程公司，第一冶金建设公司等单位分别负责设计、施工，并进行总结工作。总结的内容，包括六个部分，列为六章。第一章设计，主要由武汉给排水设计院执笔。总结在长江江滩的复杂条件下设计大型泵站的经验；第二章中井筒滑模施工和第五章渠道施工主要由一冶四公司、科技处执笔。总结泵房井筒 $32.7\text{米}$ 高一次滑模到顶、和渠道地基处理以及穿渠渠道如何确保土方质量的经验；第三章顶管和第四章取水头部和下水管道施工主要由上海基础公司执笔。总结在江滩流砂层中沉井下沉的经验和两座沉井下沉的相互影响，总结直径 $2.6\text{米}$ 、长 $100\text{米}$ 、穿越复土 $20\text{米}$ 的饱和粉细砂层顶管的经验和教训，以及取水头部采用围囹式钢模板沉井的施工经验；第三章顶管的应力测定部分由冶建院执笔；第六章由武汉钢铁公司供水厂和武汉给排水设计院执笔；概况由一冶施工、科技处执笔。最后由“总结汇编组”汇编。总结着重于实践，如实地反映客观实际情况。既总结了比较成功的经验，作为今后继续努力的方向；又反映了存在的问题，以便吸取教训。

在总结工作中，得到了各方面领导同志和广大职工的大力支持，在此表示衷心感谢！

由于我们的思想政治水平和技术水平都比较低，加之收集积累的资料不全，所以总结中的缺点错误在所难免，诚恳地请阅读本总结的同志们提出批评指正。

王文学 1979.12.25.



## 概 况

武钢及武汉青山热电厂的生产用水，原来由武钢一号江心水泵站供给，供水量为20立方米/秒。由于兴建武钢一米七轧机工程和武钢总体规模成倍地扩大以及青山热电厂扩建等原因，使生产用水量有很大的增加，总用水量达到65.5立方米/秒。为此新建武钢第二号水源泵站，由上下游两座水泵房组成，供水量为45.5立方米/秒。

武钢二号水源泵站位于武钢一号水源泵站下游150米处，是以长江为水源的岸边式泵站。由取水头部、进水管、泵房、输水渠道等主体工程组成，另外还有高水位自流渠道、闸门井、护岸工程及生活辅助设施等。两座水泵房安装湘江56—28型卧式离心泵10台，其中八台工作，两台备用，是我国目前长江上最大的一座城市工业给水取水泵站。是武钢一米七工程的重要项目之一。该工程由武汉冶金勘察公司、长办、交通部第二水运工程设计院提出工程地质、水文地质勘察及河势、河道演变分析资料。武汉给水排水设计院负责设计。第一冶金建设公司负责施工。上海基础工程公司担负沉井下沉、顶管和水下工程施工。二十冶担负上游泵房机电安装，武汉供电局施工外部供电线路。还有冶金建筑研究院进行顶管应力测定，武汉水利电力学院作了青山峡河段的河床冲淤及边滩演变规律的水工模型试验等。

武钢二号水源泵站工程特点：工程量大，施工季节性强，设计施工技术复杂。全部工程共挖填土方22万立方米、水下挖土7万立方米、石方2.5万立方米、填砂1万立方米、混凝土5万立方米、钢筋约5000吨、钢结构2000吨、设备近1000吨、管道5公里、电缆28公里。建安工作量3200万元，总投资3860万元。

由于工程处在长江岸边，很多工序受洪水期的影响，如取水头部、沉井下沉、顶管等均要在枯水季节施工。我们集中力量于1975年第一个枯水期施工取水头部、泵房沉井下沉；第二个枯水期施工1\*、2\*顶管和完成取水头部；第三个枯水季节施工3\*、4\*顶管和水下埋管，并处理1\*、2\*顶管的质量问题。其它工程则安排穿插进行。

由于自然条件和技术复杂，使设计施工难度大。如长江青山峡是冲淤变化频繁，河床演变剧烈的河段，如何选择具体的水源位置、构筑物形式，才能保证取水安全、经济合理，这是设计方面首先遇到的复杂问题；再如两座沉井外径各37.4米、高度32.7米，井内并设有两道隔墙和多道地梁构成比较复杂的泵房筒体，在结构分析和设计计算上都比较复杂。同时采取

