

# 给水排水工程 施工方法与实例

前建筑工程部北京给水排水设计院 编

中国建筑工业出版社

350

# 给水排水工程施工方法与实例

前建筑工程部北京给水排水设计院 编

中国建筑工业出版社

本书系统的汇编了给水排水工程的施工技术，并附有各项工程实例，比较详细地介绍了有关的施工方法和施工经验。本书主要内容包括：地面水取水构筑物施工；地下水取水构筑物施工；水池、泵站、水塔构筑物施工；外部管道工程施工以及饱和土壤地区构筑物及管道施工共五部分，工程实例共51例。

本书可供城市及有关工业部门从事给水排水工程专业的工程技术人员参考使用。

2115 / 33

### **给水排水工程施工方法与实例**

前建筑工程部北京给水排水设计院 编

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米1/16 印张：18 字数：437千字

1978年12月第一版 1978年12月第一次印刷

印数：1—45,230册 定价：1.30元

统一书号：15040·3467

## 出版说明

前建筑工程部北京给水排水设计院一九六八年，根据国内各地有关施工单位的总结资料编写了这本《给水排水工程施工方法与实例》。内容以介绍给水排水各项工程的施工具体实践经验为主；并于介绍实例之前，将有关的施工技术和施工方法，作了必要的叙述。

随着我国社会主义革命和社会主义建设事业的突飞猛进，在给水排水工程施工技术和方法上，有了很大的提高和发展。对于十年前的技术经验，与目前的比较，有的已为更先进的所代替。但本书绝大部分介绍的实践经验，对于从事此项专业的施工部门和工程技术人员，仍有一定的参考价值。为此，特将原书稿做了适当增删，整理出版。

