

地基与基础施工

毛洪渊 于文著 编著

中国铁道出版社

2002年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书系统介绍了地基与基础工程施工的原理与技术。主要包括:常用施工机械、天然地基上的浅基础施工、地下水与人工降低地下水位、深基础施工支护、深基坑开挖、地下室大体积混凝土后浇带施工及支撑换撑、深基坑施工监测、沉井施工、水下混凝土施工、逆作法施工,以及信息化施工等。内容翔实、实用,贴近工程实践。

本书可供土建专业和岩土工程专业的勘察、设计、施工人员及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础施工/王洪渊,于文著编者. —北京:中国铁道出版社,2002.2

ISBN 7-113-04425-5

I. 地… II. ①王… ②于… III. ①地基—工程施工—施工技术 ②基础(工程)—工程施工—施工技术
IV. TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 080552 号

书 名:地基与基础施工

著作责任者:毛洪渊 于文著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:于文著

责任编辑:许士杰 编辑部电话:路电(021)73142,市电(010)51873142

封面设计:陈东山

印刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:496 千

版 本:2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2 000 册

书 号:ISBN 7-113-04425-5/TU·681

定 价:46.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:路电(021)73169,市电(010)63545969

前 言

建筑施工中,其分部工程之一的地基与基础施工,占用工期长,耗费的资金也多(最多时能达到总投资的 $1/4\sim 1/3$)。地基与基础施工工艺是否合理,不仅影响到施工是否安全及经济效益的好差,同时还在施工期内对临近的建筑物的安全产生影响。而其施工质量又将对其所承托的新建筑物的结构稳定、安全使用起极其重要的作用。

因此,在地基与基础施工中(尤其是深基坑施工中),详尽地了解各种地基加固及边坡支护方法,从而根据不同的地层情况、不同的开挖深度、宽度和施工周期,采用合理的施工工艺和方法,选用适当的施工机械,减少了盲目性,有预见性地考虑各种问题,是地下工程安全而顺利进行的基本保证,并同时也将使施工者获得较好的经济效益。

本书根据编者多年的施工经验和有关新的理论、新的施工技术和方法以及有关规范编写而成。其内容包括地基及基础施工的一般方法,深基坑的开挖、边坡支护、深基坑降水、各种条件下大体积混凝土水化热及其与大气温差的控制方法等,书中还对深基坑边坡及其支护变形监测的仪器、仪表及使用方法也进行了详尽地介绍。

本书由毛洪渊(中建六局)、于文著(中国铁道出版社)主编;葛黎(青岛市建筑工程管理局)副主编。其他参加人员分工如下:

- | | |
|----------|-----------------|
| 第一章 | 于周军(青岛市建筑工程管理局) |
| 第二章第一节 | 周丽芹(青岛海洋大学工程学院) |
| | 方 英(青岛光正建设集团) |
| 第二章第二节 | 周文钢(青岛光正建设集团) |
| | 韦 艺(中建六局) |
| 第三章第一、二节 | 葛安亮(青岛海洋大学) |
| 第三章第三节 | 毛志珍(青岛建信工程事务所) |
| 第三章第五节 | 曲国红(青岛裕源集团公司) |
| 第四章第一节 | 张养智(中建六局) |
| 第四章第三节 | 刘吉彬(中建六局) |

由于水平和经验所限,书中的错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

二〇〇二年二月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 基础施工的一般方法	1
第二节 深基础施工法	2
第三节 地下工程施工的其他方法	7
第四节 地下建筑施工监测与施工信息化	9
第五节 地基与基础施工中存在的问题及其改进对策	9
第六节 深基坑施工组织设计应注意的问题	10
第二章 基础施工的一般方法	12
第一节 常用施工机械	12
一、单斗挖掘机	12
二、装 载 机	22
三、自卸汽车	26
四、空气压缩机	40
五、凿 岩 机	47
六、锚杆钻孔施工用工程钻机	55
七、混凝土喷射机	58
八、压实机械	67
九、灰 浆 泵	73
十、锚杆张拉设备	76
十一、千 斤 顶	79
十二、水 泵	83
第二节 天然地基上的浅基础施工	87
一、基础施工测量	87
二、土壤及岩石分类和分级	94
三、土方开挖及回填	99
四、石屑垫层和砂石垫层	117
五、灰土地基	119
六、钢筋混凝土基础施工	121
七、砖砌基础施工	144
八、毛石基础砌筑施工	146
第三章 深基坑施工法	150
第一节 地下水与人工降低地下水位	150
一、地下水流的基本特性	150
二、人工降低地下水位的原理和参数计算	153

三、人工降低地下水位	165
第二节 深基坑支护施工	179
一、基坑开挖中容易出现的问题及应变措施、原因分析	179
二、深基坑支护类型及各类支护结构选择应注意的事项	182
三、深基坑支护施工	185
第三节 深基坑土方开挖施工	239
第四节 地下室大体积混凝土施工、后浇带及换撑施工	244
一、地下室大体积混凝土施工	244
二、基坑支护内支撑的拆除施工	254
三、后浇带施工	258
第五节 深基坑施工监测	261
一、工程监测的目的及内容	262
二、监测设备及使用方法	262
三、监测项目的临界值	267
四、监测的实施	267
第四章 特殊条件下的基础施工	271
第一节 沉井施工	271
一、沉井类型	271
二、沉井施工的一般规定及下沉标准	271
三、沉井施工准备和沉井施工	272
四、浮式沉井	280
五、沉井偏差原因及预防措施、沉井防偏纠偏	285
第二节 水下混凝土施工	286
一、概 述	286
二、水下混凝土(砂浆)拌合物的技术要求	287
三、水下不分散混凝土	289
四、沉井水下压浆混凝土封底	290
第三节 逆作法施工	292
一、逆作法施工特点、工艺及方法	292
二、半逆作法施工特点、工艺及方法	297
第四节 工程实例	303
实例一 陡河电厂水泵房沉井施工	303
实例二 恒积大厦逆作法施工	305
实例三 天信国际金融培训大厦半逆作法施工	307
参考文献	310

