

工程机械 施工手册

2

基础机械施工

铁道部大桥工程局 王修正
铁道部大桥工程局 徐圣文 主编
长沙铁道学院 周继祖

中国铁道出版社

1986年·北京

本分册编写人员

- 主编：**铁道部大桥工程局工程师 王修正
铁道部大桥工程局高级工程师 徐圣文
长沙铁道学院副教授 周继祖
- 编者：**铁道部大桥工程局高级工程师 徐圣文（第一篇第一、五、七章）
铁道部兰州铁路局工程师 张之洲（第一篇第二章）
铁道部上海铁路局工程师 吴德馨（第一篇第三、四章）
铁道部第四工程局高级工程师 秦汀兴（第一篇第六章）
铁道部大桥工程局工程师 王修正（第二篇第二章）
长沙铁道学院讲师 寇长青（第二篇第一章）
铁道部大桥工程局工程师 夏毛南（第二篇第三章）
铁道部第一工程局工程师 徐乔华（第二篇第二章）

主持和邀请参加审稿会议的有：铁道部基本建设总局副局长宋成祥，铁道部基本建设总局高级工程师盛健行，西南交通大学教授钱冬生，西南交通大学讲师刘学信，城乡建设环境保护部天津机械化施工公司高级工程师李志远，铁道部第一工程局高级工程师谷宜观，铁道部第四工程局高级工程师朱挺生，铁道部大桥工程局高级工程师钱学新，铁道部大桥工程局高级工程师华有恒，铁道部大桥工程局机械处处长王永泉，中国铁道出版社工程师李云国。

内 容 简 介

本手册是为施工技术人员、工程机械技术人员、工程机械管理人员及有关人员，合理选用施工机械，提高施工机械的使用和管理水平而编写的。包括起重机械，基础机械施工，混凝土机械施工，架梁及水上机械施工，土石方机械施工，隧道机械施工，铺轨架梁机械施工等分册。

本第二分册是基础施工与机械，共分两篇十章。第一篇基础工程，主要介绍墩台基础、桩基础、灌注桩基础、管柱基础、沉井基础，水中基础等施工方法、步骤以及施工注意事项；第二篇基础施工机械，主要介绍桩工机械、灌注桩钻孔机械、沉井施工机械的性能、规格和使用要点。

工程机械施工手册

第二分册

基础机械施工

王修正、徐圣文、周继祖 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：23.5 字数：584千

1986年2月 第1版 第1次印刷

印数：0001—8,500册

统一书号：15043·6522 定价：6.45元

科技新书目113—117

编者的话

随着我国基本建设事业的迅速发展，工程施工机械化水平在不断提高，机械化施工流水作业线在不断涌现，并正在向综合机械化方向发展，这不仅使工程施工机械种类越来越多，而且使结构越来越先进复杂。为了提高机械施工管理水平，合理选择和使用机械，搞好工程机械施工工作，提高各项建设的技术水平，铁道部基本建设总局于1982年决定组织人力编写工程机械施工手册，以供工程施工技术人员、机械技术人员和管理人员，以及领导干部在实际工作中参考使用。

工程机械施工手册的编写要求，是将有关的机械资料全面汇集起来，将施工方法、步骤与机械的性能、规格等内容合编在一起，旨在使工程施工人员了解施工机械的性能，使机械技术人员知道土建施工的概况。本手册的编写力求做到系统性、先进性、适用性和准确性。对于陈旧的、趋向淘汰的机型和施工技术不予编入。

本手册将分起重机械、基础机械施工、混凝土机械施工、架梁及水上机械施工、土石方机械施工、隧道机械施工、铺轨架梁机械施工等分册陆续出版。

本分册是基础机械施工分册，初稿完成后，曾组织编写组成员对初稿进行认真讨论，并作了修改。然后于1983年11月，在铁道部基建总局工厂机械处主持下，聘请了有关专家、工程技术人员，对书稿内容进行全面审查。编写组同志根据审查意见，对书稿又进行了修改和增删。

本分册编写过程中，承铁道部基本建设总局，铁道部大桥工程局，铁道部第一、三、四工程局，上海、郑州、兰州铁路局，长沙铁道学院等单位的有关同志积极支持和热情帮助，提供了许多宝贵资料，谨在此表示感谢。

本分册承王惠安、夏启桂、颜惠玲、张明珠、刘焰辉等同志描绘插图，汪秀娥同志为本分册作了大量工作，均在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，编写人员较多，书中难免有不妥或错误之处，欢迎读者批评指正。

