

# 桥梁水下基础施工 钢套箱防水方法

李明华\* 吴宗元

(铁道部第五工程局)

**提 要** 桥梁水下基础施工防水方法较多,当施工钻孔桩或扩大基础时,可以不用钢板桩围堰,而代之以轻便得多的钢套箱。本文较为系统的介绍了钢套箱的设计、制作、安装、防水等施工工艺以及其适用范围、注意事项等,并进行了效益分析,列举了工程应用实例。

**主 题** 桥梁 水下基础 钢套箱 防水

桥梁施工往往要在水中进行,其基础因其结构形式、水文地质情况、埋置深度等的不同有着不同的施工方法,但不论何种施工方法,都离不开防排水。防水围堰是一种为了修建水下基础所用的临时支护结构,它的功能是防水、挡土和保护基础开挖时的稳定性。目前采用防水方法一般为土石围堰、木质围堰、钢板桩围堰及钢筋混凝土围堰等等。当在水中施工钻孔桩或扩大基础时,可以不用钢板桩围堰,而代之以轻便得多的钢套箱。

## 1 方法特点

(1)钢套箱作为桥梁墩台基础施工的临时防水设备,可象组合钢模一样,分块拼装,可大可小,易拼易拆,重复使用,降低工程成本。

(2)钢套箱设计和施工工艺简单,易于掌握,适应于普通条件下的现场加工与施工,具有推广价值。

(3)利用角钢、工字钢或槽钢等刚性杆件与钢板连接,具有可靠的整体性、稳定性,并且有良好的防水性。

(4)施工占用的临时性用地少,与土石围堰相比,不仅节约填筑工程量,而且减少对河流的污染。

(5)桥梁钻孔桩使用钢套箱,钢套箱不仅是修筑承台座板的操作平台,同时也是钻机的工作平台。

(6)采用钢套箱防水施工明挖基础,可大大减少挖基数量。

\* 本文收稿日期 1995-11-4 李明华 铁道部第五工程局一处 邮码 1354200

## 2 适用范围

本方法适用于水流平稳、流速不大于 1.0m/s,水深在 6.0m 以内,不利用大型机具的水中桥梁墩台基础施工(包括扩大基础),钢套箱置于河床面或河床以下一定深度。一般分下列两种情况:

(1)河床平顺(或通过整治可达平顺),河床为渗水性土壤(或砂卵石层),一般采用混凝土封底钢套箱,钢套箱置于河床面,用大于 0.4m 水下混凝土封底,然后抽水施工。

(2)河床为粘性土层,则可利用粘土几乎不渗水的特性,采用不封底钢套箱,将其压入土层一定深度,再抽水施工。

## 3 施工工艺

### 3.1 设计:

设计钢套箱,可按下列步骤进行:

(1)收集现场资料,如河面宽度、河水深度、流水流速、通航要求、涨落潮规律、河床地质等等。

(2)研究地基土的情况,将地质剖面图(深度应达到岩面或  $0.707 \times$  围堰或基坑宽度),最高水位及施工最高水位绘于图上。

(3)计算围堰所受之侧压力,作用于围堰上的侧面压力有:静水压力、水流冲击力、冰压力、风力、波浪力和土压力,在这些侧压力中,除土压力不能按常规的计算方法外,其他各力均可按有关规定和理论计算,土压力的计算可采用皮克(Peak 1969)和太沙基(1969)的建议计算,如图 1,其中 a,适用于砂性土,  $k_a = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ ; b,适用于  $rH > 4$  之软或中硬性的粘性土,  $k_a = 1 - 4su/rH$ ; c,适用于  $rH \leq 4$  的硬粘性土。

(4)设计及计算钢套箱围堰各构件所受之力及所需之断面。平面尺寸:多按上部结构或基础尺寸拟定,施工钻孔桩时,钢套箱周边尺寸与承台一致,也可比承台每边大 0.1~0.2m。在扩大基础施工中,钢套箱应离开基础轮廓尺寸 1.0~1.5m,同时,还须考虑抽水设备和其汇水井安装所需之尺寸,基坑开挖可采用适当的支撑措施。

立面尺寸:多受水位高度,冲刷深度,基坑挖深深度,以及基底稳定(涌水、翻砂、拱起)等因素所控制,其中尤以水位高低的影响最为直接重要,所以在设计时应按可能发生的而不是绝对的最不利水位计算。如各施工阶段的最高水位,抽水最高水位,度汛最高水位等。

构造:为拼装、拆卸、及吊装的方便,钢套箱每节高约 2.5m,一般采用 3.0~5.0mm 薄钢板制成长约 2.5m,宽约 1.0m 的钢模板,模板四周采用 L75×75×8 角钢焊接作骨架,中间可用 L75×75×6 或槽钢焊条肋,其间距可据强度计算决定,每块模板制成后重约 150kg,为便于拼装,钢模板可制成中间模板和角用模板两种,模板之间设 5~8mm 防水橡胶垫圈,采用  $\phi 22$

