

桥梁施工

QIAOLIANG
SHIGONG

职业技术教育土木工程专业规划教材

ZHIYE JISHU JIAOYU TUMUGONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

涂 兵 主编



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

职业技术教育土木工程专业规划教材

桥梁施工

涂 兵 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简要

本书较全面地介绍了桥梁类型和组成,明挖基础、桩基础、混凝土简支梁桥、混凝土连续梁桥、钢桥、斜拉桥、悬索桥的构造和施工方法,对桥梁施工组织设计也作了简单介绍。

本书为中等职业学校土木工程专业教学用书,突出职业技术教育特点,也可供施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工 /涂兵主编. —成都:西南交通大学出版社, 2010.8
职业技术教育土木工程专业规划教材
ISBN 978-7-5643-0690-8

I. ①桥… II. ①涂… III. ①桥梁工程—工程施工—高等学校:技术学校—教材 IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 113921 号

职业技术教育土木工程专业规划教材

桥梁施工

涂兵 主编

*

责任编辑 张 波

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:19.375

字数:484 千字

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0690-8

定价:32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

前 言

随着我国交通基础设施建设的发展以及桥梁工程新技术、新材料和新型桥梁形式的广泛应用,对桥梁建设人才的需求逐步扩大。本教材全面介绍了桥梁上、下部结构的各种结构形式和施工方法。由于桥梁类型多,施工方法各异,为了便于叙述和学生学习,遵循少而精的原则。本教材以常用的、新型的桥梁结构及桥梁施工技术为主,按桥梁的施工顺序分章编写,力求符合学生的特点和要求。

本教材在编写过程中尽量结合国内的桥梁施工实例,以及规范规定和要求,但由于篇幅的限制,同时桥梁施工技术也因人、因时、因地而变化,本教材只能讲述其中的基本内容和常用方法。在实际教学中可结合具体实例运用多媒体等手段予以补充和提高。

本书由武汉铁路桥梁学校涂兵主编。具体编写分工如下:第一、六章由武汉铁路桥梁学校张颖编写;第四、九章由武汉铁路桥梁学校王春霞编写;第二章由武汉铁路桥梁学校胡凯编写;第三、五、七章由武汉铁路桥梁学校涂兵编写;第八章由大桥局专家杨齐海编写;第十章由大桥局设计院兰阳编写。

限于作者的学识水平,书中不妥之处在所难免,请各位同行不吝批评指正。同时对武汉铁路桥梁学校老师给予的帮助表示感谢。

作 者

2010 年 5 月

目 录

1 明挖基础施工	1
1.1 基坑开挖	1
1.2 基坑排水	14
1.3 基底检验及处理	23
2 桩基础施工	25
2.1 概 述	25
2.2 桩基础的类型及构造	26
2.3 沉入桩施工	31
2.4 挖孔灌注桩施工	34
2.5 钻孔灌注桩	37
2.6 灌注水下混凝土	43
2.7 钻进事故及处理方法	49
3 其他基础施工	54
3.1 围堰施工概述	54
3.2 钢板桩围堰施工	58
3.3 水中墩钢围堰施工	62
3.4 沉井基础施工	68
4 桥梁墩台施工	77
4.1 桥梁墩台类型	77
4.2 模板工程	80
4.3 混凝土施工	87
4.4 高桥墩施工	94
4.5 工程实例（柱箍支撑法施工盖梁）	98
5 简支梁桥施工	102
5.1 混凝土简支梁制造	103
5.2 预应力混凝土简支梁的制造	124
5.3 预应力混凝土简支梁桥的架设	152
5.4 工程实例	175

6 混凝土连续梁的施工	178
6.1 概 述	178
6.2 悬臂浇筑施工法	179
6.3 悬臂拼装施工法	195
6.4 顶推法施工	199
6.5 逐孔施工法——移动模架法	208
6.6 就地浇筑施工	213
7 地道桥施工	219
7.1 概 述	219
7.2 顶进原理与设备	220
7.3 顶进作业	226
8 拱桥的施工	231
8.1 概 述	231
8.2 主拱圈的构造	233
8.3 现浇混凝土拱桥施工	236
8.4 装配式混凝土拱桥施工	243
8.5 钢管混凝土拱桥施工	247
8.6 钢管混凝土拱桥转体（竖转）施工法工程实例	254
9 大跨度桥梁施工	258
9.1 斜拉桥施工	258
9.2 悬索桥施工	272
10 钢 桥	282
10.1 钢结构材料介绍	282
10.2 钢桥的主要结构形式	284
10.3 钢结构的连接	289
10.4 钢桥制造与防腐	293
10.5 钢桥施工方法	298
参考文献	304

1 明挖基础施工

明挖基础又称为扩大基础，是一种直接敞坑开挖就地灌注的浅基础形式。由于施工简便、造价低，只要在地质和水文条件许可的情况下，都应优先选用。明挖基础适用于无水、少水或浅水河流的基础工程，可采用人工开挖或机械开挖。明挖基础施工重点需解决的问题是敞坑边坡稳定及开挖过程中的排水。

