



# 水下钢管桩内切割施工工法及定额研究

于英彬

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 施工钢栈桥钢管桩基础拆除过程中, 由于现场水深不足、波高浪急和施工机械设备能力限制, 常规机械拔桩和潜水员水下割桩等方法难以实施。结合某境外工程, 对水下钢管桩从桩体内部进行切割的施工工法进行研究。采用在拟切除钢管桩外打设钢护筒, 搭设施工平台, 通过远程控制切割枪系统实现在钢管桩内部泥面高程部位对钢管桩切割的施工工法, 有效解决了钢管桩拆除的难题。同时, 就该施工工法所需的人工、材料和施工机械设备的种类及使用量进行研究分析, 总结出施工定额。

**关键词:** 钢管桩; 桩内切割; 施工工法; 施工定额

中图分类号: U655.53

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)07-0246-06

## Construction method and quota of underwater steel tube pile cutting in-pile

YU Yingbin

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

**Abstract:** Due to the insufficient water depth, high wave and limitation of construction equipment, it is difficult to implement conventional methods such as mechanical pile-pulling and underwater pile-cutting by divers in the removal process of the steel tube pile for temporary steel trestle. Based on an overseas project, we study the new construction method of underwater steel tube pile cutting in-pile body. By laying steel casing outside the steel tube pile, we set up a construction platform, and use the construction method of cutting the steel tube pile inside at the mud surface elevation through remote control of the cutting gun system, and effectively remove the steel tube pile. At the same time, we obtain the construction quota through studying and analyzing the resource usage of labor, materials, construction equipment required by the construction method.

**Keywords:** steel tube pile; cutting in-pile; construction method; construction quota

在水深条件有限、波高浪急不足以满足施工船舶水上作业的情况下, 钢栈桥作为重要的临时设施为水运工程建设提供陆上作业平台和材料运输通道。由于水运工程建设所需的大型施工机械对钢栈桥基础钢管桩的入土深度有较高的要求, 以致工程完成后钢管桩拔除困难。

国内外对钢管桩拔桩施工工法的研究比较多,

如谭斌等<sup>[1]</sup>以拔桩过程中桩土的受力变化情况为基础, 对全套管静压拔桩法、振动沉管高压水射流拔桩法、全回转钻机拔桩法、爆破拔桩法、起重船配合振动锤拔桩法和水中钢管桩拔除法共6种方法分别进行论述和比较, 阐述各种拔桩方法的适用对象、施工工艺流程和特点; 姚飞明<sup>[2]</sup>在杭州湾跨海大桥南岸超长栈桥桩基施工中, 多角

收稿日期: 2023-11-19

作者简介: 于英彬 (1978—), 男, 高级工程师, 从事水运工程施工条件及工程造价设计和研究。

度对比预设钢管喷射高压水拔桩、单重管高压喷射法拔桩和履带式起重机配合振动锤（配液压夹桩器）拔桩3种施工方案，最终选定振动锤法施工；汤得志等<sup>[3]</sup>在九江长江公路大桥施工中对50 t履带吊在施工平台上拔桩、浮吊拔桩和50 t履带吊安装至方驳上拔桩3种施工方案的优缺点，最终选用50 t履带吊安装至方驳上的施工工艺，从施工结果看该方法解决了水域中净高受限的工况下钢管桩拔除的难题，应用效果较好；另外，罗航等<sup>[4]</sup>发明一种潜水员切割水下钢管桩的辅助工装，用以增加潜水员在高流速水域切割钢管桩作业的可控性，帮助潜水员快速下潜，同时减小潜水员水下物体撞击、安全绳断裂、紊流、钢管桩切断瞬间偏移等带来的安全隐患；王俊杰等<sup>[5]</sup>发明一种海上风电钢管桩的水下切割装置，实现钢管桩水下切割远程操控运行，无需人工潜水作业，避免了人工水下作业的相关风险。