编者 1984年1月

目 录

第一篇 基础工程

第一章 概 述..... (1)	第四章 灌注桩基础..... (74) ✓
第一节 影响基础工程的主要因素..... (1)	第一节 概 述..... (74)
第二节 基础类型简介..... (2)	第二节 桩孔施工..... (74)
第二章 敞坑中建筑基础..... (6)	一、施工准备..... (74)
第一节 基坑开挖..... (6)	二、冲击钻孔..... (81)
一、一般基坑开挖..... (6)	三、旋转钻孔..... (89)
二、水中基坑开挖..... (12)	四、清 孔..... (96)
第二节 围堰工程..... (22)	五、综合钻孔机及套管式钻机应用..... (98)
一、围堰分类及适用条件..... (22)	第三节 爆扩桩..... (104)
二、围堰工程一般要求..... (22)	一、爆扩桩基础一般要求..... (105)
三、围堰工程的结构形式及施工..... (22)	二、爆扩桩施工方法..... (105)
第三节 基底检验处理及基础圬工砌筑..... (27)	第五章 管柱基础..... (107)
一、基底检验..... (27)	第一节 管柱制造..... (107)
二、基底处理..... (28)	第二节 围 圈..... (108)
三、圬工砌筑..... (28)	一、钢围圈的制造及拼装..... (109)
第四节 地基加固..... (29)	二、围圈就位下沉..... (111)
一、换土法..... (29)	第三节 管柱下沉..... (112)
二、土桩法..... (31)	一、震动打桩机选择..... (112)
三、砂桩法..... (32)	二、管柱下沉参考资料..... (113)
四、重锤夯实法..... (32)	三、管柱下沉注意事项..... (116)
五、强夯法..... (33)	第四节 管柱底凿岩..... (118)
六、旋喷法..... (34)	一、钻孔方法及机具设备..... (119)
七、震动水冲法..... (36)	二、钻孔施工..... (120)
第三章 桩基础..... (40)	第五节 管柱基础钢板桩围堰工程..... (123)
第一节 桩的类型..... (40)	一、插打钢板桩..... (123)
一、钢筋混凝土桩..... (40)	二、钢板桩围堰内吸泥..... (126)
二、木桩..... (47)	三、水下混凝土封底..... (126)
三、钢桩..... (49)	四、钢板桩拔除..... (127)
第二节 沉桩方法..... (55)	第六章 滩地沉井基础..... (128)
一、锤击法沉桩..... (55)	第一节 概 述..... (128)
二、射水法沉桩..... (59)	第二节 筑岛与沉井制造..... (129)
第三节 桩的承载力确定..... (65)	一、筑 岛..... (129)
一、计算桩承载力的冲击公式..... (65)	二、沉井制造..... (130)
二、试 桩..... (66)	第三节 沉井下沉..... (132)
第四节 断桩处理..... (70)	一、下沉除土方法选择..... (132)
一、断桩检查..... (70)	二、排水开挖下沉..... (133)
二、断桩处理..... (71)	三、不排水开挖下沉..... (134)

四、沉井下沉注意事项 (147)

五、沉井封底及沉井填充 (148)

第四节 下沉辅助设施 (148)

一、空气幕沉井施工 (148)

二、泥浆润滑套下沉沉井 (151)

第五节 沉井下沉故障及其处理方
法 (154)

一、摩阻力过大 (154)

二、井内有障碍物及不良地质 (156)

三、沉井位移、倾斜 (157)

四、沉井坑内缺陷 (159)

第七章 水中基础 (160)

第一节 围堰工程 (160)

第二节 水中打桩 (161)

一、水上打桩设备 (161)

二、水中打桩方法 (162)

三、水中承台修筑 (163)

第三节 浮式沉井 (167)

一、概 述 (167)

二、浮式钢架网水泥石薄壁沉井 (167)

三、水中浮运下沉沉井 (169)

四、浮式钢筋混凝土沉井 (176)

第四节 复式基础 (177)

第五节 潜水作业 (178)

一、潜水设备 (178)

二、潜水减压方法及医疗措施 (180)

第二篇 基础施工机械

第一章 桩工机械 (182)

第一节 概 述 (182)

一、桩工机械分类 (182)

二、桩工机械适用范围 (183)

第二节 蒸汽打桩机 (184)

一、蒸汽桩锤 (184)

二、蒸汽打桩机主要配套设备 (192)

三、国外单作用蒸汽桩锤 (198)

第三节 柴油打桩机 (201)

一、概 述 (201)

二、导杆式柴油桩锤 (202)

三、筒式柴油桩锤 (202)

四、柴油桩锤工作参数及其选择 (220)

五、柴油打桩机配套设备 (221)

六、国外筒式柴油桩锤 (232)

第四节 其它型式打桩机械 (233)

一、落 锤 (233)

二、液压打桩机 (234)

三、履带式桩架 (237)

第五节 振动沉拔桩机 (240)

一、振动桩锤 (240)

二、主要参数 (250)

三、振动沉拔桩锤选用 (253)

第六节 静力压拔桩机 (254)

一、DY-80型压桩机 (254)

二、DYG-320型压拔桩机 (259)

第二章 灌注桩孔机械 (266)