一次滑模浇灌到顶和一次下沉的施工方 案,以及处于流砂层中的两个大型沉井相距30.6米,如何防止沉井相互影响和减小周围土壤扰动范围等问题,设计施工都缺乏经验。尤其是钢管口径2.6米、长100米和复土20米深的顶管工程,全线要穿越饱和粉细砂层顶进,这在我国还没有干过。还有穿堤渠道和 水下工程等,施工技术要求都比较高,困难是很多的。在湖北省、冶金部和武钢一米七轧机工程指挥部的领导下,坚持自力更生,奋发图强的方针,发挥群众智慧,采取走出去,请进来,调查研究,集思广益,科学试验和建设 中不断改进施工工艺才使问题一个 一个逐步得到了解决。有成功的经验,也有失败的教训。

该工程于1974年10月开始设计,1975年4月动工兴建,经历三个枯水季节的施工。在 施工高峰时投入1500人的施工力量,施工场地占用面积8万平方米,修建临时围堤780米,搭 设大临工棚9600平方米,高峰施工用电量为3200瓩,施工用水用二台4寸水泵供给,在抢运土 方时同时动用72台自卸汽车,在沉井混凝土滑模浇灌时采用混凝土泵作垂直运输,还集中了 六台重型起重机械。上游泵房于1978年11月投入生产,满足了武钢一米七工程和青山热电厂 新增发电机组生产用水的需要。全部工程在1979年底竣工。

通过上游泵房投入生产运行,说明生产工艺是合理的,泵机的选用是合适的,工程质量 是好的。这些建设经验对今后在长江上建设更多更大的水源工程,有所参考。



# 第一章 设计

## 一、水源位置选择

### (一) 河势和河道演变分析

长江在青山峡地段被江心的天兴洲分成两股汉道，青山峡为长江的南汉道。武钢厂区位 于青山峡一侧的东南面，厂区离青山峡的平均距离约4公里，一号水源泵站位于青山峡的中 段。

选择固定式取水构筑物的水源位置时，首先必须考虑和研究河流的河势发展和河道的演 变，这是关系着构筑物取水是否安全的重要问题。为此，曾委托长江流域规划办公室对青山 峡长江河段的河势和河道演变进行分析研究，以便为泵站的水源位置选择提供理论依据。

根据四十多年积累的五十多次河床实测资料，经过深入周密的分析研究，长办先后提出 了“武钢青山峡江边第二座取水泵站位置选择河床演变分析报告”和补充报告各一份。

首先，自天兴洲洲头以上到长江大桥一段的长江河道，主流沿武昌岸下行，汉口岸一侧 的左半部河床都是5米标高（黄海系统）以上的大片水下边滩，边滩标高顺水流方向朝天兴 洲汉道的北汉口门递增，北汉（汉口汉道）河床大大高于南汉（青山峡汉道）。左岸水下边 滩的宽度自武汉关以下愈来愈宽，最后与洲头的右缘连成一体，形成大面积的浅水区，北汉 口门区的河床标高比南汉高出14米以上，北汉继续处于减流促淤的过程中，而武昌岸一侧的 河床右半部，基本上是零米标高以下的大深槽带，深泓线贴近武昌岸。

从上游河道的主流位置和河床水下边滩的分布可以看出，两股汉道中，北汉趋于萎缩， 南汉趋于发展，上游河势对青山峡的河道的发展有利。青山峡水道的形势见图1—1。

第二、从1957年以来，同一水位，南汉的流量在不断增大，而北汉的流量却逐年在不断 减少，青山峡的分流比，逐年在增加。随着南汉发展，北汉萎缩，南汉的分砂比也在发生变 化。1970年以后，中高水位时期青山峡分砂比已与分流比接近。悬移质与河床质平均粒径， 南汉大于北汉，南汉变幅大，总趋势变粗，北汉变幅小，总趋势变细。含砂浓度低的表流进 入南汉，含砂浓度高的底流进入北汉。水流条件和泥砂运动条件造成了南汉是冲刷的，而北 汉是淤积的。从总的河道形势来看，南汉具备了兴建大型取水构筑物的水流条件。