中国建筑工业出版社编辑部

一九七七年九月

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 绪 论                              | 1  |
| 第一章 地面水取水构筑物施工                   | 2  |
| 第一节 水下土石方工程                      | 2  |
| 一、水下石方爆破                         | 2  |
| 二、水下出碴和土方开挖                      | 6  |
| 三、施工实例                           | 8  |
| 【实例1-1】 某江心式取水构筑物,基岩采用水下爆破施工     | 8  |
| 第二节 水下埋管工程                       | 10 |
| 一、管道埋设深度                         | 10 |
| 二、管材选择                           | 10 |
| 三、管子接口                           | 11 |
| 四、水下埋管                           | 13 |
| 五、施工实例                           | 14 |
| 【实例1-2】 直径为200毫米的铸铁法兰管采用浮沉法施工    | 14 |
| 【实例1-3】 直径为300毫米的过河钢管采用分段浮沉法施工   | 15 |
| 【实例1-4】 直径为1000毫米的排水出口铸铁管采用吊装法施工 | 20 |
| 【实例1-5】 直径为1600毫米的自流钢管采用浮沉法施工    | 22 |
| 第三节 江河取水构筑物围堰法施工                 | 25 |
| 一、围堰的基本要求与影响结构的条件                | 25 |
| 二、围堰的类型                          | 26 |
| 三、施工实例                           | 28 |
| 【实例1-6】 草土围堰修筑取水构筑物施工            | 28 |
| 【实例1-7】 钢板桩围堰修筑取水构筑物施工           | 34 |
| 第四节 江河取水构筑物浮运沉箱法施工               | 44 |
| 一、浮运沉箱法施工概述                      | 44 |
| 二、沉箱下水的几种方法                      | 44 |
| 三、沉箱的浮运与下沉                       | 45 |
| 四、施工实例                           | 47 |
| 【实例1-8】 整体沉箱式取水口浮沉法施工            | 47 |
| 【实例1-9】 分段沉箱水下拼装取水口施工            | 51 |
| 第五节 水库取水构筑物施工                    | 54 |
| 一、水库取水构筑物的施工特点                   | 54 |
| 二、施工实例                           | 54 |
| 【实例1-10】 水库岸边式取水塔施工              | 54 |
| 【实例1-11】 直径为2.8米的输水隧洞施工          | 58 |
| 第二章 地下水取水构筑物施工                   | 67 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第一节 管井施工                             | 67  |
| 一、 凿井的钻机及钻具设备                        | 67  |
| 二、 凿井的施工方法                           | 70  |
| 三、 井管与滤水管的安装                         | 74  |
| 四、 洗井与扬水试验                           | 76  |
| 五、 施工实例                              | 77  |
| 【实例2-1】 直径为500毫米管井的施工                | 77  |
| 【实例2-2】 直径为250毫米管井的简易施工              | 81  |
| 第二节 宽井施工                             | 84  |
| 一、 宽井沉井法施工                           | 84  |
| 二、 施工实例                              | 85  |
| 【实例2-3】 深度为16.5米的截头圆锥形钢筋砖宽井, 采用沉井法施工 | 85  |
| 【实例2-4】 深度为34米的宽井与管井组合水源井施工          | 86  |
| 第三节 渗渠施工                             | 88  |
| 一、 修筑围堰后大开挖法施工                       | 88  |
| 二、 水下作业法施工                           | 88  |
| 三、 施工实例                              | 88  |
| 【实例2-5】 直径为600毫米铸铁管渗渠施工              | 88  |
| 第三章 水池、泵站、水塔构筑物施工                    | 90  |
| 第一节 钢筋混凝土水池构筑物施工                     | 90  |
| 一、 水池混凝土的防水性要求                       | 90  |
| 二、 钢筋混凝土水池施工的几个问题                    | 91  |
| 三、 附加剂在混凝土中的应用                       | 94  |
| 四、 施工实例                              | 95  |
| 【实例3-1】 2000吨钢筋混凝土清水池采用连续浇灌作业施工      | 95  |
| 【实例3-2】 8000吨钢筋混凝土清水池采用间歇浇灌作业施工      | 98  |
| 【实例3-3】 3000吨钢筋混凝土清水池分块浇筑法施工         | 99  |
| 【实例3-4】 直径100米钢筋混凝土辐射式沉淀池施工          | 101 |
| 【实例3-5】 直径100米辐射式沉淀池施工               | 106 |
| 【实例3-6】 2000吨圆形装配式预应力钢筋混凝土贮水池施工      | 118 |
| 第二节 砖石及土水池构筑物施工                      | 130 |
| 一、 砖石及土水池构筑物的特点                      | 130 |
| 二、 施工中几项技术问题                         | 130 |
| 三、 施工实例                              | 131 |
| 【实例3-7】 3000吨砖砌连拱顶盖清水池施工             | 131 |
| 【实例3-8】 1250吨圆形钢筋砖清水池施工              | 133 |
| 【实例3-9】 块石护面平流式土沉淀池施工                | 134 |
| 第三节 泵站构筑物沉井法施工                       | 135 |
| 一、 泵站构筑物沉井法施工概述                      | 136 |
| 二、 沉井下沉中的几个技术问题                      | 136 |
| 三、 沉井封底方法                            | 138 |
| 四、 施工实例                              | 140 |
| 【实例3-10】 内径17米水泵站采用排水法沉井施工           | 140 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 【实例3-11】 污水中途泵站采用井点系统排水法沉降沉井施工 .....   | 141 |
| 【实例3-12】 直径22米岸边式取水泵站采用排水法沉降沉井施工 ..... | 143 |
| 【实例3-13】 直径15米岸边式零次泵站采用沉井法施工 .....     | 145 |
| 第四节 水塔构筑物施工 .....                      | 150 |
| 一、 滑动模板施工 .....                        | 150 |
| 二、 移动模板施工 .....                        | 155 |
| 三、 施工实例 .....                          | 156 |
| 【实例3-14】 400吨钢筋混凝土水塔采用滑动模板施工 .....     | 156 |
| 【实例3-15】 1500吨钢筋混凝土水塔采用滑动模板快速施工 .....  | 162 |
| 【实例3-16】 500吨钢筋混凝土水塔采用移动模板施工 .....     | 163 |
| 第四章 外部管道工程施工 .....                     | 168 |
| 第一节 一般管道施工 .....                       | 168 |
| 一、 开挖沟槽 .....                          | 168 |
| 二、 铺筑管基 .....                          | 171 |
| 三、 下管 .....                            | 171 |
| 四、 管道接口 .....                          | 172 |
| 五、 试压 .....                            | 178 |
| 六、 回填土 .....                           | 179 |
| 第二节 预应力钢筋混凝土管施工 .....                  | 179 |
| 一、 接口 .....                            | 179 |
| 二、 基础 .....                            | 180 |
| 三、 试压 .....                            | 180 |
| 四、 施工中注意事项 .....                       | 181 |
| 五、 施工实例 .....                          | 181 |
| 【实例4-1】 直径1400毫米预应力钢筋混凝土管施工 .....      | 181 |
| 【实例4-2】 直径600毫米承插式预应力钢筋混凝土管施工 .....    | 183 |
| 第三节 石棉水泥管施工 .....                      | 189 |
| 一、 石棉水泥管的性能 .....                      | 189 |
| 二、 石棉水泥管的标号和规格 .....                   | 190 |
| 三、 石棉水泥管的质量要求 .....                    | 190 |
| 四、 石棉水泥管的接口 .....                      | 191 |
| 五、 施工实例 .....                          | 194 |
| 【实例4-3】 直径368毫米、430毫米石棉水泥输水管道施工 .....  | 194 |
| 【实例4-4】 直径100~300毫米的石棉水泥配水管道施工 .....   | 196 |
| 第四节 大型管沟施工 .....                       | 203 |
| 一、 现场浇筑钢筋混凝土管沟施工 .....                 | 203 |
| 二、 装配式管沟施工 .....                       | 204 |
| 三、 砖砌管沟施工 .....                        | 205 |
| 四、 施工实例 .....                          | 206 |
| 【实例4-5】 现场浇筑马蹄形钢筋混凝土排水管沟施工 .....       | 206 |
| 【实例4-6】 现场浇筑方形钢筋混凝土低压输水管沟施工 .....      | 209 |
| 【实例4-7】 装配式拱形管沟施工 .....                | 213 |
| 【实例4-8】 装配式混凝土五心拱管沟施工 .....            | 214 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 【实例4-9】 装配式砖砌五心拱管沟施工 .....                   | 216 |
| 【实例4-10】 砖砌管沟施工 .....                        | 218 |
| 第五节 不开槽埋管施工 .....                            | 220 |
| 一、 顶管法 .....                                 | 221 |
| 二、 盾甲法 .....                                 | 239 |
| 三、 坑道法 .....                                 | 242 |
| 四、 施工实例 .....                                | 242 |
| 【实例4-11】 直径1200~1800毫米雨水排水管道采用人工挖土顶管施工 ..... | 242 |
| 【实例4-12】 直径820毫米自流钢管采用穿刺法施工 .....            | 247 |
| 【实例4-13】 直径2.2米污水干管采用盾甲法施工 .....             | 249 |
| 【实例4-14】 马蹄形排水管采用坑道法施工 .....                 | 251 |
| 第五章 饱和土壤地区构筑物及管道施工 .....                     | 254 |
| 第一节 流砂和淤泥的发生及防止 .....                        | 254 |
| 一、 流砂现象的发生 .....                             | 254 |
| 二、 防止流砂的施工措施 .....                           | 255 |
| 三、 淤泥和淤泥地带的施工措施 .....                        | 255 |
| 第二节 饱和土壤地区管道基础的一般处理方法 .....                  | 255 |
| 一、 长桩法 .....                                 | 256 |
| 二、 短桩法 .....                                 | 256 |
| 三、 砂桩法 .....                                 | 256 |
| 四、 木筏基础法 .....                               | 257 |
| 五、 填块石法 .....                                | 257 |
| 六、 换土法 .....                                 | 258 |
| 第三节 饱和土壤地区工程施工的几种方法与实例 .....                 | 258 |
| 一、 板桩法 .....                                 | 258 |
| 二、 冻结法 .....                                 | 258 |
| 三、 井点系统排水法 .....                             | 260 |
| 四、 施工实例 .....                                | 270 |
| 【实例5-1】 方形双层沉淀池采用土井及钢板桩法施工 .....             | 270 |
| 【实例5-2】 深9.5米的污水井采用天然冷气冻结法施工 .....           | 273 |
| 【实例5-3】 直径9米的初次沉淀池采用井点系统排水法施工 .....          | 274 |
| 【实例5-4】 排水管道采用井点系统排水法施工 .....                | 276 |
| 【实例5-5】 排水管道采用竹管井点系统排水法施工 .....              | 278 |