1.1 基坑开挖

基坑开挖的工艺流程是：施工方案论证及确定→测量放线并用灰线撒出轮廓线→放坡开挖→井点降水以保持基坑内干燥→使用机械进行基坑开挖→基坑四周设置排水沟、集水坑进行排水→机械开挖至基底设计高程，并预留 30 cm 的高度→人工清理找平基底→基底处理→成品验收。

基坑在开挖前通常需完成下列准备工作：施工场地的清理；地面水排除；临时道路修筑；供电与供水管线的敷设；临时设施的搭建；基坑的放线等工作。

场地清理包括拆除房屋、古墓；拆迁或改建通讯、电力设备、上下水道以及其他建筑物；迁移树木等工作。

场地内低洼地区的积水必须排除，同时应注意雨水的排除，使场地保持干燥，以利基坑开挖。

地面水的排除一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。应尽量利用自然地形来设置排水沟，使水直接排至基坑外，或流向低洼处，再用水泵抽走。主排水沟最好设置在施工区域的边缘或道路的两旁，其横断面和纵向坡度应根据最大流量确定。一般排水沟的横断面不小于 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ ，纵向坡度一般不小于 3‰。平坦地区，如出水困难，其纵向坡度不应小于 2‰，沼泽地区可降至 1‰。在基坑开挖过程中，要注意排水沟保持畅通，必要时应设置涵洞。

1.1.1 基坑底部工作面

基坑大小应满足基础施工的要求，有渗水土质的基坑坑底尺寸，应根据排水设计（包括排水沟、集水坑、排水管网等）和基础模板设计所需基坑大小而定，一般基底应比设计平面尺寸各边增宽 50 ~ 100 cm，如图 1.1 所示。

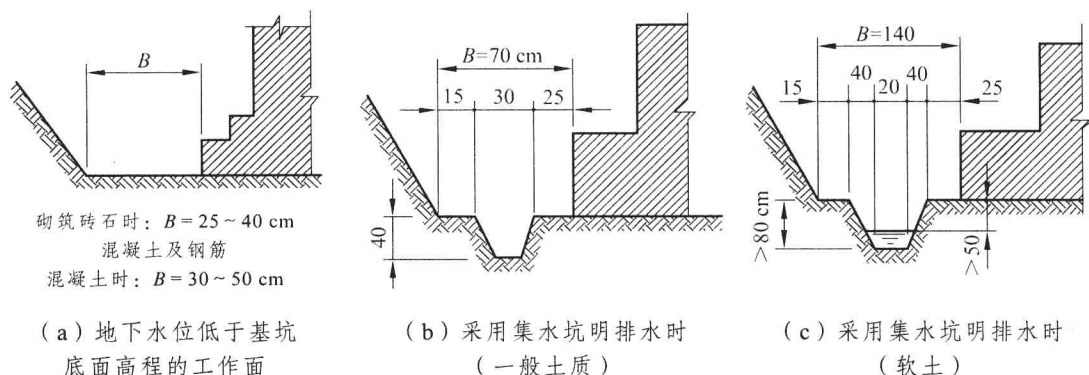


图 1.1 基坑底部工作面

1.1.2 土方边坡及其稳定

1. 土方边坡

为了防止塌方, 保证施工安全, 在开挖深度超过一定限度时, 均应在其边沿做成一定坡度的边坡。

土方边坡坡度是以其高度 H 与宽度 B 之比来表示, 如图 1.2 所示, 为 $1:m$, 即:

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1:m$$

式中, $m = B/H$, 称为坡度系数。其意义为: 当边坡的高度 H 为已知时, 边坡的宽度则等于 $m \cdot H$ 。

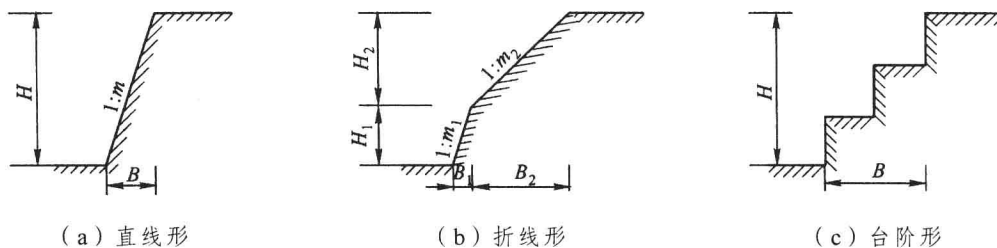


图 1.2 土方边坡

土方边坡可根据各层土质以及土体所受的压力, 其边坡可做成直线形、折线形和台阶形。合理地选择基坑边坡是减少土方量的有效措施。

2. 边坡的稳定

基坑边坡的稳定主要是由于土体内土颗粒之间存在摩阻力和内聚力, 从而使土体具有一定的抗滑力来保持。当土体的下滑力大于抗滑力, 边坡就会失去稳定而发生滑动, 这种滑动一般是在一定范围内整体沿某一滑动面向下和向外移动。一旦土体失去平衡, 土体就会塌方, 这不仅会造成人身安全事故, 同时会影响工期, 有时还会危及邻近建筑物的安全。

