

# 4 施工技术

## 4 - 1 地基与基础

### 4 - 1 - 1 地基土的分类

地基土分类的任务是根据分类用途和土的各种性质的差异将其划分为一定的类别。土的合理分类具有很大的实际意义,例如根据分类名称可以大致判断土的工程特性、评价土作为建筑材料的适宜性以及结合其它指标来确定地基的承载力等等。

岩石和土的分类方法很多,不同部门根据其用途采用各自的分类方法。在建筑工程中,土是作为地基以承受建筑物的荷载,因此着眼于土的工程性质(特别是强度与变形特性)及其与地质成因的关系来进行分类。

岩石(基岩)是指颗粒间牢固联结,是整体或具有节理、裂隙的岩体。它作为建筑场地和建筑地基可按下列原则分类:

- (1)按成因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。
- (2)根据坚硬程度分为硬质岩石和软质岩石。
- (3)根据风化程度分为微风化、中等风化和强风化。
- (4)按软化系数  $K_R$  分为软化岩石和不软化岩石。 $K_R$  为饱和状态与风干状态的岩石单轴极限抗压强度之比, $K_R \leq 0.75$  为软化岩石, $K_R > 0.75$  为不软化岩石。

作为建筑场地和建筑物地基的土的分类一般可按下列原则进行:

(1)根据沉积(堆积)年代可分为老沉积土(第四纪晚更新世  $Q_3$  及其以前沉积的土)、一般沉积土(第四纪全新世  $Q_4$  文化期以前沉积的土)和新近沉积土( $Q_4$  文化期以来新近沉积的土)。

- (2)根据地质成因可分为残积土、按积土、洪积土、冲积土等
- (3)根据有机质含量可分为无机土、有机土、泥炭质土和泥炭。
- (4)根据颗粒级配或塑性指数可分为碎石类土、砂类土、粉土和粘性土。
- (5)根据土的工程特性的特殊性质可分为一般土和各种特殊土。

现对岩石、碎石类土、砂类土、粉土、粘性土、特殊土等的工程分类分述如下。

#### 1. 岩石的工程分类

##### (1)岩石按坚硬程度分类

岩石根据坚硬程度可按表 4-1-1 分为硬质岩石和软质岩石两类。

岩石坚硬程度分类

表 4-1-1

类别	强度 (MPa)	代表性岩石
硬质岩石	$\geq 30$	花岗岩、闪长岩、玄武岩、石灰岩、石英砂岩、硅质砾岩、花岗岩麻岩、石英岩等
软质岩石	$< 30$	页岩、粘土岩、绿泥石片岩、云母片岩等

注:强度系指未风化岩石的饱和单轴极限抗压强度。

## (2) 岩石风化程度的划分

在建筑场地和地基勘察工作中,一般根据岩石由于风化所造成的特征,包括矿物变异、结构和构造、坚硬程度以及可挖掘性或可钻性等,而将岩石的风化程度划分为微风化、中等风化和强风化三等。见表 4-1-2。

岩石风化程度的划分

表 4-1-2

风化程度	坚硬程度分类	
	硬质岩石	软质岩石
	风化特征	
微风化	岩质新鲜,表面稍有风化迹象,锤击声清脆,并感觉锤有弹跳,裂隙少,岩块大于 50cm,用镐很难挖掘,岩芯呈圆柱状	岩石结构、构造清楚。岩体层理清晰。裂隙较发育。岩块为 20~50cm,裂隙中有风化物质填充。锤击沿片理或页理裂开。用镐较难挖掘。岩芯分裂,但可拼成圆柱状
中等风化	岩石的结构、构造清楚。岩体层理清晰。锤击声脆,微有弹跳感。裂隙较发育,岩块为 20~50cm,裂隙中有少量充填物,用镐难挖掘。岩芯分裂,但可拼成圆柱状	岩石结构、构造及岩体层理尚能辨认。裂隙很发育,岩块为 2~20cm,碎块用手可折断。用镐较易挖掘。岩芯破碎,不能拼成圆柱状
强风化	岩石结构、构造及岩体层理都不甚清晰。矿物成分已显著变化,有次生矿物。锤击为空壳声,碎块用手易折断,裂隙发育,岩块为 2~20cm,用镐可以挖掘。岩芯破碎,不能拼成圆柱状	岩石结构、构造不清楚。岩体层理不清晰。岩质已成疏松的土状,用镐易挖掘,岩芯成碎屑状,可用手摇钻钻进

## 2. 碎石类土

碎石类土是粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。

碎石类土根据粒组含量及颗粒形状分为漂石或块石、卵石或碎石、圆砾或角砾,其分类标准见表 4-1-3。

## 4 施工技术

### 碎石类土的划分

表 4-1-3

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石 块石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200mm 的颗粒超过全重 50%
卵石 碎石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20mm 的颗粒超过全重 50%
圆砾 角砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2mm 的颗粒超过全重 50%

注：定名时应根据粒组含量由大到小以最先符合者确定。

### 3. 砂类土

砂类土是指粒径大于 2mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 50% 的土。

石类土按粒组含量分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂，其分类标准见表 4-1-4。

### 砂类土按颗粒级配分类

表 4-1-4

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒占全重 25 ~ 50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒超过全重 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒超过全重 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒超过全重 50%

注：定名时应根据粒组含量由大到小以最先符合者确定。

### 4. 粉土

粉土是指粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50%、塑性指数  $I_p$  小于或等于 10 的土。必要时可根据颗粒级配分为砂质粉土(粒径小于 0.005mm 的颗粒含量不超过全重 10%)和粘质粉土(粒径小于 0.005mm 的颗粒含量超过全重 10%)。

砾粒以下的土粒，国内外都分为砂粒、粉粒与粘粒三级，三种土粒的差别是很明显的。自然界中的土体，一般是这三种土粒的混合物。对某一土体，在一定级配下，其中某一种土粒起主导作用时，则该土体主要呈现那种土粒的特性。粉土的颗粒级配以 0.005 ~ 0.075mm 的粒组为主，而水与土粒之间的作用是明显不同于粘性土和砂类土，这主要表现为“粉粒”的特性。其工程性质介于粘性土和砂类土之间。若用含水量接近饱和的粉土，团成小球，放在手掌上左右反复摇晃，并以另一手震击，则土中水迅速渗出土面，并呈现光泽，这是野外鉴别时的常用方法之一。

### 5. 粘性土

粘性土是指塑性指数  $I_p$  大于 10 的土。粘性土的工程性质与土的成因、生成年代的

关系很密切,不同成因和年代的粘性土,尽管其某些物理性指标值可能很接近,但其工程性质可能相差很悬殊。因而粘性土按沉积年代、塑性指数进行分类:

(1)粘性土按沉积年代分为:老粘性土、一般粘性土和新近沉积粘性土。

①老粘性土

老粘性土是指第四纪晚更新世( $Q_3$ )及其以前沉积的粘性土。它是一种沉积年代久,工程性质较好的粘性土。一般具有较高的强度和较低的压缩性。其物理力学性质比具有相近物理指标的一般粘性土要好。

广泛分布于长江中下游的晚更新世的下蜀系粘土( $Q_3$ )、湖南湘江两岸的网纹状粘性土( $Q_2$ )和内蒙包头地区的下亚层( $Q_3$ )都属于老粘性土。

②一般粘性土

一般粘性土是指第四纪全新世( $Q_4$ )文化期以前)沉积的粘性土。其分布面积最广,遇到的也最多,工程性质变化很大。

③新近沉积的粘性土

新近沉积的粘性土是指文化期以来新近沉积的粘性土,一般为欠固结的,且强度较低。其野外鉴别方法见表 4-1-5。

新近沉积粘性土的野外鉴别方法

表 4-1-5

沉积环境	颜色	结构性	包含物
河漫滩和山前洪、冲积扇(锥)的表层;古河道、已填塞的湖塘、沟、谷、河道泛滥区	颜色较深而暗,呈褐、暗黄或灰色,含有有机质较多时带灰黑色	结构性差,用手扰动原状土时:极易变软,塑性较低的土还有振动水析现象	在完整的剖面中无原生的粒状结核体,但可能含有圆形及亚圆形的钙质结核体(如姜结石)或贝壳等,在城镇附近可能含有少量碎砖、瓦片、陶瓷、铜币或朽木等人类活动的遗物

一般来说,沉积年代久的老粘性土,其强度较高,压缩性较低。但经多年的工程实践有明,一些地区的老粘性土承载力并不高,甚至有的低于一般粘性土,而有些新近沉积的粘性土,其工程性质也并不差。因此在进行地基基础的设计时,应根据当地的实践经验,作具体的分析研究。

(2)粘性土按塑性指数分类

粘性土按塑性指数  $I_p$  的指标值分为粘土和粉质粘土,其分类标准见表 4-1-6。

粘性土按塑性指数分类

表 4-1-6

土的名称	粉质粘土	粘土
塑性指数	$10 < I_p \leq 17$	$I_p > 17$

注:确定  $I_p$  时,液限以 76 克圆锥仪沉入土样中深度 10mm 为准。

## 6. 特殊土

特殊土是指在特定地理环境或人为条件下形成的特殊性质的土。它的分布一般具有明显的区域性。特殊土包括软土、人工填土、湿陷性土、红粘土、膨胀土、多年冻土、混合土、盐渍土、污染土等。下面介绍其定义、特征和分类。

### (1) 软土

软土是指沿海的滨海相、三角洲相、溺谷相、内陆平原或山区的河流相、湖泊相、沼泽相等主要由细粒土组成的孔隙比大(一般大于1)、天然含水量高(接近或大于液限)、压缩性高( $a_{1-2} > 0.5 \text{MPa}^{-1}$ )和强度低的土层。包括淤泥、淤泥质粘性土、淤泥质粉土等。多数还具有高灵敏度的结构性。

淤泥和淤泥质土是工程建设中经常会遇到的软土。在静水或缓慢的流水环境中沉积,并经生物化学作用形成,其天然含水量大于液限。天然孔隙比大于等于1.5的粘性土称为淤泥;当天然孔隙比小于1.5但大于等于1.0时称为淤泥质土。当土的有机质含量大于5%时称为有机质土;大于60%时则称泥炭。

泥炭是在潮湿和缺氧环境中未经充分分解的植物遗体堆积而成的一种有机质土,呈深褐色——黑色。其含水量极高,压缩性很大,且不均匀。泥炭往往以夹层构造存在于一般粘性土层中,对工程十分不利,必须引起足够重视。

### (2) 人工填土

人工填土是指由人类活动而堆填的土。其物质成分较杂,均匀性较差。根据其物质组成和堆填方式,填土可分为素填土、杂填土和冲填土三类。各类填土应根据下列特征予以区别:

①素填土是由碎石、砂或粉土、粘性土等一种或几种材料组成的填土,其中不含杂质或含杂质很少。按主要组成物质分为碎石素填土、砂性素填土、粉性素填土及粘性素填土。经分层压实后则称为压实填土。

②杂填土是由含大量建筑垃圾、工业废粒或生活垃圾等杂物的填土。按其组成物质成分和特征分为建筑垃圾土、工业废料土及生活垃圾土。

③冲填土是由水力冲填泥砂形成的填土。

人工填土还可按堆填时间(年)分为老填土和新填土,一般对于粘性素填土和粉性素填土的分类标准见表4-1-7。

粘性素填土和粉性素填土按堆填时间  
(年代)分类

表4-1-7

土的名称	堆填时间(年)
老填土	超过10年的粘性土 超过5年的粉土
新填土	不超过10年的粘性土 不超过5年的粉土

在工程建设中所遇到的人工填土,往往各地都不一样。在历代古城的人工填土,一般都保留有人类活动的遗物或古建筑的碎砖瓦砾(俗称房渣土),其分布范围可能很广,也可能只限于堵塞的渠道、古井或古墓。山区建设和新城市建设所遇到的人工填土,其填积年限不会太久,山区厂矿建设中,由于平整场地而埋积起来的填土层常是新的(未经压实的)素填土,城市的市区所遇到的人工填土不少是炉渣、建筑垃圾及生活垃圾等杂填土。

### (3)湿陷性土

湿陷性土是指土体在一定压力下受水浸湿时产生湿陷变形量达到一定数值的土。湿陷变形量按野外浸水载荷试验在 200kPa 压力下的附加变形量确定,当附加变形量与载荷板宽度之比大于 0.015 时为湿陷性土。湿陷性土有湿陷性黄土、干旱和半干旱地区的具有崩解性的碎石土和砂土等。

### (4)红粘土

红粘土是指碳酸盐岩系出露的岩石,经红土化作用形成并覆盖于基岩上的棕红、褐黄等色的高塑性粘土。其液限一般大于 50,上硬下软,具明显的收缩性,裂隙发育、经坡、洪积再搬运后仍保留红粘土基本特征,液限大于 45 小于 50 的土称为次生红粘土。我国的红粘土以贵州、云南、广西等省区最为典型,且分布较广。

### (5)膨胀土

膨胀土一般是指粘粒成分主要由亲水性粘土矿物(以蒙脱石和伊里石为主)所组成的粘性土,在环境的温度和湿度变化时,可产生强烈的胀缩变形,具有吸水膨胀、失水收缩的特性。已有的建筑经验证明,当土中水份聚集时,土体膨胀,可能对与其接触的建筑物产生强烈的膨胀上抬压力而导致建筑物的破坏;土中水分减少时,土体收缩并可使土体产生程度不同的裂隙,导致其自身强度的降低或消失。

岩体中含有大量的亲水性粘土矿物成分,在湿温影响下产生强烈的胀缩变形,称为膨胀岩石。

膨胀岩土一般分布在二级及二级以上的阶地、山前丘陵和盆地边缘。地形特征在山地表现为低丘缓坡;在平原地带表现为地面龟裂、沟槽、无直立边坡。

膨胀岩土的风干时出现大量的微裂隙,具有光滑面挤压擦痕且有滑腻感。呈坚硬、硬塑状态的土体易沿微裂隙面散裂,当其遇水时则软化。膨胀土一般呈灰白、灰绿、灰黄、棕红、褐黄等颜色。

膨胀岩土分布地区易发生浅层滑坡、地裂、新开挖的基槽及路堑边坡坍塌等不良地质现象。

### (6)风化岩和残积土

风化岩是指岩石在风化营力等作用下,使其结构、成分、性质等产生不同程度变异的岩石。岩石完全风化后未经搬运过的残积物,称为残积土。其中原岩结构已不清晰,可溶的化学成分经淋漓作用被水带走,所以孔隙率较大。在我国东南沿海的各类残积土中,以花岗岩风化而成的残积土分布面积广、厚度大。

区分风化岩与残积土,宜采用现场标准贯入试验、波速测试(详见有关规范)或采取试样测定无侧限抗压强度。对花岗岩类的风化岩与残积土,宜按下列规定区分:①当标准贯

入试验击数  $N \geq 50$  时为强风化岩,  $30 \leq N \leq 50$  为全风化岩,  $N < 30$  为残积土; ②当风干试样的无侧限抗压强度  $q_u \geq 800\text{kPa}$  时为强风化岩,  $800\text{kPa} > q_u \geq 60\text{kPa}$  为全风化岩,  $q_u < 600\text{kPa}$  为残积土; ③当剪切波速  $v_s \geq 350\text{m/s}$  时为强风化岩,  $350\text{m/s} > v_s \geq 250\text{m/s}$  为全风化岩,  $v_s < 250\text{m/s}$  为残积土。

花岗岩风化后石英矿物成分保存较完好, 而长石与黑色矿物成分多风化成高岭石。在花岗岩体中, 常有后期侵入的岩脉, 不含石英颗粒。花岗岩残积土按所含砾级颗粒  $> 2\text{mm}$  成分的大小划分为 3 种: 当大于  $2\text{mm}$  颗粒质量大于或等于总质量的 20% 者, 称为砾质粘性土; 小于 20% 者称为砂质粘性土; 不含者称为粘性土。