第一节 旋转式钻机 (266)

一、红星-300型钻机 (267)

二、红星-400型钻机 (276)

三、通孔式钻机 (281)

四、DQ-2450型钻机 (293)

五、国外旋转式钻机 (299)

第二节 潜水钻机 (301)

一、GZQ型潜水钻机 (301)

二、RRC型潜水钻机 (307)

三、RRC-u型潜水钻机 (311)

四、BW型地下连续墙钻机 (313)

第三节 套管钻机 (313)

一、MT型套管钻机 (314)

二、TH型套管钻机 (324)

第四节 冲击式钻机 (329)

一、主要机构及作用 (330)

二、主要技术性能 (331)

三、钻机安装及使用 (332)

第三章 沉井施工机械 (334)

第一节 水 泵 (334)

一、离心水泵 (334)

二、真空泵 (348)

三、深井水泵 (349)

四、轴流泵 (352)

五、潜水泵 (352)

六、水泵的使用 (353)

第二节 空气压缩机 (355)

一、往复式空气压缩机 (355)

二、螺杆式空气压缩机 (362)

三、单转子滑片式空气压缩机 (364)

四、其它类型空气压缩机 (367)

五、常用的空气压缩机技术性能 (368)

第一篇 基础工程

第一章 概 述

第一节 影响基础工程的主要因素

基础工程应保证具有足够的强度，稳定性和耐久性。

基础工程主要是确定基础埋置深度与选择基础类型。然后拟定基础尺寸，其主要考虑因素有以下诸点：

1. 保证地基具有足够的强度，应检算基底压应力，不应超过地基许用承载力。当基底以下有软弱土层时，还应检算该软弱土层面的压应力。
2. 保证基础不致发生显著的倾斜，应检算基底合力对基底重心的偏心距。
3. 保证基底的倾覆稳定。墩台基底倾覆稳定系数不得小于1.5，施工荷载作用下不得小于1.2。
4. 保证基底滑动稳定。墩台基底滑动稳定系数不得小于1.3，施工荷载作用下不得小于1.2。

当墩台位于较陡的土坡上，或桥台建于软土上且台后填土较高时，还应检算墩台连同土坡或路基沿滑动弧面滑动的稳定性。

拱桥桥墩基底，应按施工过程中可能产生的单侧横推力进行检算，此时倾覆和滑动稳定系数不得小于1.2。

5. 基础埋置深度的确定，应考虑地质条件，保证持力层稳定的最小埋深，当地的冻结深度，河流的冲刷深度，上部结构的型式，当地的地形条件，临时建筑物的影响以及施工条件等因素。

墩台基础顶面不宜高于最低水位，如地面高于最低水位且不受冲刷时，则不宜高于地面。

6. 在下列情况下应计算基础的沉降量：
 - (1) 非岩石地基上外静不定结构的基础；
 - (2) 当相邻墩台基础的地基上有显著不同或相邻跨度差别悬殊时必须考虑其沉降差时；
 - (3) 湿陷性黄土、软土和以容许融化原则设计的融沉性多年冻土上的桥梁基础；
 - (4) 跨线桥和跨线渡槽下的净高需预先考虑沉降量时。

墩台基础的沉降应按恒载计算。

7. 桥墩台身与基础是一个整体，除应检算其稳定性外，还应检算其本身的结构材料强度。当检算墩台顶面水平位移时，应考虑基底土不均匀弹性压缩的影响。

第二节 基础类型简介

桥梁基础的类型，应根据水文、地质、地形、上部结构、载荷、材料供应和施工条件等合理地选用。

地质勘探资料应满足以查明地基构造，地基土的物理力学性质，地下水的状态以及影响桥梁稳定和施工中可能发生的地质不良现象等情况。

在桥址存在断层、岩溶、不均匀地层内埋藏有局部软弱土层以及在起眼不平或倾斜岩层上修建基础时，应特别加强工程地质勘探工作。

墩台位置应尽量避免断层、滑坡、挤压破碎带、石灰岩溶洞及溶沟、黄土陷穴与暗洞或局部软弱地基等不良地质。

基础施工时有水无水，渗水量大小，水位高低，流速大小，通航与否以及河床冲刷和河床变化等情况，对基础类型的选择有着密切的关系，应详加考虑。

桥梁施工单位的人力、经验以及其技术状况，机具设备及施工期限，桥址处交通运输情况等对基础类型的选择有着很大的影响。

其他如材料供应，上部结构类型及其对不均匀沉落的敏感程度，载荷大小，地形陡缓以及临近既有建筑物的状况等，对基础类型选择都有着一定的影响。

基础类型选择，除考虑上述各种因素外，必须按照基本建设方面的方针政策全面考虑，结合每桥墩台具体情况深入进行研究、分析和比较来确定基础类型。

桥梁墩台基础因施工方法、结构形式和埋入深浅不同，有各种类型，现分述如后。

地基加固

对于一般小型桥梁基础及临时工程基础，为了节省圬工以及便于施工，多采用浅埋类型。当持力层为土质较差的松软土层时，桥梁基底应力大于地基土的许用承压力或沉降量大于容许沉降量时，可根据软土层的厚度和物理力学性质，结构物的重要性，基底应力的大小，施工机具和材料的供应等因素，采取地基加固措施，从而提高地基承载力。