基坑边坡的失稳往往是在外界不利因素影响下触发和加剧的。这些外界不利因素往往会

导致土体剪应力的增加或抗剪强度的降低。

引起土体剪应力增加的因素主要有：

- ① 坡顶上堆积物、行车等荷载；
- ② 雨水或地面水渗入土中使土中的含水量增加而造成土的自重增加；
- ③ 地下水的渗流产生一定的动水压力；
- ④ 土体的竖向裂缝中的积水产生侧向静水压力；
- ⑤ 边坡过陡，土体本身稳定性不够。

引起土体抗剪强度降低的因素主要有：

- ① 土质本身较差或因气候影响使土质松软；
- ② 体内含水量增加而使土体内聚力降低、产生润滑作用；
- ③ 饱和的细砂、粉砂因受振动而液化等。

为防止边坡失稳，可采取如下措施：

- ① 放足边坡，不同土质可采用不同坡度（图 1.3（a））；
- ② 填压坡脚（图 1.3（b））；
- ③ 禁止坡角挖土（图 1.3（c））；
- ④ 禁止坡顶大量堆载（图 1.3（d））。

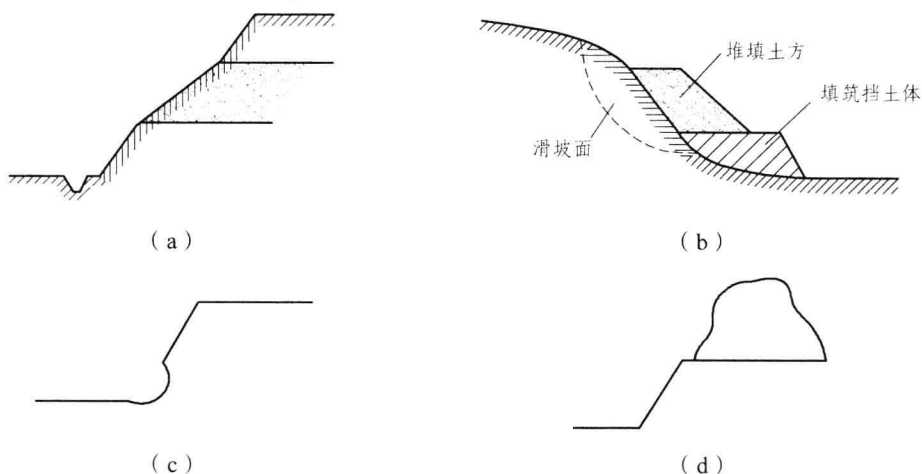


图 1.3 防止边坡失稳措施

1.1.3 基坑开挖的方式

基坑开挖的方式与基础的埋置深度、地基土的性质、施工周期的长短有关。可分为无支护开挖和支护开挖。

1.1.3.1 坑壁不加支护的基坑

当所需开挖的基坑位于无地表水或地下水位低、渗水量少处时；当基坑较浅（一般在 5 m 以内）、施工周期短，并且不影响邻近建筑物的安全时，可采用坑壁不加支护的基坑开挖方式。

不加支护的基坑开挖时，坑壁依靠土体本身的抗剪强度，或采取适量放坡的方式来解决边坡的稳定。

基坑开挖时，坑壁的形式有垂直式、斜坡式和踏步式等，如图 1.4 所示。

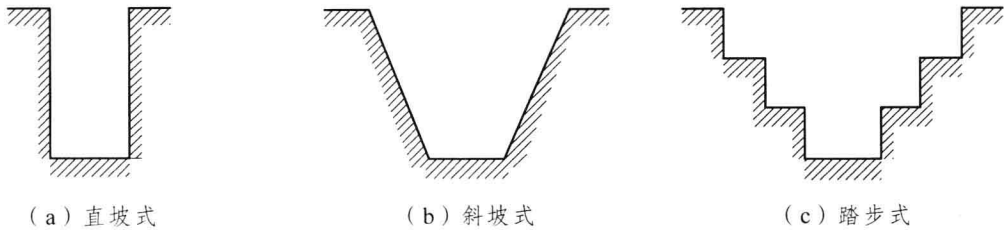


图 1.4 基坑形式

1. 垂直坑壁基坑

当基础土质均匀，地下水位低于基坑，基坑顶边缘无荷载，土体处于半干硬或硬塑状态时，可采用坑壁不加支护而垂直开挖的方法，但开挖深度不宜超过表 1.1 的数值。

表 1.1 垂直开挖深度

土 质 情 况	开挖深度的限值/m
松软的砂土、碎石土、淤泥质土、人工填土	0.75
中等密实的轻亚黏土、亚黏土	1.25
密实的黏土	1.50
坚硬的黏性土	2.00

如果坑壁垂直开挖超过挖深限值时，可采取踏步式坑壁开挖法或考虑放坡开挖，以及做成直立壁加支撑。

2. 斜坡坑壁基坑

在天然土层上挖基坑，若深度在 5 m 以内，施工期较短，基底处于地下水位以下，且土的湿度正常，构造均匀时，可采用放坡开挖。其边坡坡度可参照表 1.2 所列数值。

表 1.2 基坑坑壁坡度

土的类别	坑 壁 坡 度		
	基坑顶缘无荷载	基坑顶缘有静荷载	基坑顶缘有动荷载
砂类土	1 : 1	1 : 1.25	1 : 1.5
碎石类土	1 : 0.75	1 : 1	1 : 1.25
黏砂土	1 : 0.67	1 : 0.75	1 : 1
砂黏土	1 : 0.33	1 : 0.5	1 : 0.75
黏土带有石块	1 : 0.25	1 : 0.33	1 : 0.67
未风化页岩	1 : 0	1 : 0.1	1 : 0.25
岩石	1 : 0	1 : 0	1 : 0