第三、自1934年以来,青山峡(即南汉)河床一直在不断冲深、下切和展宽。青山峡水道口门标高10米以下的河槽断面,1953~1955年还小于北汉,1965年就发展到大于北汉,成为航运交通的主航道,到1974年竟大于北汉4850平方米,河底标高平均低于北汉8米左右,这时南汉河床断面已经宽阔通畅,南汉进流远比北汉有利。与青山峡水道发展相反,北汉一直处于淤浅的过程,1953年以来,该汉深泓高程普遍淤高8.8~11米,河床普遍高于南汉。

根据以上分析,可以认为,上游河势对南汉水道的发展是有利的,河道演变的历史表明,青山峡河道现在正处在发展阶段,水流条件较好,从总的发展趋势看,在青山峡水道内建设取水构筑物是适宜的,可以保证构筑物取水的安全。

## (二) 水源位置

天兴洲总长26公里,南北汉道很长,而北汉长于南汉。根据水源位置应尽可能靠近用水户的原则,在青山峡水道河段内选择了三个可供建设取水构筑物的具体位置(图1-1):

### 1. 工业港位置

在武钢工业港运河口下游1.5~2.0公里的范围内,这一带水深条件很好,四十年来河道深槽一直稳定靠岸,这个深槽是青山峡水道的下深槽,深槽紧贴南岸,最深点的位置多年来稳定少变。河岸的土质系粘性土层,抗冲能力较强,岸线变化小,是取水条件最合乎理想的位置。

### 2. 蒋家墩位置

在蒋家墩码头上下游各0.5公里的范围内,这个位置,长期以来,主流一直靠岸,而且在1955年以后,出现了靠近岸边的深槽,尽管深槽最深点的位置变动异常,但是靠近岸边的局部深槽的位置却是相当稳定,因而取水条件也比较好。河岸也是由粘性土壤组成,抗冲能力和稳定性都很好,而且已经有了完整的护岸工程,河岸稳定性更有保证。