#### (7) 多年冻土

多年冻土是指土的温度等于或低于零摄氏度、含有固态水且这种状态在自然界连续保持三年或三年以上的土。当自然条件改变时, 产生冻胀、融陷、热融滑塌等特殊不良地质现象及发生物理力学性质的改变。

#### (8) 混合土

混合土主要由级配不连续的粘粒、粉粒、砾粒和巨粒组组成。当碎石土中的分土或粘性土的质量大于 25% 时, 称为 I 类混合土; 当粉土或粘性土中碎石土的质量大于 25% 时, 称为 II 类混合土。

#### (9) 盐渍土

盐渍土是指易溶盐含量大于 0.5%, 且具有吸湿、松胀等特性的土。盐渍土按含盐性质可分为氯化盐渍土、亚氯化盐渍土、硫酸盐渍土、亚硫酸盐渍土、碱性盐渍土等。按含盐量可分为弱盐渍土、中盐渍土、强盐渍土和超盐渍土。

#### (10) 污染土

污染土是指由于外来的致污物质侵入土体而改变了原生性状的土。污染土的定名可在土的原分类定名前冠以“污染”两字, 如污染中砂、污染粘土等。

### 7. 细粒土按塑性图分类

近年来, 国外在土的工程分类方面有了很大进展, 许多国家的土分类体系, 不仅在本国内已经制订了统一的标准, 而且在国家之间, 也基本上趋于一致。这就为促进国际技术交流提供了有利条件。许多国家的分类依据, 在总的体系上大同小异, 首先采用了以  $0.075\text{mm}$  作为粗、细粒组的分界粒径, 试样中大于  $0.075\text{mm}$  的土粒质量超过试样总质量的 50% 时, 该土为粗粒土; 反之, 小于  $0.075\text{mm}$  者超过 50% 时则为细粒土。然后, 粗粒土再按颗粒大小及其级配进行分类, 而细粒土则再按下面将要介绍的塑性图(由塑性指数和液限所组成的分类图)进行分类, 有机土则单独列为一类。

应该指出, 土的塑性指数虽是划分细粒土的良好指标, 而且还能综合反映土的颗粒组成、矿物成分以及土粒表面吸附阳离子成分等方面的特性, 但是不同的液、塑限可给出相同的塑性指数而土性却可能很不一样(见表 4-1-8)。由此可见, 细粒土的合理分类, 理应兼顾塑性指数和液限两方面。由 A·卡萨格兰德(Casagrande, 1948)首先提出来的塑性图, 是根据大量试验资料, 经统计后绘成按  $I_p$  和  $w_L$  写名的细粒土分类图。与图 4-1-1 一样, 它将所有细粒土分为四个区, A 线上下各有两个区。所有粘土均在 A 线和  $I_p = 10$

的水平线以上,所有粉土则均在 A 线和  $I_p = 7$  的水平线以下。

土性随液限  $w_L$  与塑性指数  $I_p$  的变化

表 4-1-8

土 性	$w_L$ 相等, $I_p$ 增大时比较	$I_p$ 相等, $w_L$ 增大时比较
压缩性	大致相同	增 大
透水性	减 小	增 大
干强度	增 大	减 小

注:干强度是指风干土块用手指捏碎的难易程度。

结合我国情况的细粒土按塑性图分类方法已列入《土的分类标准》(GBJ145—90),如图 4-1-1 所示,其中  $w_L$  是用 76g 的锥式液限仪锥尖沉入土中 10mm 为标准测定的,A 线方程是  $I_p = 0.63(w_L - 20)$  B 线方程为  $w_L = 40\%$ (如按碟式液限仪测定,则 B 线方程为  $w_L = 50\%$ )。如果对应于该土的  $I_p$  和  $w_L$  的点位于 A 线以上,且  $I_p \geq 10$ ,该土属于无机粘土或有机质粘土,如果该点位于 A 线与  $I_p = 7$  线以下部分,则该土属于无机粉土或有机质粉土。按  $w_L$  的高低又区分为两种土类;当  $w_L > 40\%$  时为高液限粘土(CH)或高液限粉土(MH);当  $w_L < 40\%$  时为低液限粘土(CL)或低液限粉土(ML)。

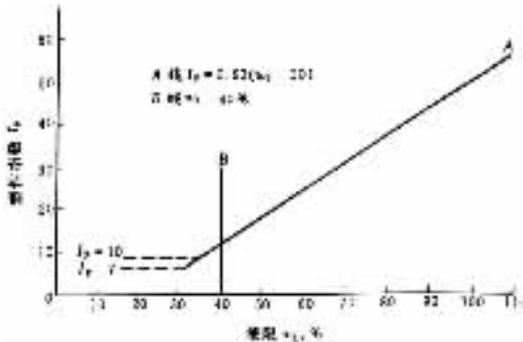


图 4-1-1 细粒土分类的塑性图

土中有机质应根据未完全分解的动植物残骸和无定形物质判定。有机质呈黑色、青黑色或暗色,有臭味,有弹性和海绵感,可采用目测、手摸或嗅感判别。当不能判别时,可将试样放入 100~110℃的烘箱中烘烤,烘烤后的液限小于烘烤前的 3/4 时,试样为有机质土。有机质土可在相应的土类代号之后缀以代号 O,如 CHO、CLO、MHO、MLO 等。

《土的分类标准》中,细粒土定义为试样中粗粒组(>0.75mm)质量少于总质量的 25% 的土,而试样中粗粒组质量为总质量的 25%~50% 的土,称为含粗粒的细粒土。

综上所述,细粒土按塑性图及所含粗粒类别以及有机质多寡可划分为 16 种土类。

## 4-1-2 地基挖填

### 4-1-2-1 场地平整

#### 1. 场区竖向规划设计

##### (1) 小型场地平整时设计标高的确定

小型场地平整且对场地标高无特定要求时,一般可以根据平整前后土方量相等的原则求得设计标高,但是这仅意味着把场地推平,使挖方量和填方量平衡,并不能保证总土方量最小。

计算前先将场地平面划成方格网,并根据地形图将每方格的角点标高标于图上。若平整前后的土方量相等,则:

$$H_0 \cdot M \cdot a^2 = \sum \left( a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$\therefore H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4M}$$

式中  $H_0$ ——所计算场地的设计标高(m);

$a$ ——方格边长(m);

$M$ ——方格数;

$H_{11}$ 、 $H_{12}$ 、 $H_{21}$ 、 $H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高(m)。

由于相邻方格具有公共的角点标高,在一个方格网中,某些角点系四个相邻方格的公共角点,其标高需加四次,某些角点系三个相邻方格的公共角点,其标高需加三次,而某些角点标高仅需加二次,又如方格网四角的角点标高仅需加一次。因此上式可改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4M} \quad (1)$$

式中  $H_1$ ——一个方格仅有的角点标高(m);

$H_2$ ——二个方格共有的角点标高(m);

$H_3$ ——三个方格共有的角点标高(m);

$H_4$ ——四个方格共有的角点标高(m)。

##### (2) 最佳设计平面的确定

当进行大型场区竖向规划设计时,要把天然地面改造成我们所要求的设计平面,就应该满足建筑规划和生产工艺方面的要求,并尽量使填挖方平衡和总的土方量最小。因此,正确地选择设计标高需考虑以下因素:

- ① 与已有建筑物的标高相适应,满足生产工艺和运输的要求;
- ② 尽量利用地形,以减少填、挖土方的数量;
- ③ 根据具体条件,争取场区以内的挖方同填方相互平衡,以降低土方运输费用;
- ④ 要有一定的泄水坡度,以满足排水要求。

当地形比较复杂时,场区一般需设计成多平面,此时可根据工艺要求和地形,预先把

场区划分成几个平面,分别计算出各最佳设计平面的各个参数。然后适当修正各设计平面交界处的标高,使场区平面的变化缓和且连续。因此,确定单平面的最佳设计平面是竖向规划设计的基础。

应用最小二乘法原理,可以求得最佳设计平面参数(原点标高及地面坡度)。

场区竖向规划中的设计平面是一个三维问题,由解析几何学的理论可知,一个平面在空间中的具体位置,如果用直角坐标系来表示(图4-1-2),其方程为:

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1 \quad (2)$$

在等式的左,右两边均乘以  $c$ ,可得

$$x \frac{c}{a} + y \frac{c}{b} + z = c$$

由图4-1-2可以看出,设计平面同坐标平面  $xoz$  及  $yoz$  相交于  $A$  点和  $B$  点,设计平面在  $x$  轴及  $y$  轴处的夹角为  $\gamma_x$  和  $\gamma_y$ ,而

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_x &= i_x = -\frac{c}{a} \\ \operatorname{tg} \gamma_y &= i_y = -\frac{c}{b} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中  $i_x$  及  $i_y$ ——设计平面沿坐标  $x$  及  $y$  的坡度。

因而:

$$z = c + xi_x + yi_y \quad (4)$$

如果知道了坡度  $i_x$  及  $i_y$ ,那么设计平面各点的标高可按上式计算。

今假设需平整场区上有若干点,它们的坐标分别为:

$K(x_1, y_1, z_1)$   $\mathcal{A}(x_2, y_2, z_2)$   $\dots \dots n(x_n, y_n, z_n)$ ,当参数  $c, i_x$  及  $i_y$  已知时,则场区上相应点的设计标高为:

$$\left. \begin{aligned} z'_1 &= c + x_1 i_x + y_1 i_y \\ z'_2 &= c + x_2 i_x + y_2 i_y \\ \dots \dots \dots \\ z'_n &= c + x_n i_x + y_n i_y \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

由此可得设计平面各相应点的施工高度(即填挖深度)为:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= c + x_1 i_x + y_1 i_y - z_1 \\ h_2 &= c + x_2 i_x + y_2 i_y - z_2 \\ \dots \dots \dots \\ h_n &= c + x_n i_x + y_n i_y - z_n \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

方程式(6)中的施工高度  $h_i$ ,如为正值则表示该点的设计标高大于地面标高,即该点应是填土(填方);如为负值则应是挖土(挖方)。

根据最小二乘法的原理可知,当各方格顶点的填挖深度的平方和最小时,并考虑反映

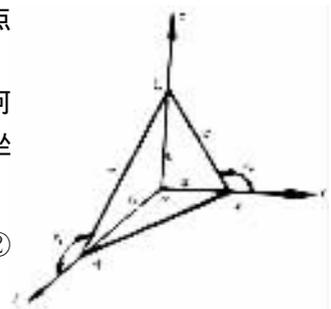


图4-1-2 在空间中一个平面的位置

方格各顶点特征的符号  $P$  (测量上的术语称为“权”,  $P$  的大小取决于该点在土方量计算中出现的次数) 则该设计平面能满足土方工程量最小和保证填挖方量相等的最佳条件, 即:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n P_i h_i^2 = P_1 h_1^2 + P_2 h_2^2 + \dots + P_n h_n^2 = \text{最小} \quad (7)$$

将公式 (6) 代入 (7) 得:

$$\sigma = P_1 (c + x_1 i_x + y_1 i_y + z_1)^2 + P_2 (c + x_2 i_x + y_2 i_y - z_2)^2 + \dots + P_n (c + x_n i_x + y_n i_y - z_n)^2 = \text{最小}$$

为使  $\sigma$  最小, 上式须对参数  $c$ 、 $i_x$ 、 $i_y$  分别求偏导数, 并令其等于 0, 于是得:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial c} = \sum_{i=1}^n P_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial i_x} = \sum_{i=1}^n P_i x_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial i_y} = \sum_{i=1}^n P_i y_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0$$

整理成准则方程则为:

$$\left. \begin{aligned} [P]c + [Px]i_x + [Py]i_y - [Pz] &= 0 \\ [Px]c + [Pxx]i_x + [Pxy]i_y - [Pxz] &= 0 \\ [Py]c + [Pxy]i_x + [Pyy]i_y - [Pyz] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式中  $[P] = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ ;

$$[Px] = P_1 x_1 + P_2 x_2 + \dots + P_n x_n$$

$$[Pxx] = P_1 x_1 x_1 + P_2 x_2 x_2 + \dots + P_n x_n x_n$$

$$[Pxy] = P_1 x_1 y_1 + P_2 x_2 y_2 + \dots + P_n x_n y_n = \text{其余类推。}$$

解联立方程组 (8) 便可求出最佳设计平面的三个参数  $c$ 、 $i_x$  及  $i_y$ 。然后即可根据方程式

(6) 计算出各点的施工高度  $h_i$ 。用下述等式可检查上述计算工作是否正确。

$$[Ph] = 0 \quad [P_x h] = 0 \quad [P_y h] = 0 \quad (9)$$

(3) 场区设计平面的几种特殊情况

① 当已知  $c$  时, 用公式 (8) 的二、三式联解即可求出坡度  $i_x$  和  $i_y$ :

$$\left. \begin{aligned} [Pxx]i_x + [Pxy]i_y &= [Pxz] - [Px]c \\ [Pxy]i_x + [Pyy]i_y &= [Pyz] - [Py]c \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

② 当已知  $i_x$  (或  $i_y$ ) 时, 用公式 (1-8) 中一、三 (或二) 式联解即可求出  $c$  和  $i_y$  (或  $i_x$ ):

$$\left. \begin{aligned} [P]c + [Py]i_y &= [Pz] - [Px]i_x \\ [Py]c + [Pyy]i_y &= [Pyz] - [Pxy]i_x \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

或

$$\left. \begin{aligned} [P]c + [Px]i_x &= [Pz] - [Py]i_y \\ [Px]c + [Pxx]i_x &= [Pxz] - [Pxy]i_y \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

③ 如果求场区为水平面 (即  $i_x = i_y = 0$ ) 由公式 (2) 中的一式得:

$$c = \frac{[Pz]}{[P]}$$

如用四方棱柱体法计算土方量, 则:

$$[Pz] = P_1z_1 + P_2z_2 + \dots + P_nz_n = \Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4$$

$$[P] = 4M$$

$$\therefore H_0 = c = \frac{[Pz]}{[P]} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4M} \quad (13)$$

此式即式①。

如果三角棱柱体法计算土方量,则:

$$[Pz] = P_1z_1 + P_2z_2 + \dots + P_nz_n = \Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + \dots + 8\Sigma H_8$$

$$[P] = 6M.$$

$$\therefore H_0 = c = \frac{[Pz]}{[P]} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + \dots + 8\Sigma H_8}{6M} \quad (14)$$

式中  $H_0$ ——为水平面时场地的设计标高;

$H_1$ ——为一个方格共有的角点标高;

余类推;

$M$ ——方格数。

(4)当  $i_x$  和  $i_y$  已知(即必须保持  $x$ 、 $y$  轴两个方向规定的坡度),由公式⑧中的一式可求出  $c$ :

$$c = \frac{[Pz] - [Px]i_x - [Py]i_y}{[P]} \quad (15)$$

因之即可求出各点的施工高度。

#### (4)设计标高的调整

根据上述公式算出的设计标高乃一理论值,实际上还需要考虑下述因素进行调整。

①由于土壤具有可松性,即一定体积的土方开挖后体积会增大,为此需相应地提高设计标高,以达到土方量的实际平衡;

②由于设计标高以上的各种填方工程(如场区上填筑路堤)而影响设计标高的降低,或者由于设计标高以下的各种挖方工程而影响设计标高的提高(如开挖河道、水池、基坑等);

③根据经济比较的结果,将部分挖方就近弃于场外,或部分填方就近取于场外而引起挖、填土方量的变化后,需增、减设计标高。

上述②、③两项,可根据具体情况计算后加以调整,而①项则按下述方法计算:

如图4-1-3所示,设  $\Delta h$  为因考虑土的可松性而引起的设计标高的增加值,则总挖方体积  $V_w$  应减少  $F_w\Delta h$ ,即:

$$V'_w = V_w - F_w\Delta h$$

式中  $V'_w$ ——设计标高调整后的总挖方体积;

$V_w$ ——设计标高调整前的总挖方体积;

$F_w$ ——设计标高调整前的挖方区总面积。

设计标高调整后,总填方体积则变为:

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w\Delta h)K'_s$$

式中  $V'_T$ ——设计标高调整后的总填方体积;



