

武漢大橋工程局
蘇聯專家論文選集



科學技術出版社

武漢大橋工程局
蘇聯專家論文選集

武漢大橋工程局編

科學技術出版社

內 容 提 要

本書共有技術性的專題論文十三篇，是由參加武漢長江大橋工程建設的蘇聯專家執筆，經大橋工程局譯編而成，內容着重介紹採用鋼筋混凝土大型管柱修建橋墩基礎的成功經驗，以及重要關鍵問題之一的大型震動打樁機的製造。此外并介紹了下沉大型管柱的試驗資料，提出今後大型管柱可廣泛應用於水利、海港、礦山及工業建設的建議。

武漢大橋工程局蘇聯專家論文選集

勘 誤 表

頁	行	誤	正
目錄	25	190	189
46	圖 4 圖註	千升頂	千斤頂
47	圖 6 圖註	圍 6	圖 6
47	圖 7	25噸鐵錨	2.5 噸鐵錨
88	圖 3 圖註	敞口樁靴	敞口樁靴
103	圖 7 左角	4001	400
136頁后	插頁圖 3	浮蓮船組	浮運船組
148	圖 2 圖註	震動打樁總圖	震動打樁機總圖
168	圖14圖註 5	電流互成器	電流互感器
184	圖23圖註	在荷載下	在荷載下
184	19行	M W	M W
184	20行	P W	P W

武漢大橋工程局蘇聯專家論文選集

武漢大橋工程局編

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 079 號

中華書局印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號:15119·561

開本 787×1092 耗 1/16·精裝本印張 14 3/4·插頁12·字數 254,000

1957年9月第1版

1957年9月第1次印刷·印數 1—3,000 (精裝本1,000)

膠版紙精裝本定價:(10)3.60 元

編者的話

本書系幫助我國建設武漢長江大橋的蘇聯專家們的論文集。這些文章原是為了發表於蘇聯運輸工程雜誌而寫作的。由於它們代表着大橋本身以及其他兩座橋梁建設經驗的精髓，為使我國工程界對於這些文章能夠人手一冊，易於閱讀，工程局特將各文譯成中文，匯編成集，以餉讀者，借以作為更深入了解大橋工程經驗之助。

武漢長江大橋採用管柱基礎的先進方法在橋梁工程技術上有着有目共睹的卓越成就，而這是和以 K. C. 西林同志為首的蘇聯專家組的首倡精神分不開的。在實現這一先進方法的过程中，從最初的試驗階段，經過各個實踐階段以迄於後期的擴大試驗階段，各項技術作業的操作方法和工作定額都是不斷發展和前進的。在前進的过程中，許多盤根錯節都是經過絞盡腦汁方才得到迎刃而解的。由於任何新鮮事物的解決都必須依靠經驗的取得和積累，而這些經驗的範疇又是分門別類，錯綜紛歧，因此，大橋工程的每一主要環節如果不由始終其事的事業者親自執筆，綜合分析，則經驗的介紹，不是舛誤百出，就是挂一漏萬。欲求其內容翔實，文義賅備，也就難乎其難了。這些文章就是為了切實滿足經驗介紹的要求而由躬預其事的事業家們親自撰作的。在每篇文章里，無論在理論性問題的闡述上，或在各項具體經驗的歸納上，或在將來發展前途的估價上，都是由作者們從辯證唯物的觀點出發而以不蔓不支的文字表達出來的，因此，任何一文都具有一定的卓越見解和有力論斷，迥非泛泛之說，一孔之見所能望其項背。

在國家正在大力發展國民經濟以建設社會主義社會的道路上，認真學習蘇聯先進經驗系為國家堅定不移的方針政策。事實證明，這個方針政策是完全正確的。在介紹蘇聯先進的科學技術上，有純粹理論知識的介紹，也有生產實踐經驗的介紹，二者往往不能得兼。本集的各篇論文系在長江大橋工程的實踐中實事求是地寫出來的，而這一工程實踐又是具有高度的技術性和堅強的理論基礎，殊非一般的工程建設所能比，因此，由於這些論文體現着理論和實踐相結合，可以相信本集將會成為我國工程界技術研究的一項重要文獻。

这些論文在編纂中均曾經过一番較為細致的逐譯和反复校讎工作,而最主要的,它們的内容都曾經过并肩作业的我国工程技術人員詳加推敲和核对的。在这項工作中,我們着重于論断的一致性,数字的翔实性,同时我們也沒有忽視逐譯中文从字順的要求。在这些方面,我們虽在工作中尽了最大的努力,但是,限于我們的水平,本集中还有可能存在着不少的缺点,深望讀者給我們指正。