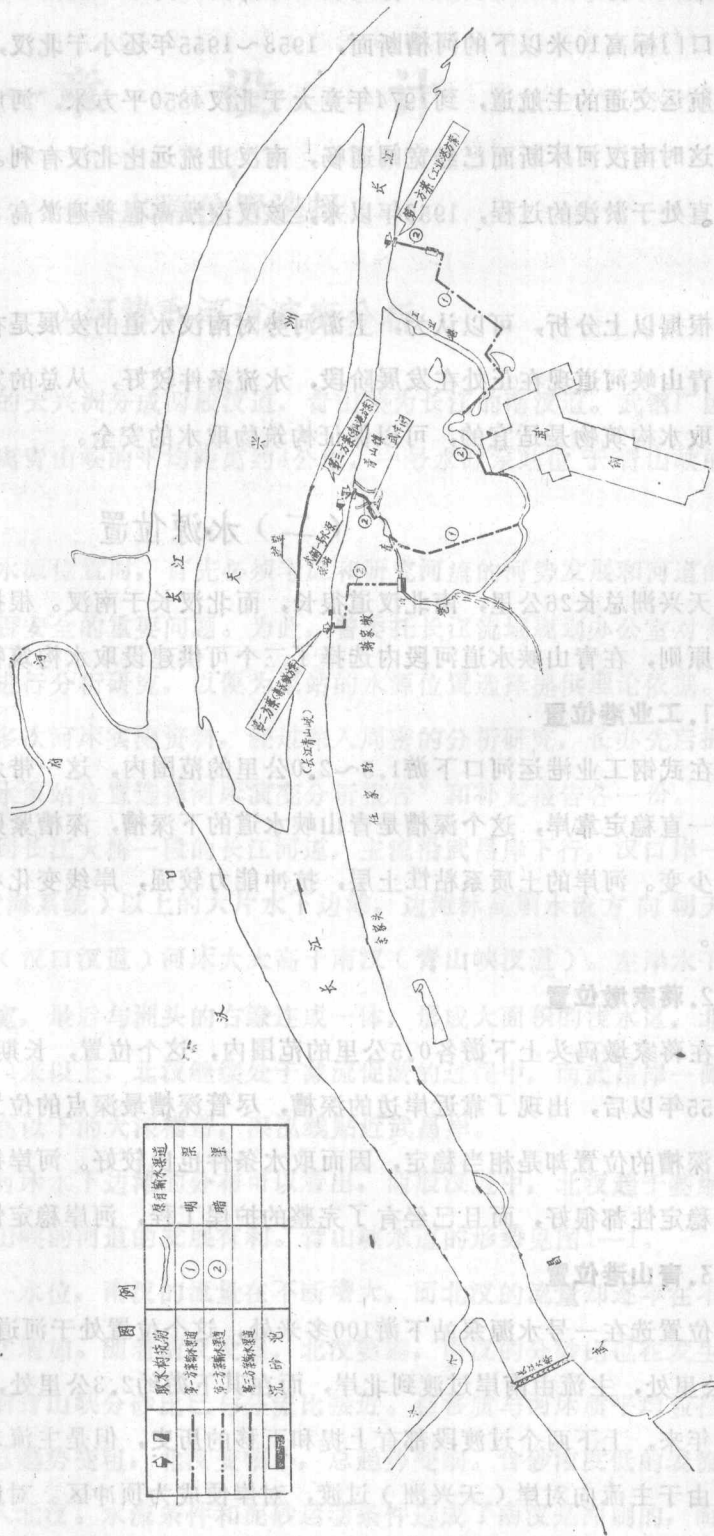
### 3. 青山港位置

位置选在一号水源泵站下游100多米处,这个位置处于河道深泓过渡段上,在其上游约0.3公里处,主流由南岸过渡到北岸,而在其下游约2.3公里处,主流又由北岸过渡到南岸,几十年来,上下两个过渡段都有上提和下移的历史,但是主流却始终没有靠近过一号水源泵站。由于主流向对岸(天兴洲)过渡,对岸便成为顶冲区。对岸是粉细砂,抗冲性差,在水流的侧蚀作用下,天兴洲河岸崩塌后退现象十分严重。1953年至1973年,20年之间,对岸崩

图 1—1 武钢二号水源泵站水源位置方案图

退竟达435米之多，相当于1953年的河宽。顶冲对岸的主流，通过环流的作用，将断面上冲刷下来的底砂带到南岸来沉积，再加以其他水流条件和泥沙运动条件的作用，就形成了青山峡南岸的大面积的水下边滩，这一带是水下边滩滋生活动的地区。按照取水要求来衡量，这里的取水条件是不好的，严格地说，在这里修建取水泵站是不适宜的。

但是青山港位置还是存在着一些可资利用的有利条件的：首先，水下边滩的本质是活动的，非固定的，随着对岸岸线的渐趋稳定，近年来边滩的标高在逐渐刷低，面积在逐渐减小，部位也逐渐下移，而上游河段尚未发现新的水下边滩，可以预计，在一段时间里，水下边滩的威胁，将会逐步减轻和解除；其次，江心桥墩式的一号水源泵站，体积比一个桥墩大几倍，它对长



| 图例 | 取水构筑物 |       | 排水构筑物 |       | 其他构筑物 |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ①  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ②  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ③  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ④  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑤  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑥  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑦  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑧  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑨  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |
| ⑩  | 取水构筑物 | 排水构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 | 其他构筑物 |



江水流起了明显的阻流作用，泵站破坏了水流的天然结构，使流态发生变化，阻流后所产生的局部环流，剧烈地冲刷河床，在泵站下游的河床面上，形成了一个长260米，宽190米的冲刷坑，冲刷坑的形状上宽下窄，冲刷坑坑底的标高为 $-4.3\sim 5.7$ 米，经长期观察，这个冲刷坑是固定的，有了一号泵站，就有冲刷坑存在，冲刷坑与一号泵站并存。分析表明，可以利用这个冲刷坑作为取水点。当然，如果选择这一位置，必须相应采取适当的保坍护岸的整治措施，以消除淤长边滩的条件，确保泵站的正常运行。

### (三) 位置选择

从上述三个位置来看，工业港位置的水流条件最好，但是受工业码头规划的限制，较难选择到一块不受码头运输影响、适于兴建泵站的场地。这个位置离厂区较远，输水管渠线路相对较长，相应增加了投资，与青山港位置的方案比较，明渠加长0.7公里，暗渠加长1.3公里，总投资增加1800万元。同时这个位置位于武钢总排水渠出口的下流，受到污染，水质较差，泵站供给的水量中，有一部份用于生活用水，水质问题也需要给予考虑。

蒋家墩位置的取水条件也比较好的，但堤外滩地狭小，布置很拥挤，而输水渠道线路也较长，总投资较青山港位置的方案高出1000万元。蒋家墩在厂区的上游，是武钢的生活区，通往厂区的输水渠道需要穿越大片的街坊，施工碍障碍物很多，施工困难较大。