如果基坑开挖通过不同的土层时,可按土层分层选定边坡坡度,并留出至少 0.5 m 宽的台阶。若土的湿度过大,引起坑壁坍塌时,坑壁坡度应采用该湿度下土的天然坡度。

3. 施工注意事项。

(1) 在无水土质基坑底面,基坑平面尺寸每边放宽 0.5 ~ 1.0 m 或模板施工要求的宽度。对有水基坑底面,应预留四周开挖排水沟或汇水井的位置,每边放宽 0.8 ~ 1.2 m。但如果采用坑壁为土模灌注混凝土时,基底尺寸为基础轮廓。

(2) 坑顶边缘应留有护道,避免在此范围内加载,以保持顶边稳定。静载距坑缘不小于 0.5 m,动载距坑缘不小于 1.0 m。在垂直坑壁坑缘顶面的护道还应适当增宽,荷载距坑缘距离应满足不使土体坍塌为限。

(3) 基坑应尽量安排在枯水或少雨季节施工。基坑开挖不宜间断,应连续施工并进行基础混凝土的灌注施工。

(4) 基坑宜用原土及时回填,对桥台及有河床铺砌的桥墩基坑,均应分层夯实。

1.1.3.2 加固坑壁的基坑

基坑放坡开挖比较经济,但在建筑稠密地区施工,有时不允许按要求放坡的宽度开挖,或有防止地下水渗入基坑的要求,就需要用支护结构支撑土壁,以保证施工的顺利和安全,并减少对相邻已有建筑物等的不利影响。

常用的支撑方法有:

(1) 横撑式支撑:分为水平式支撑和垂直式支撑(图 1.5)。

水平式支撑:断续或连续的挡土板水平放置。断续式水平挡土板支撑,适于能保持直立壁的干土或天然湿度的黏土,深度在 3 m 以内。连续式水平挡土板支撑,适于较潮湿的或散粒的土,深度在 5 m 以内。

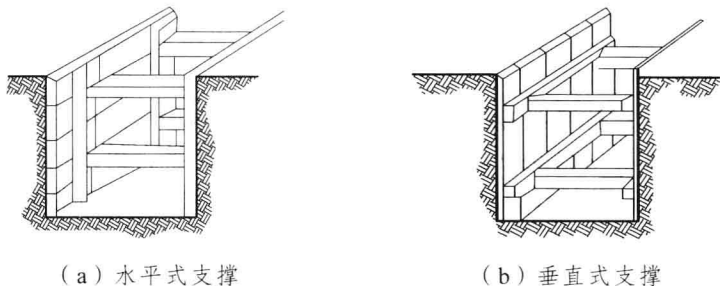


图 1.5 横撑式支撑

垂直式支撑:断续或连续的挡土板垂直放置。适于土质较松散或湿度很高的土,地下水较少,深度不限。

常用的支撑设备有:木撑板、钢撑板、铁撑柱、木撑头等(图 1.6)。

(2) 锚拉支撑:水平挡土板支在柱桩的内侧,柱桩一端打入土中,另一端用拉杆与锚桩拉紧,锚桩必须设在土的破坏范围以外,在挡土板内侧回填土。适用于开挖面积较大、深度不大的基坑或使用机械挖土的基坑。如图 1.7(其中, φ 为土的内摩擦角)。

(3) 斜柱支撑:开挖较大基坑或使用机械挖土而采用锚固支撑有困难时(如近旁建筑影响时)使用,如图 1.8 所示。

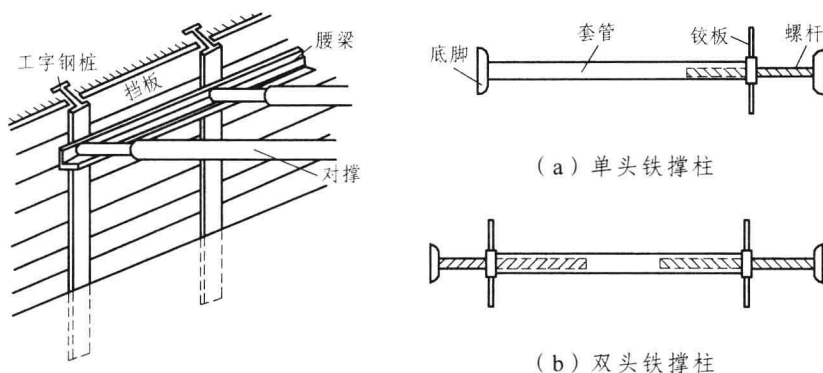


图 1.6 支撑设备示意图

(4) 短柱间隔支撑：打入短木桩，部分打入土中，部分露出地面，钉上水平挡土板，在背面填土。适于开挖宽度大的基坑，当部分地段下部放坡不够时使用，如图 1.9 所示。