## 结 论

在毛主席无产阶级革命路线指引下，建国以来，我国的给水排水工程得到了迅速地发展，不但扩建了原有的给水排水工程设施，而且在全国广大城市和农村新建了许多给水排水工程。在这些工程中，有的规模较大，有的技术复杂。例如直径100米的大型辐射式沉淀池，出水量达50万吨/日的新型净水厂以及长度为120公里的管道工程等。又例如建成了大型的江心式取水构筑物，水库的岸边式取水构筑物以及在复杂地层下修建管井等。

随着我国给水排水工程建设事业的迅速发展，工程的施工技术水平和施工组织水平都得到很大的提高。在大型复杂的给水排水建筑工地上，已采用了机械化施工作业。因而大大地促进了建设速度。

对流砂层和淤泥层等饱和土壤，已广泛地采用了井点、深井以及电渗真空排水等先进降水方法。

在埋设较深的给水排水管道以及穿过铁路、公路或其他障碍物的管道施工中，运用了顶管法和盾甲法，获得了极大的技术经济效益。

在修建取水工程施工中，继承并发展了祖国传统的草土混合围堰的经验。如在河流流速为3.0米/秒、水深达6.0米的河道中，成功地建造了这种草土混合围堰，解决了取水口施工中防水问题。这种方法，较之木笼围堰或水下施工方法具有很大的优越性。

在某些构筑物的水下基础工程施工中，也采用了水下爆破和机械清除岩碴的方法。

在深达30多米的水中修建江心式取水构筑物时，成功地使用了管柱基础、钢围囿以及长钢板桩围堰的施工技术。

水库取水构筑物施工，亦解决了在复杂岩层中，修建输水隧洞的困难。在透水层很厚的基础上，修建给水水库工程中，采用了混凝土孔柱截水墙，解决了深达18.0米的砂卵石覆盖层的坝基渗漏问题。

在水塔施工中，采用了滑动模板技术，使木料的消耗量减低到最小的程度，同时也缩短了工期。

预应力结构在给水排水工程中得到了普遍的应用。如预应力钢筋混凝土管在许多城市已使用在给水管道上，从而节省了钢材。还有一些城市采用了预应力钢筋混凝土水池结构，解决了设计施工中的技术问题，取得了实践经验。

总之，我国给水排水工程的施工技术水平，随着社会主义建设事业的大规模发展而日益提高，取得了巨大的成就。广大的工人群众，坚持独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，制造和改进了许多适合给水排水工程施工的机具和器材，总结和推广了许多先进的施工方法，修建了许多高质量的给水排水工程。给水排水工程建设的迅速发展，对我国工农业生产的发展，发挥着重要作用。

## 第一章 地面水取水构筑物施工

用水量较大的工业企业和城市用水，以地面水为水源者较多。如西北、中南等某些工业企业的给水工程，在黄河或长江上，均建有规模较大的地面取水构筑物。

地面取水构筑物的类型，根据取水规模、河流性质、结构要求等而定。常见的有岸边式、江心式、斗槽式取水构筑物，以及水库取水构筑物等。

地面取水构筑物施工的方法较多，但施工的特点可概括为如下几点：

一、受水源（江、河、湖泊等）的流量、流速、水位等特性影响与威胁较大，施工比较复杂；

二、受水源洪水期影响较大，施工要掌握季节性；

三、取水构筑物，一般有取水口、自流管、泵房等组成部分。各部分施工皆有不同特点和不同施工方法，是综合性的施工，须统一安排，避免相互干扰；

四、施工必须充分掌握与研究水文、地质、当地建筑材料等的基础资料，并根据施工力量、技术水平，全面地选择适当的施工方案。

本章首先叙述地面取水构筑物施工中的水下土石方工程、水下埋管工程的施工方法，并列举施工实例，然后重点介绍围堰法、浮运沉箱法以及水库取水构筑物的施工方法与施工实例。

### 第一节 水下土石方工程

在地面水取水构筑物的施工实践中，当水位较深时，不少工程采用水下作业。这些工程的土石方还常用水下爆破、水下开挖的施工方法。也有的是构筑物本身用围堰法施工，但构筑物附近的土石方爆破、清理，则也采用水下作业。因此，水下土石方工程在地面水取水构筑物施工中，是经常遇到的。