青山港位置的取水条件较差，河道深泓离岸边较远，河道变迁比较剧烈，取水条件不及前两个方案好。但这个位置与一号水源泵站靠近，管理比较集中，堤外滩地宽阔，有足够的场地面积可供布置，又可以充分利用原有的输水明渠（青山港）和其他设施，缩短输水渠道的长度，因此总投资较前两个方案节省。

经过技术经济比较并从管理及取水安全等条件出发进行全面的权衡，认为青山港位置的取水条件固然较差，但是对河道可以因势利导，利用某些有利因素，增加一些必要的整治措施，化不利为有利，使取水条件的不足之处，得到弥补，提高取水安全可靠，那么青山港位置还是可取的。因为它具有其他两个方案所缺乏的条件，例如岸边滩地开阔，便于布置，与一号水源泵站毗邻，管理比较集中，输水渠道线路短，供电线路可以与一号水泵房统一考虑，投资最省等等。水源位置选择的工作，酝酿和进行了较长时间，经过各方面有关单位的共同努力和慎重的考虑，最后选定了青山港位置。取水构筑物设在一号水源泵站下游大约150米处。为了保证取水的安全，将取水口伸入一号水源泵站的冲刷坑里，冲刷坑的边缘离开岸边大约100米。

#### (四) 水源地的自然条件

##### 1. 长江水文特征

长江青山峡河段的黄海基面最高水位为27.17米，频率0.09%，最低水位7.52米，频率99.96%。长江日平均最大流量76400米<sup>3</sup>/秒，最小流量为4830米<sup>3</sup>/秒。日平均最大含砂量3.34公斤/米<sup>3</sup>，最小含砂量0.036公斤/米<sup>3</sup>，多年平均含砂量0.616公斤/米<sup>3</sup>。长江最大流速2.01米/秒，最小流速0.62米/秒。

水流的含砂量沿水深垂线的不同高度而变化，底流的含砂量较高，表流的含砂量较低，含砂量沿垂线高度分布的资料较少，现在几次测定资料中选取一组有代表性的资料列入表1。

青山峡含砂量沿垂线分布情况

表1

| 垂线水位<br>(米)                   | 垂线水深<br>(米) | 垂线平均含砂量<br>(公斤/米 <sup>3</sup> ) | 垂线含砂量的最大粒径<br>(毫米) | 垂线含砂量的平均粒径<br>(毫米) | 垂线平均流速<br>(米/秒) |
|-------------------------------|-------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| 24.50                         | 23.00       | 0.986                           | 0.529              | 0.040              | 1.05            |
| 测点标高(米)                       | 24.30       | 19.90                           | 10.70              | 6.10               | 2.80            |
| 测点含砂量<br>(公斤/米 <sup>3</sup> ) | 0.715       | 0.862                           | 1.020              | 1.190              | 1.280           |

注：(1)表1为1974年9月19日的实测资料

(2)测点位置在一号水源泵站下游185米处，距岸边135米。

##### 2. 河床及岸边工程地质

冲刷坑取水口位置的河床，表层系第四纪冲积层，地层的岩性组成自上而下为：细砂、卵石土，以下为基岩。基岩为燧石和矽化灰岩，复盖层深度约9—10米。基岩面绝对标高为—11~—12米（黄海基准面）。上层细砂层呈疏松饱和状态，下层细砂呈饱和中密状态。施工中如果形成水位差，粉细砂层就成为流砂。基岩节理发育，溶蚀严重，岩性很不均匀，岩层中因矽化程度不同，坚硬程度的差别也很大，矽化程度高的，胶结良好，坚硬，岩芯完整，但仍存在有溶蚀小孔洞和高角度裂隙；矽化程度低的，胶结较差，组织疏松，溶蚀严重，岩芯破碎，比重明显减轻，个别岩样呈严重的蜂窝状态，用手可以捏成粉末，施钻中发生过掉钻事故。基岩表面风化溶蚀深度也不一，有的钻孔，风化溶蚀层的深度达到3.6米以上，基岩中还有溶洞及溶槽，溶洞深度1~3米，有的被黄色粘土、有的被块状或粉末状石灰岩物质所充填。河床复盖层粉细砂的抗冲能力很差。