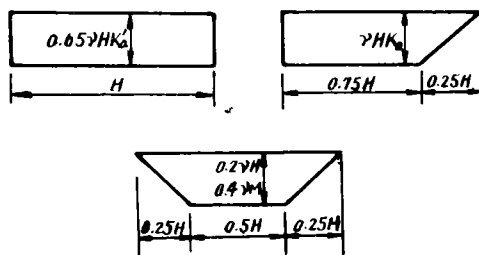


图 1 侧面土压力计算图形(Peak)

螺栓联结成所需钢套箱。

支撑间距设置:原则:当钢套箱强度已定,即钢套箱模板作为常备设备使用时,可按支撑之间最大弯距值相等的原则进行设置;当把支撑作为常备构件时,甚至要求各层支撑的断面都相等时,可把各层支撑的反力设计成相等。但从施工角度看,支撑间距不应小于2.5m。

(5)检算钢套箱的稳定性。

(6)研究计算套箱底的涌水、翻砂、拱起等有关基底稳定性问题。

(7)封底混凝土设计。封底混凝土的厚度可按下列二式计算:

由浮力控制  $r_c x = r_w (h + x)$  [1]

式中: $x$ ——封底厚度(m)  $r_c$ ——混凝土容量( $10\text{kN/m}^3$ )

$r_w$ ——水的容重( $10\text{kN/m}^3$ );  $h$ ——封底层以上的水深(m)

由混凝土强度控制  $4x^2[\sigma]/3l^2/r_w(h+x) - r_c x$  [2]

式中: $l$ ——钢套箱宽度(m)  $[\sigma]$ ——混凝土容许拉应力,采用数值应考虑表层混

凝土质量较差及养生时间短等不利因素,一般用 $0.1 \sim 0.2\text{MP}_a$ 。

### 3.2 制作:

钢套箱的制作宜在工厂进行,按设计将模板制成后进行试拼,然后分组编号,所用橡胶防水垫圈( $5 \sim 8\text{mm}$ 厚), $\varnothing 22$ 连接螺栓等设专箱存设,钢套箱上油保护后,运送至工地待用。

### 3.3 安装:

钢套箱安装时,正确定位和稳定性保证,全靠四角四根定位桩。因此,安装钢套箱之前,首先利用栈桥(配合船只)按受力要求在施工点打设定位桩和柱桩,边打边测量,满足要求后,再在上面加设纵模横梁,形成操作平台,亦是钻机的工作平台,利用四角设置的定位桩,绑设滑轮组,并用吊车配合,将钢套箱分块吊装,并拼装成形,再安装根据侧压力情况所设计的 $\varnothing 100 \sim 150$ 钢管作为纵横加强支撑,用 $\varnothing 22$ 螺栓联接于侧面钢模板的横肋上,然后,用四角的滑轮组,将钢套箱缓慢下放,置于河床上。