加固地基的方法，可分为下述三类：

1. 将地基土挖换——换填法。挖除软弱土，换以分层夯实的砂砾垫层，如砂、砾、碎石、灰土等。

2. 使地基土密实——砂桩（土桩、石灰桩、小木桩）挤密法及重锤夯实法。

砂井与砂桩施工方法相同，但功用各异，砂井为了缩短土中水的排水路程，加快压缩变形时间，提高土体强度。可采用射水和爆破成孔等方法。

3. 使地基土固结——灌注法及搅浆法。

灌注法将水泥浆和化学液浆（如硅化法）灌注到松散的砂砾层或破碎岩层中去。

搅浆法是搅乱土体，再就地灌浆搅拌，待凝固后土体即得到加固。

明挖基础

明挖基础施工简便，只要地质与水文条件允许，都应优先采用。仅用于埋置较浅的基础。

明挖基础采用敞坑放坡开挖基坑，然后砌筑圬工扩大基础，其基底埋深多在5米以内。明挖基础施工中的防水、排水工作较为困难，故一般只宜用于无水、少水或浅水河流的基础工程。

基坑应根据施工期限，经济条件，工地环境及地质情况决定使用机械或人工开挖。并应尽量在枯水或少雨季节完成。

使用机械开挖时，不得破坏基底土的结构，可在设计标高以上保留一层由人工开挖。

桩 基 础

当承载力较高的土层埋藏较深，其上为松软土层所覆盖；或河床的冲刷深度较深以及岩层面很不平整时，均宜采用桩基础。

桩基础施工需要较多机具。但可节省材料，开挖工作量不大，施工过程中较少遇到防水、防土和防漏等问题，施工速度较快。桩基础具有承载力高，沉降速率缓慢，沉降量较小而均匀等特点，并能承受垂直和水平载荷等。因之，桩基础是桥梁工程中常用的深基础。

桩和桩基的分类

1. 按桩的材料分：有木桩、混凝土桩、钢筋混凝土桩、预应力钢筋混凝土桩、钢桩和混合桩等。在桥梁桩基中，一般采用钢筋混凝土桩。

2. 按桩的形状分：有圆柱形、方柱形、多边形柱形、截头圆锥形、带阶截头圆锥形、宽边H形桩、圆柱形下端扩大或带螺旋片或外加劲等。其内部可以为空心或实心。

3. 按桩轴方向分：有竖向桩、单向斜桩、多向斜桩和桩架等。

4. 按桩在土中的支承力性质分：有摩擦桩、柱桩和中间型桩。中间型桩即受摩擦力同时靠桩尖反力来支承载荷。

5. 按桩的施工方法分：有挤入法和钻挖法。

挤入法有：打入桩、震动沉桩和桩尖爆扩桩。打入桩一般用于中密、稍松砂类土和可塑粘性土；震动沉桩一般用于砂类土、粘性土和碎石类土；桩尖爆扩桩宜用于硬塑粘性土以及中密、密实的砂类土。

钻挖法是在桩位处钻或挖出同桩一样大小的孔来，然后把预制桩插入或就地灌注钢筋混凝土。钻挖法又区分为钻孔灌注桩和挖孔灌注桩。钻孔灌注桩可用于各类土层和岩层，但用于软土、淤泥和可能发生流砂的土层时，应先作施工工艺试验。挖孔灌注桩一般用于无地下水或少量地下水的土层和风化软质的岩层。一般情况下，优先考虑采用钻孔桩。当施工机具设备困难，而且地质地形条件合宜时，方可考虑采用挖孔桩。钻孔灌注桩的桩径，一般采用0.8米、1.0米、1.25米和1.5米。孔深一般为20~40米，最深可达100米。

挖孔桩基础系用人力和适当的爆破，配合简单设备，灌注混凝土成桩。近一、二十年來挖孔桩基础有了很大发展，为修建桥梁采用桩基开辟了新的途径。

6. 按承台位置分：有低桩承台和高桩承台。

当水平力不大，河道又不通航或为旱桥，或者虽然通航，但在采取措施后能使其不受船舶或漂流物冲击等条件下，多用高桩承台。

管柱基础

管柱基础是以薄壁钢筋混凝土管柱或钢管柱，中填混凝土或砂，其底部伸入岩盘或土层中，顶部锚固在承台内所构成的基础。一般采用预应力混凝土管柱或钢管柱，入土深度大于25米时，不得采用钢筋混凝土管柱。