综上所述，钢管桩常用的拔桩和切割施工工艺均需要专业的施工人员和机械设备完成，而起重船机配合振动锤拔桩是众多工程优选的方案之一。但是，在起重船机配合振动锤无法顺利将钢管桩拔除的情况下，不得不考虑采用水下切割的施工工艺将露出泥面的钢管桩割除以保证工程后期的运营安全，此时须调遣专业潜水员和切割设备入场。而在境外工程实施过程中如遇有钢管桩无法拔除的情况，由于人员和专业设备调遣周期长，现场因此停工等待将造成工期延长及成本增加。本文以某境外工程在履带式起重机配合振动锤无法顺利将钢管桩拔除的情况下开拓创新，研究出远程控制从钢管桩内切割的新型施工工法，并进一步研究该施工工法的施工定额，为工程企业在同类工程的施工工艺和工程造价编制方面提供参考。

## 1 工程概况

某境外工程建设1座突堤式码头，通过引桥

将码头平台与后方陆域连接，水工结构采用高桩梁板结构形式。

该工程处于波浪破碎带，水深条件有限、波高浪急，不能满足施工船舶水上作业要求，故采取在永久工程外侧平行建设临时钢栈桥的方式由陆上向前推进施工。临时钢栈桥基础为直径800 mm、壁厚14 mm的钢管桩，上部结构为上承式贝雷架。临时钢栈桥平面布置如图1所示。

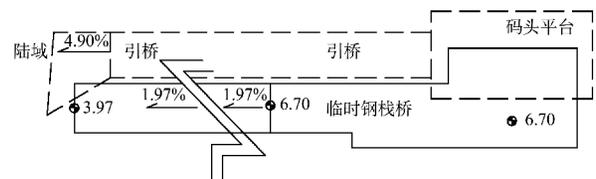


图1 临时钢栈桥平面布置（单位：m）

永久工程建设完成后，临时钢栈桥拆除时由于现场地质原因无法用起重机配合振动锤将钢管桩基础拔出。鉴于现场波高浪急，无法满足潜水员水下切割钢管桩安全作业的要求，另因从中国境内重新调遣拔桩或割桩设备需要较长的时间，且即便新的设备调遣到位后钢管桩拔除或切割效果也难以保证，现场特研究出水下钢管桩从桩体内部切割的施工工法，并在该工程临时钢栈桥钢管桩基础拆除中得以有效应用。

## 2 水下钢管桩内切割的施工工法

### 2.1 施工作业平台搭设

水下钢管桩内切割的施工工法是通过采取搭设施工平台、潜水泵抽水降低桩内及护筒内部水位等措施，然后从钢管桩内部用乙炔气将桩割断的施工工法。

临时钢栈桥自海域侧向陆域侧逐跨拆除，上部桥面结构拆除后，钢管桩基桩孤立于海水中。为此，以拟割除的钢管桩为中心搭设作业平台，便于施工人员现场操作。

施工平台以密闭的钢护筒为基础。钢护筒在为上部平台提供支撑的同时，可有效防止波浪和

海流对钢管桩切割作业的不利影响。钢护筒采用壁厚为 5 mm 的钢板满缝焊接而成，正方形断面边长为 1.2 m，纵向长度为 15.00 m。为增加钢护筒的整体结构强度，在钢护筒外每侧面设置 3 道纵向加强肋，在钢护筒内侧及外侧纵向加强肋外每间隔 2 m 设置一道横向加强肋，加强肋采用 [20 型钢，钢护筒结构断面见图 2。

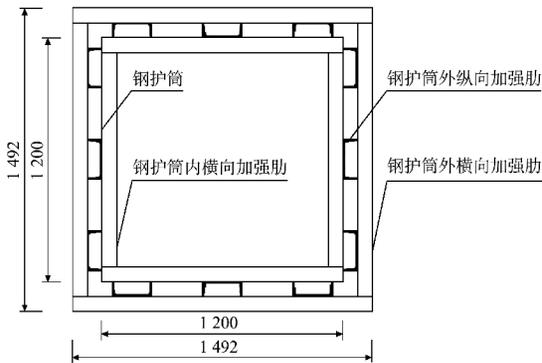


图 2 钢护筒结构断面 (单位: mm)