岸上河漫滩地区，地表标高22~23米（黄海基准面，以下同），自地表以下11~12米

深为砂质粘土，以下为粉细砂层，粉细砂层的厚度接近20米，在基岩面上有一层薄层的卵石土。粉细砂层含水饱和，呈灰黑色，承载能力约10吨/米<sup>2</sup>左右，当出现水位差时，粉细砂层就会出现流砂现象，将给施工带来很大的困难。基岩为灰岩，基岩面标高-10米。

### (五) 水工模型试验

如前所述，长江青山峡南岸拟建二号水源泵站位置的河道具有变迁剧烈、冲淤无常的特点，历史上曾经有过水下边滩存在，不如工业港和蒋家墩两位置有稳定的深槽可资利用，在这里建站，构筑物对水流有什么影响，一号和二号泵站共同存在的条件下河道变化的趋势是什么、建站后取水口是冲刷还是淤积、要保证取水的安全可靠，应该采取什么必要的措施，等等问题，都必须有定性和定量的认识，否则就无法进行设计。为了探讨上述这些问题，对长江青山峡河段进行了水工模型试验，试验委托武汉水利电力学院进行。

水工模型试验分为两种，做成两个模型，一个是河段整体模型，另一个是局部模型。

整体模型试验的目的是摸索河道的变化趋势，悬移质泥砂沉积及水下活动边滩的活动规律，并进一步探讨削弱边滩活动保证构筑物运转安全的切合实际的整治措施，整体模型的范围较大，包括整个天兴洲汉道。整体模型试验曾因故中辍过，目前尚未提出试验报告。

局部模型试验是为了查明二号泵站建成后，对一号泵站的冲刷坑将会产生什么影响、取水口周围水流运动情况和河床冲淤变化、水流对本岸的影响等问题。局部模型试验已提出了试验报告，试验的结果如下：

局部水工模型试验的模型范围：长度取青山峡河道中段长2400米，泵站大约位于模型的中部，宽度取南汉半江的宽度约400米，取平均过流量40%的流线作为模型北岸边墙。对河床的模拟采用了局部动床的原则，将一号泵站冲刷坑周围长600米宽200米的范围作成局部动床，其余均为定床。局部动床部份用聚苯乙烯塑料砂铺设，定床部份用水泥砂浆粉面，模型的河床地形根据1974年10月实测的 $\frac{1}{5000}$ 地形图塑制，根据实际条件，选用了 $\lambda_L = 100$ 的正态模型。采用塑料砂作为模型砂，模型砂的单位重1.05吨/米<sup>3</sup>，中值粒径0.275毫米，起动流速0.038米/秒。模型的比尺是根据水流相似、泥砂运动相似（泥砂起动条件相似、推移质输砂平衡相似）的模型相似律来拟定的。

在正式试验前，先进行验证性试验，定床验证性试验符合良好，而动床验证性试验有较大的出入。经过多次试验，总结了经验，将一号泵站周围25米范围内河床地形进行固结，模拟一号泵站周围抛石护床的措施，才使模型的流速分布与天然河道相似，符合良好。



模型试验分三级流量进行,洪水流量 $70000\text{米}^3/\text{秒}$ 、中水流量 $20000\text{米}^3/\text{秒}$ 、枯水流量 $4000\text{米}^3/\text{秒}$ ,相应的南汉半江流量分别为 $11200$ 、 $4720$ 、 $1520\text{米}^3/\text{秒}$ ,相应的模型流量为 $112$ 、 $47.2$ 、 $15.2\text{公升}/\text{秒}$ 。

模型加沙量是根据天然河道月平均流量与月平均推移质输砂率的关系推算的。根据实测,南汉分流分砂比,在洪水时期约占 $35\%$ ,中水时期约占 $60\%$ ,枯水时期约占 $90\%$ ,武汉关断面推移质输砂率在洪、中、枯水位时期分别为 $11000$ 、 $1400$ 、 $440\text{吨}/\text{天}$ ,半江模型的断面输砂率采取与流量的同一百分比即 $40\%$ 计算。

各级流量的放水持续时间,以河床冲淤平衡(即河床处于不冲不淤相对稳定)为原则进行控制,在一号泵站下游 $90\text{米}$ 处设一固定断面,在放水期间,进行观察和记录,最后二次测定的断面图基本重合,说明冲淤平衡,即可停水,每级流量的放水均放至河床达到冲淤平衡时为止。