管柱基础一般适用于深水、厚覆盖层、岩面起伏等条件桥基。管柱可以穿越各种土质覆盖层或溶洞，支承于较密实的土上或新鲜岩面上。

水位对施工的限制不大，如下沉管柱、钻岩及水下灌注混凝土等，可不受水位涨落影响，全年施工。施工操作均在水面上，取代沉箱基础，工程费用亦较省。

管柱基础一般不宜用于有严重地质缺陷的地区，如断层挤压破碎带，或者严重的松散区域。又管柱基础结构，系属于高桩承台型式，存在着一定的局限性。如水过深，覆盖层甚厚且冲刷较大时，管柱长细比较大，影响基础刚度。同时当覆盖层甚厚时，管柱下沉也较困难。此时适当加大管柱直径外，拟采用钢沉井围堰管柱基础。

目前采用的管柱直径：有1.2米、1.55米、3.0米、3.6米、5.8米。

五十年代和六十年代，在长江、黄河及其他大河上修建大型桥梁基础中采用管柱基础较多。但管柱基础需用的机具设备很多，且较为复杂，如震动打桩机、钻岩设备、大型起重机具、冲刷和吸泥设备等，所需动力较大，七十年代以来管柱基础使用已不很广泛。

沉井基础

沉井基础是桥梁工程中常用的一种基础。在墩台位置上预先制成一段井筒，然后在井壁内挖土，逐渐挖深，井筒借自重作用逐渐下沉。当一节井筒快沉入土中时再接筑一节沉井，这样一直下沉到设计标高。然后清理井底，灌注混凝土封底，再在井内填充混凝土或砂石或者作为空心沉井。沉井本身就是基础组成部分，在下沉过程中却起着挡土和防水的临时围堰作用，既省料又简化了施工。

沉井最适合在不太透水的土层中下沉，因为这时可排水挖土，工作人员可下到井底，沉井下沉方向比较容易控制，如遇障碍物或沉至岩层清基，都比较方便。

当土层大量透水时，井内水无法抽干或者抽水会引起涌砂造成沉井倾斜，只能采用不排水挖土下沉时则工效低。若遇到障碍物卡住，使施工更加困难，施工时间有时较长，故对地层要求进行详细勘探，充分掌握土层分布情况、岩面高低情况等，以便采取措施，或采用其他基础型式。

沉井的分类

1. 按材料分：有砖砌、石砌、混凝土、钢筋混凝土、竹筋混凝土、钢、木沉井等。
2. 按下沉方法分：有筑岛沉井和浮运沉井。

采用沉井基础，其整体性好，刚度大，能承受较大的挠曲力矩，抗震性能可靠，所需机具设备较简单，可以就地制作，施工方法简单。南京长江大桥下沉的钢筋混凝土沉井穿过覆盖层达55米，也采用了钢沉井管柱基础和浮运薄壁钢筋混凝土沉井基础。枝城长江大桥使用了带气筒圆形高低脚浮运沉井。在下沉工艺方面已掌握用泥浆套和空气幕下沉沉井方法，使沉井下沉更为平稳、快速，并节省圪工。从而使沉井基础又得到较大发展。

沉箱基础

沉箱基础适用于任何地层中，过去深基础多采用沉箱基础。由于沉箱内劳动条件恶劣，机具设备复杂，工程费用高昂，施工进度缓慢，目前国内甚少采用，多为桩基、管柱基础、沉井基础，钻孔桩基等所代替。

复式基础

复式基础即由二种以上基础组成，如沉井管柱基础，沉井钻孔桩基础等，可按具体条件选用。

第二章 散坑中建筑基础

第一节 基坑开挖

一、一般基坑开挖

(一) 坑壁不加固基坑

基坑底面尺寸，应按基础尺寸每边加宽0.3~0.6米。对于有地下水基坑，应考虑排水沟及集水井位置。对于在坑底打桩基坑，则应考虑打桩工作位置。

坑壁垂直开挖的无水基础，可不加宽，混凝土直接贴靠坑壁灌注。但对土质基坑四周宜用油毡纸隔离，防止捣固时泥土与混凝土混杂。

允许放坡开挖的基坑，其坑壁坡度见表1—2—1。

散坑坑壁坡度

表1—2—1

土壤种类	基坑顶缘无载重	基坑顶缘有静载	基坑顶缘有动载
砂类土	1:1	1:1.25	1:1.5
碎石类土	1:0.75	1:1	1:1.25
粘砂土	1:0.67	1:0.75	1:1
砂粘土	1:0.33	1:0.5	1:0.75
粘土带有石块	1:0.25	1:0.33	1:0.57
未风化页岩	1:0	1:0.1	1:0.25
岩石	1:0	1:0	1:0