第一章 概 论

第一节 基础施工的一般方法

一、基础施工的特点

基础施工与结构物的结构形式、埋设深度、工程地质及水文地质条件、周围环境、施工条件及施工者的经验、工期、气候等因素密切相关。其中尤其因各地的地质条件不同,而使施工方法的难易程度大不相同。如在一些内陆地区,地下水埋藏深、土质很好,基础埋深又较浅,则基础工程施工就非常简单。在这些地区,甚至于一些深基础施工也很简单。石家庄地区,地下水埋深在30 m以下,曾在无任何支护、基坑挖深达8 m的情况下成功地进行基础施工。相反,在一些地下水很浅的软土地区如天津、上海等沿海地区施工,情况就复杂得多。稍有疏忽,就会给施工带来困难,甚至失败。因此在制定施工方案时,必须全面考虑上述诸因素。除了必要的理论分析和计算以外,经验也是相当重要的。当地某些失败的施工事故教训,尤其值得参考。

近20年来,由于高层建筑及地下工程的兴起,大面积、深基坑(一般指坑深超过6 m)工程越来越多。密集建筑物、大深度的基坑及其周围复杂的地下设施,使得放坡开挖这一既便当又经济的传统施工技术,已不能满足现代建筑的需要,其原因主要有下述几点:

- (一)建筑趋向高层化、基坑向大深度方向发展;
- (二)基坑开挖面积大,给支撑带来困难;
- (三)软弱地基开挖,会产生位移和沉降,对周围建筑物、地下构筑物、管线造成影响;
- (四)相邻场地的打桩降水、挖土等施工会发生相互制约与影响;
- (五)施工周期长,场地狭窄、重物堆放等环境影响,对基坑稳定不利;
- (六)基坑埋深往往不同,如主楼较深而裙楼较浅,施工中应按先深后浅的顺序进行。有时也可先挖一部分浅坑再打悬臂式桩,或桩加支撑进行深基坑的开挖;
- (七)一般都要采用降水措施,这样既可减少支护桩的侧压力,又可避免坑底隆起或流沙涌土;
- (八)支护结构常有位移或弯曲等。

二、基坑施工内容

一般地说,浅埋独立基础、条形基础或伐基,其主要施工工作内容包括:

- (一)基础的定位和放线;
- (二)地基加固、桩基础施工;
- (三)基坑(槽)的开挖;
- (四)简单支撑和浅层明沟排水;
- (五)验槽和基底土的局部处理;

- (六)砌筑砖基础或钢筋混凝土独立基础、浅基或条形基础；
- (七)基坑回填。

深基础施工的工作内容,除上述之外,一般还应包括:

1. 在主动区或被动区地基灌浆加固；
2. 进行基坑工程降水；
3. 实施基坑变形监测,信息化施工；
4. 抓好大体积混凝土浇筑的施工及温度控制,后浇带处理；
5. 做好地下防水层施工。

深基坑施工内容见施工程序框图 1.1.1。

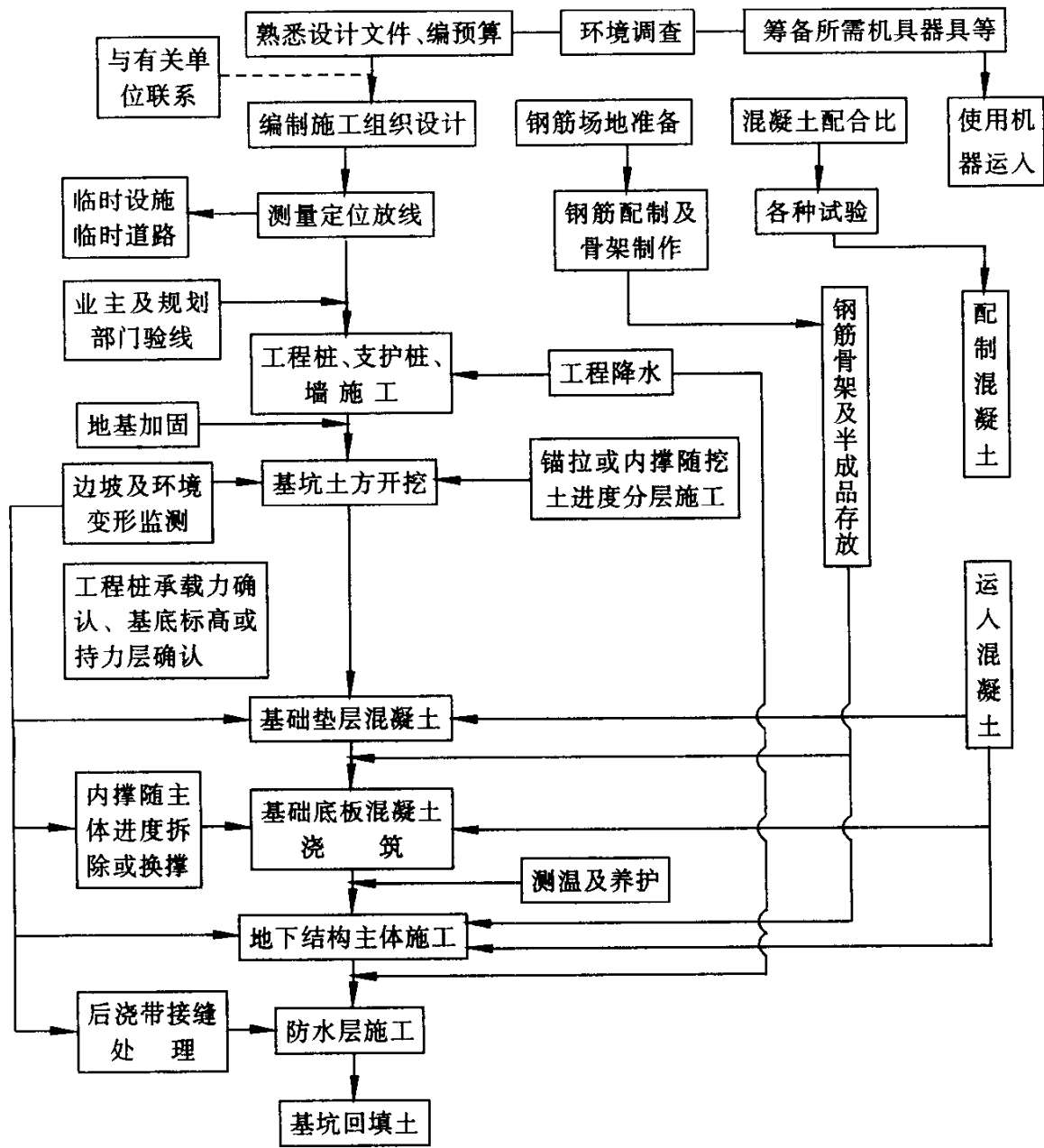


图 1.1.1 深基坑施工程序框图

第二节 深基础施工法

深基坑及其基础施工、支护体系的设计和施工质量、基坑挖土顺序和支护体系的锚、撑配合施工,直接影响着边坡的稳定、工期和利润的实现。而大体积混凝土的合理浇灌及其温度控制,则直接关系到结构的施工质量。