钢护筒沉放时首先由履带式起重机将钢护筒吊起套在拟割除的钢管桩外放入海中，再吊起液压式振动锤调整护筒位置，而后启动振动锤将护筒沉入泥面以下不透水层。为保证钢护筒在波浪作用下的稳定性，现场采用型钢将钢护筒与后方临时钢栈桥焊接加固。最后，在钢护筒顶部安设施工作业平台。钢护筒沉设及施工作业平台安装后断面见图 3。

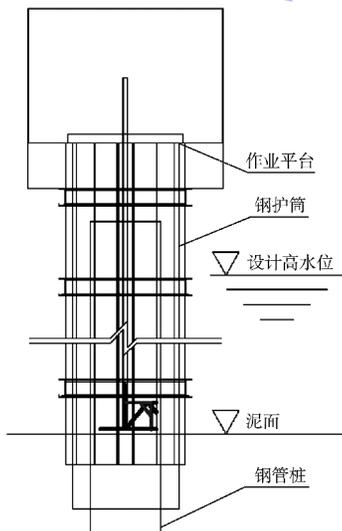


图 3 钢管桩切割施工平台断面

## 2.2 桩内切割施工

### 2.2.1 施工准备

钢管桩水下切割点位于泥面附近，由于钢管桩内空间狭小，且乙炔气燃烧切割钢管时会产生大量有害气体，故不具备人员进入钢管桩内手持切割枪作业的条件。为此，现场设计出在桩顶作业平台远程控制桩底切割枪阀门的施工工艺。

在直径为 5 cm、长约 15 m 的钢管端部焊接，采用直径为 25 mm 钢筋制作的切割枪支撑架固定氧气乙炔气切割枪。切割枪支撑架见图 4。

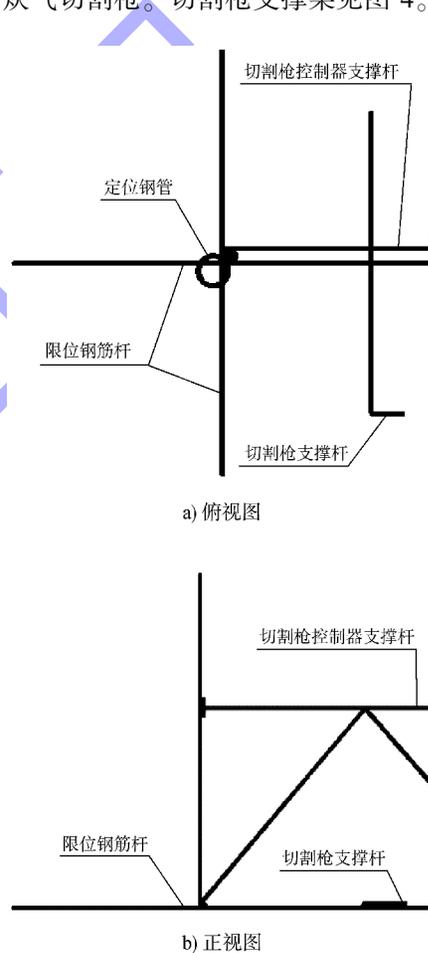


图 4 切割枪支撑架

为控制乙炔气在钢管桩内切割点的火力强度，在支撑架上设置钢筋制作的控制器，控制器一端用棉绳牵引至工作平台，上拉时可增加氧气和乙炔气的出气量增大火力，放松时即可减小火力。切割枪控制器立面见图 5。切割枪控制器及切割枪安装到支撑架后的整体效果见图 6。