注：1) 采用本表时，基坑深度应在5米以内，工期较短，无地下水，且土质结构均匀，湿度正常；

2) 基坑深度大于5米，可将坑壁坡度放缓或加作平台；

3) 如土壤湿度较大可能引起坑壁坍塌时，坑壁坡度应采用相应湿度下土壤的天然坡度；

4) 挖基经过不同土层时，坑壁边坡可按分层决定，并酌留平台；

5) 在山坡上开挖基坑，如地质不良时，除放缓坡度外，应注意防止滑坍。

允许用垂直坑壁的条件为：

土质湿度正常，对于松软土质基坑深度不超过0.75米，中等密实（锹挖）土质基坑深度不超过1.25米，密实（镐掘）土质基坑深度不超过2米。如为良好石质基坑，其深度可不加限制。

粘性土壤垂直坑壁最大高度，可以按照下式决定：

$$h_{\max} = \frac{2C}{K\gamma \operatorname{tg}(45^\circ - \phi/2)} - q/\gamma \text{ (米)}$$

式中 K ——安全系数，一般可采用1.25；

γ ——坑壁土壤容重（吨力/米³）；

q ——坑顶均布荷载（吨力/米²）；

φ ——坑壁土壤内摩擦角(度)；

C ——坑壁土壤粘聚力(吨力/米²)。

土壤内摩擦角 φ 及粘聚力 C ，由土工试验决定或采用表1—2—2所列参考数值。

粘性土内摩擦角与凝聚力

表1—2—2

液性指数	内摩擦角 φ (度)			凝聚力 C (公斤力/厘米 ²)		
	粘砂土	砂粘土	粘土	粘砂土	砂粘土	粘土
<0	28	25	22	0.20	0.60	1.00
0~0.25	26	23	20	0.15	0.40	0.60
0.25~0.50	24	21	18	0.10	0.25	0.40
0.50~0.75	20	17	14	0.05	0.15	0.20
0.75~1.00	18	13	8	0.02	0.10	0.10
>1.00	≤14	≤10	≤6	0.01	≤0.05	≤0.05

基坑开挖时应注意下列各点：

1. 基坑顶面四周，应作成反坡，并在距坑缘相当距离处，应设置截水沟，防止雨水冲刷坑壁。
2. 坑缘顶部有动载时，动载与坑缘间应留有护道，其宽度至少1米。若地质水文条件不良，则应增宽护道或采取加固措施；
3. 基坑弃土堆至坑缘距离，应按地质条件决定，但应不小于基坑深度；
4. 砂质土壤或深度较大的基坑，应在边坡中段加设宽为0.5~1.0米的平台；
5. 机械施工时，不得破坏基底土壤结构，基底标高以上保留0.3米，用人工铲平；
6. 用爆破方式开挖岩石基坑时，应尽量采用控制爆破，以保护附近建筑物及机械设备安全。

(二) 坑壁支撑基坑

凡属下列情况可采用支撑加固坑壁。

1. 由于基坑开挖影响附近建筑物安全，又不能放坡开挖者；
 2. 基坑为不稳定含水土壤，无法保持边坡者；
 3. 深基础施工，用支撑开挖代替大量土方工程，以达到加速工期或其它特殊需要者。
- 坑壁支撑有直衬板式、横衬板式两种形式。

1. 直衬板式坑壁支撑

直衬板式支撑由直衬板、横木(或槽板)与横撑(或框架)组成(图1—2—1)。适用于支撑加固深度不大、较狭窄的基坑坑壁。土质紧密时，可在一次挖到基底后，再安装支撑。土质较差易坍时，应分段下挖，直衬板用锤击入土中，随挖随撑，开挖下段时再将直衬板击入(图2—2—2)。直衬板支撑，一般深度在2米左右。

2. 横衬板式坑壁支撑

横衬板式坑壁支撑由横衬板、立木、横撑(或框架)组成，如图2—2—3所示。它适用于较深、较宽的基坑，可在一次挖到底后再行支撑。土质较差时，则应分段开挖和安装支撑，循序渐进，直到基底，如图1—2—4所示。