深基坑的支护、施工方案必须认真、慎重制定和执行。而这又是根据工程所在地的地质条件、环境情况相结合而产生的。因此,在施工前期的准备工作中,应认真地进行现场调查。

一、了解现场施工条件

(一)根据施工现场所处地段的交通、行政、商业及特殊情况,了解是否允许在整个施工期间进行全封闭施工或阶段性封闭施工。如工地处于交通要道处,政府部门给予的封闭时间是有限的、阶段性的。此时基础开挖施工采用逆作业法、部分逆作业法或分区施工,对满足交通要求将是很有利的。

(二)了解所处地段是否对基坑周围结构及开挖支撑施工的噪音和振动有限制。以决定是否可采用锤击式打入桩及爆破方式进行围护桩施工、基岩凿除和支撑拆除。

(三)了解所处地段基坑开挖施工是否有场地可供钢筋制作、混凝土搅拌场地的设置、施工车辆进出及布置车道和土方材料堆场。如场地不能满足常规的基坑施工要求,则必须采取相应的施工方案。

(四)了解当地的常规施工方法和施工单位的施工设备、施工技术、在安全可靠、经济合理的前提下,因地制宜确定施工方案。使施工方案能与当地的情况适应,并借鉴当地的施工方法、设备及技术,使施工得以顺利实施。

(五)摸清工程地质、水文地质情况,摸清邻近建筑物、构筑物 and 地下管线情况,以便编制周密的施工组织设计。

经验证明,深基础施工,认真地现场调查、严密的技术组织措施,对施工是至关重要的。

二、基坑支护施工方法

按照使用材料和施工方法的不同,基坑支护可粗略地分为如图 1.2.1 的几类;其支撑和锚拉又有如图 1.2.2 所示的几种。

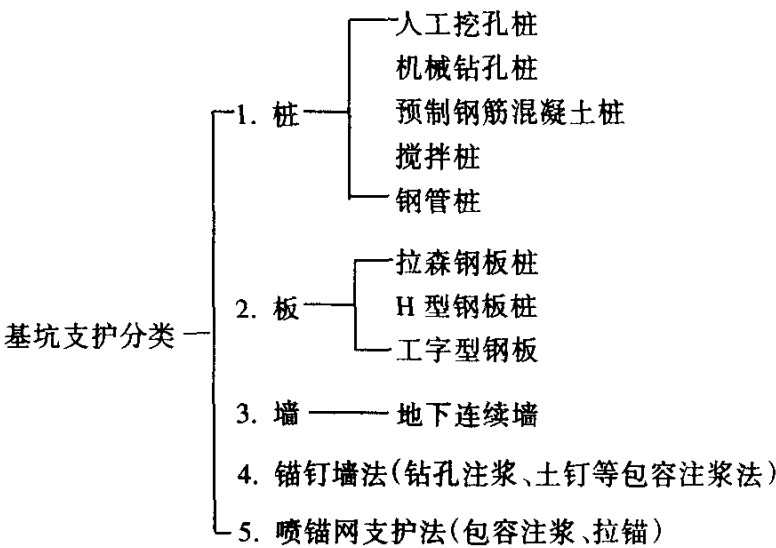


图 1.2.1 基坑支护种类

用于建筑基坑的土层锚杆,是在岩石锚杆的基础上发展起来的。在 20 世纪 50 年代以前,岩石锚杆就作为隧道衬砌结构的支护用于工程实践。1958 年前,原西德的 Kavl Bauer 公司在深基坑开挖中,为固定挡土墙首次在非黏性土层中采用了土层锚杆。近 40 年来,国内外陆续已将土层锚杆广泛应用于各类工程结构中,施工工艺日趋完善,并已形成成套的施工专用机具,而且在大量研究和实践的基础上制定了施工规范。

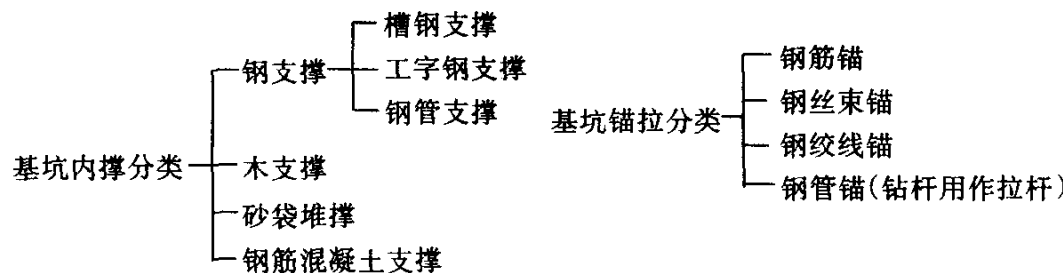


图 1.2.2 支撑及锚拉种类

这里值得指出的是新奥法在全世界的风靡一时。目前该法已广泛用于岩土高边坡、大坝和山体、桥墩和塔座、地下电站厂房、地下体育馆、隧道及矿山巷道等工程并得到成功。此法之

核心思想是尽可能保持、提高、最大限度地利用基坑边壁土体固有的力学强度,变土体荷载为支护结构体系的一部分。在国内,由此而产生了使基坑支护从被动支护法向发挥土体的自支护能力方面开阔了思路,从而近年来又有了土钉墙支护法、喷锚网支护法等。

作为深基坑围护结构的各种桩的施工,由于其施工方法、机械、劳动力组织等与基础桩的完全一致,其施工队伍的专业化程度越来越高、施工工艺、机械设备也不断地进步,因此深基坑的围护桩施工,目前已不存在技术方面的问题。而对于锚杆的施工,由于其方法、技术要求还不普及,因此还有待于在施工实践中不断总结经验,才能使施工队伍素质得到整体提高。