#### 一、水下石方爆破

水下爆破常用的炸药为胶质炸药。它是硝化甘油和硝酸钾、硝酸钠或硝酸铵的一种混合物，此外，还夹有一些木屑和稳定剂。常用的含有62%硝化甘油的胶质炸药，其密度约达1.45克/毫升，其优点为具有可塑性和很好的抗水性。这些特性便很适合于进行水下爆破。但其缺点是：（1）敏感性过高；（2）在8~10℃时就会冻结，冻结后，在使用上更加危险；（3）放置时间过久，药筒表面会分泌出液体的硝化甘油，产生这种情况时，炸药就禁止使用；（4）有毒性，与皮肤长久接触后会引引起剧烈的刺激神经作用。

硝铵炸药有时也用于水下爆破。它是硝酸铵和硝化芬芳族的粉状混合物。密度较小，为0.9~1.1克/毫升。这种炸药的安全性较胶质炸药为大，但威力较小，有潮解性，因此，用于水下爆破时，应严格防水。

水下爆破时，炸药利用电雷管起爆。

水下爆破有裸露药包爆破法和钻眼爆破法两种：

### (一) 水下裸露药包爆破法

水下裸露药包爆破，就是把药包放在水下被爆破对象的表面上进行爆破。

裸露药包法的优点是：(1) 方法简单；(2) 不需要特别的机械设备；(3) 准备工作迅速。缺点是：(1) 耗药量大，根据某地经验，水下裸露爆破的用药量，一般为钻眼爆破用药量的2~4倍，当水层厚度小于需要爆破的岩层厚度时，耗药量更大（有时个别工程达15倍之多）。因此，在水层很浅时，用裸露药包法就不太适宜；(2) 每次爆破的有效深度较浅。

裸露药包法一般应用在爆破深度较浅（每次爆破深度不大于1米）和爆破量较小的工程上；或当水下钻眼爆破法在技术上不可能与经济上不合理时，也可采用裸露药包法。

裸露药包法施爆时，药包的联结与布置，根据水下爆破对象的大小、形状和位置而定。

若爆破较窄的沟槽时，可采用延长药包即药包沿沟槽中心轴线布置。此时，炸药可放在麻布或其他代用物品缝成的长条形袋中，袋的直径为10~20厘米，长度则根据沟槽长度确定。

若爆破的范围较大时（如取水口附近的河床清理），可将药包绑在棕绳编织的网上进行爆破，如图1-1所示。此时，可将爆破区划分范围，自水流上游至下游分段地进行爆破。

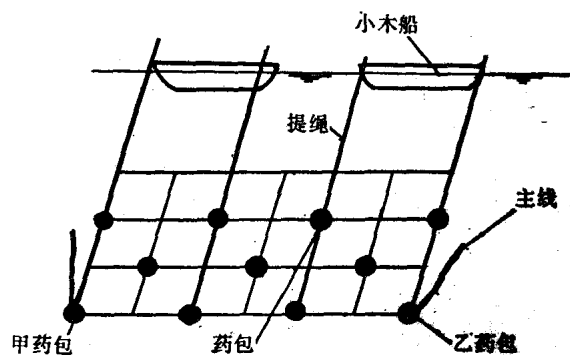


图 1-1 网式药包

若爆除部分礁石时，可根据不同情况用下述方法，如图1-2所示：当礁石凸出不大时，采用(1)或(2)法；当面积稍大需要普遍炸低时，采用(3)或(4)法，此时，水流上游一个药包的药量应稍大，而其余各包药量则视情况而定；当水流不急，而面积不大的狭长礁石时，则用(5)法；当礁石顺水流方向为狭长形，且两边坡度较陡者，则用(6)法，将礁石围住后进行爆破。

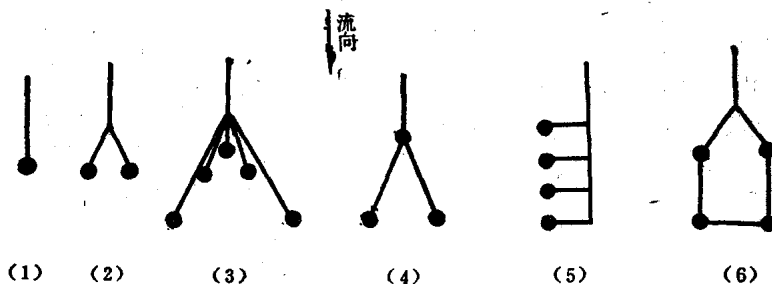


图 1-2 炸礁石药包布置

投放裸露药包时，应使药包紧贴岩面，以发挥其最大的爆破威力。投放药包一般采用以下方法：

(1) 竹杆插药法（图1-3） 在准备插药前，先有一人测定水深，然后在木船上，

一人提住药包的主线，一人用竹杆插住药包的提绳，逆流投送到欲爆破的礁石上。

(2) 群药包(图1-2(6))插送法 用两只小木船划至礁石水面上，其间距约1.5米，两只小木船同时插送上游一个较大药包，然后两船分开，分别下放后两个药包，使呈多边形布置。

(3) 网式药包下沉法(图1-1) 用两只小木船使其连接在一起，其间距约1.0米，药包网的四角提绳，分别系于小木船的舷上，然后准备将药包网沉入水下需要的位置上。当甲、乙两药包逐渐放到岩面后，两只小木船同时往水流下游溜去，并且延长提绳，使网式药包全部沉稳于岩面上(或将药包网沉至需要高度，然后使小木船下溜，使甲、乙两药包挂住礁石，提绳受力后，再放去长绳)。