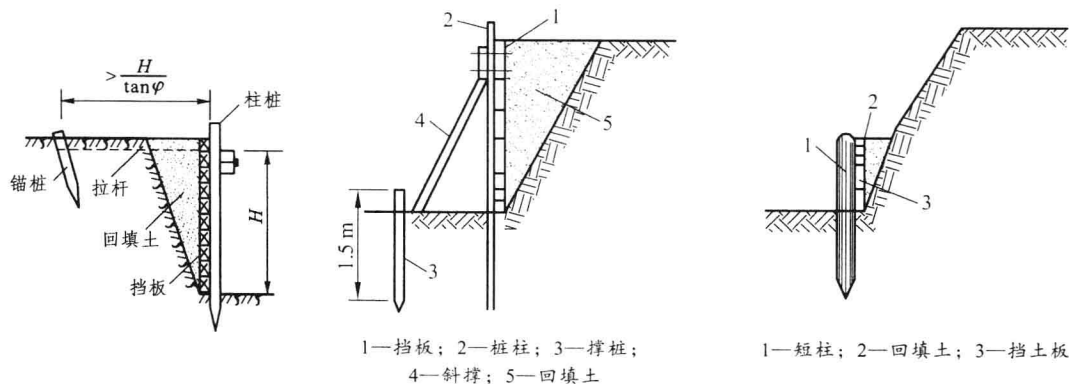


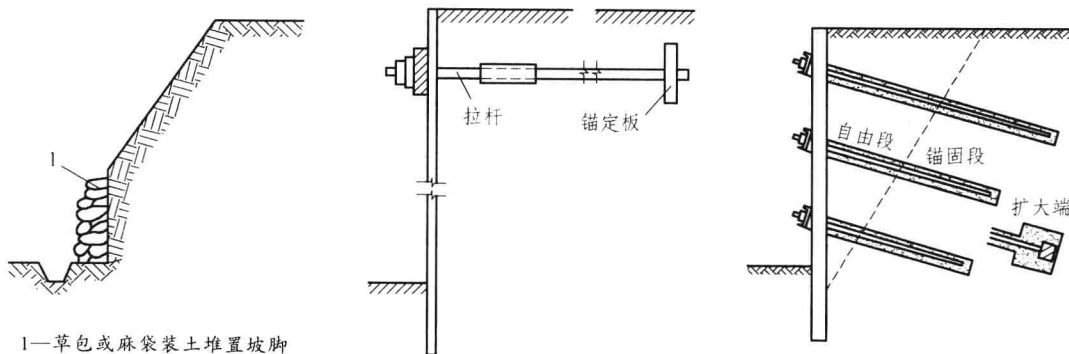
图 1.7 锚拉支撑

图 1.8 斜柱支撑

图 1.9 短柱间隔支撑

(5) 临时土袋护壁：基坑坡脚临时防坍或放坡不足而作局部护壁，如图 1.10 所示。

(6) 锚撑：如果基坑太宽或为避免顶撑对坑内施工的干扰，可采用锚撑。锚撑可由拉杆和锚定桩或锚定板组成，称为拉杆锚定，如图 1.11 所示；也可在坑壁钻孔，放进钢丝束或钢筋，再压注水泥砂浆而成锚杆拉撑，如图 1.12 所示。



1—草包或麻袋装土堆置坡脚

图 1.10 临时土袋护壁

图 1.11 拉杆锚定

图 1.12 锚杆拉撑

(7) 钢板桩支撑：挖土之前在基坑的周围打入钢板桩或钢筋混凝土板桩，板桩入土深度及悬臂长度应经计算确定，如基坑深度较大，可加水平支撑。适于一般地下水位较高的黏性或砂土层中应用（图 1.13）。