顧懋勛

1957年5月1日于武汉

目 录

編者的話

武汉長江大桥工程对桥梁建筑技术的巨大貢獻·····	1
---------------------------	---

К. С. 西林

使用冲击式鉆机在武汉長江大桥桥墩基底岩盤鉆直徑 1.30 公尺

鉆孔的經驗·····	25
------------	----

Д. Г. 郭斯金

修建裝配式管柱基础桥墩时采用导向圍圀和長鋼板樁的經驗·····44

П. В. 塔馬洛夫 В. И. 卡尔宾斯基

大直徑鋼筋混凝土管柱的制造·····65

Н. М. 戈洛鐸夫

在土壤中下沉鋼筋混凝土管柱·····78

Н. М. 戈洛鐸夫 Н. П. 杜欽科

半岩石层中下沉旋制鋼筋混凝土管樁·····85

В. И. 卡尔宾斯基 П. В. 塔馬洛夫

在深水中修建桥墩时灌筑水下混凝土工作·····95

В. И. 卡尔宾斯基 С. Я. 茹可夫

强迫下沉的裝配式鋼筋混凝土管柱·····109

А. П. 戈列佐夫

以裝配式旋制鋼筋混凝土管樁修建高樁承台的經驗·····133

А. А. 巴耶夫 А. П. 戈列佐夫

下沉大直徑鋼筋混凝土管柱用的震动打樁机·····144

А. Д. 普罗赫洛夫

裝配式旋制鋼筋混凝土管樁的承載力·····170

П. В. 塔馬洛夫

武汉長江大桥正桥桥墩計算和設計的特点·····190

М. С. 魯登科 Н. Н. 吉赫諾夫

关于今后在工程建筑中不采用气压沉箱基础的初步意見·····207

К. С. 西林

武汉長江大桥工程对桥梁建筑 技术的巨大貢獻

R. C. 西林

中华人民共和国現有的鉄路和公路干綫,由于長江一水之隔,直到現在还没有連接成为一个完整的交通网。

到目前为止,長江上还未曾修建过一座桥梁。現有的輪渡設備,对于日益繁重的运输任务,已不能适应形势的需要。

大家都知道,長江是世界上最大河流之一,在欧亞大陆則以長江为最大。江水深达 40 公尺,水流湍急,洪水期很長,每年达八个月之久,經常颶风和起风暴,风力达 9 級,地質情况异常复杂。所有这一切都给桥梁施工带来了巨大的困难。关于这条河流的能量,从它約占全国水力功能 40% 这一点来看,即可想見其偉大。

長江大桥籌划修建的历史已逾四十余年。在此期間,国内外建筑公司和建設單位曾多次作过确定桥址的尝试,但是勘测和初步設計工作均不够充分和完整。

在中华人民共和国成立后,中国政府随即决定修建这座桥梁,并在 1950 年展开了勘测設計工作。

在武汉大桥桥址地区进行了周密的調查,以及相应的工程地質勘探工作,嗣后在 1954 年开始編制技术設計,并于 1955 年 7 月經政府批准付諸实施。

在編制技术設計的同时,还进行了准备工作及試驗工作,修建了聯絡綫及聯絡綫上的桥涵,組織和装备了施工机构。因此,在技术設計一經批准后,長江大桥基本工程得以在 1955 年 9 月立即全面展开。