(4) 药包自重与流速合力下沉法 在水流流速很大，不能有效地采用竹杆插药法投放药包时，可用此法。将放药船锚固于礁石上游的一定距离(该距离可用试验方法确定)，然后抛下药包，使它沿着药包的自重与水流流速的合力的轨迹，自然下沉到礁石上。

(5) 沿滑竿滑送药包法 先将滑竿插在欲爆破的礁石上，然后在药包上系一小绳套，使药包下坠至要求的部位。

(6) 潜水员放药包法 在水流流速小于1.2米/秒，且无漩涡时，可采用潜水员放药包法。此法，潜水员应首先了解水下礁石情况，找出石缝或易于放药包的陡坑，按照药包需要量将其放入。送药方法则可沿铁杆滑下或潜水员下水时一并带下。

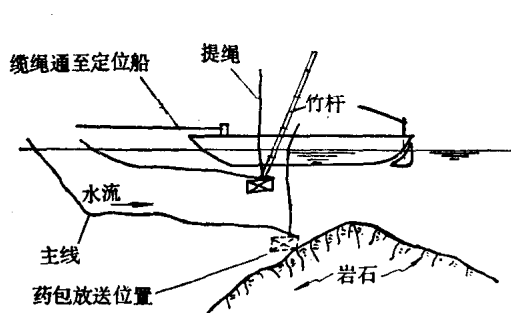


图 1-3 竹杆插药法

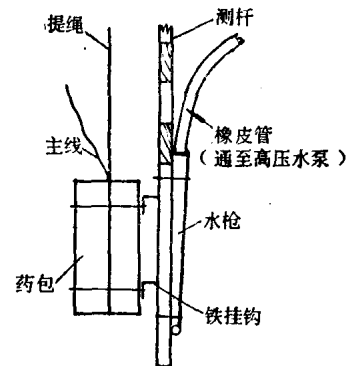


图 1-4 水冲法下药包

(7) 水冲法下沉药包 在需要爆破的岩面上有覆盖层时，为了将药包直接下到岩石面上，可用水冲法下沉药包，如图1-4所示。该法的要点是：制作一专门的水枪，当通入高压水后，带药包的测杆就往覆盖层下沉，在测杆到达岩面后，将提绳松开，药包即可借自重下沉就位，然后再取出测杆及水枪，当水枪离开覆盖层后，停止供给压力水。

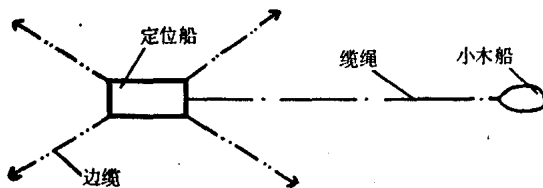


图 1-5 定位船拉住小木船

投放药包多在小木船上进行，因其行动较为灵活，且不需要机动船拖带。为了保证药包投放到需要的位置上，另用较大船(载重量30吨以上)作为定位船，以控制小木船的方位，如图1-5所示。有时为了稳定药包，也将药包带上边缆以便控制。

## (二) 水下钻眼爆破法

水下钻眼爆破，就是将药包放入水下预先钻好的被爆破对象的炮眼中进行爆破。

水下钻眼爆破的优点是：（1）耗药量比裸露药包法少；（2）可以爆破较深的岩层；（3）有可能采用定向抛掷爆破，以减轻繁重的岩石清理工作。缺点是：（1）需要较多的钻眼机械设备；（2）钻眼工作量较大；（3）进行钻眼工作时受河流的水文影响较大，在深水及急流处，尤为困难。

水下钻眼爆破法，一般适用于爆破深度较深或工程量较大的水下土石方开挖工程中，并以一次爆破到设计所要求的深度为宜。

水下钻凿炮眼的方法，基本上可分为由潜水员水下钻眼及从水面上进行钻眼两种。

潜水员水下钻眼一般用风钻进行，因此，钻凿的炮眼直径较小，深度也有一定限制。同时，这种钻眼方法受水流流速的影响较大。当水流流速大于1.2米/秒时，若不采取挡水措施，潜水员就无法进行水下操作。由于用手提式风钻，在钻眼时不能加套管护孔，因此，当河流泥砂量较多，或有软覆盖层时，打好的炮眼易被泥砂淤塞，且增加了装药的困难，所以，也不宜由潜水员来进行水下钻眼。

当潜水员钻眼时，每打好一孔应插入竹竿一根，并使竿头露出水面，作为潜水员装药的标志。

如炮眼直径较大，或者由于某种情况，无法由潜水员在水下进行钻眼时，则采用从水面上进行钻眼的方法。此时，可用风动车钻、回转式或冲击式钻机来进行水上钻眼工作。钻机的选择与陆上钻眼时相同。

用钻机钻眼时，一般均用套管。套管的用途为：（1）保护孔壁，防止在覆盖层或软岩层中钻进时发生塌孔事故；（2）在含砂量大的河道中，防止炮眼被淤塞；（3）药包可沿套管下放，省去潜水员放药包的工作，及防止药包被急流撞坏的可能。

除了在冬季用钻机打眼时，可结合地区条件决定钻机有无可能置于冰层上以外，一般均放在某种浮运体上，如筏排、浮筒、木船、铁驳等。浮运体的选择，要根据钻机设备的重量、河流水文条件以及当地气象资料等因素，经计算确定，以保证水面上钻眼工作的顺利进行。