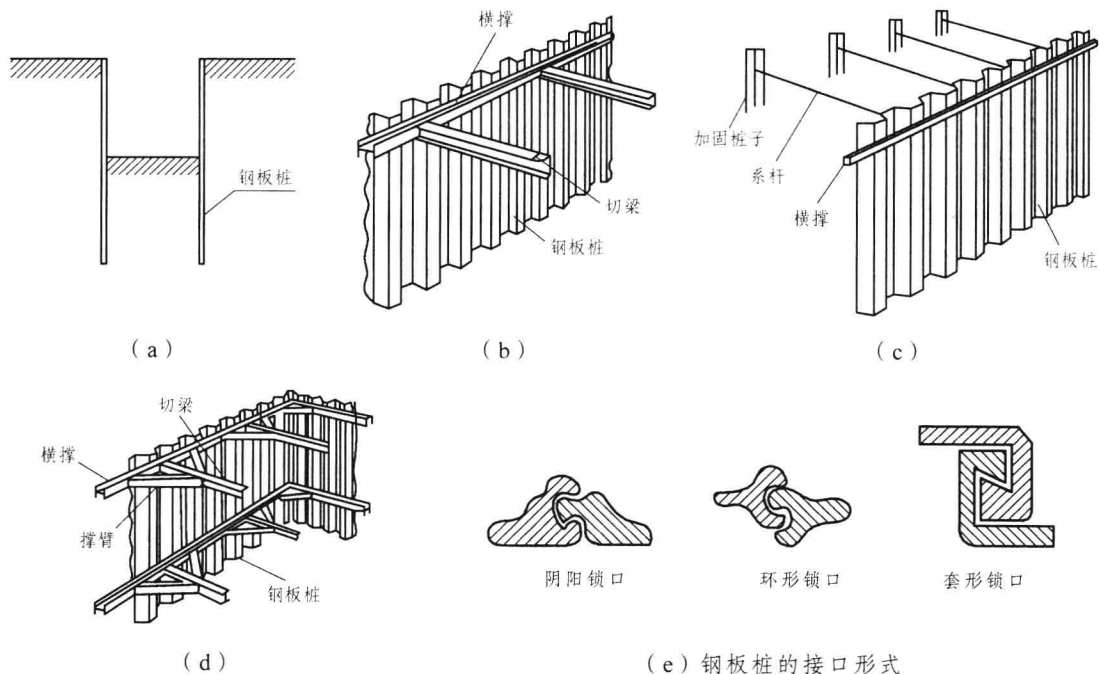


图 1.13 钢板桩支撑

采用定型规格的钢板桩时应特别注意接口类型一致，否则须事先加以焊接转换接口形式。钢板桩与钢板桩的接口须连锁紧密，图 1.13 (e) 为三种接口形式，施工时可按钢板桩的不同规格、类型进行接口。

(8) 大型钢构架横撑：在开挖的基坑周围打钢板桩或钢筋混凝土桩，在柱位置上打入暂设的钢柱，在基坑中挖土，每下挖 3~4 m，装上一层钢构架支撑体系，挖土在钢构架网格中进行，亦可不预先打下钢柱，随挖随接长支柱。适于在饱和和软弱土层中开挖较大、较深基坑，钢板桩刚度不够时采用，见图 1.14。

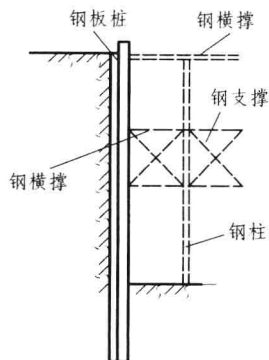


图 1.14 刚构架横撑

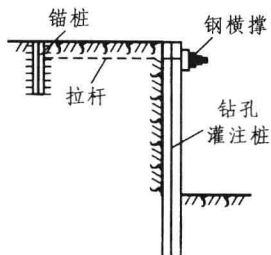


图 1.15 钻孔灌注桩支撑

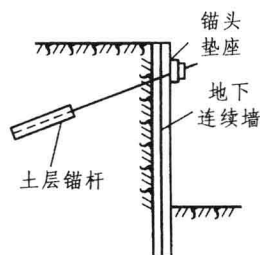


图 1.16 地连墙与土层锚杆结合支护

(9) 钢筋混凝土灌注桩支撑: 在开挖的基坑周围, 现场灌注钢筋混凝土桩, 达到强度后, 在基坑中间用机械或人工挖土, 下挖 1 m 左右装上横撑, 在桩背面装上拉杆与已设锚桩拉紧, 然后继续挖土至要求深度。在桩间土方挖成外拱形, 使之起土拱作用。如基坑深度小于 6 m, 或邻近有建筑物, 亦可不设锚拉杆, 采取加密桩距或加大桩径处理。适于开挖较大、较深 ($>6\text{ m}$) 基坑, 临近有建筑物、不允许支护, 背面地基有下沉、位移时采用。见图 1.15。

(10) 地连墙加锚杆支护: 在基坑周围现浇地下连接墙, 开挖土方至锚杆部位, 用锚杆钻机在要求位置钻孔, 放入锚杆, 进行灌浆, 待达到强度, 装上锚杆横梁, 或锚头垫座, 然后继续下挖至要求深度, 根据需要锚杆可设 2~3 层, 每挖一层装一层, 采用快凝砂浆灌浆。适于开挖放大、较深 ($>10\text{ m}$)、不允许内部设支撑、有地下水的大型基坑。见图 1.16。

(11) 锚喷支护: 由锚杆和喷射混凝土面板组成的支护。锚杆和喷射混凝土与围岩共同形成一个承载结构, 可有效地限制围岩变形的自由发展, 调整围岩的应力分布, 防止岩体松散坠落。它可用做施工过程中的临时支护, 在有些情况下, 也可以不必再做永久支护或衬砌。根据围岩的地质条件, 可以采用多种支护形式: ① 单独采用锚杆, 一般只用于局部; ② 单独采用喷射混凝土, 有时也只用于局部; ③ 锚杆结合喷射混凝土, 多用于地下洞室的顶拱和边墙; ④ 锚杆和喷射混凝土, 加设单层或双层钢筋网, 可提高喷层抗拉强度和抗裂能力, 从而提高支护能力; ⑤ 锚喷加金属网, 并在喷层内加设工字钢等型钢做成的肋形支撑。上述各种形式的锚喷支护, 所采用的锚杆根数、深度、间距, 喷层的厚度以及金属网和肋形支撑的尺寸等, 均要根据实际情况确定。为搞好支护还需要进行围岩变位和变形等现场量测工作。锚喷支护常紧跟开挖掘进, 平行作业, 特别是在隧洞或地下厂房施工中采用分部开挖的方式时, 可随着开挖断面的扩大, 边挖边喷, 直至全断面完成, 如图 1.17 所示。