三、基坑土方开挖

安全、好的经济效益和工期是基坑土方开挖中需要控制的关键性要素。基坑开挖是基础和地下工程施工中一个古老的传统课题,同时又是一个综合性的岩土工程难题。既涉及土力学中典型强度与稳定问题,也包含了变形问题,同时还涉及到土与支护结构的共同作用。施工的每一个阶段,结构体系和外界荷载都在变化。而施工工艺的变化、挖土次序的位置变化、支撑和留土时间的变化也非常复杂,且都对施工的成败有直接影响。在目前设计理论尚不完善的情况下,要求设计、施工人员密切配合,加强施工中的监测和分析,及时发现和解决问题,只有这样,才会将施工中的难题得到解决。

经过近年来的实践表明,采用合理的施工组织设计,基坑分块(分段)开挖和支撑及时安装,两者的有机结合是保证基坑稳定的关键工序。20世纪80年代初,铁路有关部门在隧道开挖施工中,曾提出了围岩稳定与施工方法及施工速度的相关性。20世纪90年代以来,有关专家根据土体流变和支护结构安装的时间因素和土体开挖次序的地层空间因素的耦合作用,提出了时空效应的概念,并根据其理论和施工参数指导施工,效益颇佳。

四、工程降水

在基坑开挖和基础施工过程中,常采用降低地下水位的方法,以增加土的有效应力,从而提高土的抗剪强度和地基承载力,并为在基础施工的全过程中,创造一个基坑内无水的作业环境。由于土质和地下水位的条件不同、基坑开挖的施工方法也不同。有时在没有地下水的条件下,可轻易地挖到5.0 m或更深,但在地下水位较高,而又是砂土或粉土时,即使挖深3.0 m,也可能发生塌方事故。基坑工程中,由于工程降水不当造成基坑失稳的事故,时有发生。

天津、上海等滨海平原地区地层,其表层10 m左右,属于第四系河相或海相沉积层。该地层含水率高、空隙比大、强度低,是典型的软土地基。在这些淤泥或淤泥质黏土层上施工,由于地下水位高,当遇砂质黏土或夹薄层的粉砂,挖深时容易发生管涌和流沙现象。天津塘沽某下水管沟挖土时,由于管涌、流沙现象严重,工人立足困难,有的甚至于半身陷在流沙之中,坑底液化严重,只好用水桶挖土,挖了又涨,总无法达到设计高程,只好草草竣工。

天津阿格罗饲料公司饲料筒仓基础打30 cm预制桩,桩距3 d ,送桩5 m。打完桩后即挖土。由于没有采取降水,也没有采取支护措施。挖土机挖土时,已液化的砂质黏土呈泥浆状,顺着挖土机挖斗齿往外流,基坑挖了又涨,坑壁出现大量塌方。后虽采取钢板桩围护、坑底明沟排水,但还是没有完全解决问题。最后只好动用解放军一个连的人力,连续几个日夜,用桶挖土,用铁锹平端,草草将混凝土垫层浇灌完毕。

用于工程降水的方法,以轻型井点、电渗井点历史最长,而又以轻型井点应用最广。近年来管井井点和深井井点、喷射井点越来越多地被采用。具体在哪一个工地采取哪一种方法,这

除了要结合当地的设备能力和技术力量、工程需要外,还要根据土壤的渗透系数综合考虑。

由于深井井点降水效果好、设备简单,越来越受到人们的欢迎。按照《地基与基础工程施工及验收规范》(GBJ 202—83)所规定的各类井点的适用范围,只有当土层的渗透系数为 $10 \sim 250 \text{ m/d}$ 时,才适宜于深井井点降水。实际上,天津地区大部分的土层其渗透系数仅为 1.2 m/d ,该地区采用深井井点降水已有 20 多年的历史。其他一些地区的工程实践也证明,深井井点将不断得到更广泛地应用。

但是,在市区内施工使用井点降水,会引起邻近建筑、管线、路面不均匀沉降,致使建筑物倾斜开裂、管线断裂、路面开裂。因此井点降水不仅要顾及基坑施工,更要防止和减少对邻近建筑、管线、路面造成危害。根据经验,采取以下措施是有效的:

(一)采用密封形的挡土墙,并将降水的井点管设在挡土墙内壁,井点管深度浅于挡土墙的深度,井点仅对挡土墙围闭的坑内抽吸,不会将墙外的地下水位降低,或降低很少。

(二)根据工程实际情况,合适地确定井点管的深度,或者控制降水曲线。井点管的埋置深度,在保证不会出现管涌的情况下,使基坑中点的水位降低到基坑底面下 $0.5 \sim 1 \text{ m}$ 。

(三)在降水井管与建筑、管线间设置回灌井点、回灌砂井、砂沟,持续地用水回灌,在地面下形成一道水幕,以减少降水曲面向外扩张,保持邻近建筑、管线基础下的水位,防止该处土层因失水而沉降。

五、搅拌桩、压力灌浆地基加固、防渗堵漏

当基坑位于软黏土地层、基坑位于密集建筑群之间、有地下管线或对周围环境有保护要求,当基坑开挖深度大于 $6 \sim 7 \text{ m}$ 的深基工程,此类情况之下,应进行基坑土体加固。

(一)常用的土体加固方法

坑内井点降水;对坑内外进行深层搅拌加固;对坑内外进行高压旋喷加固;对坑内外土层进行分层注浆加固;对坑内外土层进行高压注浆加固等。

施工中,应通过技术经济对比,选择最佳方案。不论采用何种地基加固措施,均应在基坑开挖前实施。

(二)基坑加固应达到以下目的

1. 减少挡土结构位移;
2. 增加抗坑底隆起的稳定能力;
3. 防止发生管涌及坑底砂土涌入;
4. 防止承压水穿破黏土层进入坑内产生底鼓现象;
5. 防止基坑因分段开挖而造成基坑纵向失稳;
6. 对基坑挡墙起到“预支撑”或用以代替支挡结构;
7. 减少承受竖向荷载的位移;
8. 防止挡墙接头处漏水。

(三)灌浆加固施工要点

1. 灌浆孔布置;
2. 灌浆压力,压力升高和最终压力;
3. 灌浆浓度和配方的改变、灌浆量(总量和每小时量),灌浆材料的选择(特别是强度和凝结时间);
4. 灌浆机械的工作性能、钻机的类型和钻进深度、钻孔的直径、长度和步距;

5. 灌浆加固模式的试验;
6. 安全技术措施、劳动组织。

(四) 灌浆加固的广泛应用

搅拌桩、压力注浆的地基加固手段已被广泛用于水利建设、隧道建设的坝基、围岩的加固防渗堵漏、建筑物纠倾等。以下是几个典型的应用实例:

1. 长江三峡工程,其坝基局部断裂发育、局部岩体透水性较大。微风化层和弱风化层埋深较厚而岩石性质较好,其湿抗压强度达到 $75 \sim 85 \text{ MPa}$,变形模量为 $15 \sim 30 \text{ GPa}$ 。若按“高坝应挖到新鲜或微风化下部基岩的规定,将微风化和弱风化带全部挖除,不但工程量浩大,技术上也有很大难度。为了提高开挖高度,充分利用弱风化带下部基岩、加固断裂带、防渗堵漏,经 1959 年至今的 40 多年的研究,其主要成绩为:经对水泥湿磨增加水泥细度、高速搅拌改善水泥浆液的分散性和稳定性、降低粘度、缩短凝结时间、提高了浆液的可灌性和结石强度同时,对水泥浆掺外加剂、水泥—黏土浆以及多种化学灌浆材料、灌浆机械、灌浆压力的研究,为灌浆技术的发展作出了可贵的探索。

2. 北京地铁西单车站主体工程为松散地层中的大跨度浅埋暗挖隧道。由于断面特大,施工中最关键的问题是确保隧道开挖时,洞室围岩稳定并控制地面沉降,成功地运用拱部大管棚超前棚顶、管棚间打小导管注浆加固地层的支护方法,解决了支护难题,如图 1.2.3 所示。

3. 日本地处太平洋板块沉入欧亚板块的断裂带。其地层断裂带、破碎带发育。号称世界第一条最长海底隧道的日本青函隧道,建于 240 m 深海水下的不良地层中,全长 53.85 km 范围内,有 10 多条大断层和 1 000 多条小断层。近断层处的破碎带海水在 24 MPa 的压力下极易涌入。日本国铁经过从 1955 年到 1984 年共 30 年的努力,对灌浆孔的布置、灌浆材料、灌浆压力、灌浆机械进行研究,成功地运用如图 1.2.4 所示的灌浆方法,采取先超前注浆加固,后开挖隧道的方法,使隧道施工堵水成功、破碎带围岩稳固,隧道贯穿海底、修造成功。

以上的实例,设计构思巧妙、技术先进,均居世界先进水平。为我们今后兴建城市浅埋暗挖地下建筑、水下建筑提供了成功的范例。

地基加固手段应用于工业与民用建筑的地基加固、基坑边坡稳定、防渗堵漏,已作为一种常规施工手段越来越得到普及。

六、基础大体积混凝土施工

基础或地下室大体积混凝土的合理浇灌,是施工的难点之一。某市电力调度楼地下室施工,因混凝土浇灌组织不当,底板混凝土出现多处裂缝、蜂窝、夹层、狗洞等缺陷。经岩芯钻探竟多数取不出完整岩芯,最后只好砸掉重来。施工单位蒙受经济损失不说,还被主管部门清理

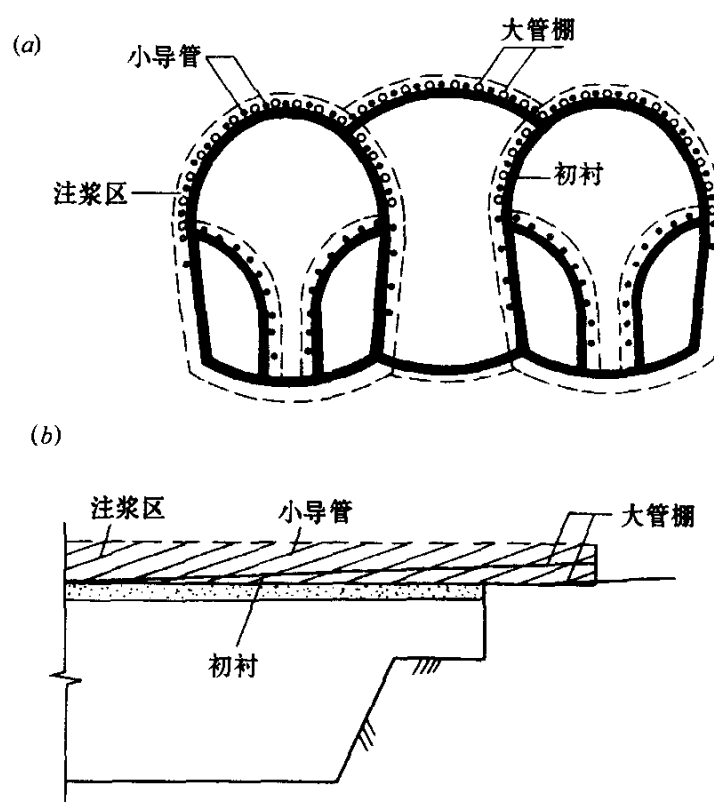


图 1.2.3 大管棚加小导管注浆
(a)横断面;(b)纵断面。

出境。因此,在进行大体积混凝土施工过程中,合理安排资源(机械设备的配置、混凝土的供应、劳动力的组织等)、科学安排流水段和浇灌顺序,是十分重要的。此外科学合理使用外加剂、控制混凝土入模湿度、加强振捣、测温和控制混凝土早期升温过快、混凝土内外温差等工作,将直接关系到结构的质量。