水工局部模型试验的重点是研究一号泵站冲刷坑的变化和二号泵站周围河床的局部变化(冲刷或淤积),根据试验中得出的系统的观测资料,可以做出如下的分析:

### 1. 二号泵站对冲刷坑的影响

水工模型在各级流量下观测,兴建二号泵站对一号泵站下游河床上的冲刷坑在整体上没有什么大的改变,只是局部有些变化和调整。冲刷坑的变化有如下的规律:一般流量,一号泵站下游河床始终存在着两个冲刷坑,到洪水时期移并成为一个,位于一号泵站下游五十多米处,形似漏斗,头大尾尖;兴建二号泵站后,冲刷坑最大冲深点的位置变化不大;冲深点的标高,中、洪水时期有些淤高,枯水时期有些冲刷,冲刷坑零线内面积变化,在中、洪水时期减小,枯水时期增大;零线内长度和宽度,中、洪水时期一般均缩短缩窄,枯水时期则增长和展宽。

从纵横断面的对比分析,可以看出,二号泵站对水流所产生的影响,造成了河槽冲刷,而岸边淤积,最严重的淤积高度达到 $4\text{米}$ 。

从流速观测,可以看出,兴建二号泵站后,在各级流量下,断面流速分布或泵站周围垂向流速分布,均较原来降低,平均降低 $10\%$ 左右,主要原因是局部阻力增大,直接使水流减缓,由于取水构筑物的存在,迫使水流向江心移动,故北岸的流速也相对增大。

从水流流态分析,各级流量下,水流经过一号泵站后,均折向南侧,这对二号泵站是有利的。但是在一、二号泵站之间却存在着较大的回流区,可能会出现局部淤积,值得注意。

### 2. 局部冲刷

取水构筑物在江心形似桥墩，与桥墩一样，在其周围也出现冲刷坑，从模型试验的结果看，构筑物前方冲刷，后方有不同程度的淤积，洪、中水位时期，床面的砂浪周期性地进入冲刷坑内。由于各种条件的影响，水流在构筑物的两侧不对称，冲刷坑的范围也有差异。总的趋势是北侧较南侧地势低，枯水流量冲刷坑较小，洪水流量冲刷坑较大。

在为模型试验提供设计布置时，设计上提出的布置是分设两座取水头部（即取水口），试验时，在同一级流量下，冲刷坑长度，下游头部比上游头部大，下游头部在洪水时期的冲刷长度达到17米，与按桥墩冲刷坑公式计算的结果相接近。

在同一级流量下，冲刷坑深度，也是下游头部比上游头部大。放水三小时（相当于天然状态约90天）下游头部在洪水时期的最大冲深8米，达到-8.0米的标高，几乎冲刷到基岩，上游头部冲深6.68米，达到标高-6.68米。枯水时期下游头部的冲深2.3米，上游头部仅0.3米。

水工模型试验局部冲刷示意图见图1-2。

### 3. 岸边流速图

兴建二号泵站后，岸边流速降低，岸坡上发生了淤积，这是二号泵站的取水头部挤压了水流，扩大了回流区，增大了局部阻力，降低了流速，因而引起了回流淤积。岸坡没有冲刷的危险，岸上的构筑物也有了安全的保障。

### 4. 对设计布置的修改建议

试验中发现，上游取水头部处于回流区的边缘，有出现淤积的可能性，因此将上游取水头部向江心方向移动15米，然后再做试验。移动后水流条件有较大的改变，脱离了回流区，因而冲刷深度和冲刷长度均有所增加，对下游头部的水流条件也有利。上游头部移动后，两个头部的垂线流速分布也都提高了，这说明上游头部移动，对下游头部不会产生不利的影响，移动后头部的水流流态也有显著的改变，已基本上不存在回流，对防止头部周围的淤积也是有利的。

鉴于上游头部向江心移动后，水流条件有较大的改善，对防止淤积，保证取水安全有利，因此试验单位建议将头部向江心移动15米。设计上考虑到移动太多，深入冲刷坑的最深处，会给结构安全和施工带来较多的困难，因此根据实际情况，将上游头部向江心移动8米。

## 二、水泵选择

泵站设计流量 $45.50\text{米}^3/\text{秒}$ ，水泵工作扬程根据长江水位变幅确定，其范围在4~19米之