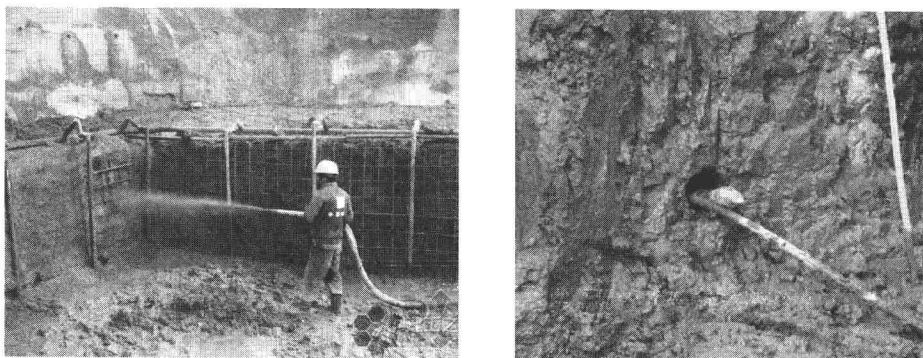


图 1.17 锚喷支护

1.1.4 基坑开挖的机械化施工

基坑土方的开挖, 通常有人工、半机械化、机械化和爆破等数种方法。力争机械施工, 以减轻繁重的体力劳动并加快施工速度。采用机械挖土时, 由于不能准确地挖至设计高程, 往往会使基土遭受破坏, 因此, 要预留 200 mm (铲运机) 或 300 mm (挖土机) 土层由人工铲除。

土方工程施工机械的种类繁多, 有推土机、铲运机、平土机、松土机、单斗挖土机及多斗挖土机和各种碾压、夯实机械等。而在土木工程施工中, 尤以推土机、铲运机和单斗挖土机应用最广, 也具有代表性。现将推土机、铲运机、单斗挖土机等施工方法予以介绍。

1. 推土机施工

推土机（见图 1.18），按铲刀的操纵机构不同可分为索式和液压式两种：索式推土机的铲刀系借其本身自重切入土中，因此在硬土中切土深度较小。液压式推土机使铲刀强制切入土中，故切土深度较大；此外，还可调整铲刀的切土角度，灵活性大，是目前常用的一种推土机。



图 1.18 推土机

推土机的特点是：构造简单，操纵灵活，运转方便，所需工作面较小，功率较大，行驶速度快，易于转移，能爬 30° 的缓坡。适用于挖土深度不大的场地平整，铲除腐殖土并运送到附近的弃土区；开挖深度不大于 1.5 m 的基坑；回填基坑和沟槽；堆筑高度在 1.5 m 以内的路基、堤坝；平整其他机械卸置的土堆；推送松散的硬土、岩石和冻土；配合铲运机进行助铲；配合挖土机施工，为挖土机清理余土和创造工作面。此外，将铲刀卸下后，还能牵引其他无动力的土方施工机械，如拖式铲运机、松土机、羊足碾等，进行土方其他施工过程的施工。推土机的运距宜在 100 m 以内，当推运距离为 40 ~ 60 m 时，最能发挥其工作效能。

为了提高推土机的生产率，必须增大铲刀前的土壤体积，减少推土过程中土壤的散失，缩短切土、运土、回程等每一工作循环的延续时间。为此，常用的施工方法见表 1.3。

表 1.3 使用推土机推土的施工方法

下坡推土法	分批集中，一次推送法	并列推土法	沟槽推土法	斜角推土法
推土机顺地面坡势进行下坡推土，可以借机械本身的重力作用，增加铲刀的切土力量，因而可增大推土机铲土深度和运土数量，提高生产效率	在较硬的土中，推土机的切土深度较小，一次铲土不多，可分批集中，再整批地推送到卸土区	在较大面积的平整场地施工中，采用两台或三台推土机并列推土，能减少的散失。并列推土时，铲刀间距 15 ~ 30 cm。并列台数不宜超过四台，否则互相影响	就是沿第一次推过的原槽推土，前次推土所形成的土埂能阻止土的散失，从而增加推运量	将铲刀斜装在支架上，与推土机横轴在水平方向形成一定角度进行推土。一般在管沟回填且无倒车余地时，可采用这种方法

2. 铲运机施工

铲运机有自行式铲运机和拖式铲运机两种。自行式铲运机（图 1.19）的行驶和工作都靠本身的动力设备，不需要其他机械的牵引和操纵。拖式铲运机是由拖拉机牵引，工作时亦靠拖拉机上的卷扬机或油泵进行操纵，所以，拖式铲运机又分为液压式或索式两种。



图 1.19 铲运机

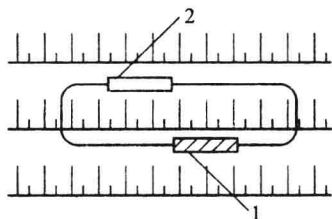
铲运机的特点是：能独立完成铲土、运土、卸土、填筑、压实等工作。对行驶道路要求较低，行驶速度快，操纵灵活，运转方便，生产率高。它适用于大面积场地平整，开挖大型基坑、沟槽，以及填筑路基、堤坝等工程。铲运机可铲含水量不大于 27% 的松土和普通土，但不适于在砾石层、冻土地带和沼泽区工作。当铲运较坚硬的土壤时，宜先用松土机把土翻松 0.2 ~ 0.4 m，以减少机械磨损，提高生产率。