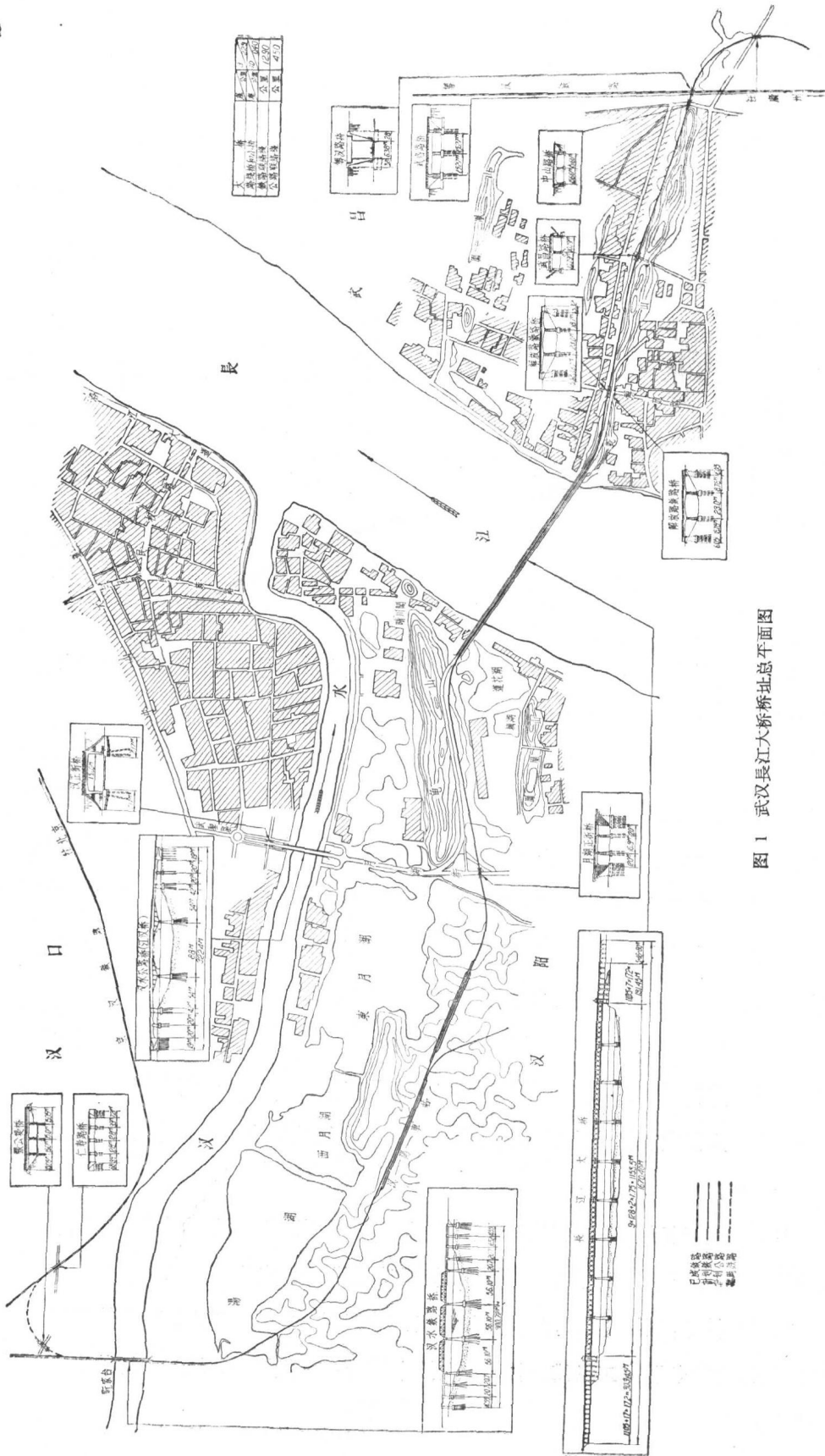


图 1 武汉长江大桥桥址总平面图

大桥工程的組成及其主要工程量

武汉長江大桥全部工程, 包括在武汉地区接通京汉—粤汉铁路和公路干綫的全部桥涵和联络綫工程(图 1)。

新建铁路联络綫全長 12.9 公里, 公路联络綫全長約为 4.5 公里。在長江支流的汉水上建有两座桥梁: 一座为全長 300 公尺的铁路桥; 一座为全長 322 公尺的公路桥。在武汉三鎮市区建有跨越馬路的跨綫桥 10 座, 总長約 480 公尺。

長江大桥正桥及引桥全長 1,670 公尺, 是全部工程的主要組成部分。該桥为双层桥梁, 可通铁路、公路及来往行人。

武汉長江大桥全部工程的主要工程量如下: 須灌筑混凝土及钢筋混凝土 126,300 立方公尺, 石砌圬工 25,440 立方公尺, 打钢筋混凝土管樁 3,000 根(62,500 延公尺), 下沉直徑 155 公分钢筋混凝土管柱 224 根, 管柱內鉆孔(直徑 130 公分) 224 个(680 公尺), 联络綫土方工程 1,900,000 立方公尺, 石方 300,000 立方公尺, 制造和安裝鋼梁 24,805 吨。

联络綫上的桥涵建筑物

由于長江大桥本身系全部工程中最有意义的部分, 因此本文在这方面特作較為詳尽的介紹, 而于联络綫上的其他桥涵建筑物, 則仅略述其梗概。



图 2 汉水铁路桥

跨越长江支流汉水的双綫铁路桥及公路桥在大桥工程中也是很有意义的。

这两座现代结构的桥梁,水深达 20 公尺,地质情况复杂,岩盤位于施工水位以下 35 公尺,每座桥的工期仅历时一年。

得到上述成绩的原因是由于勇敢地采用了装配式钢筋混凝土管桩,把桩打入土中深达 36 公尺,而放弃了在这种情形下所常用的沉箱基础。

汉水铁路桥(图 2),正桥为 3 孔 55 公尺标准钢桁梁及 4 孔 20 公尺标准钢钣梁,两岸引桥各为 1 孔及 2 孔 16 公尺跨度的钢筋混凝土梁。桥的布置为:

$$16 + 2 \times 20 + 3 \times 55 + 2 \times 20 + 2 \times 16 \text{ 公尺。}$$

汉水公路桥(图 3),现命名为江汉桥。本桥河身部分的正桥钢梁为连续钣梁和在其下面以拱式桁架加强的综合结构,两端引桥为钢筋混凝土连续梁。桥的布置为:

$$2 \times 20 + 54 + 88 + 54 + 2 \times 20 \text{ 公尺。}$$

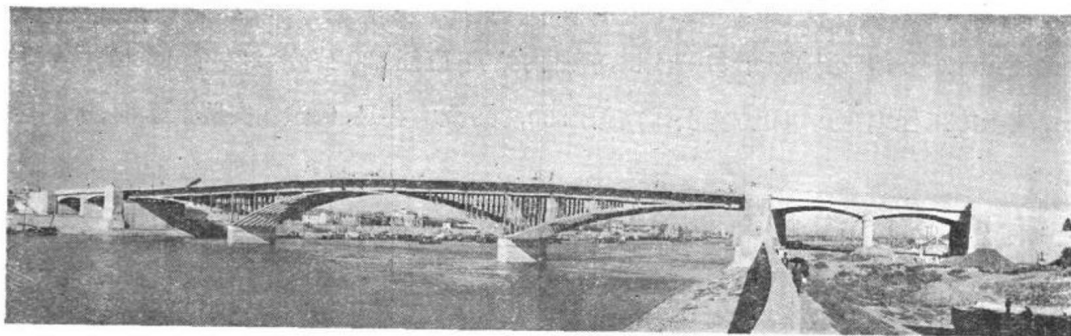


图 3 汉水公路桥

桥上路面宽度为 18.0 公尺,两侧设有各宽 3.75 公尺的人行道。桥下净空系在计算航行水位以上 10 公尺。汉水上的这两座桥梁,如以上所述,其全部桥墩均系深桩基础,所用的桩均系装配式旋制钢筋混凝土管桩,正桥桥墩基桩直径为 55 或 40 公分,引桥桥墩基桩直径为 40 公分。各节管桩端部有钢法兰盘接头,以螺栓連結之。

桥墩承台和墩身的水下部分(见苏联“运输工程”杂志 1956 年第 10 期)是在钢钣桩围堰及木沉井中(汉水铁路桥一个桥墩)进行施工的;竣工后围堰和沉井全部拆除。

全部桥墩均系实体混凝土圬工。

汉水铁路桥正桥钢桁梁系在左岸桥头路堤上拼装完成,并利用导梁在正式桥墩上拖拉滑曳就位,未作膺架,汉水公路桥则系利用吊船按伸臂安装法架设钢梁。

在两座汉水桥工程中作了以下工作:

項 目	鉄 路 桥	公 路 桥
1. 打管樁	612 根, 总長 15,216 公尺	674 根, 总長 17,344 公尺
2. 混凝土及钢筋混凝土圬工	12,420 公尺 ³	16,480 公尺 ³
3. 鋼梁安裝	1,272 吨	2,388 吨

長江大桥联络綫跨越汉口、汉阳、武昌市区馬路的跨綫桥絕大部份为钢筋混凝土梁部結構, 实体墩台, 筑于天然基底或钢筋混凝土樁基上。其中在汉口有一座跨綫桥不論結構或施工方法均有独到的特点。这座跨綫桥的桥墩类似高樁承台(图4), 用的是旋制钢筋混凝土管樁, 有鋼法蘭盤接头, 在工地接長。

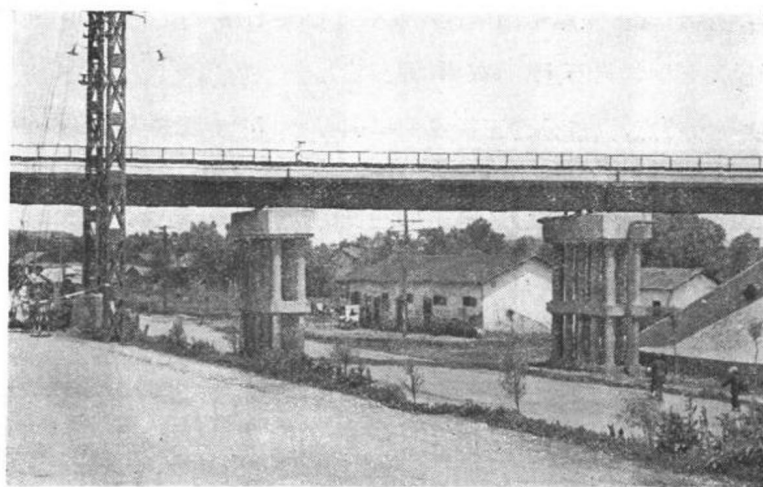


图 4 钢筋混凝土管樁式桥墩

長江大桥

当地条件 長江是世界上最大河流之一。就其每分鐘流量及全年流量而論, 居世界第四位(仅小于亞馬孙河、剛果河及恒河)。

長江在 1954 年历史最高洪水期間的流量为 76,000 立方公尺/秒; 根据 90 年来的观测資料, 一年的水位漲落差达 19 公尺, 流速达 3 公尺/秒。長江的特点是洪水位持續時間較久, 一年中达 7~8 个月。在桥址区冬季江水并不結冰, 桥址区域气候具有典型的季节性, 夏天常颳南风, 冬天常颳北风, 风力达 7~9 級。空气溫度 7、8 两月最高, 达 +42°C, 一月份最低, 达 -15°C, 一年的平均溫度为 +16°C。每当冬季江水水位低落便于施工的时候, 常颳大风, 江中掀起巨浪(浪高达 2~2.5 公尺), 造成許多困难, 不得不停止吊船及

其他水上机具的工作。降雨量很大,常下大雨,也影响工作效率,特别对土石方及混凝土工程为甚。

桥址位于汉阳武昌江岸間最狹窄的地段。江底向右岸逐漸低落,高低相差达 20~22 公尺。江底复有不稳定的細砂,很容易被水冲走,致使江底經常变迁。左岸附近的桥墩地方复盖层最厚,达 25~27 公尺;右岸附近的桥墩地方复盖层最薄,有时复盖层全部被水冲走,露出岩石。在复盖层以下的岩盤为石灰岩、泥灰岩及頁岩,有一个桥墩位于炭質頁岩上,江底岩盤在連續五个月的施工水位以下深达 40 公尺。岩盤节理陡峭,横对河流。岩石强度达 1,700 公斤/平方公分。