图 4-1-3 设计标高的调整计算示意图

(a)理论设计标高 (b)调整设计标高

$K'_s$ ——土的最后可松性系数。

此时,填方区的标高也与挖方区的标高一样提高  $\Delta h$ ,即:

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_W - F_W \Delta h)K'_s - V_T}{F_T}$$

式中  $V_T$ ——调整前的总填方体积;  
 $F_T$ ——调整前的填方区总面积。

移项并简化之:

$$\Delta h = \frac{V_W(K'_s - 1)}{F_T + F_W K'_s} \quad (16)$$

故考虑土的可松性后,场区的设计标高经调整后改为:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (17)$$

## 2. 场区平整土方工程量计算

场区土方量的计算方法,有“四角棱柱体法”和“三角棱柱体法”。

### (1)四角棱柱体法

方格为全填或全挖时(图 4-1-4),其体积公式是根据中断面法的近似公式推导出来的:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (18)$$

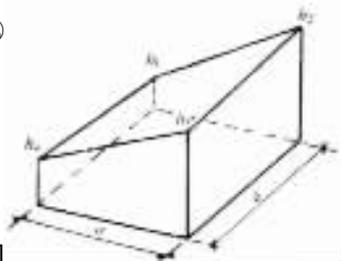


图 4-1-4 方格为全填或全挖

式中  $V$ ——挖方或填方体积;

$h_1、h_2、h_3、h_4$ ——方格四个角点的施工高度;

$a$ ——方格边长。

如方格中部分是挖方、部分是填方,则其体积公式为(图 4-1-5):

$$V_{挖(填)} = \frac{a^2[\sum h_{挖(填)}]}{4\sum h} \quad (19)$$

式中  $V_{挖(填)}$ ——挖方(或填方)的体积;

$\sum h_{挖(填)}$ ——方格角点中挖方(或填方)施工高度总和(均用绝对值相加);

$\sum h$ ——方格四个角点施工高度总和(均用绝对值相加);

$a$ ——方格边长。

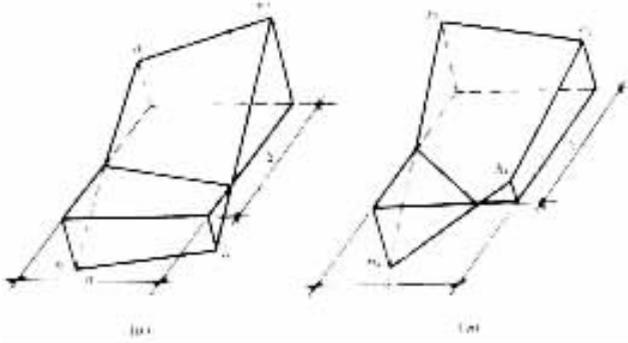


图 4-1-5 方格中部分为挖方、部分为填方

(2)三角棱柱体法

系沿地形等高线再将每个方格的对角点连接起来划分为两个等腰直角三角形。根据各角点施工高度符号的不同,零线(即方格边上施工高度为零、不填不挖的点的连线)可能将三角形划分为两种情况:三角形全部为挖方或全部为填方以及部分挖方和部分填方。

三角棱柱体法的计算公式是根据立体几何体积计算公式推导出来的,比较精确。其计算方法如下:

全填或全挖的体积公式(图 4-1-6):

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (20)$$

式中  $a$ ——方格的边长;

$h_1, h_2, h_3$ ——三角形各角点的施工高度。

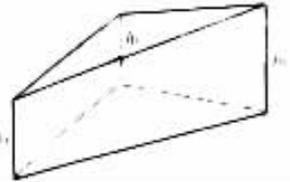


图 4-1-6 三角棱柱体法全填或全挖

部分挖方和部分填方的体积公式,由于零线将三角形划分成底面为三角形的锥体和底面为四边形的三角棱柱体法全填或全挖的楔体。锥体的体积为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (21)$$

楔体的体积为:

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (22)$$

式中  $V_{\text{锥}}$ ——锥体的体积(挖方或填方);

$V_{\text{楔}}$ ——楔体的体积(填方或挖方);

$h_1, h_2, h_3$ ——三角形各角点的施工高度(均用绝对值代入),但  $h_3$  恒指锥体顶点的施工高度。

3. 土方调配

土主调配工作是土方规划设计的一个重要内容。土方调配的目的是使土方总运输量( $m^3 \cdot m$ )或土方施工成本(元)最小的条件下,确定填挖方区土方的调配方向和数量,从而达到缩短工期和降低成本的目的。

进行土方调配,必须综合考虑工程和现场情况、有关技术资料、进度要求和土方施工

方法。特别是当工程为分批分期施工时,先期工程与后期工程之间的土方堆放和调运问题应当全面考虑,力求避免重复挖运和场地混乱。经过全面研究,确定调配原则之后,即可着手进行土方调配工作。划分土方调配区、计算土方的平均运距(或单位土方的施工费用),确定土方的最优调配方案。当用同类机械进行土方施工时,可以用总的土方运输量最小作为土方调配的目标;当使用多种机械进行土方施工时,由于各种机械的使用费及生产率都不一样,最好以土方施工总费用最小作为土方调配的目标,因为它可以比较正确地反映土方调配的综合效果。

#### (1) 土方调配区的划分、平均运距和土方施工单价的确定

进行土方调配时首先要划分调配区。划分土方调配区应注意下列几点:

① 调配区的划分应该与房屋和构筑物的平面位置相协调,并考虑它们的开工顺序、工程的分期施工顺序;

② 调配区的大小应该满足土方施工用主导机械(铲运机、挖土机等)的技术要求,例如调配区的范围应该大于或等于机械的铲土长度,调配区的面积最好和施工段的大小相适应;

③ 调配区的范围应该和土方的工程量计算用的方格网协调,通常可由若干个方格组成一个调配区;

④ 当土方运距较大或场区范围内土方不平衡时,可考虑就近借土或就近弃土,这时一个借土区或一个弃土区都可作为一个独立的调配区。

调配区的大小及位置确定之后,便可计算各填、挖方调配区之间的平均运距。当用铲运机或推土机平土时,挖方调配区和填方调配区土方重心之间的距离,通常就是该填、挖方调配区之间的平均运距。在一般情况下,为便于计算,都是假定调配区平面的几何中心即为其体积的重心,这样计算是近似的。当填、挖方调配区之间的距离较远,采用汽车、自行式铲运机或其他运土工具沿工地道路或规定路线运土时,其运距应按实际情况进行计算。

当采用多种机械施工时,土方施工单价的确定就比较复杂。不仅是单机核算问题,还要考虑挖、运、填配套机械施工单价。为了简化计算,影响不大的因素可予以剔除。首先可以根据土壤的工程性质,调配区之间的运土距离和土方机械的技术性能等,从现有机械中选择每个调配区之间最合适的施工机械(包括挖、运、填整套作业机械)。这套机械施工时的生产率由其中最小的生产率确定(综合施工过程中,配套机械的生产率应尽量协调)。用简略方法计算土方施工单价时可用下式计算:

$$c_{ij} = \frac{\sum_1^n E_s}{P} + \frac{E_0}{V} \quad (2)$$

式中  $c_{ij}$ ——由挖方区  $i$  到填方区  $j$  的土方施工单价(元/ $m^3$ );

$E_s$ ——参加综合施工过程的各土方施工机械的台班费用(元/台班);

$n$ ——参加  $i$  挖方区到  $j$  填方区的土方综合施工过程的所有机械台数(台);

$P$ ——由  $i$  挖方区到  $j$  填方区的综合施工过程的生产率( $m^3$ /班);

$E_0$ ——参加综合过程的所有机械的一次性费用,包括机械进出场运输费,安装拆

除费,临时设施费等(元);

$V$ ——该套机械的施工期内应完成的土方量( $m^3$ );

(2)用“线性规划”方法进行土方调配

①方法简介

表4-1-9是土方平衡与施工单价表。

表4-1-9说明了整个场地划分为  $m$  个挖方区  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , 其挖方量相应为  $a_1, a_2, \dots, a_m$ , 并有  $n$  个填方区  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , 其填方量相应为  $b_1, b_2, \dots, b_n$ , 并假定填挖平衡, 即

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (24)$$

从  $A_1$  到  $B_1$  的单位土方施工费或运距为  $c_{11}$ , 调配的土方量为  $x_{11}$ , 故一般地说从  $A_i$  到  $B_j$  的单位土方施工费或运距为  $c_{ij}$ , 调配的土方量为  $x_{ij}$ , 则土方调配问题就化做为这样一个数学模型, 即要求求出一组  $x_{ij}$  的值, 使得目标函数  $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$  为最小值, 而且  $x_{ij}$  满足下列约束条件:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (26)$$

表 4 - 1 - 9

挖方区 \ 填方区	$B_1$	$B_2$	.....	$B_j$	.....	$B_n$	挖方量
$A_1$	$x_{11}$ $c_{11}$	$x_{12}$ $c_{12}$	.....	$x_{1j}$ $c_{1j}$	.....	$x_{1n}$ $c_{1n}$	$a_1$
$A_2$	$x_{21}$ $c_{21}$	$x_{22}$ $c_{22}$	.....	$x_{2j}$ $c_{2j}$	.....	$x_{2n}$ $c_{2n}$	$a_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$A_i$	$x_{i1}$ $c_{i1}$	$x_{i2}$ $c_{i2}$	.....	$x_{ij}$ $c_{ij}$	.....	$x_{in}$ $c_{in}$	$a_i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$A_m$	$x_{m1}$ $c_{m1}$	$x_{m2}$ $c_{m2}$	.....	$x_{mj}$ $c_{mj}$	.....	$x_{mn}$ $c_{mn}$	$a_m$
填方量	$b_1$	$b_2$	.....	$b_i$	.....	$b_n$	$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$

根据约束条件知道, 变量有  $m \times n$  个, 而方程数有  $m + n$  个。由于填挖平衡, 前面  $m$  个方程相加减去后面  $n - 1$  个方程之和得第  $n$  个方程, 因此独立方程的数量实际上只有  $m + n - 1$  个。

## 4 施工技术

由于变量个数多于独立方程个数。因此方程组有无穷多的解,每一个组都能得到  $m + n - 1$  个变量的值。而我们的目的是要求出一组最优解。显然,这是“线性规划”中的“运输问题”,可以用“表上作业法”来求解。运输问题用“表上作业法”求解较方便。

### ② 用“表上作业法”进行土方调配

A. 初始调配方案编制 初始方案的编制采用“最小元素法”。即根据对应于  $c_{ij}$  (平均运距) 最小的  $x_{ij}$  取最大值的原理进行调配。

下面用例子说明编制初始方案的方法。

图 4-1-7 为一矩形广场,现已知各调配区的土方量和相互之间的平均运距,试求最优土方调配方案。

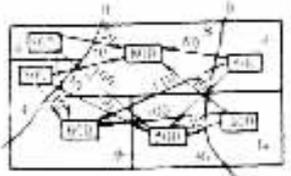


图 4-1-7 各调配区的土方量和平均运距

将图 4-1-7 中的数值填入填挖方平衡及运距表(表 4-1-10)

首先在运距表(小方格)中找一个最小数值,上表中  $c_{22} = c_{43} = 40$  (任取其中一个,如  $c_{43}$ )。于是先确定  $x_{43}$  的值,使其尽可能的大,即  $x_{43} = \min(400, 500) = 400$ 。由于  $A_4$  挖方区的土方全部调到  $B_3$  填方区,所以  $x_{41} = x_{42} = 0$ ,将 400 填入表 4-1-12 中的  $x_{43}$  格内,画一个括号。同时在  $x_{41}, x_{42}$  格内画上一个“×”号,然后在没有括号和“×”号的方格内,再选一个运距最小的方格,即  $c_{22} = 40$ ,故我们让  $x_{22}$  值尽量大,即  $x_{22} = \min(500, 600) = 500$ 。同时使  $x_{21} = x_{23} = 0$ 。同样将 500 画上一个括号,填入表 4-1-13 中  $x_{22}$  格内,并且在  $x_{21}, x_{23}$  格内画上“×”号(表 4-1-11)。

表 4-1-10

表 4-1-11

挖方区 \ 填方区	$B_1$	$B_2$	$B_3$	挖方量 (m <sup>3</sup> )
$A_1$	50	70	100	500
$A_2$	70	40	90	500
$A_3$	60	110	70	500
$A_4$	80	100	40	400
填方量(m <sup>3</sup> )	800	600	500	1900

挖方区 \ 填方区	$B_1$	$B_2$	$B_3$	挖方量 (m <sup>3</sup> )
$A_1$	50	70	100	500
$A_2$	×	(500)	×	500
$A_3$	60	110	70	500
$A_4$	×	×	(400)	400
填方量(m <sup>3</sup> )	800	600	500	

重复上面步骤,依次地确定其余  $x_{ij}$  数值,最后可以得出表 4-1-12。

表 4-1-12 中所求得的一组  $x_{ij}$  的数值,便是本例的初始调配方案。由于利用“最小元素法”确定的初始方案,首先是让  $c_{ij}$  最小的那些格内的  $x_{ij}$  值取尽可能大的值,也就是优先考虑“就近调配”。所以求得之总运输量是较上的。但是这并不能保证其总运输量是最小,

因此还需要进行判别,看它是否是最优方案。

表 4 - 1 - 12

挖方区 \ 填方区	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	挖方量 (m <sup>3</sup> )
A <sub>1</sub>	50 (500)	70 ×	100 ×	500
A <sub>2</sub>	70 ×	40 (500)	90 ×	500
A <sub>3</sub>	60 (300)	110 (100)	70 (100)	500
A <sub>4</sub>	80 ×	100 ×	40 (400)	400
填方量 (m <sup>3</sup> )	800	600	500	

表 4 - 1 - 13

挖方区 \ 填方区	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	50		
A <sub>2</sub>		40	
A <sub>3</sub>	60	110	70
A <sub>4</sub>			40

B. 最优方案的判别法 只要所有检验数  $\lambda_i \geq 0$ , 则初始方案即最优解。“表上作业法”中求检验数  $\lambda_j$  的方法有“闭回路法”与“位势法”。“位势法”较“闭回路法”简便,因此这里只介绍用“位势法”求检验数。

检验时,首先将初始方案中有调配数方格的平均运距列出来,然后根据这些数字的方格,按下式求出两组位势数  $u_i (i = 1, 2, \dots, m)$  和  $v_j (j = 1, 2, \dots, n)$

$$c_{ij} = u_i + v_j \quad (27)$$

式中  $c_{ij}$ ——本例中为平均运距;

$u_i, v_j$ ——位势数。

位势数求出后,便可根据下式计算各空格的检验数:

$$\lambda_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j \quad (28)$$

如果所求得的检验数均为正数,则说明该方案是最优方案,否则,该方案就不是最优方案,尚需进一步调整。

现在用“位势法”来判别 4 - 1 - 12 中求得的初始方案是否是最优方案。首先把表 4 - 1 - 12 中有调配数方格的平均运距列成表 4 - 1 - 13。

然后根据表 4 - 1 - 13 的数字,依照公式  $C_{ij} = u_i + v_j$  求出位势数。为了便于填写位势数  $u_i$  和  $v_j$ ,在表 4 - 1 - 13 的基础上再增加一行和一系列,构成表 4 - 1 - 14 的位势表。

## 4 施工技术

平均运距和位势表 表 4-1-14

填方区 \ 挖方区	位势	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
	$v_j$	$v_1 = 50$	$v_2 = 100$	$v_3 = 60$
	$u_i$			
A <sub>1</sub>	$u_1 = 0$	50		
		0		
A <sub>2</sub>	$u_2 = -60$		40	
			0	
A <sub>3</sub>	$u_3 = -10$	60	110	70
			0	0
A <sub>4</sub>	$u_4 = -20$			40
				0