如果受地形所限,无法搭设栈桥时,可因地制宜,利用两岸地形,架设缆索吊车,用双线起吊整体钢套箱就位。

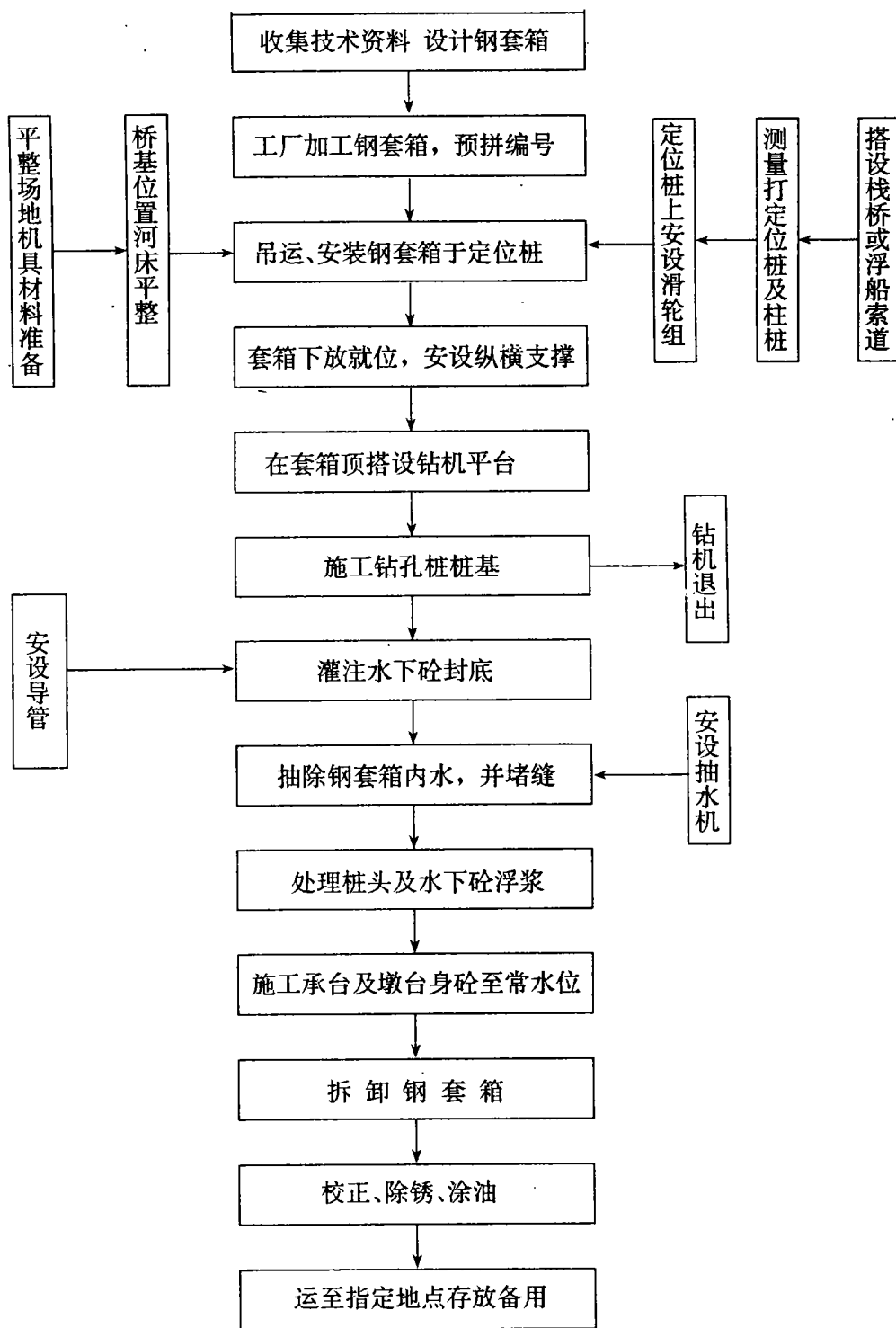
如果钢套箱作为辅助施工措施,可根据现场情况,按拼装方便,吊装能力研究就位方案。

### 3.4 防水:

钢套箱就位后,紧接着便是防水挖基,进行圬工施工,因此,防水是整个桥基施工成败的关键所在,这里分两种情况:

**3.4.1 不封底钢套箱:**当桥基置于渗透系数较小( $k < 0.5\text{m/昼夜}$ )的土层或岩层时,可利用其渗水量小的特点,采用不封底钢套箱。

钢套箱就位后,先检查各联结点螺栓是否拧紧,支撑是否牢固,防止因抽水而出现事故,抽水速度不宜过快,随时观察套箱的变化情况,及时处理。钢套箱的防渗能力强,但底部因与土或岩层接触不均匀,或套箱本身个别地方因变形而发生漏渗情况,可采用棉絮等在内侧嵌塞,同时在漏缝外侧撒大量的木屑或谷糠,使其由水夹带至漏水处自行堵塞。或在支撑与套箱之间的空隙处灌注 $0.1\text{m}$ 以上混凝土(或水下混凝土)封底。也可采用粘土和草袋装土填实于套箱与支撑之间,集中力量进行桥基施工。



**3.4.2 封底钢套箱:**当桥基置于渗透系数较大的砂类土或桩基承台置于河床面时,采用封底钢套箱,即挖基工作或桩基施工完成后,采用水下混凝土封底。

由于套箱内灌注水下混凝土的面积较大,需用的导管较多,导管数量的布置按下列因素决定:

- (1)套箱内可以具体安装导管的位置。
- (2)为使套箱与水下混凝土有良好结合,四周导管的布置应较中间为密。
- (3)基坑中障碍多的部位,导管布置应较密。
- (4)考虑导管较长,万一灌注中发生堵塞处理费时,须利用相邻导管投入工作,故导管的布置应较密。

为保证灌注水下混凝土的整体密实体,施工时采取以下措施:

- (1)应有周密施工组织,严格操作工艺,详细掌握测量资料及施工情况,集中指挥,互相配合。
- (2)水下混凝土的标号不宜低于 200 级,封底厚度一般大于或等于 0.4m,水泥品种宜选用初凝时间较长者为佳。
- (3)导管灌注的有效半径采用 3.5~4.0m,并尽量采用多种办法以加速混凝土供应量。
- (4)混凝土施工陷度采用 18~20cm,并准备陷度较大的(20~22.22~24cm)配合比,以便临时更换,混凝土面流度坡度应保持在 1/5~1/10 间。
- (5)每根导管灌注结束后,应立即清理,并组织下一次的准备工作。
- (6)水下混凝土必须达到要求的强度才能抽水,抽水后考虑水对钢套箱的浮力作用,应有 1.3 左右的安全系数。