### 2.2.3 施工所需的主要资源

根据施工安排，水下钢管桩内切割所需的主要资源如下。

1) 人工。工长，现场施工总负责、总指挥；焊工，负责施工通道及作业平台搭设、拆除及钢管桩切割中的焊接和切割作业；普工，负责施工中的辅助作业；机械操作工，负责起重机和液压振动锤的施工操作；机械指挥工，负责起重设备的吊运和液压振动锤的启闭指挥。

2) 施工材料。贝雷架、钢护筒和切割支撑架为施工辅助用的临时设施，一次加工完成后在施工过程中可以在不同的钢管桩切割作业时重复使用；氧气、乙炔气和电焊条为施工中一次性消耗的材料。

3) 施工设备。履带式起重机，在施工中用于材料和施工机械设备吊运作业；液压振动锤，用于钢护筒沉设和拔除作业；内燃式空气压缩机，在钢护筒内切割作业时用于提供空气补充及排烟；潜水泵，用于降低钢护筒及钢管桩内水位；交流弧焊机，用于临时施工通道焊接作业。

根据现场测算，单根水下钢管桩桩内切割整个施工工序完成需要 0.5 个工日。施工所需耗用主要人工、材料、施工机械见表 1。

表 1 主要资源投入

序号	项目名称	单位	数量	工时/h
1	人工	人	13	46
1.1	工长	人	1	4
1.2	焊工	人	3	3
1.3	普工	人	6	4
1.4	履带式起重机操作工	人	1	4
1.5	液压式振动锤操作工	人	1	1
1.6	指挥工	人	1	4
2	材料	-	-	-
2.1	贝雷架	套	1	-
2.2	钢护筒	套	1	-
2.3	切割支撑架	套	1	-
2.4	乙炔气	kg	40	-
2.5	氧气	kg	20	-
2.6	电焊条	kg	0.83	-
3	施工机械	-	-	9
3.1	履带式起重机,起吊质量 100 t	台	1	4
3.2	液压式振动锤,激振力 300 kN	台	1	1
3.3	内燃式空气压缩机,排气量 6 m <sup>3</sup> /min	台	1	2
3.4	潜水泵,出口直径 100 mm	台	1	2
3.5	交流弧焊机,功率 32 kV·A	台	2	0.5

### 2.3 施工注意事项

1) 提前在拟割除的钢管桩顶部预留吊孔，方便后期起吊。

2) 空压机供气管口的位置应低于切割枪口高度，便于将乙炔燃烧的烟气排出钢管桩。

3) 潜水泵在钢管桩切割过程中应置于钢管桩内，随时将渗入的海水抽出，确保钢管桩切割处于干施工状态。

## 3 水下钢管桩桩内切割施工定额研究

根据水运工程的工程费用计算规则，单位建筑安装工程费由定额直接费、其他直接费、企业管理费、利润、规费、增值税和专项税费等组成<sup>[6]</sup>。其中，定额直接费包括人工费、材料费和施工船舶机械使用费，是其他各项费用计算的基础。

依据前述的水下钢管桩桩内切割所需的资源投入，该工法施工定额分析如下。

### 3.1 定额消耗量分析

#### 3.1.1 人工使用量

钢管桩切割共需施工人员 13 名，其中机械操作工及指挥工 3 名，其人工费包含于机械台班费用中可变动部分<sup>[7]</sup>，其余 10 名施工人员费用计入定额直接费的人工费，按各工种综合计算工作时间共计 4.63 工日。

#### 3.1.2 材料消耗量

用于钢管桩切割的乙炔气和氧气及施工通道、平台搭设所耗用的电焊条则直接发生于工程实体上，属于定额直接费可计量的材料费范畴。

钢管桩切割所需的钢护筒、切割枪支撑系统和施工作业平台加工制作属于施工过程中发生的直接用于工程但非工程实体的项目，属于可重复使用的临时设施，其费用按规定包含在其他直接费的施工辅助费用中。