一般資料 桥址綫經左岸龟山南側跨越長江直趋右岸蛇山。正桥全部桥墩除一个桥墩外,都位于极为坚固的岩石上(石灰岩、泥灰岩)。

按結構及美术特点,大桥分为正桥及两岸引桥(图 5)。正桥全長 1,156 公尺,为三联的三孔連續梁,共九孔,每孔計算跨度为 128 公尺。左岸引桥長 303 公尺,共有 17 孔,每孔跨度为 17.2 公尺;右岸引桥長 211 公尺,跨度有 17.2 及 16.0 公尺两种;均系鋼筋混凝土梁。

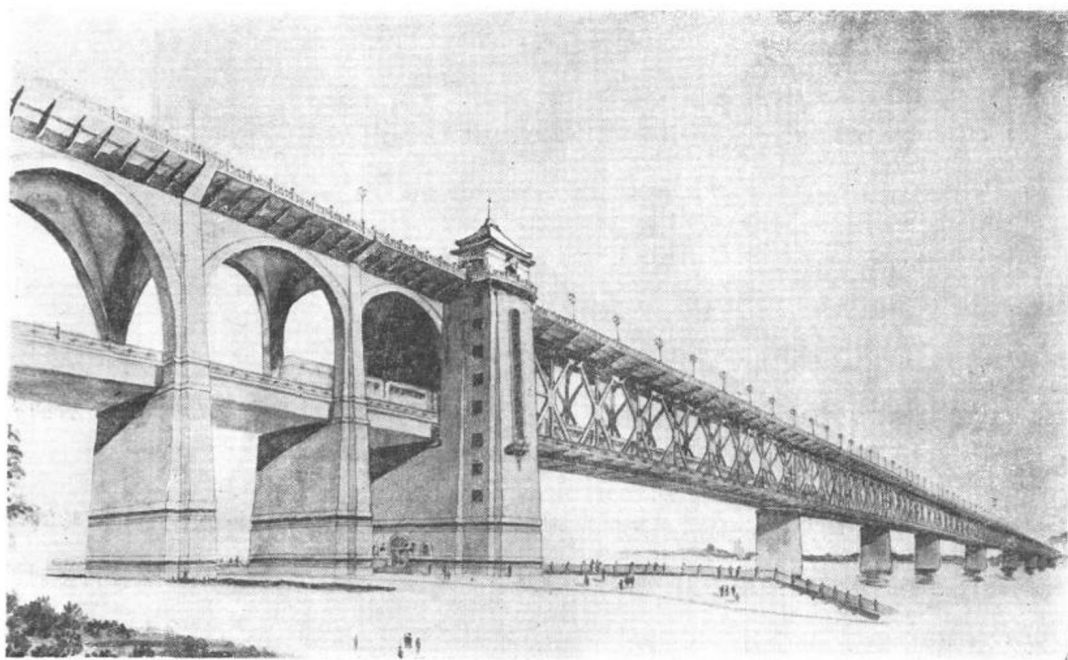


图 5 武汉長江大桥透視图

本桥为公路鉄路两用桥,公路位于上层,双綫鉄路位于下层(图 6)。鉄路路面兩側亦設有人行道。

桥下淨空高度为計算航行水位以上 18 公尺。正桥和引桥以雄偉壯丽的桥头堡加以界分，堡頂冠以民族形式的亭閣。桥头堡的用途，在于承托正桥鋼梁和引桥混凝土梁，并在其中裝設楼梯及电梯，以供行人由沿江大道通往公路和铁路桥面。两岸各有 3 孔引桥跨越沿江大道。左岸铁路为填土路堤，右岸在山坡上筑有擋土牆。

引桥桥墩下部及擋土牆以灰色花崗石鑲面，岸上桥墩及公路引桥上部用汰石子粉墁，正桥桥墩混凝土表面作有綫条，其頂部作成八角形大墩帽，以支承正桥鋼梁。

設置两岸引桥的目的是为了將铁路和公路分別引到正桥上来。公路在引桥上为直綫，铁路以半徑 600 公尺的曲綫逐漸和公路分开。引桥公路桥面向路堤方向逐漸降低，以减少路堤高度。

引桥上部設置公路路面，采用柱式桥墩，在横断面上有的桥墩为拱式剛架，有的为連續梁或簡支梁，在横梁及剛架上設以裝配式鋼筋混凝土 Π 字形簡支縱梁。引桥正面还設有裝配式鋼筋混凝土版拱。

由于岩层复杂，节理陡峭，岩层表面破碎，因之引桥桥墩有的修在樁基上，有的修在天然基底上。

引桥基础系用直徑 55 公分的鋼筋混凝土旋制管樁，長达 25 公尺，管樁內填有河沙及混凝土。桥墩基础一部分采用斜樁，以承受作用在桥墩上的水平力。每根樁的計算荷載为 90~120 吨，承載試驗結果，每根樁的极限荷載达 320 吨。