位势运距和检验数表 表 4-1-15

填方区 \ 挖方区	位势	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
	$v_j$	$v_1 = 50$	$v_2 = 100$	$v_3 = 60$
	$u_i$			
A <sub>1</sub>	$u_1 = 0$	0	70	100
			-	+
A <sub>2</sub>	$u_2 = -60$	70	0	90
		+		+
A <sub>3</sub>	$u_3 = -10$	0	0	0
A <sub>4</sub>	$u_4 = -20$	80	100	0
		+	+	

先让  $u_1 = 0$  则：

$$v_1 = c_{11} - x_1 = 50 - 0 = 50 ;$$

$$u_3 = 60 - 50 = 10 ;$$

$$v_2 = 110 - 10 = 100 ;$$

$$v_3 = 70 - 10 = 60 ;$$

$$u_2 = 40 - 100 = -60 ;$$

$$u_4 = 40 - 60 = -20。$$

位势数求出后,再根据公式  $\lambda_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$  依次求出各空格的检验数。如  $\lambda_{21} = 70 - (-60) - 50 = +80$  (在表 4-1-15 中只写“+”或“-”,可不必填入数字),将求得各个检验数填入表 4-1-15。

表 4-1-15 中出现了负的检验数。这说明初始方案不是最优方案,需要进一步进行调整。

C. 方案调整 第一步:在所有负检验数中挑选一个(一般可选最小一个),本例中便是  $c_{12}$ ,把它所对应的变量  $x_{12}$  作为调整对象。

第二步:找出  $x_{12}$  的闭回路。其作法是:从  $x_{12}$  格出发,沿水平或竖直方向前进,遇到适当的有数字的方格作 90° 转弯(也不一定要转弯),然后继续前进,如果路线恰当,有限步后便能回到出发点,形成一条已有数字的方格为转角点的、用水平和竖直线联起来的闭回路见表 4-1-16。

第三步:从空格  $x_{12}$  出发,沿着闭回路(方向任意)一直前进,在各奇数次转角点的数字中,挑出一个最小的(本例中便是在“500,100”中选出“100”),将它由  $x_{32}$  调到  $x_{12}$  方格中(即空格中)。

第四步:将“100”填入  $x_{12}$  方格中,被挑出的  $x_{32}$  为 0 (该格变为空格);同时将闭回路上其它的奇数次转角上的数字都减去“100”,偶数次转角上数字都增加“100”;使得填挖方区

的土方量仍然保持平衡,这样调整后,便可得到表 4-1-17 的新调配方案。

$x_{12}$  的闭回路表

表 4-1-16

挖方区 \ 填方区		$B_1$	$B_2$	$B_3$	
		$A_1$	500 ←	$x$ ↑	
		$A_2$	↓	 500	
		$A_3$	300 →	 100	100
		$A_4$			400

新的调整表

表 4-1-17

挖方区 \ 填方区		势位	$B_1$	$B_2$	$B_3$	挖方量 ( $m^3$ )
		$v_j$ $u_i$	$v_1 = 50$	$v_2 = 70$	$v_3 = 60$	
$A_1$	$u_1 = 0$	$\begin{array}{ c } \hline 50 \\ \hline \end{array}$ 400	$\begin{array}{ c } \hline 70 \\ \hline \end{array}$ 100	$\begin{array}{ c } \hline 100 \\ \hline \end{array}$ +	500	
$A_2$	$u_2 = -30$	$\begin{array}{ c } \hline 70 \\ \hline \end{array}$ +	$\begin{array}{ c } \hline 40 \\ \hline \end{array}$ 500	$\begin{array}{ c } \hline 90 \\ \hline \end{array}$ +	500	
$A_3$	$u_3 = 10$	$\begin{array}{ c } \hline 60 \\ \hline \end{array}$ 400	$\begin{array}{ c } \hline 110 \\ \hline \end{array}$ +	$\begin{array}{ c } \hline 70 \\ \hline \end{array}$ 100	500	
$A_4$	$u_4 = -20$	$\begin{array}{ c } \hline 80 \\ \hline \end{array}$ +	$\begin{array}{ c } \hline 100 \\ \hline \end{array}$ +	$\begin{array}{ c } \hline 40 \\ \hline \end{array}$ 400	400	
填方量 ( $m^3$ )		800	600	500	1900	
					1900	

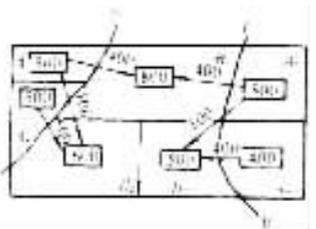
对新调配方案,仍用“位势法”进行检验,看其是否已是最优方案。如果检验数中仍有负数出现,那就仍按上述步骤继续调整,直到找出最优方案为止。

表 4-1-17 中所有检验数均为正号,故该方案即为最优方案。

该最优土方调配方案的土方总运输量为:

$$Z = 400 \times 50 + 100 \times 70 + 500 \times 40 + 400 \times 60 + 100 \times 70 + 400 \times 40 = 94000 (m^3 \cdot m)$$

最后将表 4-1-17 中的土方调配数值绘成土方调配图(图 4-1-8)



#### 4. 场地平整施工

大面积的场地平整,可采用推土机和铲运机。

## (1) 挖掘机械及其施工

## ① 推土机

推土机是场地平整施工的主要机械之一。它是在动力机械(如拖拉机等)的前方安装推土板等工作装置而成的机械,可以独立地完成铲土、运土及卸土三种作业。按行走机构的形式,推土机可分为履带式 and 轮胎式两种。图4-1-9为履带式推土机,图4-1-10为轮胎式推土机。履带式推土机附着牵引力大,接地压力小,但机动性不如轮胎式推土机。推土机的推土板一般用液压操纵,除了可升降外,还可调整角度。推土机的车架结构有铰接式(见图4-1-10)和整体式(图4-1-9)两种,铰接式车架结构采用铰接转向,转弯半径小,因此较为灵活。按发动机功率大小可以分为大型推土机(235kW或320马力以上),中型推土机(73.5~235kW或100~320马力)和小型推土机(73.5kW或100马力以下)三种。目前我国生产的履带式推土机有红旗100、上海120、T-120、移山160、T-180、TY-180、黄河220、T-240、T320和TY-320等,轮胎式推土机有TL-160、厦门T-180推土机等。

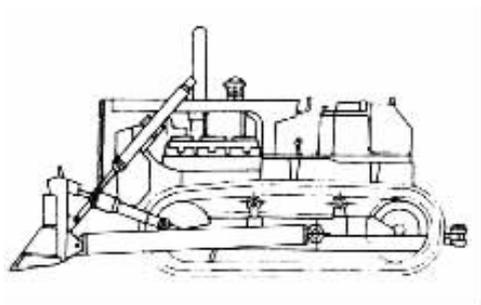


图4-1-9 履带式推土机

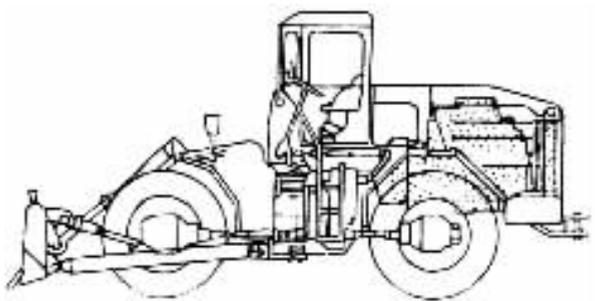


图4-1-10 轮胎式推土机

推土机操纵灵活,运转方便,所需工作面较小、行驶速度快、易于转移,因此应用范围较广。多用于场地清理和平整、开挖深度不大的基坑、填平沟坑、以及配合铲运机、挖土机工作等。此外,在推土机后面可按装松土装置,破松硬土和冻土,也可拖挂羊足碾进行土方压实工作。推土机可以推挖一~三类土,推运距离宜在100m以内。以运距在50m内经济效果最好。

推土机的生产率主要决定于推土板推移土壤的体积和切土、推土、回程等工作的循环时间。为了提高推土机的生产率,可采取下坡推土(见图4-1-11按层次依箭头方向推

土)并列推土和利用前次推土的槽推土等方法,以提高推土效率、缩短推土时间和减少土的失散。

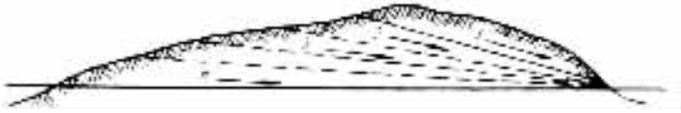


图 4-1-11 下坡推土法

## ② 铲运机

铲运机是一种能综合完成全部土方施工工序(挖土、运土、卸土和平土)的机械。按行走方式分为自行式铲运机图 4-1-12 和拖式铲运机两种。按斗容量可分为小斗容量( $3\text{m}^3$  以下)中等斗容量( $3 \sim 14\text{m}^3$ )和大斗容量( $14\text{m}^3$  以上)三种。按铲斗的操纵系统又可分为钢丝绳操纵和液压操纵两种。后者可以强制切土,能切较硬土壤,液压强制关闭斗门减漏土,操纵机构轻便灵活,已逐渐取代前者,成为主要应用的形式。

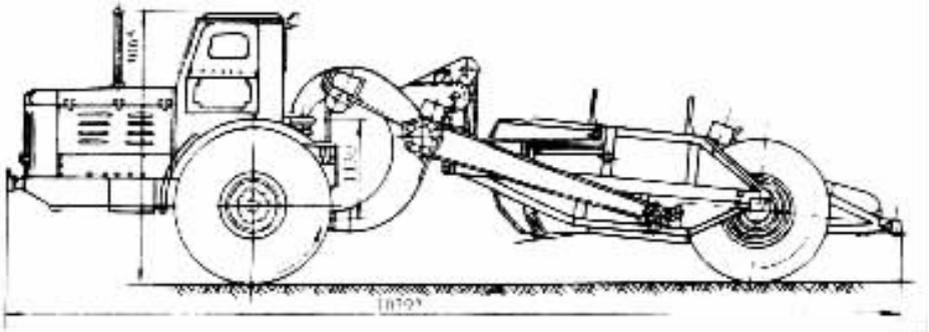


图 4-1-12 自行式铲运机外形图

我国目前常用国产铲运机有  $C_3-6$  型机械操纵和  $C_6-2.5$  型液压操纵的拖式铲运机,以及  $CL_7$  型自行式液压铲运机等。国外的铲运机发展很快,主要向自行式铲运机方向发展,并向安全耐用、低公害、低能耗、全盘自动化、品种多样化等方向发展,使生产率大为提高,使用范围扩大。

铲运机管理简单,生产率高,且运转费用低,在土方工程中常应用于大面积场地平整、填筑路基和堤坝等。最宜于开挖含水量不超过 27% 的松土和普通土,硬土要用松土机预松后才能开挖。自行式铲运机的运距在  $800 \sim 1500\text{m}$  时效率最高,拖式铲运机的运距在  $200 \sim 350\text{m}$  时效率最高。

铲运机的生产率主要取决于铲斗装土容量和铲土、运土、卸土、回程的工作循环时间。为提高生产率,可采用下坡铲土、推土机助铲等方法,以缩短装土时间和使铲斗装满。铲运机常用的开行路线为环形和 8 字形路线(图 4-1-13)。

如平整的场地上有土方量较大的土堆、山丘等,当土方运距较远时,亦可用正向铲挖掘机挖土,由汽车运至填方区。

正铲挖掘机(图 4-1-14)宜于开挖停机面以上的土方,由汽车配合运土,其挖掘力大,生产率较高。

挖土机的生产率取决于斗容量和每斗作业的循环延续时间。为提高挖土效率,除工作

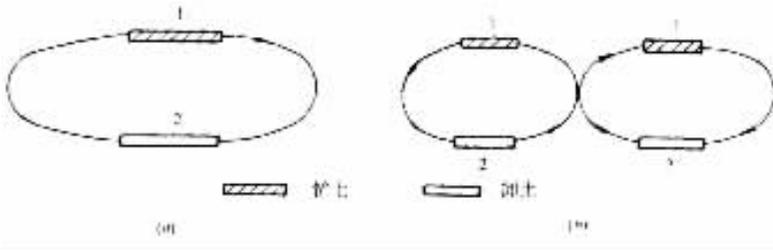


图 4-1-13 铲运机开行路线  
(a) 环形路线 (b) 八字形路线

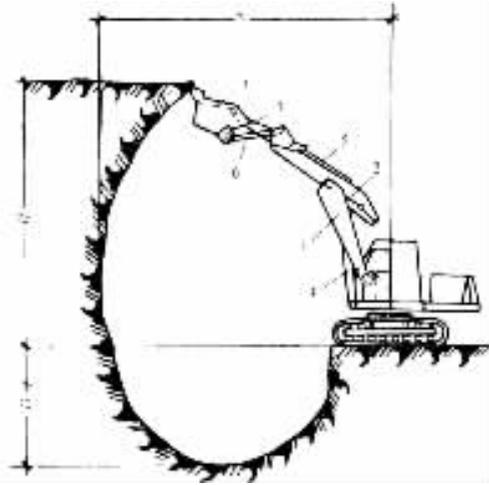


图 4-1-14 正铲挖土机  
1—动臂 2—斗杆 3—铲斗；  
4、5、6—液压缸 7—连杆机构

面高度要满足装满土斗的要求外,还要使挖掘机与运土汽车很好地配合,减少回转角度,缩短一个挖土循环的延续时间。

(2) 土方机械与运土车辆的配合

当挖土机挖出的土方需用运土车辆运走时,挖土机的生产率不仅取决于本身的技术性能,而且还决定于所选的运输工具是否与之协调。

由技术性能,可按下式算出挖土机的生产率  $P$ 。

$$P = \frac{8 \cdot 3600}{t} \cdot q \cdot \frac{K_c}{K_s} \cdot K_B \text{ (m}^3\text{/台班)} \quad (29)$$

式中  $t$ ——挖土机每次作业循环延续时间(s);

$q$ ——挖土机斗容量( $\text{m}^3$ );

$K_c$ ——土的最初可松性系数;

$K_s$ ——土斗的充盈系数可取 0.8 ~ 1.1;

$K_B$ ——工作时间利用系数,一般为 0.6 ~ 0.8。

为了使挖土机充分发挥生产能力,应使运土车辆的载重量  $Q$  与挖土机的每斗土重保

持一定的倍率关系,并有足够数量的车辆以保证挖土机连续工作。从挖土机方面考虑,汽车的载重量越大越好,可以减少等待车辆调头的时间;从车辆方面考虑,载重量小时,台班费低而数量要增加,载重量大时,台班费高但数量可减少。最合适的车辆载重量应当是使土方施工单价为最低,可以通过核算确定。一般情况下,汽车载重量宜为每斗土重的3~5倍。运土车辆的数量 $N$ ,可按式计算

$$N = \frac{T}{t_1 + t_2} \quad (30)$$

式中  $T$ ——运输车辆每一个工作循环延续时间(s),由装车、重车运输、卸车、空车开回及等待时间组成;

$t_1$ ——运输车辆装满一车土的时间(s);

$$t_1 = n \cdot t$$

(31)

$$n = \frac{Q}{q \cdot \frac{K_c}{K_s} \cdot \gamma}$$

式中  $n$ ——运土车辆每车装土次数;

$\gamma$ ——实土的重力密度( $t/m^3$ );

$t_2$ ——运输车辆调头而使挖土机等待的时间(s)。

为了减少车辆的调头、等待和装土时间,装车场地必须考虑调头方法及停车位置。

## 4-1-2-2 基坑挖方

### 1. 概述

(1) 建筑工程的基坑开挖可分为两大类:

① 一般工程与民用建筑的浅基坑开挖。它又可分为两种情况:A. 条形基坑开挖,如基槽或管沟开挖,开挖深度在3~5m以内;B. 柱基基坑开挖,基础面积较大,开挖深度可达7.8m,设备基础开挖较为复杂,挖深可达10m,有时又与柱基相邻近,而且多半要在室内施工;当设备基础与柱基邻近时,拉开距离不应小于 $2\Delta H$ ( $\Delta H$ 为两基础底面的高差)。