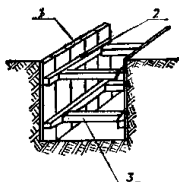


图 1-2-1 直衬板式坑壁支撑
1—直衬板；2—横木；3—横撑。

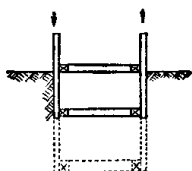


图 1-2-2 直衬板式坑壁分段支撑

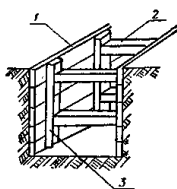


图 1-2-3 横衬板式坑壁支撑
1—横衬板；2—立木；3—横撑。

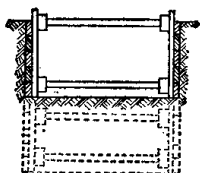


图 1-2-4 横衬板式坑壁分段支撑

在桥梁基础施工中，常采用八字形框架式支撑（图 1-2-5）及人字形框架式支撑（图 1-2-6）形式。各支撑体系均不应妨碍将来墩台身施工空间。



图 1-2-5 八字形框架式坑壁支撑

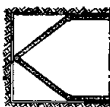


图 1-2-6 人字形框架式坑壁支撑

有旧工字钢或短轨时，可利用它打入土中代替立柱，一面开挖，一面镶入木板。适用于土质不稳定的淤泥、流砂土层，见图 1-2-7。

大基坑无法安装横撑时，可用锚桩式支撑（图 1-2-8）或斜撑式支撑（图 1-2-9）。但要注意锚桩应有足够抗拉能力。立柱、横撑、衬板在需要时，均可用型钢代替。

基坑支撑木衬板，亦可用槽型钢代替（图 1-2-10）。

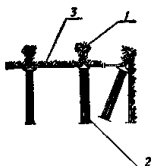


图1-2-7 工字钢坑壁支撑
1—立柱, 2—横撑, 3—衬板。

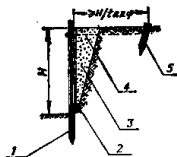


图1-2-8 锚柱式坑壁支撑
1—桩柱, 2—衬板, 3—回填土, 4—拉杆, 5—锚桩。

坑壁支撑计算

土压力可按库伦公式计算, 不计土与衬板间摩擦力。

$$\text{主动土压力} \quad E_a = \gamma h \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

$$\text{被动土压力} \quad E_p = \gamma h \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

式中 γ —坑壁土壤平均天然容重 (吨力/米³);

h —基坑深度 (米);

φ —坑壁土壤平均内摩擦角。

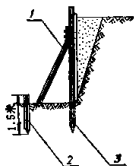


图1-2-9 斜撑式坑壁支撑
1—斜撑, 2—撑柱, 3—立柱。

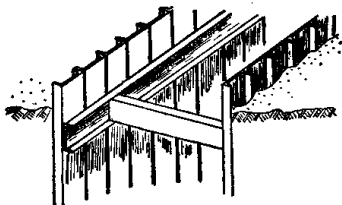


图1-2-10 槽型钢坑壁支撑

横衬板坑壁支撑的计算

一般基坑横衬板支撑的立木间距为1.5~2.0米, 横撑间距随立木强度及基坑工作条件等决定, 一般为1米左右。衬板厚度可核算受力最大的最下一块板来决定。

坑壁支撑为临时结构, 当使用松木时, 其许用挠曲应力为150公斤力/厘米², 许用轴向压应力为140公斤力/厘米², 顶端承压许用应力为110公斤力/厘米², 局部横纹承压许用应力为30公斤力/厘米²。

受压杆计算应考虑纵向挠曲问题。

$$\text{当 } \lambda \leq 75 \text{ 时,} \quad \varphi = 1 - 0.8 \left[\frac{\lambda}{100} \right]^2$$

$$\text{当 } \lambda > 75 \text{ 时,} \quad \varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$$

式中 λ —横撑细长比;

φ —许用压应力折减系数。

横撑在立木上的承压应力常为控制因素, 可采用硬木制作楔木, 以提高其支承能力。

坑壁支撑的施工

坑壁支撑应选用一、二等松木或杉木, 不宜采用杂木。

土压力易因土壤湿度变大而增加, 故应随时检查, 防止出现受力不均和应力集中等情

况。检查时除观察支撑变形开裂等现象外，并可用小锤敲击，按音响判别受力大小。受力小者音钝，受力大者音脆。松木、杉木在受力过大时能自发格格声。对过度受力或变形的支撑，应予加固。加固方法可以打紧受力较小部分的楔木，增加立木及横撑等。

施工中应采取保护措施，防止支撑被碰撞。在横撑密布的基坑中使用机械提升时，应在升降孔内设置垂直护板，保护横撑。

换移支撑时，应先设新撑，后拆旧撑，应按立木或直衬板分段逐步进行。拆除一段并经回填夯实后，再拆上一段。

(三) 喷射混凝土加固基坑

喷射混凝土护壁开挖桥梁基坑，一般适用于渗水量不大，开挖直径一般为6~12米，深度一般在10米以内的基坑。它可以代替放坡开挖或沉井施工，并有施工进度快、挖土数量少、机械设备较简单的优点。

1. 基坑尺寸确定

基坑开挖尺寸，应根据地质资料、估计渗水情况及基础形状确定。考虑到受力条件，以采用圆形基坑为宜。渗水量较少的圆形基础，其开挖直径即为第一层基础直径，如图1-2-11所示。对矩形基础，亦可按圆形开挖，开挖直径为基础最大对角线长度，加上立横板位置所需尺寸。地质情况不稳定且有较多渗水时，除考虑基坑底部四周加设排水沟、集水井外，还应当用 $1:0.07\sim 0.1$ 的边坡考虑地面开挖直径。