## 4 工艺流程

不同的水文地质情况,不同的施工机具,不同的桥基类型,有着不同的施工程序。钻孔桩施工使用钢套箱防水的工艺流程情况一般如下:

## 5 机具设备

钢套箱防水施工桥基,不同的现场条件需不同的机具设备,一般情况可参照表 1。

## 6 劳动力组织

施工期间,涉及较多工序的连接和交叉,对于处在施工工艺流程图上的各项工序,应合理组织,统筹安排,以求缩短施工周期。根据钢套箱防水施工的具体要求,施工人员应经培训后,组成作业班,进行三班制作业,劳动力配备可参看表 2。

表 1 机具设备表

序 号	机 具 名 称	规 格	单 位	数 量	备 注
1	混凝土拌合机	400L	台	2	
2	混凝土输运泵		台	1	
3	发电机	120kW	台	1	
4	空压机	10m³/min	台	1	
5	电焊机	30kV	台	2	
6	双筒卷扬机	5t	台	2	
7	一般卷扬机	3t	台	2	
8	抽水机	3DA8×5	台	2	视渗水量定
9	吸泥机		台	2	视地质情况定
10	抽砂机		台	1	视地质情况定
11	吊 车	Qy—8	辆	1	
12	风 镐		台	4	凿除浮浆
13	倒链车	5t	台	2	
14	震动锤	5t	台	2	打定位桩
15	导 管		套	5	据设计定

表 2 劳动力配备表

序 号	工 种	人 数	备 注
1	工程师	2	
2	测量工	3	
3	领工员(或工长)	3	工地值班
4	起重工	9	
5	氧焊工	3	
6	吊车司机	2	夜间不作业
7	修理工	2	
8	电 工	2	
9	电焊工	3	
10	混凝土 工	12	
11	潜水工	2	
12	普 工	36	
13	工地看守	3	兼负责安全检查

## 7 质量控制及有关安全注意事项

钢套箱防水施工桥基,技术要求较高,要注意做好如下工作:

(1)开工前应有严密的施工组织设计,详细的技术交底,有关工种,特别是起重工等专业工种要持证上岗。

(2)灌注水下混凝土,要进行认真设计和试验,按每根导管灌注时的影响半径,设置导管数量和每根导管的灌注速度,用测绳不断测定,以使混凝土上升基本在同一水平面上,待混凝土强度达到设计要求后,方可抽水,同时,要注意浮力等对套箱的作用影响。

(3)对于不封底钢套箱,基坑开挖时的板壁等支撑要紧贴坑壁,并高出河床面 1.0m 左右,便于灌注混凝土圈或填实粘土和设草袋。

(4)检查拧紧钢套箱的联接螺栓,要求套箱密不漏水,并保持应有的整体刚度。

(5)钢套箱下沉可用 5.0t 震动锤局部震动下沉。

(6)在施工现场设救生船舶,平时可运料、载人。并应在适当位置设水文标志,定时观测水位变化,作出记录。

(7)在通航河流上两端 100m 范围内各设一艘防护船,提醒过往船舶,注意行船与施工设施的安全。必要时,在钢套箱外侧打设防护桩,以免万一行船不慎,撞击钢套箱。

(8)严防下列事故的发生:

——套箱内支撑强度不够,抽水后支撑被压断,致使套箱发生严重变形而失事。

——套箱外不平衡的侧面压力挤压套箱使支撑整体失稳。

——岸坡滑移推动钢套箱造成整体失稳。

——套箱内水位高于套箱外水位,套箱被胀开拉开变形和外倾甚至倒塌。这种水位内高外低的现象,多由退潮、迅猛退水和在套箱内进行射水施工所造成。

——岩石裂缝漏水涌砂或风化堰层丧失支承能力使套箱整体失稳。

## WATERPROOFING METHOD BY APPLYING STEEL JACKET BOX FOR BUILDING UNDERWATER BRIDGE FOUNDATIONS

Li Minghua Wu Zongyuan

Fifth Railway Engineering Bureau, Ministry of Railways

**Abstract** There are much more waterproofing methods for building underwater bridge foundations. During constructing the bored piles or enlarging the foundations, the lighter and more convenient steel jacket box may be used instead of using the steel sheet pile as the cofferdam. The paper introduces systematically the design and the manufacture of the steel jacket box, the engineering technique of its installation and waterproofing, the scope of its applications, the matters needing attention, etc.

**Keywords** bridge; underwater foundation; steel jacket box; waterproofing