② 高层建筑地下部分的大面积深基坑开挖。开挖深可达15m,长、宽可在20m以上。施工期长,常遇场地狭窄、地下水、软土(粉细砂)等,施工难度大。

本书以讨论浅基坑开挖为限。

(2) 定位放线。根据总平面图的坐标基准点,参照现有道路中心线、现有建筑物相关位置,用经纬仪和钢尺或测距仪,将建筑物基础轴线测放到地面,打设轴线桩,根据基础宽度、留不留工作面、放坡与否等,定出基坑开挖边线,在地面划出灰线;用水准仪将水准基点引测至现场,在轴线桩、龙门板上定出标高,作为基坑开挖深度的高程控制。

(3) 做好施工排水和降低地下水位工作(已如前述)。

(4) 做好场地布置、弃料堆放、施工道路布置,以及有关安全施工措施的计划。

(5) 基坑开挖必须注意边坡的稳定或土壁支护,必须保证设计基底土层不受扰动;基

坑开挖后如不立即进行地基处理和基础施工的,必须在设计基底开挖标高以上留足保护层(例如 15~30cm),待地基处理和基础施工时再挖除,不宜将挖好的基坑长期曝晒或泡水。基坑(槽)开挖后必须验槽,检验核对原地质勘探报告的结论、建议是否正确,补充原勘探报告的不足,检查基底以下一定深度内有无洞穴、土井、废弃管道等局部异常情况,以便修正原地基处理方案或确定局部地基的处理措施。

2. 边坡稳定

(1)为保证施工安全、防止坍方,在场地布置允许条件下,当基坑开挖深度超过一定限度时,均应将开挖边沿放坡。

土方边坡坡度以其高度  $H$  与放出的水平距  $B$  之比表示(图 4-1-15),即

$$\text{边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1:m \quad (32)$$

式中  $m = \frac{B}{H}$  称为坡度系数。

挖方边坡与土质、排水及地下水位、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间长短、坡顶堆土情况等因素有关。坡高越大、留置时间越长,边坡就应平缓一些。

边坡可以做成斜坡式、踏步式、带马道的折线式(图 4-1-15)。别是开挖深度大的深挖方,宜做成带马道(一级或二三级)的折线式。

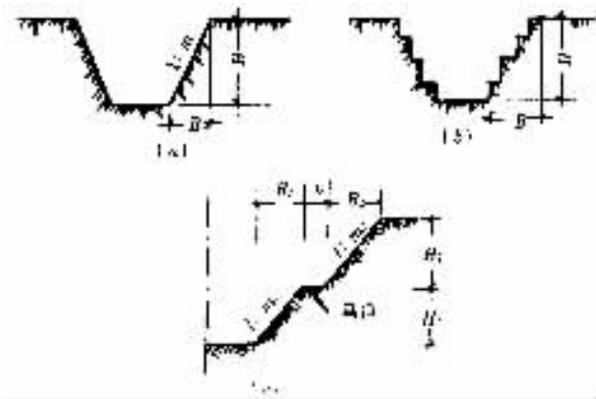


图 4-1-15 土方边坡  
(a)斜坡式 (b)踏步式 (c)折线式

(2)当地下水位低,基坑底在含水量正常的土层中开挖基坑(槽),如敞露时间不长,可挖成直壁不支护的挖方,深度不宜超过下述规定:

- 密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土) 1.00m
- 硬塑、可塑的轻亚粘土及亚粘土 1.25m
- 硬塑、可塑的粘土和碎石类土(充填物为粘土) 1.50m
- 坚硬的粘性土 2.00m

(3)当土质、正常含水量及其它地质条件较好,且地下水位低于基坑底,深度超过上述规定,但开挖深度在 5m 以内,不加支护的最大允许边坡坡度如表 4-1-18。

深度在 5 米内的基坑(槽)、管沟边坡的最陡坡度(不加支撑) 表 4-1-18

土的类别	边坡坡度(高:宽)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石类土(充填物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的轻亚粘土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土(充填物为粘性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的亚粘土、粘土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土(经井点降水后)	1:1.00	-	-

注 ①静载指堆土或材料等,动载指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载距挖方边缘的距离应符合《土方与爆破工程施工及验收规范》中的规定。②当有成熟施工经验时,可不受本表限制。

(4)在整体稳定情况下,如地质条件良好,土(岩)质较均匀,开挖深度在 10m 以内,使用时间较长(1 年以上)的临时性边坡坡度应按表 4-1-19 确定。

使用时间较长的临时性挖方边坡坡度值

表 4-1-19

土的类别		边坡坡度(高:宽)
砂土(不包括细砂、粉砂)		1:1.25~1:1.5
一般性粘土	坚硬	1:0.75~1:1
	硬塑	1:1~1:1.25
碎石类土	充填坚硬、硬塑粘性土	1:0.5~1:1
	充填砂土	1:1~1:1.5

注 ①使用时间较长的临时性挖方是指使用时间超过一年的临时道路、临时工程的挖方。②岩石边坡坡度应根据岩石性质、风化程度、层理特性和挖方深度确定。③黄土(不包括湿陷性黄土)边坡坡度应根据土质、自然含水量和挖方高度确定。④有成熟施工经验时,可不受本表限制。

(5)还可按表 4-1-20 表 4-1-21 确定。

岩石边坡容许坡度值

表 4-1-20

岩石类别	风化程度	容许坡度值(高宽比)	
		坡高在 8 米以内	坡高 8~15 米
硬质岩石	微风化	1:0.20~1:0.20	1:0.20~1:0.35
	中等风化	1:0.20~1:0.35	1:0.35~1:0.50
	强风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
硬质岩石	微风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中等风化	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	强风化	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25

## 4 施工技术

土质边坡容许坡度值

表 4-1-21

土的种类	密实度或粘性土的状态	容许坡度值(高宽比)	
		坡高在 5 米以内	坡高 5 ~ 10 米
碎石土	密实	1:0.35 ~ 1:0.50	1:0.50 ~ 1:0.75
	中密	1:0.50 ~ 1:0.75	1:0.75 ~ 1:1.00
	稍密	1:0.75 ~ 1:1.00	1:1.00 ~ 1:1.25
老粘性土	坚强	1:0.35 ~ 1:0.50	1:0.50 ~ 1:0.75
	硬塑	1:0.50 ~ 1:0.75	1:0.75 ~ 1:1.00
一般粘性土	坚硬	1:0.75 ~ 1:1.00	1:1.00 ~ 1:1.25
	硬塑	1:1.00 ~ 1:1.25	1:1.25 ~ 1:1.50

注 ①表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的粘性土。②对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡容许坡度值均按自然休止角确定。

### 3. 土壁支护

当地质条件和场地环境允许,基坑(槽)的开挖以采用放坡开挖较为经济。但在建筑物稠密的市区,常因场地或邻近已有建筑物的限制,不允许放坡开挖,此时就需采取土壁支护措施,以保证施工安全、顺利进行,并减少对邻近建筑物的不利影响。

土壁支护的方法有:木板水平支撑、板桩支护、地下连续墙、柱列式灌注桩、土锚杆等。本书仅介绍基坑(槽)挖深 5m 以内常用的木板水平支撑的支护方法。

木板水平支撑土壁支护,也称木板横撑式土壁支护,根据挡土木板放置方式不同,可分为:

(1)断续式水平挡土板支撑。靠土壁为断续布置的水平挡土木板,挡土木板由立柱支撑,水平工具式横撑撑牢(见图 4-1-16)。适用于挖土深度小于 3m、湿度小的粘性土的基槽。

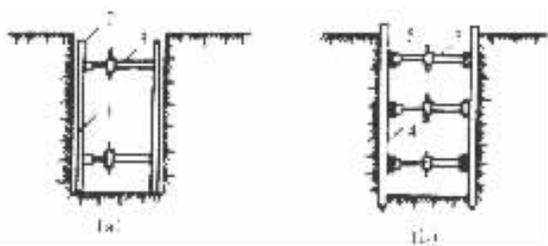


图 4-1-16 横撑式支撑

(a) 断续式水平挡土板支撑 (b) 垂直挡土板支撑

1. 水平挡土板 2. 立柱 3. 工具式横撑 4. 垂直挡土板 5. 横楞木

(2)连续式水平挡土板支撑。靠土壁为连续布置的水平挡土木板,挡土木板由立柱支撑,水平工具式横撑撑牢(见图 4-1-16)。适用于挖掘天然湿度的粘性土或松散、湿度

大的土壤,开挖深度 3~5m 的情况。

(3)垂直挡土板支撑。靠土壁为垂直的挡土木板,挡土板由横楞木支承、水平工具式横撑撑牢(见图 4-1-16)。适用于挖掘松散和高湿度的土壤,挖土深度可大于 5m 的情况。

水平挡土板支撑(断续或连续)和垂直挡土板支撑的施工计算原理相同。以常用的水平挡土板支撑为例简叙如下:支撑由“挡土板—立柱—横撑”所组成,荷载为土压力,土压力的大小及其分布,与土的性质、挖深及支撑变形有关。施工中随挖、随设、随支撑,构件刚度不一,撑紧程度也不相同,故实测表明作用在木板支撑的土压力大小及其分布很复杂,且缺乏规律性,因此,常采用简化、近似的方法计算。因为立柱对挡土板、横撑对立柱的支承均有一定的弹性。因此,水平挡木板、立柱均按简支梁计算,而不宜按连续梁计算。水平挡土板以最深处受土压力最大的一块板为计算依据,简支梁跨度为立柱的间距(中至中)。立柱的荷载为水平挡土板的支座反力,其简支梁的跨度为横撑木的间距。横撑木按压杆计算,所受压力为相邻两跨各 $\frac{1}{2}$ 跨度上的荷载计算。一般情况下,挡土板厚度为 50~80mm,立柱、横楞、横撑为 100×100~160mm×160mm 的方木或直径为 80~150mm 的圆木。

#### 4. 验槽

基槽开挖完毕、基础施工前,施工单位应提出验槽申请,由建设(监理)、质量监督、设计、勘探、施工等单位共同进行验槽工作。验槽的主要方法是三个字:“察”、“探”、“夯”。

##### (1)观察验槽:

①检测基坑(槽)位置、尺寸、标高、边坡等是否符合设计要求。土方工程外形尺寸的允许偏差和检验方法,应符合表 4-1-22 的规定。

土方工程外形尺寸的允许偏差和检验方法

表 4-1-22

项次	项 目	允许偏差(mm)					检验方法
		柱基、基坑、 基槽、管沟	挖方、填方、场地平整		排水沟	地(路) 面基层	
			人工施工	机械施工			
1	标高	+0 -50	±50	±100	+0 -50	+0 -50	用水准仪检查
2	长度、宽度(由设计 中心线向两边量)	-0	-0	-0	+100 -0	-	用经纬仪、拉线和尺量检查
3	边坡偏陡	不允许	不允许	不允许	不允许	-	观察或用坡度尺检查
4	表面平整度	-	-	-	-	20	用 2m 靠尺和楔形塞尺检查

检查数量:标高,柱基按总数抽查 10%,但不少于 5 个,每个不少于 2 点;基坑每 20m<sup>2</sup>取 1 点,每坑不少于 2 点;基槽、管沟、排水沟、路面基层每 20m 取 1 点,但不少于 5 点;挖方、填方、地面基层每 30~50m<sup>2</sup>取 1 点,但不少于 5 点;场地平整每 100~400m<sup>2</sup>取 1 点,但不少于 10 点。长度、宽度和边坡偏陡均为每 20m 取 1 点,每边不少于 1 点。表面平整度每 30~50m<sup>2</sup>取 1 点。

②观察坑(槽)壁土层分布情况及走向,注意是否与原地质勘探报告相符,判断基坑

(槽)底是否已挖至设计所要求的土层。

③检查坑(槽)底是否已挖至老土,是否需要进行处理。

④全面观察坑(槽)底面,注意土的颜色是否均匀一致,土的坚硬程度是否一样,有无局部含水量异常现象,踩上去有无颤动感,凡有异常部位,均应标志出,以便进一步查明。

⑤对柱基、墙转角、承重墙基等受力较大的部位,应作为检查的重点。

(2)工具探测:基坑(槽)开挖至设计基面标高后,一般均需用简单工具探测,以查明基面以下邻近层(1.5~2m内)有无局部异常情况(填土、洞穴、淤泥坑、砖井或土井、局部硬土、地下管线设施等),并为确定地基承载力作参考。

①钢钎钎探。钎探是用锤将钢钎打入土中一定深度(一般为30cm),由锤击次数和入土难易来判断土质好坏和土层的均匀程度,人工打钎:针杆直径25mm,长1.8~2m,钎头成60°的尖锥状,大锤重8磅(36.3N)或10磅(45.4N),举锤高度50~70cm,将钢钎垂直打入土中,记录打入土层30cm的锤击数。也可将锤(重10kg)悬挂在三角架上,通过滑轮使锤提升、落下,每次将锤提升至钎顶50cm处,再自由落下,将钢钎击入土中(见图4-1-17)。钎孔布置和钎探深度,根据基坑(槽)深度、形状和土质复杂程度而定,可参照表4-1-23)选择。

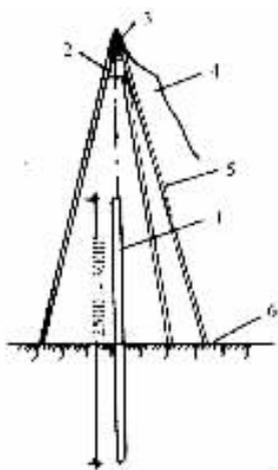


图4-1-17

基(坑)钎探示意图

1. 钢钎 2. 重锤 3. 滑轮  
4. 操纵绳 5. 三角架  
6. 地基

钎孔布置和深度选择

表4-1-23

槽宽	排列方式及图示	间距(m)	钎探深度
小于80cm	中心一排 	1~2	1.2m
80~200cm	两排错开 	1~2	1.5m
大于200cm	梅花形 	1~2	2.0m
柱基	梅花形 	1~2	≥1.5m 并不浅于短边宽度

②用洛阳铲探。洛阳铲原为河南洛阳地区用于探墓的一种工具(见图4-1-18)。探孔布置一般采用1×1m梅花形,探孔深度根据建筑物类型、性质及土层情况而定。探查时应将探查出的墓穴、空洞、枯井等的位置、深度、大小记录下来,并在实地标志,以便进行处理。

③以夯打拍击土层进行探测。根据夯打拍击土层发出的声音,来判断基坑(槽)底下有无古墓、废井、空洞等。

验槽后必须做好隐蔽工程联合检查签证。

### 5. 挖方工程的机械化施工

建筑施工中,挖方施工机械常用的有:推土机、铲运机和单斗挖土机等。随着技术进步,土方机械已由机械传动转向液压传动,结构简单、轻便灵活、一机多用、附有多种工作装置、并向大功率方向发展。国产、国外引进的土工机械型式、规格繁多,以下仅作一般性叙述。

(1)推土机。推土机为装有铲刀的拖拉机,液压操作使铲刀强制切土(开挖),铲刀可在水平面内和垂直面内回转,以改变切土角度、切土深度和推土高度。推土机操作灵活、运转方便,行驶速度快,可挖土和推运土,应用范围广泛。多用于场地清理、场地平整和开挖深土不大的基坑等挖方工程。还可用于推筑高度不大的填方、回填基坑(沟槽)、拖挂土方压实机具等。