2. 基坑开挖和喷护方法

基坑井口应作防护，开挖基坑之前可用图2-2-12a)所示之混凝土环或用弃土护圈，以防止井口地表水或杂物掉入井内。弃土护圈距井口0.5~1.0米，高0.3米，必要时在外侧设排水沟。如排水沟经常流水时，排水沟应喷射混凝土作防护。

一次喷护厚度，取决于土层与混凝土间粘结力及渗水量大小。一次喷护厚度达不到规定值时，应等第一次喷层终凝之后再行补喷，直至达到要求厚度为止（但混凝土表应干净）。

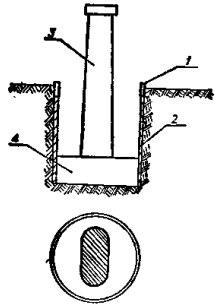


图1-2-11 桥墩圆形基础
1——混凝土环；2——护壁；
3——桥墩；4——基础。

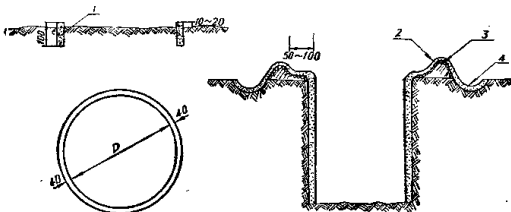


图1-2-12 基坑井口防护

a) 混凝土环防护；

b) 弃土圈防护。

1——混凝土环；2——喷射混凝土护层；3——弃土圈；4——排水沟。

对于稳定土层，一次可以下挖1米或更多；对地质较差土层，每次开挖深度则应减少。

喷射混凝土应由下向上或环形进行，对于涌水坑壁，~~应由上而下进行~~，以保证新混凝土层不致被水冲坏。

3. 喷层厚度确定

喷层厚度决定于地质条件、渗水量大小等因素。根据现场积累的经验，喷层厚度可按表 1—2—3 所列参考数据确定。

喷层厚度参考数据 (厘米)

表 1—2—3

地质条件	渗水情况			地质条件	渗水情况		
	无水基坑	有少量渗水基坑	有大量渗水基坑		无水基坑	有少量渗水基坑	有大量渗水基坑
粉砂、流砂、淤泥	10~15	15 (加少量木桩)	15~20 (加较多木桩及塞草袋竹片)	卵碎石土	3~5	5~8	15~20 (加较多木桩及塞草袋竹片)
砂粘土	5~8	8~10		砂夹卵石	3~5	5~8	18~20
粘砂土	3~5	5~8					

4. 涌水坍方处理

对集中股水或较大渗透水，则喷护应从无水或水量小的地方开始逐步向水大的地方喷射，最后用竹管或胶管将集中股水引到坑底。至于较大涌水或股水，采用上述方法则不能止水。当开挖进入大涌水层，每次下挖深度不宜大于 0.5 米，先挖中心部分，以便水流汇集基坑中心。在开挖周边时，每次向外扩挖 0.4 米左右，随挖随将大小不同略有级配的卵石或片石浆砌回填，使大量涌水从砌石背后流入坑底，从而使表面无较大渗水，即可喷射混凝土，如图 1—2—13 所示。

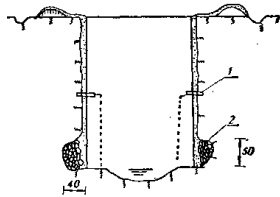


图 1—2—13 用喷射混凝土防止基坑渗水和坍塌
1—水管；2—卵石或片石回填

(四) 混凝土围圈加固基坑

在开挖大型基坑时，除用喷射混凝土法加固基坑壁外，亦可用混凝土围圈法加固坑壁。这种方法适用于粘性土、渗水量较小的地质条件。混凝土围圈可以预制成块，亦可就地立模灌注，深度可达 15 米左右，基坑需做成圆形。

围圈法加固基坑施工方法如下：

1. 先挖槽作地表围圈，围圈深度视土质而定，一般为 1.0~2.0 米，厚度约 0.5 米，如图 1—2—14 a) 所示。

2. 围圈混凝土达到一定强度后，即可开挖基坑，先挖除围圈内①部分。根据土质情况第②部分可开挖 1.0~1.5 米，围圈以下分成若干段开挖，先挖③部分，挖后立即灌注，当第③部分全部灌注完毕后，再挖第④部分，见图 1—2—14 b)。

3. 第二层施工与第一层顺序相同，但开挖段必须与上层纵向错开以承托上部混凝土围圈(图 1—2—14 c)。如此循环施工，一直到达基底。

在地质良好时，最后一层可只交错灌注一半围圈，另一半与封底混凝土同时灌注，以增加基础支承面积(图 1—2—14 d)。