在土木工程中，常使用的铲运机的铲斗容量为 $2.5 \sim 8 \text{ m}^3$ ；最大可自行式铲运机的经济运距为 800 ~ 1 500 m，达 3 500 m；拖式铲运机的运距以 600 m 为宜，当运距为 200 ~ 350 m 时效率最高，如果采用双联铲运或挂大斗铲运时，其运距可增加到 1 000 m。运距愈长，生产率愈低，因此，在规划铲运机的运行路线时，应力求经济运距的要求。

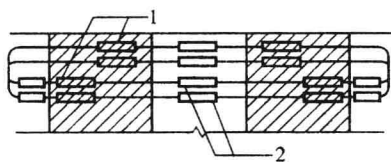
(1) 铲运机的开行路线。

由于挖填区的分布不同，根据具体条件，选择合理的铲运路线，对生产率影响很大。

① 环形路线。施工地段较短、地形起伏不大的挖、填工程，适宜采用环形路线。当挖土和填土交替，而挖填之间距离又较短时，则可采用大环形路线。大环形路线的优点是一个循环能完成多次铲土和卸土，从而减少了铲运机的转弯次数，提高了工作效率。见图 1.20。



(a) 环形路线

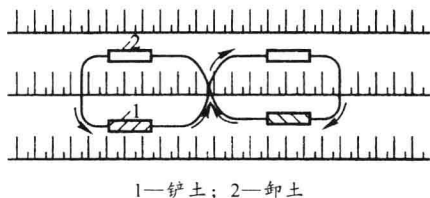


(b) 大环形路线

1—铲土；2—卸土

图 1.20 环形路线

② 8 字形路线。对于挖、填相邻地形起伏较大，且工作地段较长的情况，可采用“8”字形路线（图 1.21）。其特点是铲运机行驶一个循环能完成两次作业，而每次铲土只需转弯一次，比环形路线可缩短运行时间，提高生产效率。同时，一个循环中两次转弯方向不同机械磨损较均匀。



1—铲土；2—卸土

图 1.21 “8” 字形路线

(2) 铲运机铲土的施工方法。

① 下坡铲法土。应尽量利用有利地形进行下坡铲土。这样,可以利用铲运机的重力来增大牵引力,使铲斗切土加深,缩短装土时间。一般地面坡度以 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 为宜。

② 跨铲法。预留土埂,间隔铲土的方法。可使铲运机在挖两边土槽时减少向外撒土量,挖土埂时增加了两个自由面,阻力减小,铲土容易,土埂高度应不大于 300 mm,宽度以不大于拖拉机两履带间净距为宜。

③ 助铲法。在较坚硬的土层中用推土机助铲,可加大铲刀切削力、切土深度和铲土速度。助铲间歇,推土机可兼作松土、平整工作。

④ 双联铲运法。当拖式铲运机的动力有富裕时,可在拖拉机后面串联两个铲斗进行双联铲运。对坚硬土层,可用双联单铲,即一个土斗铲满后,再铲另一土斗;对松软土层,则可用双联双铲,即两个土斗同时铲土。

⑤ 挂大斗铲运。在土质松软地区,可改挂大型铲土斗,以充分利用拖拉机的牵引力来提高工效。

当场地为 I ~ III 类土的丘陵地带、挖土高度一般在 3 m 以上、运输距离超过一公里,且工程量大而集中时,可采用挖土机挖土,配合自卸汽车运土,并在卸土区配备推土机平整土堆。

3. 单斗挖土机施工

挖土机是大型基坑开挖中最常用的一种机械。按其行走机构不同可分为履带式和轮胎式;按其传动方式有机械传动和液压传动。单斗挖土机根据其工作需要可更换其工作装置。按其工作装置不同,又可分为正铲、反铲、抓铲、拉铲等,见图 1.22。

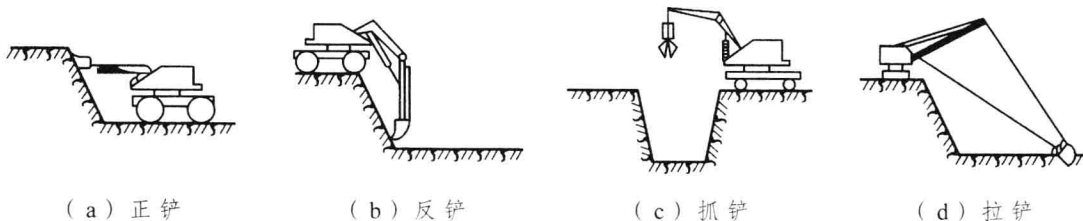


图 1.22 单斗挖土机工作装置的类型

(1) 正铲挖土机施工。

正铲挖土机的挖土特点是:“前进向上,强制切土。”如图 1.23 所示。其挖掘力大,生产率高,能开挖停机面以上的 I ~ IV 级土,宜用于开挖高度大于 2 m 的干燥基坑,但需设置上下坡道。



图 1.23 RH400 液压挖掘机