正橋鋼梁 正桥鋼梁設計为上下两层，主桁間距离为 10 公尺，高 16 公尺，主桁为平弦菱形桁架，每孔分成 8 个 16 公尺的大节間，由补充的竖杆將大节間分为 2 个 8 公尺的小节間。

主桁全部構件均为組合的 H 形截面，弦杆接头位于主要节点上。梁部結構采用铆接。公路桥面系与桥面鋼筋混凝土版設計为共同受力。

主桁構件的截面設計时考虑了用伸臂法安裝，因此而增加的鋼料，仅为鋼梁总重的 5%。

铁路桥面系系由縱梁和横梁組成，位于同一平面上，縱梁高度比横梁稍低。公路桥面系的公路縱梁在主桁之間設置在主桁断面联結系加强的構架上，在主桁以外，公路及人行道縱梁設置在伸臂托架上，伸臂托架長 6.25 公尺。

为了制造这些鋼梁，曾編制了特种工艺規程；其中考虑了采用无孔拼裝法，利用固定式立体样鈑制造構件，以保証必要的精确度，使構件能够互換。

正如上述,鋼梁系用伸臂法进行安裝,除左岸第 1 孔外,其余各孔均不采用中間支点。在第一孔中曾在工作开始时建有試驗用的临时墩。

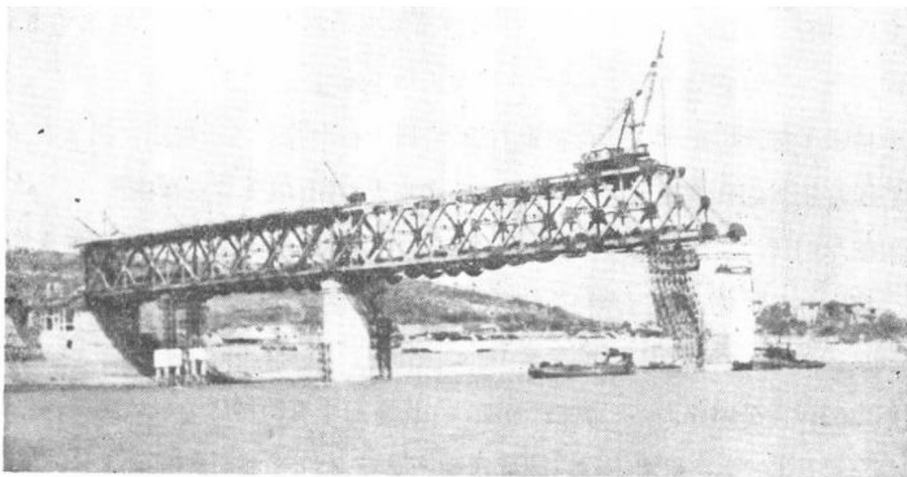


图 7 a 利用安裝托架架設鋼梁



图 7 6 利用安裝托架架設鋼梁

为了在伸臂安装时减少安装应力,除一号墩外,其他各墩均用常备式构件作成安装托架(图7a,图7b)。

第1孔和第9孔钢梁用平衡法进行伸臂架设。平衡法系在引桥上利用正桥钢梁先装一段平衡梁;借助于平衡梁的重量,即可保证钢梁在伸臂安装时具有可靠的稳定性。在第1孔和第9孔钢梁装完后,平衡梁即予拆除。

钢梁采用德立克吊机安装,该吊机沿主桁上弦移动;左岸方面采用DK-35型单动臂吊机;右岸方面采用双动臂安装吊机,其起重量为 2×40 吨。

钢梁构件由铺在下层的临时轨道送至安装地点。安装构件先在钢梁存放场进行组拼,最大的构件重达35吨。

正桥桥墩 在长江大桥施工中最困难的工作是修建正桥桥墩。根据最后的地质勘探资料和进一步分析研究的结果,认为正桥桥墩如用气压沉箱基础,施工中将会遭遇到很大困难,而且实际上也不经济合理。

其存在的困难如下:沉箱下沉从施工水位算起深达40公尺;江中洪水期持续时间很久(达7~8个月),在这种情况下,不能进行沉箱工作;地质情况复杂,尤其是在一个桥墩范围内岩石基底高低相差悬殊(达4~5公尺);在个别桥墩施工中,当开挖岩盘时,可能发生亚硫酸毒气。中国在沉箱工作经验和干部及机具配备各方面,并不具备良好的条件。