#### 3.1.3 施工机械使用量

钢管桩切割所需的施工机械使用台班量根据各机械设备投入量乘以相应的工作时间即可得到。

### 3.2 施工定额

综合人工、材料和施工机械用量分析，水下

钢管桩内切割工法的施工定额见表2。其工程内容包括平台搭设及拆除、护筒沉设及加固、钢管桩切割及吊移、钢护筒拔除,单位为根。

表2 水下钢管桩桩内切割施工定额

项目名称	单位	数量
人工	工日	4.63
乙炔气	kg	20
氧气	kg	40
电焊条	kg	0.83
履带式起重机,起吊质量 100 t	台班	0.500
液压式振动锤,激振力 300 kN	台班	0.125
内燃式空气压缩机,排气量 6 m <sup>3</sup> /min	台班	0.250
潜水泵,出口直径 100 mm	台班	0.250
交流弧焊机,功率 32 kV·A	台班	0.125

以此施工定额中人工、材料和施工机械的消耗量乘以相应的单价即可计算出定额直接费,并根据水运工程的工程费用计算规则即可计算出其他直接费、企业管理费、利润、规费等,进而确定该施工工法下单根钢管桩切割的工程费。

值得注意的是,按照水运工程的工程费用计算规则,其他直接费中的施工辅助费以基价定额直接费为基数乘以固定费率进行核算,按此规则计算出施工辅助费用的高低与钢管桩切割工程数量的多少相关。在实际工程量较小的情况下,按此计算出的施工辅助费额度会偏低,如不能满足钢护筒、作业平台和乙炔气枪支撑架等设施的实际需要,则可考虑编制施工辅助专项费作为补充。

#### 4 结论

1) 水下钢管桩内切割施工工法不需要潜水作业,规避了水下施工的安全风险,有效防止安全事故发生。

2) 水下钢管桩内切割施工工法有效地解决了钢管桩拔除施工难题,工效快,但缺少借鉴经验,施工过程中仍存在改进空间,为今后钢管桩的割

除施工工艺提供一种选择。

3) 水下钢管桩内切割施工定额可为工程造价编制提供参考依据,但须注意核实钢护筒和作业平台等施工临时设施费用是否需要专项计算。

4) 钢栈桥设计在综合考虑施工荷载、结构稳定及可靠性的同时,也应考虑钢管桩拔除的可能性,尽量利用振动拔桩的方式将钢管桩拔除,避免割桩后在现场遗留桩头,防止泥沙冲刷引起桩头凸出泥面,产生安全隐患。

5) 随着国内外老旧码头改造工程增多,在钢管桩经多年锈蚀后采用振动拔除工艺施工困难的情况下,本文研究的钢管桩内切割的施工工法可为这些工程提供一定的参考。

#### 参考文献:

- [1] 谭斌,徐本春,刘德风,等.关于几种钢管桩拔桩方法的讨论[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2018,18(10):45-50.
- [2] 姚飞明.钢管桩沉拔桩施工技术[J].公路,2006(9):30-33.
- [3] 汤得志,刘福星.水域中净高受限工况下钢管桩拔除工艺探讨[J].交通工程建设,2014(1):37-40.
- [4] 罗航,曾瑞祥,易鲁,等.一种潜水员切割水下钢管桩的辅助工装:201921253694.4[P].2019-08-05.
- [5] 王俊杰,张成芹,武建伟,等.一种海上风电钢管桩的水下切割装置:202311062317.3[P].2023-08-22.
- [6] 交通运输水运工程造价定额中心,原交通部水运工程定额站,原交通部疏浚工程定额站.水运建设工程概算预算编制规定:JTS/T 116—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.
- [7] 交通运输水运工程造价定额中心,原交通部水运工程定额站.沿海港口工程船舶机械艘(台)班费用定额:JTS/T 276-2—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.

(本文编辑 王璁)