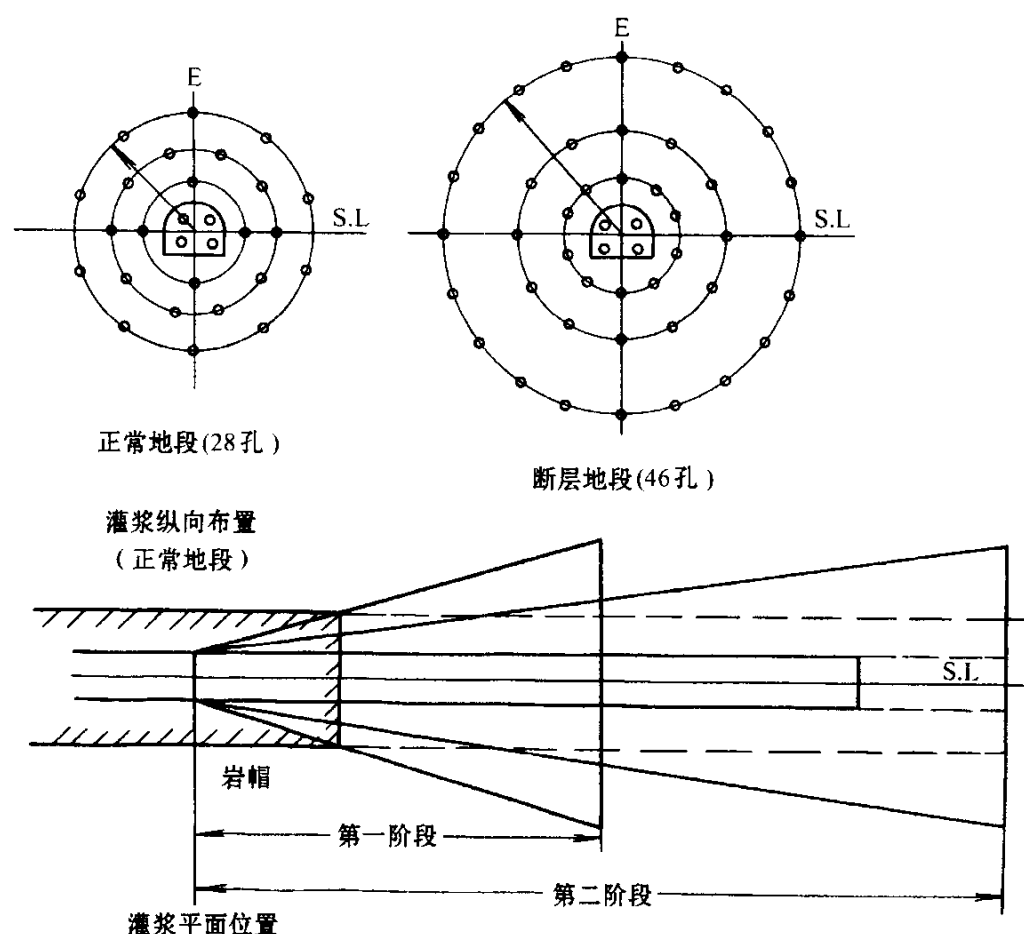


图 1.2.4 隧道灌浆孔布置

第三节 地下工程施工的其他方法

除工民建的地基与基础施工外,作为岩土工程重要内容的地下工程建筑,也是我们经常遇到的。其施工方法除基坑法外,还有以下几种基本方法:

一、盾构法

此法是从观察蛀虫在木头中钻洞,并从体内排除黏液加固洞穴的现象得到启发而研制的,在国外有 170 余年的应用历史。盾构法施工,是利用在地层开挖及衬砌过程中起支护作用的盾构,边排土(或不排土)边用千斤顶向前推进的施工方法。盾构法按其构造和开挖方法可分为手掘式盾构、挤压式盾构、半机械化盾构和机械化盾构等。

盾构法施工,已广泛应用于修建水底公路、隧道、地下铁道、水工隧道、及小断面市政隧道等。

二、沉管法

沉管法亦曾称作预制管段沉放法。施工时先在隧址以外的预制场(多为临时干坞、亦有利用造船厂的船台设备的)制作隧道管段,两端用临时封墙密封,制成后用拖轮拖运至隧道指定

位置上。这时已预先于设计位置处,挖好一个水底沟槽,待管段定位,往管段里灌水压载而使之下沉,然后沉设完毕的管段在水下连接起来,再覆土回填完成隧道。

三、隧道施工法

隧道施工,有明挖施工法和暗挖施工法两种。

明挖法的施工程序是:

——按隧道设计尺寸,挖两道平行的一定深度的沟,沿沟浇筑两道平行的混凝土墙。该墙既是挡土墙又是隧道两侧墙;

——安装隧道顶部支撑板;

——在两墙间开挖;

——修建隧道的永久底板与顶板结构。此法一般由于野外空旷地带。其施工如图 1.3.1 所示。

暗挖法是指隧道施工在地下进行。一般如图 1.3.2 所示,分为以下几步:

——对开挖部位的周围土体(或岩体)进行加固。加固方法系根据土质特点、设计要求和现有的条件确定;

——以常规施工方法和机械开挖。其开挖方法根据地层情况有导洞法、上台阶法、下台阶法、蘑菇法、双眼镜法、以及全断面开挖法。并随着开挖进度用钢筋、钢丝网——喷射混凝土保护开挖面及支护拱顶;