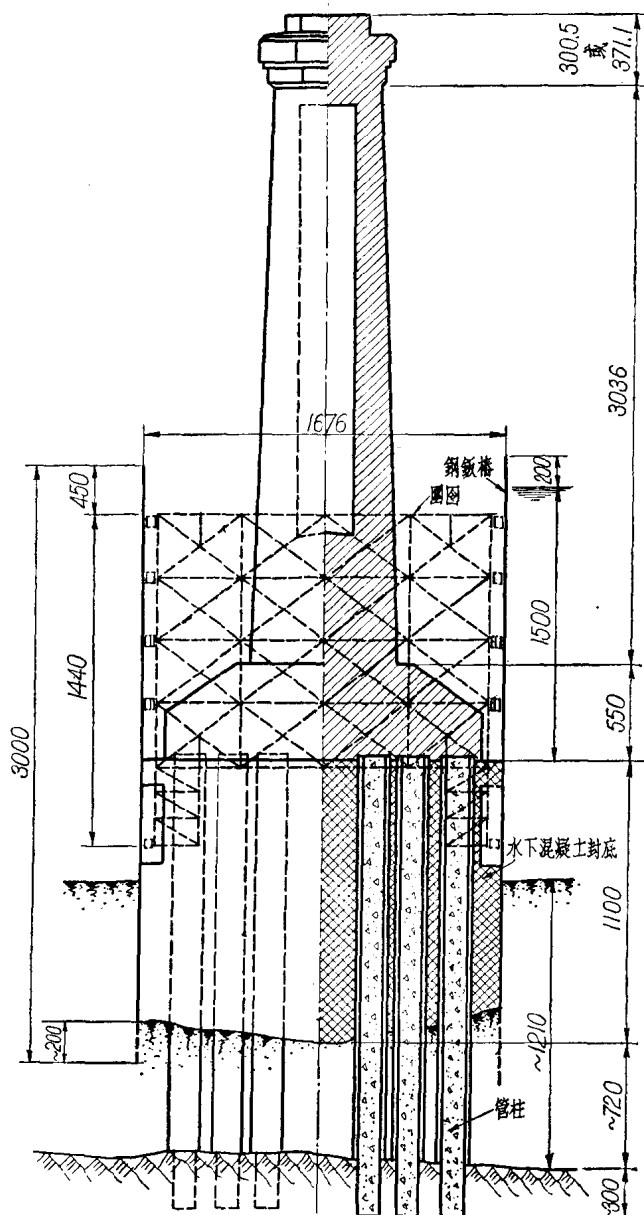


图8 封底位于沙层内的桥墩基础

采用其他一般的基础施工方法以修建长江大桥, 均曾予以考虑。由于河床的冲积沙层极不稳定, 基桩在此极易冲走和移动的沙层中不能获得可靠的锚固, 特别是在河床实际上没有复盖层的桥墩地点, 条件更为不利, 因此不宜采用桩基础。由于岩石表面不平, 无法造成稳固的基础, 开口沉井也未予采用。

综合以上情况, 在编制桥墩的技术设计时, 建议桥墩下部基础改用新型的管柱结构。

管柱结构的实质, 系将桥墩基础修筑在钢筋混凝土管柱上, 管柱沉到岩盘, 并在管柱内钻孔达到必要的深度, 使管柱在岩盘中有可靠的锚固, 并把荷载传到坚固的岩盘上。在岩盘以上, 以一层很厚的水下混凝土封底将全部管柱联结成为一个整体。

正桥桥墩基础有三种类型。

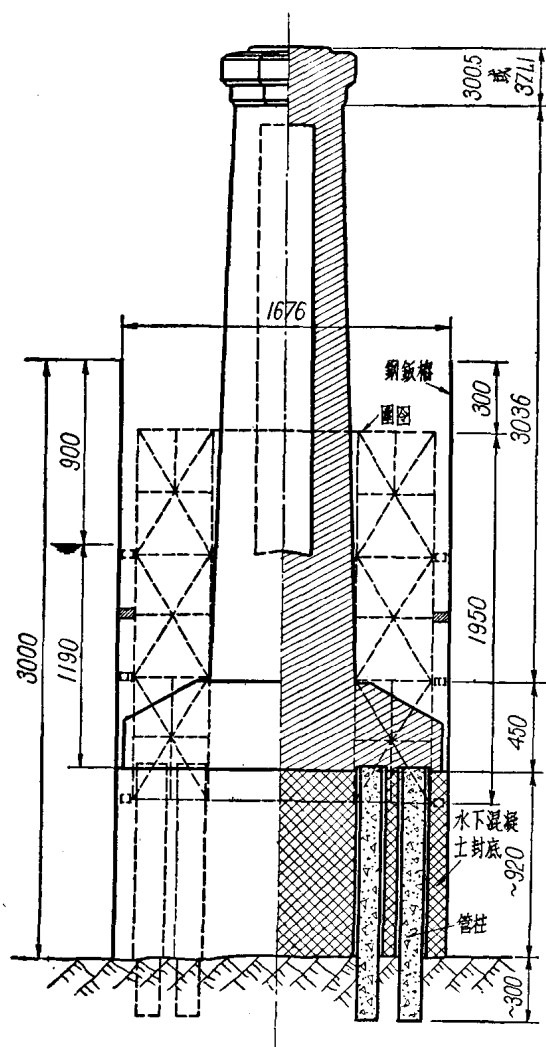


图 9 封底筑在岩盘上的桥墩基础

第 1 种类型为左岸附近的桥墩, 其水下混凝土封底位于沙层内(图 8), 不直接筑于岩盘上。第 2 种类型的桥墩, 其水下混凝土封底则直接筑在岩盘上(图 9)。

在计算时, 全部桥墩都未考虑由混凝土封底直接向岩面或通过复盖层向岩面传递荷载, 亦即假定复盖层全被冲走, 仅由管柱传递荷载。

第 3 种类型为筑在比较松软的炭质页岩上的桥墩(图 10), 系钢筋混凝土管桩基础, 其直径为 55 公分, 管桩通过圈固打入页岩深 15~20 公尺, 打桩时射水冲刷和锤击并用; 由于水泵系采用串联式, 水压达 30~45 个大气压。