推土机推运距离宜在 100m 以内,30m 左右效率发挥最好。

(2)铲运机。铲运机是一种能综合完成铲土、运土、卸土、平土和压实的土方机械。自行式铲运机见图 4-1-19。

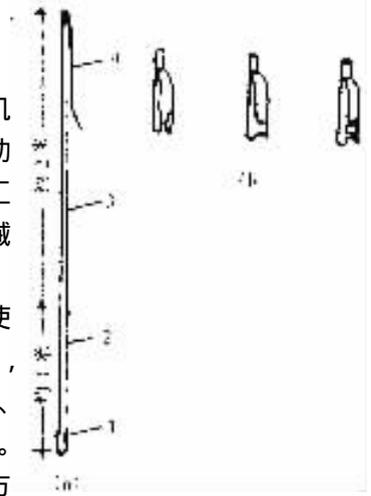


图 4-1-18 洛阳铲

(a)洛阳铲 (b)各种铲头  
1. 铲头 2. 铁杆 3. 探杆 4. 绳子

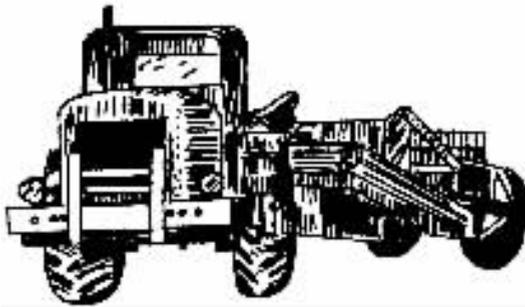


图 4-1-19 自行式铲运机

铲运机生产率高,运转方便,对行驶道路要求低,常用于大面积场地平整、大型基坑开挖等工程,还可完成路基、地基等高度不大的填方工程。可铲运含水量不超过 27% 的松土和普通土。

铲运机的基本作业路线为环形路线(图 4-1-20)和“8”字形路线(图 4-1-21)。铲运机应避免转弯时铲土,否则因铲刀受力不均可能引起翻车事故。因此,在作业线路布置时,要保证铲土并装满土斗应在直线段上完成。为此必须计算最小铲土长度  $L_{\min}$ (见图 4-1-22)。

$$L_{\min} = L_C + L_G - L_D \quad (33)$$

式中  $L_{\min}$ ——最小铲土长度, m;

$L_C$ ——铲运机机组长度, m;

## 4 施工技术

$L_D$ ——铲运机刀片到土斗尾部的距离  $m$ ;

$L_C$ ——铲土长度  $m$  ;由下式计算 :

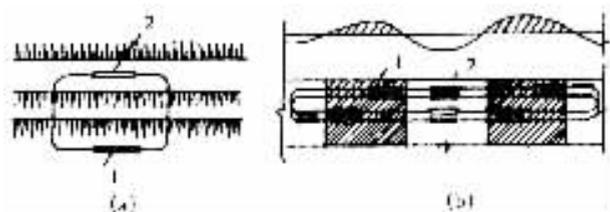


图 4-1-20 环形路线  
(a) 环形路线 (b) 大环形路线  
1. 铲土 2. 卸土



图 4-1-21 “8”字形路线  
1. 挖土 2. 卸土

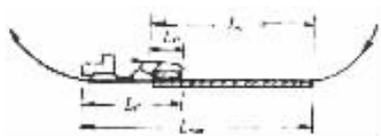


图 4-1-22 最小铲土长度

$L_C$ ——铲土长度  $m$  ;由下式计算 :

$$L_C = \frac{q(1+K) \cdot K_L}{bc} \quad (34)$$

式中  $q$ ——铲运机土斗容量  $m^3$  ;

$K$ ——土斗门前所形成的土堆体积与土斗容量的比值 ;

$K_L$ ——土斗容量系数 ;

$c$ ——平均铲土深度  $m$  ;

$b$ ——铲刀宽度  $m$  ;

$L_C$ 、 $L_D$ 、 $q$ 、 $b$  可按铲运机性能表查出 ;

$c$ 、 $K_L$ 、 $K$  由表 4-1-24 查得。

铲土长度计算参数

表 4-1-24

土 壤	容 重 ( $kg/m^3$ )	平均铲土深度 $c$ ( $m$ )	土斗容量利用系数 $K_L$	土斗前土堆体积与 斗容量比值 $K$
松 软	1600	0.15	1.26	0.27
中等密实	1700	0.06	1.17	0.10
密 实	1800	0.03	0.95	0.50

(3)单斗挖土机 :单斗挖土机有正铲、反铲、索铲(拉铲)、抓铲几种(见图 4-1-23)。建筑施工常用的为正铲和反铲。

①正铲挖土机。一般用于开挖停机面以上的土,适宜于在土质较好、无地下水(或已

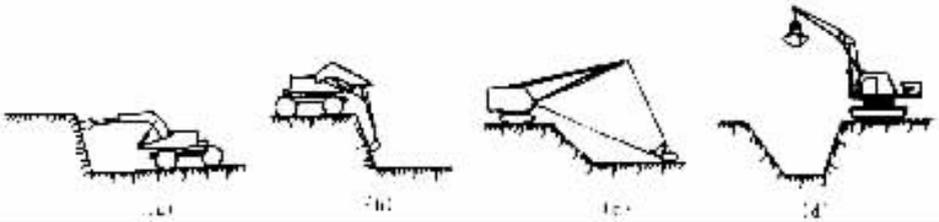


图 4-1-23 单斗挖土机

(a)正铲 (b)反铲 (c)抓铲 (d)抓铲

降水至基坑面以下)开挖方量较大的场合下工作。图 4-1-24 为液压正铲挖土机的主要技术性能,图 4-1-25 为液压正铲挖土机的工作尺寸。

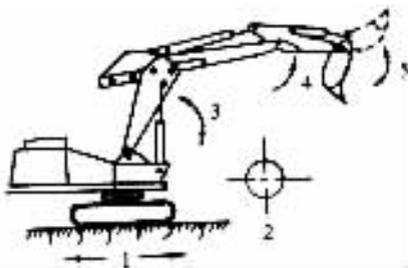


图 4-1-24 单半液压挖土机的主要工作状态

1. 行走 2. 回转 3. 动臂升降 4. 斗柄伸缩 5. 铲斗转动

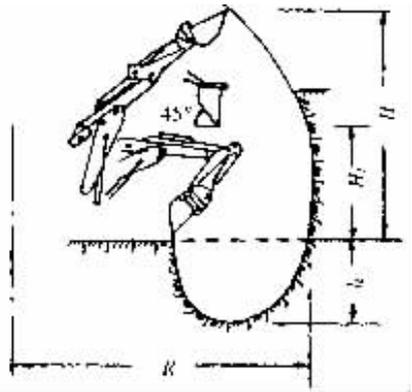


图 4-1-25 液压正铲工作尺寸

$R$ . 最大挖土半径  $H$ . 最大挖土高度  $h$ . 最大挖土深度  $H_1$  最大卸土高度

与正铲挖土机配合的运输工具常为自卸汽车。正铲挖土和卸土的基本方式有两种：

A. 正向挖土、侧向卸土,即挖土机向前进方向挖土,自卸汽车停在侧面装土(停在挖土停机面上或高于停机面)。此时,挖土机卸土转角小,自卸车行驶方便,生产率较高。

B. 正向挖土、后方卸土,即挖土机向前进方向挖土,自卸车在它后面装土。挖土机卸土转角大,自卸要倒车开入,生产效率低,只有在基坑宽度小、开挖深度大的情况下采用。

挖土机在一个停点所能开挖到的土方工作面称为“掌子”;上述工作方式 A 又称为侧向掌子,工作方式 B 又称为正向掌子。

②反铲挖土机。反铲挖土机开挖停机面以下的土,无需设置进出口通道,适用于开挖小型基坑(槽)和管沟,特别是在地下水水位较高、土质松软、可能造成陷车的挖方情况下更具优点。因此,反铲挖土机是建筑施工中最常采用的挖土机械。图 4-1-26 为液压反铲的工作尺寸。反铲挖土机的开行方式有沟端开行和沟侧开行两种(见图 4-1-27)。

A. 沟端开行,挖土机在基槽一端挖土,开行方向与基槽挖土方向一致,挖土方便,挖的深度和宽度较大。

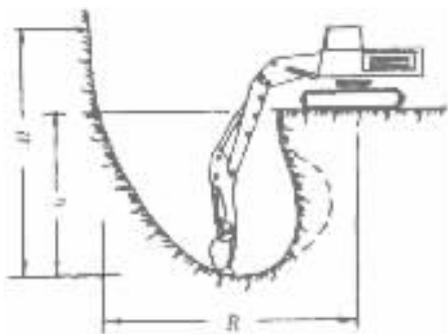


图 4-1-26 液压反铲工作尺寸

$R$ . 最大挖土半径  $H$ . 最大挖土高度  $h$ . 最大挖土深度



图 4-1-27

(a) 反铲沟端开行 (b) 反铲沟侧开行

B. 沟侧开行: 挖土机在沟槽一侧挖土, 挖土机开行方向与挖土方向垂直, 稳定性较差, 开挖深度和宽度均较小。但挖出的土方可在沟槽一定距离堆放时, 这种开行方式仍有优点。

对于面积较大的基坑, 反铲挖土机可采用分段开挖方法。开挖深槽时可采用分层开挖。

(4) 综合机械化。根据挖方施工过程, 选择好主导施工机械, 再合理配置其它辅助机械, 使主导机械与辅助机械的生产率协调一致, 综合发挥施工机械的效率。

挖土机挖土、自卸汽车运土的施工作业中, 挖土机就是主导机械, 自卸车为辅助机械, 以挖土机的生产率为依据, 确定自卸车的数量。挖土机数量  $N$  台:

$$N = \frac{Q}{P} \times \frac{1}{T \cdot C \cdot K} \quad (35)$$

式中  $Q$ ——土方量  $m^3$ ;

$P$ ——挖土机生产率  $m^3/\text{台班}$ ;

$t$ ——挖土机一次循环作业时间  $S$ ;

$T$ ——工期  $d$ ;

$C$ ——每天工作班数;

$K$ ——时间利用系数(0.7~0.9)。

挖土机生产率  $P$ :

$$P = \frac{8 \times 3600}{t} \cdot q \cdot \frac{K_c}{K_s} \cdot K_B \quad (36)$$

式中  $P$ ——挖土机生产率  $\text{m}^3/\text{台班}$  ;  
 $q$ ——挖土机斗容量  $\text{m}^3$  ;  
 $K_s$ ——土的最初可松性系数 ,  
 $K_c$ ——土斗的充盈系数 ,可取  $0.8 \sim 1.1$  ;  
 $K_B$ ——工作时间利用系数 ,一般为  $0.7 \sim 0.9$  。

自卸车载重量  $Q'$  一般以装  $3 \sim 5$  斗土的重量为宜。自卸车的数量  $N'$  ,应保证挖土机的连续工作 :

$$N = \frac{t_m}{t_1} \quad (37)$$

式中  $t_m$ ——自卸汽车第一工作循环(装、运、卸、返回)的延续时间  $\text{min}$  ;  
 $t_1$ ——自卸车每次装车时间  $\text{min}$  ;

$$t_1 = nt \quad (38)$$

式中  $n$ ——自卸车每车装土次数(斗数) :

$$n = \frac{Q'}{q \cdot \frac{K_c}{K_s} \cdot r} \quad (39)$$

式中  $r$ ——实土容重  $\text{t}/\text{m}^3$  ;  
 $Q'$ ——自卸车载重量  $\text{t}$  ;  
 $t$ 、 $q$ 、 $K_s$ 、 $K_c$  与式(36)相同。

### 4-1-2-3 基坑填方

#### 1. 概述

(1)填方基底的清理或处理 ,应符合设计要求。如设计无具体要求 ,应符合下述规定 :基底上的草歧、树根、腐植土、垃圾应已清除 ;积水、淤泥已清除 ;坑穴已用好土填平夯实 ;如基底坡度陡于  $1:5$  ,应将基底挖成台阶形 ,台阶高  $0.2 \sim 0.3\text{m}$  ,台阶宽不小于  $1\text{m}$  ;对于软弱地基 ,按设计要求已换填垫层。填土前 ,应由业( 监理 ) 质监、设计、施工等部门对填方基底和已完成的隐蔽工程联合检查验收签证后 ,方可进行填土作业。

(2)永久性填方边坡坡度应按设计要求施工。使用时间较长( 超过  $1$  年 )的临时填方工程的边坡坡度 :当填方高度在  $10\text{m}$  以内 ,可采用  $1:1.5$  ;高度超过  $10\text{m}$  ,可作成设马道的折线形 ,上部  $1:1.5$  ,下部  $1:1.75$  。当地质条件不良时 ,其边坡坡度由计算确定。

(3)填方土料的土质、粒径、级配、含水量 ,均应符合设计要求。设计无具体要求时 ,则 碎石类土、爆破石渣、砂土均可作填方土料。其中 碎石类土和爆破石渣最大粒径不得大于铺土层厚的  $0.7$  倍 ,且大块料不应集中 ,不得位于分段接头处和山坡连接外 ;颗粒均匀的细、粉砂用作填方土料应慎重 ,应征得设计单位同意。含水量符合压实要求的粘性土可用作填方土料。有机质含量大于  $8\%$  的土、淤泥质土均不得用于填方。如采用两种填方土料时 ,透水性大的土料宜填筑在下层 ,透水性小的填上层。

(4)基坑( 槽 )和管沟回填 ,应注意 :

①基础、管沟和现浇混凝土应达到一定强度,不致因填土而损伤时,方可回填。

②基坑(槽)、管沟回填顺序,应按基底排水方向由高至低逐层进行。

③为防止基础、埋管中心线偏移,回填时应在相应两侧或四周同时进行,均匀填高。为防止埋管损坏,管沟回填时,管道周围应用人工填土夯实,至管道顶 0.5m 以上,方可用机械填土压实。

④当用土壁支撑时,应按回填顺序依次拆除;多层支撑应自下而上逐层拆除,随拆随填。支撑拆除时,应随时观察邻近建筑物有无异常变形、土壁是否稳定等,必要时应采取过渡性替代的加固措施。

(5)填方应按设计要求预留沉降量(一般不超过填方高度的 3%)。

(6)填方和基坑(槽)、管沟的回填,必须按规定分层铺土压实。施工中要严格控制土料土质、含水量、铺土厚度、夯压遍数、无漏夯漏压等环节。下一土层检验合格才允许填筑上一土层。根据《建筑工程质量检验评定标准》GBJ301-88,取样测定压实后的干容重,其合格率不应小于 90%,不合格干容重的最低值与设计值的差不应大于  $0.08\text{g}/\text{cm}^3$ ,且不应集中。检查数量:①环刀法取样数量:柱基回填,抽查柱基数量的 10%,但不少于 5 个;基槽和管沟回填,每层按长度 20~50m 取样 1 组,但不少于 1 组;基坑和室内填土,每层按  $100\sim 500\text{m}^2$  取样 1 组,但不少于 1 组;场地平整填方,每层按  $400\sim 900\text{m}^2$  取样 1 组,但不少于 1 组。灌砂、灌水法的取样数量可按环刀法适当减少。

(7)填方工程完工后,其外形尺寸的允许偏差和检验方法,应符合表 4-1-22 的规定。

## 2. 填方压实指标及其主要影响因素

(1)压实工程是保证填方工程质量的关键。填方密实,则沉陷量小、抗剪强度高、渗透系数小、稳定度高。

(2)填方压实。指标为土的干容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $\text{KN}/\text{m}^2$  或  $\text{t}/\text{m}^3$ )或压实系数。压实系数  $D_Y$  为填方土的控制干容重  $\gamma_d$  与最大干容重  $\gamma_{\max}$  的比值。最大干容重  $\gamma_{\max}$  用击实仪在标准击实方法、一实击实次数下,经试验绘制干容重  $\gamma_d$  与含水量  $w$  关系线确定的(见图 4-1-28)。当不具备试验条件时,对于填方为粘性土或排水不良的砂土时,  $\gamma_{\max}$  可按下式计算:

$$\gamma_{\max} = \eta \frac{r_w \cdot d_s}{1 + 0.01 w_y \cdot d_s} \quad (40)$$

式中  $\eta$ ——经验系数,参考表 4-1-25;

$r_w$ ——水的容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$d_s$ ——土的颗粒比重,参考表 4-1-25;