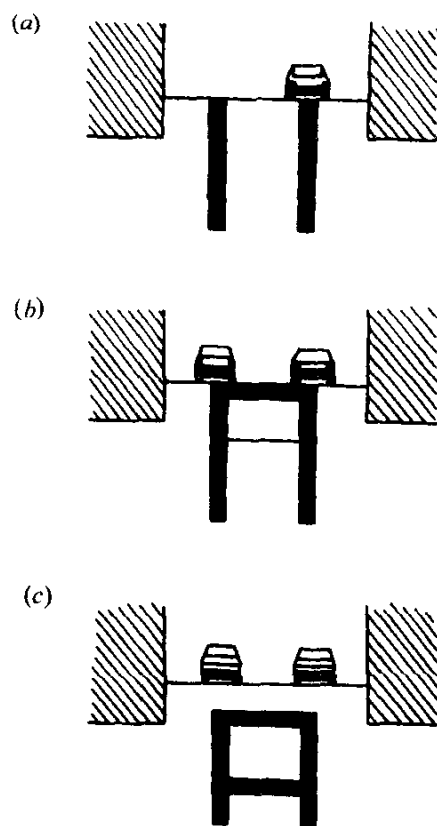


图 1.3.1 明挖法
施工隧道

(a)筑地下连续墙;(b)安装顶部支撑板;(c)在两墙间开挖、修筑永久底板与顶板。

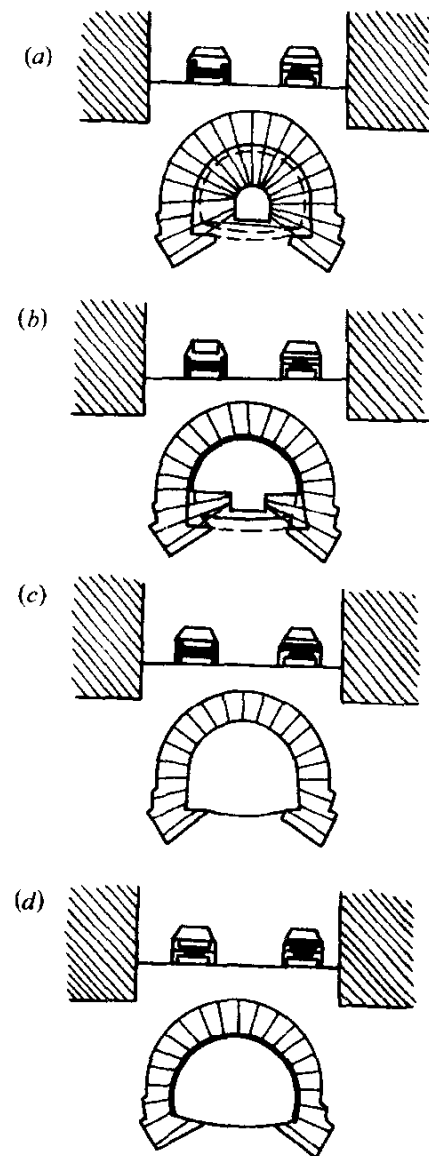


图 1.3.2 暗挖法
施工隧道

- 对隧道两壁与地板进行衬砌,并使之与拱顶衬砌部分相联接;
- 浇筑永久性钢筋混凝土衬砌。

暗挖法广泛用于城市地下隧道、山洞隧道、海底隧道施工。而大型地下建筑的开挖施工程序与暗挖法隧道施工是大体相同的。

四、逆作业法

进行逆作业法施工,其主体从地面往下逐层进行施工,并利用主体结构的梁板柱作为基础开挖的巨大支撑系统,既稳妥又经济,并可地上地下同时施工。其施工步骤为:

- 浇筑周围地下连续墙或排桩;
- 在工作平台的高度上浇筑第一层楼板,也就是建筑物地下室顶板,并作为地下连续墙的支撑;
- 在楼板下挖土直到第二层楼板底,如此继续下去边挖土、边浇筑楼板。上部结构可与地下结构同时施工。

采用此法需考虑封闭、半封闭状态下的土方如何开挖、如何外运,大体积混凝土如何浇筑和养护等问题。

了解岩土工程的各种施工方法,对于开阔视野、集思广益是有益的。限于篇幅,还有诸如沉井法、沉箱法、顶管法等施工方法就不一一赘述了。

第四节 地下建筑施工监测与施工信息化

在深基坑和地下建筑物施工过程中,进行跟踪和施工信息化,对基坑周围地层位移和附近建筑物、地下管线等的变形及受力情况利用仪器进行量测,与理论值相比较,能可靠地反映施工所造成的影响和准确地以量的形式形象反映这种影响的程度。在地下工程中,由于地质条件、荷载、施工、气候等条件的不同,材料性质和其他外界因素的复杂影响,对施工中可能遇到的问题,很难单纯从理论或计算上完全预测。所以,有计划地进行现场工程监测,再利用监测结果进行理论分析,以指导施工,是十分必要的科学施工法。对于实践较多的一般工程,可借助于以往的经验施工,而对于比较复杂的大中型工程或者环境要求严格的地下工程,就必须实施监测。

鉴于众多的工程经验与教训,地下工程的基坑开挖及结构施工的适时监测,越来越受到重视。而监测方法也越来越完善,监测仪器有精确的电脑数据采集系统,随施工进展跟踪和反馈地质条件、水体、水位、支撑应力、钢筋受力等的变化,以完善设计和施工方案。监测项目具体包括地下水位、水压力、桩顶或墙顶水平或侧向位移、支撑应力与支撑变形、钢筋受力变化、坑底隆起、深层土位移、临近建筑物和地下既有设施的沉降或裂缝等因基坑开挖和降水而可能引起的各种变化等,使施工信息化、科学化。而对于监测的起始和终止时间、监测频度,则要根据工程特点、周边环境等具体情况进行具体分析、具体对待。

第五节 地基与基础施工中存在的问题及其改进对策

近年来,地基与基础施工事故时有发生。通过媒体报道的重大事故就有多起:

- 1997年12月12日下午4时许,随着一声巨响,西安市龙首批发市场八间门面房突

然坠入紧贴房体的、一正在施工的、深达十余米的基坑内,3名妇女死亡,8人受伤。

——1998年5月8日中央电视台报道:哈尔滨市一栋1937年建成的国家二级保护建筑在临近一工程基坑开挖到8m时,于5月6日轰然一声,楼房的一半倒塌。所幸没有造成人员伤亡。

——1998年5月7日,正在施工的珠海市祖国广场,在基坑挖土时,由于基坑支护出现问题造成坑壁塌方,致使临近的两幢二层楼和一幢三层楼滑入基坑内,并对临近其他一些建筑的安全构成威胁。

类似事故几乎各地都有发生。仅1993年内鞍山市就发生7起基坑滑坡事故,造成了工程延期、经济损失。而有的工程因为地下部分施工留下隐患,建好的大楼也只能忍痛拆除。如众所周知的于1995年12月26日采用控制爆破拆除的武汉市汉口区桥苑新村B楼18层钢筋混凝土剪力墙结构住宅楼5~18层;1996年5月24日人工拆除的深圳市龙岗区腾龙宾馆11层钢筋混凝土框架结构。以上事故说明,地下施工存在问题是比较普遍的,有些教训是深刻的,且损失也是不可忽视的。

针对施工中存在的普遍性问题,采用以下措施将是有益的:

(一)重视解决好地基基础问题,是关系到建筑物质量的根本问题,许多事故都是在地基或基础这个重要环节上出了问题,而且给挽救处理造成了许多困难。施工中应对复杂场地的地基基础方案、基坑支护方案、挖土方案反复论证,本着安全、合理、经济的原则,认真进行方案比较,决不可草率从事。

(二)对进行深基坑、重要的地下岩土工程施工的单位应进行认真的资质审查。施工队伍的素质参差不齐,而且层层转包、一再压价、索取回扣,必然发生偷工减料现象,造成了建筑质量低劣。今后应严格管理,进行资格审查,不准层层转包,不能什么人都来承包工程项目。

(三)加强执行规范的概念,这是技术人员素质教育的首要问题。在工程施工中,应严格遵守国家制定的有关技术标准,不遵守规范就必然会违法犯罪。施工单位应不断组织工程技术人员进行现行规范的学习,以提高队伍的素质。

(四)现代化施工离不开信息化施工手段,要使从事施工的广大工程技术人员,认识到信息化施工的重要性和必要性,在施工过程中是主持人的眼睛和耳朵,只有搞好信息化施工才能耳聪目明,才能防患于未然。