### （三）水下爆破用药量计算

水下爆破用药量计算，目前还没有系统的、周密的计算方法，一般是先大致估算出爆破单位体积岩石所消耗的药量，再根据爆破漏斗的体积算出一个炮眼的所用药量。但实际影响爆破效果的因素很多，计算的结果往往是与实际情况出入很大，因此，在施工时，应根据一些实际资料，修正计算的用药量及药包（或炮眼）的间距等。

用药量计算与清碴方法有关，因为不同的清碴方法，对岩石破碎程度的要求也有所不同。

当利用水流挟带爆破后的石碴，而流速又不大时，爆破作用指数 $n$ 应大于1，此时用药量公式：

$$Q = KW^3(0.4 + 0.6n^3) \quad (1-1)$$

当用抓斗或加强式多斗挖掘机时，用药量公式：

$$Q = KW^3 \quad (1-2)$$

当用单斗或多斗式挖掘机时，用药量公式：

$$Q = 0.33KW^3 \quad (1-3)$$

式中  $Q$ ——水下爆破用药量(公斤);

$K$ ——炸药单位消耗计算指数(公斤/米<sup>3</sup>), 由实地试验求得, 初步可按表 1-1 确定;

$W$ ——计算抵抗线长度(米), 在岩石层上的覆盖层中布置药包时, 若采取需要松散的岩层深度作为计算抵抗线长度, 则 $W$ 值按需要松散的岩层深度与覆盖层厚度之和求算;

$n$ ——爆破作用指数。

水下爆破时炸药单位消耗计算指数( $K$ )(单位: 公斤/米<sup>3</sup>)

表 1-1

| 土 石 的 特 性        | 炮 眼 药 包 | 裸 露 药 包 |
|------------------|---------|---------|
| 疏松的砂子和流砂         | 0.40    | 2.60    |
| 含砾石的土壤           | 0.70    | 3.50    |
| 含小砾石的致密的亚粘土      | 0.90    | 5.50    |
| 坚硬的非常致密的砂子       | 1.10    | 7.00    |
| 致密的亚粘土           | 1.35    | 8.70    |
| 坚硬的青色粘土          | 1.40    | 9.80    |
| 不硬的有裂缝的岩石        | 1.53    | 13.50   |
| 无裂缝的石灰岩和其它中等硬度岩石 | 1.86    | 27.00   |
| 花岗岩及其他           | 2.20    | 40.00   |

表 1-1 适用于硝酸炸药(9号阿莫尼特)。当用别种炸药时, 表上数值需要乘以系数: 对于62%胶质炸药乘以0.75; 对于三硝基甲苯乘以0.86。

裸露药包用药量与水深关系 表 1-2

| 药包上实际水深<br>与 $2H$ 的 比值 | 药包量增加的<br>百分数 |
|------------------------|---------------|
| 0.7                    | 25            |
| 0.6                    | 30            |
| 0.5                    | 35            |
| 0.4                    | 40            |
| 0.3                    | 50            |

裸露药包上水层厚度应不小于 $2H$ ( $H$ 为需要松散的深度, 有的情况下 $H$ 即等于 $W$ )。

如裸露药包放入的深度比所需的深度小30~70%时, 则药包重量按表 1-2 相应地增加25~50%。

裸露药包的行距等于 $(2.7\sim3.0)W$ , 每行中药包的距离为 $(3\sim3.5)W$ 。

钻眼爆破时的孔距, 在致密的土石中为 $(1.0\sim1.25)W$ , 在松裂的土石中为 $(1.75\sim2.0)W$ ; 行距在致密的土石中为 $(1.0\sim1.25)W$ , 在有裂缝的土石中为 $(1.5\sim1.75)W$ 。炮眼直径按照需要的药包量来确定, 并需要考虑到炮眼直径应略大于药包外径(至少5毫米以上), 以免增加装药困难。

从下面介绍的[实例 1-1]可以看出, 在实际施工中炮眼的布置与上面所介绍的方法有所出入, 即炮眼(或药包)的间距要小于上列数值, 此时, 计算抵抗线( $W$ )的数值, 也要相应地减小。

## 二、水下出碴和土方开挖

水下出碴是较为费事的工序, 往往需要使用机械设备。不过, 如采取一些措施, 也能省去这一工序, 如增加药量, 减小石碴粒径, 利用水流来冲走, 或使用定向抛掷爆破技术等。

水下土方的开挖可用增加河底流速, 将河床泥砂冲走的方法来进行, 如图 1-6 所示系

采用挡板来减小河道过水断面，以增加河底的水流速度。

水下出碴和土方开挖的另一简易办法，乃是使用水枪冲走土方或石碴。但清碴、开挖深度大于1.0~1.50米时，则不宜采用。接至水枪高压水的压力一般不应小于6公斤/厘米<sup>2</sup>。如某工程用扬程45米的水泵供水，冲挖沟槽，结果冲掉土粒，砾石粗砂等只能松动不能冲走，后采用加宽沟槽的办法，将砾石及粗砂冲到沟槽的两侧，以形成设计所需的沟槽断面。

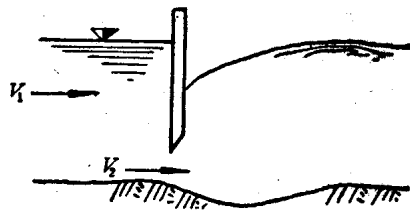


图 1-6 河底冲泥

除了上述两种利用水流冲力的方法外，还可利用下列机械设备进行水下出碴和土方开挖工作。

### (一) 空气吸泥导管

将压缩空气从一导管的下部压入，此时，一方面由于压缩空气急剧向水面逃逸，另一方面水与空气混合后，比重减轻向上升起，在导管中造成负压，将管口下的石碴或土方吸起，并随同水与空气混合物升到导管顶部排出。当水流有一定速度时，可将其排至河道内，任水流冲走；当水流速度很小，可将其排至驳船内运走。