$w_y$ ——土的最优含水量(%),可按当地经验或  $w_y = w_p + 2\%$  ( $w_p$  为土的塑限)。

各种土的最佳含水量  $w_y$  和最大干容重  $\gamma_{\max}$  的参考数值见表 4-1-26。

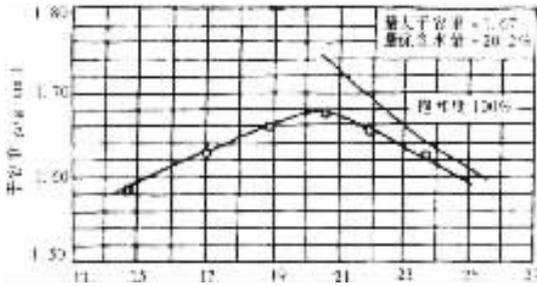


图 4-1-28  $\gamma_d \sim W$  关系线

填土压实的经验系数和土的颗粒比重

表 4-1-25

土 的 种 类	经 验 系 数 $\eta$	颗 粒 比 重 $d_s$
砂 土	—	2.65 ~ 2.69
轻亚粘土	0.97	2.70 ~ 2.71
亚 粘 土	0.96	2.72 ~ 2.73
粘 土	0.95	2.74 ~ 2.76

各种土的最佳含水率和最大密度的参考数值

表 4-1-26

土 的 种 类	变 动 范 围	
	最佳含水率( % )( 重量比 )	土颗粒最大密度( $kg/m^3$ )
砂 土	8 ~ 12	1800 ~ 1880
粉 土	16 ~ 22	1610 ~ 1800
轻亚粘土	9 ~ 15	1850 ~ 2080
亚 粘 土	12 ~ 15	1850 ~ 1950
重亚粘土	16 ~ 20	1670 ~ 1790
粉质亚粘土	18 ~ 21	1650 ~ 1740
粘 土	19 ~ 23	1580 ~ 1700

识别一般粘性土最优含水量的简易经验方法 :取一块土放在手掌中 ,用力握紧 ,即结成紧密土团 ,松手后稍微搓揉随即散开 ,表示含水量适中 ;如紧握不能成团 ,则表示含水量偏低 ,松手后搓揉不形 ,则表示含水量过高。

(3) 影响填方压实指标的主要因素 :

① 填方土料的含水量。特别是粘性土或排水不良的砂土影响更大。对于无粘性的砂砾料(或碎石、石渣)适当洒水,有助于压实。

② 压实机具和压实方法。

③ 压实遍数 :同一土料、同一压实机具、同一铺土厚度、同一含水量情况下,压实干容重随压实遍数增加而增加,但压到一定遍数后,干容重增大很少。因此,过多的压实遍数

是不经济的,对粘性土甚至可能导致土体的剪力破坏。

④铺土厚实:填方的压实是逐层铺料、逐层压实的,在同样的压实机具和施工条件下,铺土厚度薄,压实程度高。

### 3. 填方的压实机具和压实方法

填方的压实方法。有碾压、夯实和振动三种(见图4-1-29)。三种压实方法使用的压实机具各有不同。

(1)碾压法。是由沿土表面滚动的重型鼓筒或气胎轮子的压力来压实土料。有:平碾、羊足碾、气胎碾(见图4-1-30、图4-1-31、图4-1-32)。

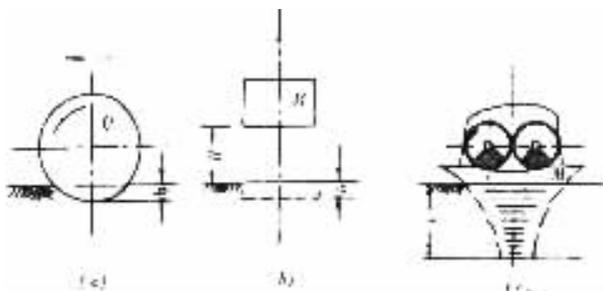


图4-1-29 填方压实方法

(a)碾压 (b)夯实 (c)振动

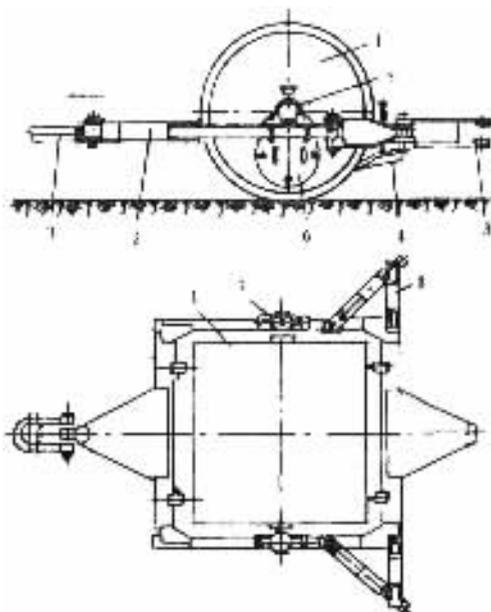


图4-1-30 平碾

1. 滚筒 2. 框架 3. 连挂装置 4. 刮土刀
5. 滚筒轴 6. 填料孔 7. 轴承 8. 挂其他滚碾用的角撑

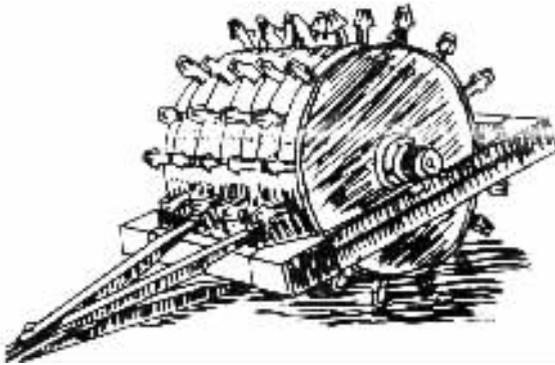


图 4-1-31 羊脚碾

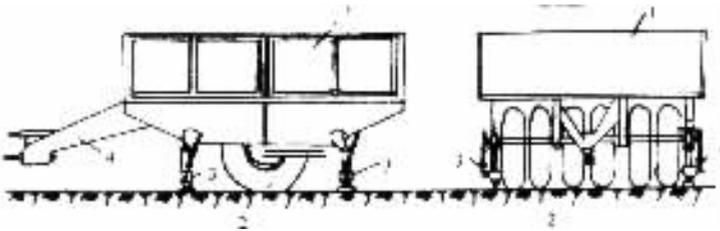


图 4-1-32 拖行单轴式气胎碾

1. 金属车箱 2. 充气轮胎 3. 千斤顶 4. 牵挂杠轡

①平碾 滚筒侧壁的填料孔,是向滚筒内装填水或砂或钢砂,以保持碾重。平碾可将土料压得平整、光滑,但表面土层结成的平滑硬壳,影响层面间的土料结合与压力的传布,因此,表层与稍深处干容重可相差较大。平碾分轻型(<5t)、中型(5~8t)、重型(8~10t)三种。适当控制铺土厚度,先用轻型碾,再用重型碾,可能取得较好的压实效果。主要用于大面积场地平整或面积较大的建基面压实(另外在筑路工程中用得最多)。平碾可碾压粘性土和非粘性土。

②羊脚碾 滚筒上固定有某种构造的羊脚。羊脚碾具有很大的单位压力,被压实的土壤较均匀,它先将下层土压实,而在压实过程中,单位压力逐渐增大。羊脚易于贯入土中,可保证有较厚的压实层。羊脚碾工作时,羊脚会使表层土翻松,因此,羊脚的高度与滚筒直径之间应有一定的比例(一般为1:8~1:5)。羊脚碾压实粘性土壤,压实效果较好。但压实砂性土壤时,土料易发生向上、向两侧移动,使土料无法压实。所以,羊脚碾不能用于砂性土料的压实。羊脚碾的碾压方式有:回转法、前进后退法和直线法,均匀逐遍错让套压。经验证明,只要铺土层面均被羊脚压过一遍,就可达到较优的密实度。因此碾压遍数  $n$  :

$$n = K \cdot \frac{S}{F \cdot m} \quad (41)$$

式中  $n$ ——碾压遍数;

$K$ ——考虑羊脚碾压点分布不均匀的修正系数,一般取  $K = 1.3$ ;

$S$ ——滚筒一周的表面积,  $\text{cm}^2$ ;

$F$ ——每个羊脚端的面积,  $\text{cm}^2$ ;

$m$ ——滚筒上的羊脚个数。

③气胎碾：它的充气轮胎，在压实土料的过程中，随土料的变形而发生变形，开始土料很松、轮胎变形小，土层压缩变形大，随着土料的逐渐压实，轮胎变形逐渐增加，与土层接触面加大，压力分布均匀；由于土料承压时间较长，有利于土层的压实。气胎碾还有个特点是可以改变轮胎的内压力，控制其作用于土料的最大应力在土料的极限强度之内，发挥较好的压实效果。一般认为对于粘性土土料，轮胎内的压力宜为  $0.5 \sim 0.6\text{MPa}$ ，对于非粘性土料以  $0.2 \sim 0.4\text{MPa}$  最为有效。

用碾压法压实填土，铺土应均匀一致，每层碾压遍数要相同，应从填土区边缘逐渐压向中心，每次碾压应有  $15 \sim 20\text{cm}$  的重叠。

(2)夯实法。是利用夯锤自由下落的冲击力来压实土壤，多用于小面积回填土的压实，或大型压实机具难以压实的边角及与岸坡、建筑物接头等处的土料压实。夯实的机具具有：人力木夯、石砘、蛙式打夯机（见图 4-1-33）、火力夯以及利用挖土机或起重机装上夯板（夯锤）的夯土机（见图 4-1-34）。重型夯土机（锤重  $1\text{t}$  以上）可夯实  $1 \sim 1.5\text{m}$  厚的土壤。夯实法可用于粘性土或非粘性土的压实。对于小型基坑（槽）、沟槽回填土的压实，蛙式打夯机、人力木夯等使用较多，方便灵活，能达到一定压实效果。

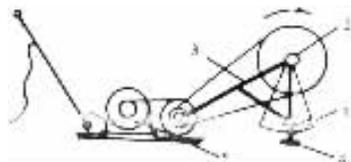


图 4-1-33 蛙式打夯机

1. 偏心块 2. 前轴 3. 夯头架 4. 夯板 5. 拖盘

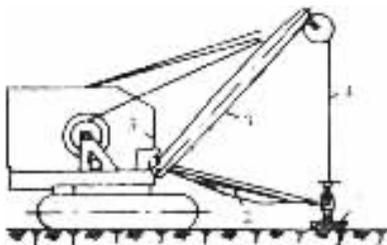


图 4-1-34 挖掘机夯板

1. 夯板 2. 控制方向杆件 3. 支杆 4. 起重索 5. 定位杆

(3)振动法。振动法是将重锤放在土层表面或内部，振动设备使重锤振动，使土料颗粒发生相对位移，达到密实状态。

## 4-1-3 常见浅基础

### 4-1-3-1 刚性基础

刚性基础是指用砖、石、混凝土、毛石混凝土、灰土、三合土等材料建造的基础,这种基础的特点是抗压强度较高,抗拉、抗弯、抗剪性能差。它适用于六层和六层以下(三合土基础不宜超过四层)的一般民用建筑和墙承重的轻型厂房。

#### 1. 构造要求

刚性基础的截面形式有矩形、阶梯形、锥形等(4-1-35)。

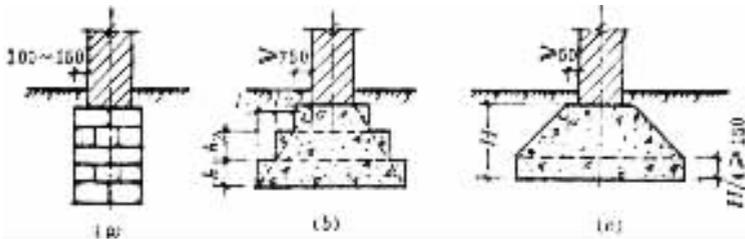


图 4-1-35 刚性基础形式

(a) 矩形 (b) 阶梯形 (c) 锥形  $h/l$ ——对带形基础为 1.35~1.75 对独立基础为 1.56~2.0。

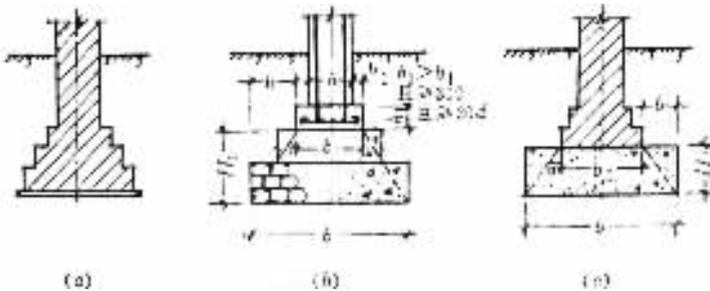


图 4-1-36 刚性基础构造示意

(a) 砖基础 (b) 毛石或混凝土基础 (c) 灰土或三合土基础;  $d$  一柱中纵向钢筋直径

为保证在基础内的拉应力、剪应力不超过基础的容许抗拉、抗剪强度,一般通过构造上的限制来实现。主要是  $\alpha$  角要满足刚性角的要求(一般毛石基础为  $27 \sim 34^\circ$ 、混凝土基础为  $45^\circ$ 、灰土基础  $34^\circ$ 、碎砖三合土为  $30^\circ$ )亦即基础底面宽度  $b$  应符合下式要求(图 4-1-36):

$$b \leq b_0 + 2H_0 \tan \alpha$$

④

## 4 施工技术

刚性基础台阶宽高比的容许值

表 4-1-27

基础名称	质 量 要 求		台阶宽高比的容许值		
			$p \leq 100$	$100 < p \leq 200$	$200 < p \leq 300$
混凝土基础	C10 混凝土		1:1.00	1:1.00	1:1.25
	C7.5 混凝土		1:1.00	1:1.25	1:1.50
毛石混凝土基础	C7.5 ~ C10 混凝土		1:1.00	1:1.25	1:1.50
砖 基 础	砖不低于 MU7.35	M 5 砂浆	1:1.50	1:1.50	1:1.50
		M2.5 砂浆	1:1.50	1:1.50	1:1.50
毛 石 基 础	M2.5 ~ M5 砂浆		1:1.25	1:1.50	
	M1 砂浆		1:1.50		
灰 土 基 础	体积比为 3:7 或 2:8 灰土 其最小干土密度；		1:1.25	1:1.50	
	粉土 1.55/cm <sup>3</sup>				
	粉质粘土 1.50g/cm <sup>3</sup>				
	粘土 1.45g/cm <sup>3</sup>				
三合土基础	体积比为 1:2:4 ~ 1:3:6 (石灰: 砂:骨科), 每层约虚铺 22cm, 夯至 15cm		1:1.50	1:2.00	

注 1.  $p$ ——基础底面处的平均压力(kPa)。

2. 阶梯形毛石基础的每阶伸出宽度不宜大于 20cm。

3. 基础由不同材料叠合组成时,应对接触部分作抗压验算。

式中  $b$ ——基础顶面的砌体宽度(m)；

$H_0$ ——基础高度(m)；

$tg\alpha$ ——基础台阶的宽高比的允许值。

### 2. 施工要点

#### (1) 混凝土基础

混凝土浇灌前应进行验槽(轴线、基坑(槽)尺寸和土质应符合设计规定。槽内浮土、积水、淤泥、杂物应清除干净。局部软弱土层应挖去,用灰土或砂砾回填夯实至基底相平(以下各基础均相同)。

#### (2) 毛石混凝土基础

①混凝土中掺用的毛石应选用坚实、未风化的石料,其极限抗压强度不应低于 30MPa,毛石尺寸不应大于所浇部位最小宽度的 1/3,并不得大于 30cm,表面污泥、水锈应在填充前,用水冲洗干净。

②灌筑时,应先铺一层 10~15cm 厚混凝土打底,再铺上毛石,继续浇捣混凝土,每浇捣一层(约 20~25cm 厚),铺一层毛石,直至基础顶面,保持毛石顶部有不少于 10cm 厚的混凝土覆盖层,所掺用的毛石数量不应超过基础体积的 25%。