(五)认真执行施工监理,这是确保工程质量的一个有力措施。监理人员要严格履行其职责,出了问题要抓住不放,严格把好质量关,不能随便说说了事。

(六)建筑物一旦发生严重的病害,应通过专家评审鉴定,采取适当措施,有条件挽回的应尽量挽回,尽力避免不必要的损失。

此外,在建筑施工中,还应加强对环境的保护。其范围还应包括预防施工引起的各种灾害,保护与之相邻建筑免受施工损害;保护大气、水资源及自然环境不受施工污染等影响,应改变那种泥浆、废土遍地淤积的现象,作到井然有序,悄然作业、文明施工。

第六节 深基坑施工组织设计应注意的问题

(一)软土地区深基坑围护结构要求解决施工期间对周围环境的保护,因此其结构需要有足够的刚度、强度、稳定性和止水性。

(二)传统的基坑施工降水,是群井形成的盆式降水曲线,它会对周围环境产生较大的破坏

作用,所以在地下水位高、建筑物密集的城区,应尽量避免采取基坑外的降水方法。而应采取隔水围护墙,由于墙是止水的,此种情况下可采用坑内降水而坑外地下水基本不降,这样就可有效地保护周围的环境。止水壁的作法通常采用水泥土搅拌桩,水泥掺量一般在 13% 左右,如果施工条件不允许做水泥土搅拌桩,则可用旋喷桩或高压注浆来代替,但止水效果是水泥土搅拌桩最好,而且价格低廉。

(三)采用止水帷幕的基坑,施工期间要对坑外地下水位的变化进行监测,如果坑外地下水位急剧下降,则说明止水失效,需马上修复,不然会由于地下水位下降而破坏邻近建筑物。

(四)采用预制钢筋混凝土板桩、钢板桩、钻孔灌注桩、作基坑围护结构时,结构壁外侧应做水泥土搅拌桩作止水帷幕,以形成隔水围护墙,而基坑底的隔水可以利用坑底自然土层中的不透水层。

(五)地下深基础结构的施工顺序总体上可分为二类,即顺作法与逆作法。采用逆作法施工,可以利用地下室结构层面作为支撑,从而从理论上节省了支撑的费用和施工支撑所占用的工期。但逆作法施工需要增设临结构层的临时支撑,需要处理梁与柱、梁与壁的施工连接点和永久连接点构造,同时地下室上部结构层做好后会对下部的挖土带来一定的难度,所以在实际施工中逆作法的费用基本与顺作法持平,有时甚至会高一些。工期方面由于受到挖土的影响,也不一定快,另外上部结构由于受到群桩尚未共同工作的制约也不能造得很高。所以只有在必须保证地表面及时开通的条件下,采用此法才较为合适。

如采用顺作法施工,则总的施工顺序为逐层开挖土层、逐层架设或施工支撑,挖土完成后再逐层施工结构层、逐层拆除支撑。

(六)支撑结构的选择,对于控制基坑壁的变形、保证基坑的安全至关重要,在保证安全可靠的前提下,应结合设计,优化基坑支撑系统,为地下施工创造宽敞的空间,并使结构经济合理。

(七)目前施工平面形状一般都不规则,且面积较大,对于这种大体量的地下结构,施工中的温度应变不可忽视。一个围护结构如在冬天施工支撑,到春夏季支撑的结构内力会比计算值来得大,而基坑围护壁的变形会得到理想的控制。如果是秋天施工的支撑,到冬天支撑的内力与计算值很接近,而变形则会比较大。

(八)一般的深基坑中都有局部的坑中深井(电梯井、污水池等)此类深井坑在土方施工中必须高度重视,应采取必要的周边土体加固或周边围护。如坑中深井特别深,或靠近围护壁,则需多考虑多加设一道支撑,以保证基坑施工的安全。深井坑的土体加固方法一般采用深层水泥搅拌桩、高压注浆或旋喷桩的方法。

第二章 基础施工的一般方法

第一节 常用施工机械

一、单斗挖掘机

单斗挖掘机是土方施工中的主要机械,特别是中小型单斗挖掘机有着更为广泛的应用。它们不仅能完成挖掘作业,还能通过更换工作装置完成起重、装载、钻孔、刷坡、破碎等作业。

(一)单斗挖掘机的分类

1. 按照动力装置的不同,挖掘机有电驱动、内燃机驱动和复合驱动等;
2. 按照传动方式的不同,挖掘机分为机械传动式、液压传动式和混合传动式;
3. 按照行走装置的不同,挖掘机又可分为履带式、轮胎式、汽车式、步履式、轨道式、拖拉式等。

单斗挖掘机工作装置的型式有:正铲、反铲、拉铲、抓斗和起重等。

我国单斗挖掘机型号表示标准,见表 2.1.1。

我国单斗挖掘机型号表示标准

表 2.1.1

型式	特 性	代 号	代 号 含 义	主参数	
				名称	单位
履带式		W	机械单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3 \times 100$
	D(电)	WD	电动单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3 \times 100$
	Y(液)	WY	液压单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3 \times 100$
	B(臂)	WB	长臂单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3 \times 100$
	S(隧)	WS	隧洞单斗挖掘机	标准斗容量	$\text{m}^3 \times 100$
轮胎式 (L(轮))		WL	轮胎式机械单斗挖掘机		$\text{m}^3 \times 100$
	D(电)	WLD	轮胎式电动单斗挖掘机		
	Y(液)	WLY	轮胎式液压单斗挖掘机		

其具体表示方法为 4 组符号,例如图 2.1.1。

常用的单斗挖掘机有机械式和液压式两种,近年来随着液压技术的发展,机械式单斗挖掘机逐渐被液压式单斗挖掘机所取代。因此,以下只介绍液压挖掘机。

(二)液压单斗挖掘机适用范围

液压挖掘机的工作方式如图 2.1.2。

1. 反铲

反铲是中小型液压挖掘机的主要工作装置。主要用于基坑开挖等停机面以下的土方工程,也可以挖掘停机面以上的土方工程。

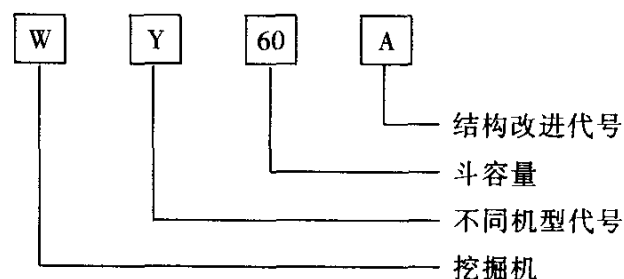


图 2.1.1 挖掘机型号举例