桥墩各有管柱 24~35 根, 管柱直径为 155 公分, 在管柱内钻入岩盘深达 2~7 公尺, 钻孔直径为 130 公分。每根管柱由主力所产生的最大荷载为

634 吨，由主力和附加力所产生的荷载为 582 ~910 吨。管柱的计算自由长度为 8.5~9.8 公尺。柱底岩层中由主力所引起的计算应力为 40~47 公斤/平方公分（钻孔中混凝土与岩石表面粘着力一般未予考虑）。

桥墩的基础部分系由下部的水下混凝土封底和上部的钢筋混凝土承台所组成，该承台将墩身的荷载传递到管柱上。有三个桥墩基础的水下部分是空心的，其目的是为了减轻桥墩的重量和减少材料的用量。其他各墩的水下混凝土为整体圬工。基础襟边标高定为历史最低水位以下 0.46 公尺，墩身高 33 公尺有余，下部宽 7.40 公尺，长 13.8 公尺。为了减轻桥墩重量，所有桥墩的部分墩身均

作成高 22.5 公尺的空心，桥墩高度最高达 64 公尺。

正桥桥墩的施工程序如下：

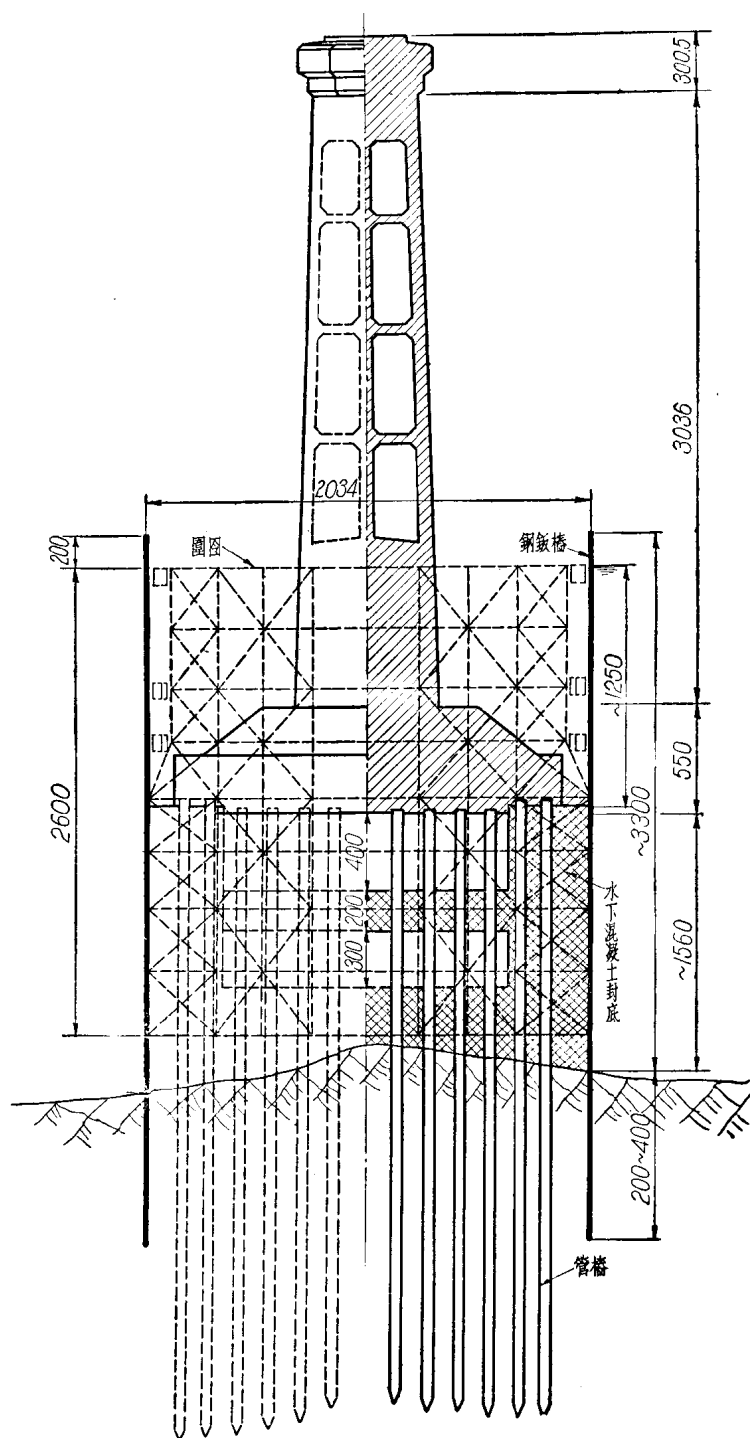


图 10 管桩结构的桥墩基础