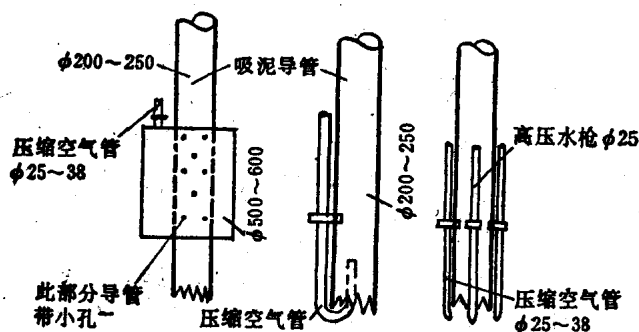


图 1-7 吸泥导管

如水下土石方较为密实，可先用高压水枪将土石方冲松，然后用上法吸走。

这种方法由于简单易行，用得较多，采用的导管式样也各有不同，如图1-7所示。这种方法的缺点是效率低，其实际效率与水深、需要扬出水面的高度及土石方情况有关。若水愈深，需要扬出水面的高度愈小，或土壤愈松散、颗粒愈小，吸泥效率愈高。因此，

水深较浅时就不宜采用这种方法。根据一些工程上实际使用的情况，得出下列几个数据：吸石时供气量约为10米<sup>3</sup>/分，效率约为4米<sup>3</sup>/台班，可吸出石块的粒径为150~200毫米；吸泥时供气量约为4米<sup>3</sup>/分，效率为4~20米<sup>3</sup>/台班。

### (二) 抓斗式挖泥船

抓斗式挖泥船运用于各种土质，但应根据土质情况，选用适当型式和适当重量的抓斗。在水流流速不大情况下，抓斗式挖泥船工作不受水深的限制。

在没有挖泥船等疏浚设备的河道上，有时可用一般抓斗挖泥机放在驳船上代用。

抓斗式挖泥船的缺点是效率较低，在流速大且河水较深时，抓斗就不能正常地进行工作。

### (三) 吸扬式挖泥船

吸扬式挖泥船适用于较松软的地层。某些船只也可用来吸挖粒径不大的砾石或炸得较碎的石碴，如某工程在进行水下土石方工程时，将原有的吸扬式挖泥船稍加改装——拆去铰刀，接长吸泥管并装上用来松动石碴的水枪设备后，即可吸取石碴。

如没有现成的吸扬式挖泥船时，可利用放置在船上的吸泥泵进行水下土石方开挖工作，此时，可先用水枪来松动地层。

吸扬式挖泥船的优点是效率高；缺点是吸泥管长度固定，因此，它的工作往往受水深限制。

除了上述三种水下出碴和土方开挖的机械设备外，尚有链斗式挖泥船、单斗式挖泥船等，但在目前我国给排水工程的施工实践中，用得还较少。

### 三、施工实例

#### 【实例 1-1】某江心式取水构筑物，基岩采用水下爆破施工

该工程位于某河心激流处，取水构筑物的基础底，离河底下岩面约 7.5 米，施工时水深为 4~5 米；河床基岩系风化片麻岩，完整的岩石硬度约属Ⅷ级。施工时基坑开挖断面如图 1-8 所示，长度 35 米以上。基坑部分用钻眼爆破松动后，再以抓斗式挖泥船清理；浅槽部分，在基坑爆破结束后，再用裸露药包法爆破，并采用加强药包，使炸松后石碴容易随水流冲至下游。

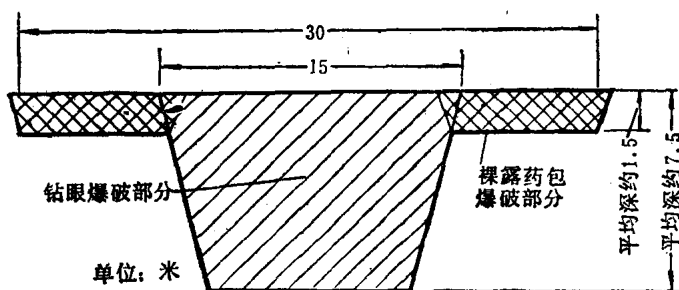


图 1-8 基坑爆破断面

#### (一) 基坑钻眼爆破

采用直径为 105~131 毫米的钻头钻孔，孔深为 7.5 米左右，孔距为 3.4 米，行距为 3 米。爆破施工自左岸至右岸，自下游至上游分六次进行，最大一次用药量为 833 公斤，最小一次用药量为 200 公斤。

钻眼用回转式钻机进行，有一组六个钻机放在两个载重量为 150 吨、长度为 30 米、宽度为 8 米的木驳船上，木驳船上用 20×20 厘米方木，作为承重与联结横梁，其上铺设铺板，施工机械就放在铺板上，其横断面与侧面情况如图 1-9 所示。

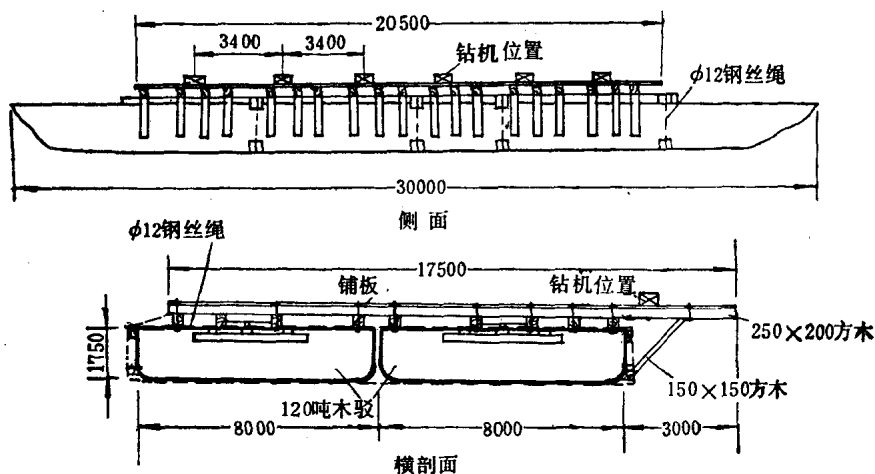


图 1-9 回转式钻机用的木驳船

钻眼时带套管，套管露出水面 20~30 厘米，在装药时拔起。

炸药系用 62% 普通胶质炸药，以 8 号电雷管起爆。

药筒构造如图 1-10 所示。药筒用 27~28 号白铁皮制成，每个药筒装两个并联电雷管。药筒下部呈圆锥形，并填入 20 厘米厚的砂子，顶部有木塞，药筒直径为 90~120 毫米。药



筒上有14号铅丝及棕绳作为提起药筒之用（药包端线用线绑在棕绳上）。每个药筒最长不超过3.5~4.0米，如钻孔深度较大时，则需要接长药筒，上半段药筒结构如图1-10（2）所示，里面有一小白铁管，管内事先放入两根电线，用作延长下半段药筒的端线。

装药时顺序如下：先将平板船移至将进行爆破的钻孔上，将套管略为提起，放下药筒，如药筒还需要接长，就在此时加接上半段药筒，然后将药筒下放，当整个药筒放到底后，就起拔套管，此时应拉住药筒上的棕绳，并用木杆顶住，以防套管将药筒带起；在套管末端快离开药筒时，就可不用木杆顶住；在一段套管露出水面后，就将它拧下来，这样逐段边起边卸，直到套管完全起出为止。

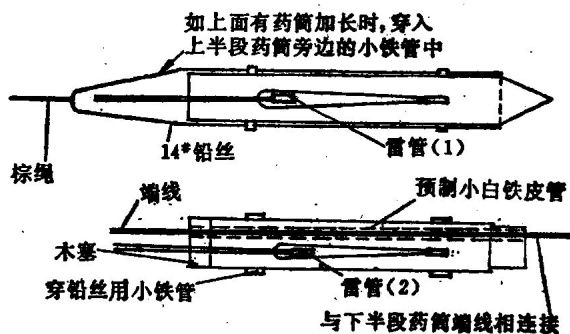


图 1-10 药筒制造

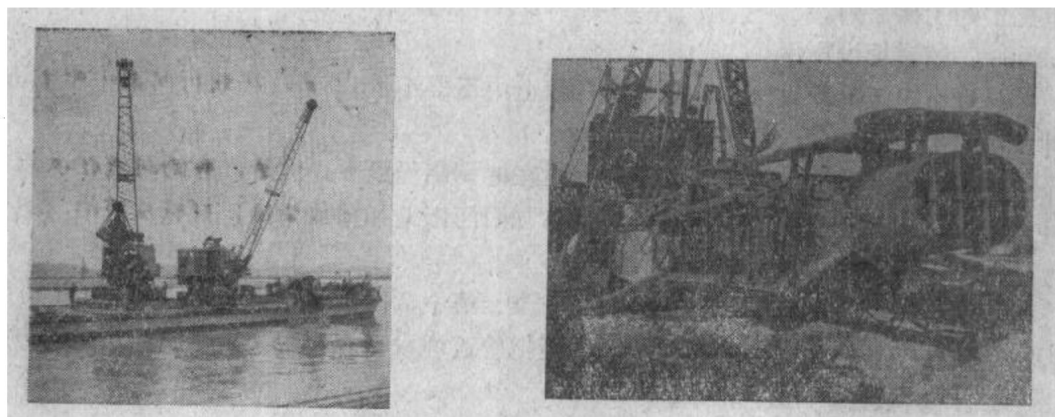
炮眼组线路连接采用并联法，主线也和端线一样带有棕绳，并把电线与棕绳用细线绑住，以防止被急流冲断。在离开爆破区后，主线用木排架起并接至岸上放炮器上。

从出碴情况看，爆破效果良好，一般石碴粒径为10厘米左右，也有少部分粒径达到20~30厘米，但在出碴过程中未采用辅助爆破。

基坑爆破结束后，适值夏汛，河流水深约6米，最大流速达2米/秒，平均流速亦为1.5米/秒左右，原定利用放在铁驳船上的D-1002型抓斗式挖泥机进行抓石出碴，但由于流速太急，抓斗入水后，向下漂流几米远（抓斗约重3吨），因此，无法进行抓石工作。

直到冬季凌期过后，再破冰后仍用上述挖泥机抓石，此时河流最大流速不大于1.2米/秒，平均流速约为0.6米/秒，挖泥机可正常工作（图1-11（1）），每天约抓出石碴70~80米<sup>3</sup>。

与此同时，本工程还利用改装后的吸扬式挖泥船（图1-11（2））进行吸石。该船泥泵所用的电动机功率为800马力，吸泥效率为250米<sup>3</sup>/时。改装内容为：接长吸泥管，因原来吸泥管较短，基坑挖得较深时，就无法吸取；拆去铰刀架；另外，在接长的管端安装射水设备。利用该船吸石时，每天可吸起约120米<sup>3</sup>石碴。



（1）挖泥机在抓石碴

（2）改装后的吸扬式挖泥船

图 1-11