③毛石铺放应均匀排列,使大头向下,小头向上,毛石的纹理应与受力方向垂直。毛石间距一般不小于 10cm,离开模板或槽壁距离不应小于 15cm,以保证每块毛石均被混凝土

土包裹,使振捣棒能在其中进行振捣。振捣时应避免振捣棒触及毛石和模板。

④对于阶梯形基础,每一阶高内应整分浇捣层,每阶顶面要基本抹平。对于锥形基础,应注意保持锥形斜面坡度的正确与平整。

⑤混凝土应连续灌筑完毕,如必须留设施工缝时,应留在混凝土与毛石交接处,使毛石露出混凝土面一半,并按规范要求进行接缝处理。

⑥浇捣完毕,混凝土终凝后,外露部分加以覆盖,并适当洒水养护。

### (3)其他基础

砖、石基础分别见砖石工程有关部分;灰土基础、三合土基础施工要点见灰土垫层地基及灰浆碎砖三合土垫层地基有关部分。

## 4-1-3-2 板式基础

板式基础包括柱下钢筋混凝土独立基础(4-1-37)和墙下混凝土条形基础(图4-1-38)。柱下独立基础,当柱荷载的偏心距不大时,常用方形,偏心距大时,则用矩形。

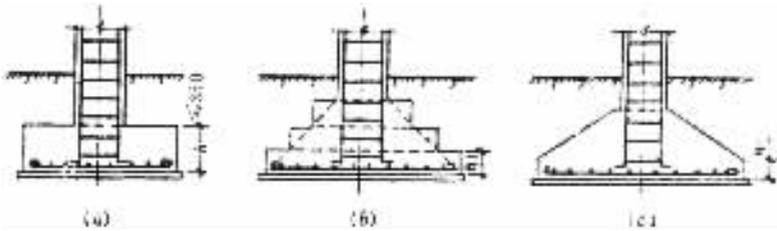


图 4-1-37 柱下钢筋混凝土独立基础

(a)(b)阶梯形 (c)锥形

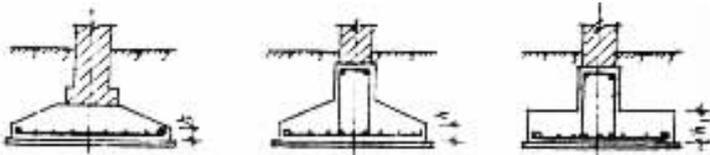


图 4-1-38 墙下钢筋混凝土条形基础

### 1. 构造要求

(1)锥形基础边缘高度  $h$  一般不小于 20cm,阶梯形基础的每阶高度  $h_1$  一般为 30~50cm。

(2)垫层厚度一般为 10cm。

(3)底板受力钢筋的最小直径不宜小于 8mm,当有垫层时钢筋保护层的厚度不宜小于 35mm,无垫层时不宜小于 70mm。插筋的数目与直径应与柱内纵向受力钢筋相同。

(4)垫层混凝土标号一般为 C10,基础混凝土标号不宜低于 C15。

此外,现浇柱基础纵向钢筋锚固长度的要求,当基础高度在 900mm 以内时,插筋应伸至基础底部的钢筋网,并在端部做成直弯钩,当基础高度较大时,位于柱子四角的插筋应

伸到基础底部,其余的钢筋只须伸至锚固长度即可。

## 2. 施工要点

(1)基坑验槽清理同刚性基础。垫层混凝土在验槽后应立即浇筑,以保护地基,混凝土宜用表面振动器进行振捣,要求表面平整。

(2)垫层达到一定强度后,在其上弹线、支模、铺放钢筋网片,底部用与混凝土保护层同厚度的水泥砂浆块垫塞,以保证位置正确。

(3)在浇筑混凝土前,模板和钢筋上的垃圾、泥土和钢筋上的油污等杂物,应清理干净。模板应浇水加以润湿。

(4)基础混凝土宜分层连续浇灌完成。对于阶梯形基础,每一台阶高度内应整分浇捣层,每浇灌完一台阶应稍停 0.5~1h,使其初步获得沉实,再浇灌上层,以防止下台阶混凝土溢起,在上台阶根部出现烂脖子。每一台阶浇完,表面应基本抹平。

(5)对于锥形基础,应注意锥体斜面坡度的正确,斜面部分的模板应随混凝土浇捣分段支设并顶压紧,以防模板上浮变形,边角处的混凝土必须注意捣实。严禁斜面部分不支模,用铁锹拍实。

(6)基础上有插筋时,要加以固定保证插筋位置的正确,防止浇捣混凝土时发生移位。

(7)混凝土浇灌完毕,外露表面应覆盖浇水养护。

## 4-1-3-3 杯形基础

杯形基础主要用作装配式钢筋混凝土的基础,形式有一般杯口基础、双杯口基础、高杯口基础等,见图 4-1-39。所用材料为钢筋混凝土,接头采用细石混凝土灌浆。

$t \geq 200$  (轻型柱可用 150);  $a \geq 200$  (轻型柱可用 150);  $a_2 > a_1$

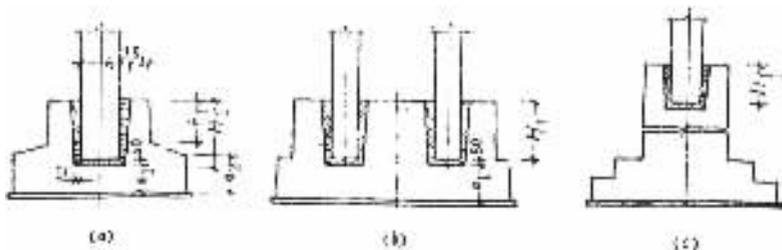


图 4-1-39 杯形基础形式、构造示意

(a)一般杯口基础 (b)双杯口基础 (c)高杯口基础

### 1. 构造要求

(1)柱的插入深度  $h_1$ ,可按表 4-1-28 选用。此外,  $h_1$  应满足锚固长度的要求,一般为 20 倍纵向受力钢筋直径,并应考虑吊装柱的稳定性,即  $h_1 \geq 0.05$  柱长(指吊装时柱长)。

(2)基础的杯底厚度和杯壁厚度,可按表 4-1-29 采用。

柱的插入深度  $h_f$  (mm)

表 4-1-28

矩形或工字形柱				单肢管柱	双肢柱
$h < 500$	$500 \leq h < 800$	$800 \leq h \leq 1000$	$h > 1000$		
$h_1 = (1 \sim 1.2)h$	$h_1 = h$	$h_1 = 0.9h \geq 800$	$h_1 = 0.8h \geq 1000$	$h_1 = 1.5d \geq 500$	$h_1 = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}\right)h_a$ $= (1.5 \sim 1.8)h_b$

注 1.  $h$  为柱截面长边尺寸;  $d$  为管柱的外直径;  $h_a$  为双肢柱整个截面长边尺寸;  $h_b$  为双肢柱整个截面短边尺寸。

2. 柱轴心受压或小偏心受压时,  $h_1$  可以适当减小, 偏心距  $e_0 > 2h$  (或  $e_0 > 2d$ ) 时,  $h_1$  应适当加大。

基础的杯底厚度和杯壁厚度

表 4-1-29

柱截面长边尺寸 $h$ (mm)	杯底厚度 $a_1$ (mm)	杯壁厚度 $t$ (mm)
$h < 500$	$\geq 150$	150 ~ 200
$500 \leq h < 800$	$\geq 200$	$\geq 200$
$800 \leq h < 1000$	$\geq 200$	$\geq 300$
$1000 \leq h < 1500$	$\geq 250$	$\geq 350$
$1500 \leq h \leq 2000$	$\geq 300$	$\geq 400$

注 1. 双肢柱的  $a_1$  值, 可适当加大。

2. 当有基础梁时, 基础梁下的杯壁厚度应满足其支承宽度的要求。

3. 柱子插入杯口部分的表面, 应尽量凿毛。柱子与杯口之间的空隙, 应用细石混凝土(比基础混凝土强度等级高一级)密实充填, 其强度达到基础设计强度等级 70% 以上(或采取其他相应措施)时, 方能进行上部吊装。

(3) 当柱为轴心或小偏心受压且  $t/h \geq 0.65$  时, 或大偏心受压且  $t/h \geq 0.75$  时, 杯壁内一般不配筋。当柱为轴心或小偏心受压且  $0.5 \leq \frac{t}{h_2} < 0.65$  时, 杯壁内可按表 4-1-30 及图 4-1-40 配筋。

杯壁配筋

表 4-1-30

柱截面长边尺寸 $h$ (mm)	$h < 1000$	$1000 \leq h < 1500$	$1500 \leq h \leq 2000$
钢筋网直径 (mm)	$\phi 8 \sim 10$	$\phi 10 \sim 12$	$\phi 12 \sim 16$



图 4-1-40 杯壁内配筋示意

(4) 大型工业厂房柱双杯口和高杯口基础与一般杯口基础构造要求相同。

## 2. 施工要点

除参照板式钢筋混凝土基础的施工要点外, 还应注意以下各点:

(1) 混凝土应按台阶分层浇灌。对高杯口基础的高台阶部分按整段分层浇灌。

(2)杯口模板可用木或钢定型模板,可作成整体的,也可作成两半形式,中间各加楔形板一块,拆模时,先取出楔形板,然后分别将两半杯口模取出。为拆模方便,杯口模外可包钉薄铁皮一层。支模时杯口模板要固定牢固并压浆。

(3)浇捣杯口混凝土时,应注意杯口模板的位置,由于杯口模板仅上端固定,浇捣混凝土时,四侧应对称均匀进行,避免将杯口模板挤向一侧。

(4)杯形基础一般在杯底均留有5cm厚的细石混凝土找平层,在灌筑基础混凝土时要仔细留出。如用无底式杯口模板施工,应先将杯底混凝土振实,然后灌筑杯口四周的混凝土,此时宜采用低流动性混凝土,或适当缩短振捣时间,或杯底混凝土浇完后停0.5~1h,待混凝土沉实,再浇杯口四周混凝土等办法,避免混凝土从杯底溢出,造成蜂窝麻面。基础灌筑完毕后,将杯口底冒出的少量混凝土掏出,使其与杯口模下口齐平。如用封底式杯口模板施工,应注意将杯口模板压紧,杯底混凝土振捣密实,并加强检查,以防止杯口模板上浮。基础浇捣完毕,混凝土初凝后终凝前用倒链将杯口模板取出。并将杯口内侧表面混凝土划(凿)毛。

(5)施工高杯口基础时,由于最上一台阶较高,可采用后安装杯口模板的方法施工,即当混凝土浇捣接近杯口底时,再安装固定杯口模板,继续灌筑杯口四侧混凝土。

### 4-1-3-4 筏形基础

筏形基础由钢筋混凝土底板、梁等整体组成,适用于有地下室或地基承载能力较低而上部结构传来的荷载很大时采用。筏形基础在外形和构造上像倒置的钢筋混凝土楼盖,分为梁板式和平板式两类(4-1-41)。前者用于荷载较大的情况,后者一般在荷载不大、柱网较均匀且间距较小的情况下采用。由于筏形基础的整体刚度较大,能有效将各柱子的沉降调整得较为均匀。

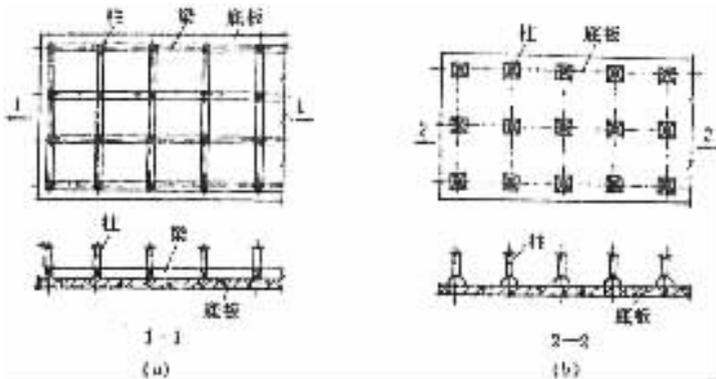


图4-1-41 筏形基础  
(a)梁板式 (b)平板式

#### 1. 构造要求

(1)基础一般为等厚,平面应大致对称,尽量减少基础所受的偏心力矩。

(2)一般宜设 C10 混凝土垫层 100mm 厚,每边伸出基础底板不小于 10cm。

(3)底板的厚度不宜小于 20cm。梁截面按计算确定,高出底板的顶面,一般不小于 30cm,梁宽不小于 25cm。

(4)钢筋宜用 I、II 级钢,混凝土标号不宜低于 C20。钢筋保护层厚度不宜小于 35mm。

## 2. 施工要点

(1)如地下水位过高,应采用人工降低地下水位至基坑底不少于 50cm,保证在无水情况下进行基坑开挖和主体施工。

(2)筏形基础施工,可根据结构情况、施工条件以及进度要求等确定施工方案,一般有两种方法:一是先在垫层上绑扎底板、梁的钢筋和柱子锚固插筋,先灌筑底板混凝土,待达到 25% 强度后,再在底板上支梁模板,继续灌筑梁部分混凝土;一是采取底板和梁模板一次同时支好,混凝土一次同时灌筑完成,梁侧模采用钢支架支承,并固定牢固。但两种方法都应注意保证梁位置和柱插筋位置正确。混凝土应一次连续浇灌完成,不宜留施工缝,必须留设时,应按施工缝要求进行处理并有止水措施。

(3)在基础底板上埋设好沉降观测点,定期进行观测,作好记录。

(4)基础表面应覆盖和洒水养护,并防止浸泡地基。

## 4-1-3-5 箱形基础

箱形基础是由钢筋混凝土底板、顶板、侧墙及一定数量的内隔墙构成封闭的箱体(图 4-1-42)基础中部可在内隔墙开门洞作地下室。这种基础整体性和刚度都好,调整不均匀沉降的能力及抗震能力较强,可消除因地基变形使建筑物开裂的可能性,减少基底处原有地基自重应力,降低总沉降量。它适用于作软弱地基上的面积较小,平面形状简单,荷载较大或上部结构分布不均的高层重型建筑物的基础及对沉降有严格要求的设备基础或特殊构筑物,但混凝土及钢材用量较多,造价也较高。可在一定条件下采用。如能充分利用地下部分,那么在技术上,经济效益上也是较好的。

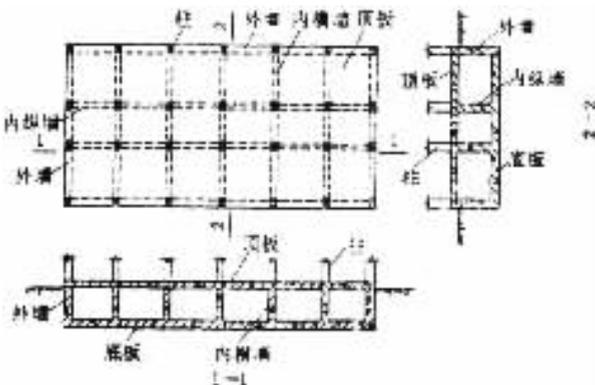


图 4-1-42 箱形基础

## 1. 构造要求

(1) 箱形基础为避免基础出现过度倾斜,在平面布置上尽可能对称,以减少荷载的偏心距,偏心距一般不宜大于 $0.1(\alpha\rho)$ 为基底板面积抵抗矩对基底面积之比)。

(2) 箱形基础高度从使用功能要求出发,一般应不少于3m。

(3) 底、顶板的厚度应满足柱或墙冲切验算要求,根据实际受力情况通过计算确定。底板厚度一般取隔墙间距的 $1/10\sim 1/8$ 约为30~100cm,顶板厚度约为20~40cm,内墙厚度不宜小于20cm,外墙厚度不应小于25cm。

(4) 基础混凝土强度等级不应低于C20,抗等级号不宜低于S6。

(5) 为保证箱形基础的整体刚度,对其墙体的数量应有一定的限制,即平均每平方米基础面积上墙体长度不得小于40cm,或墙体水平截面积不得小于基础面积的 $1/10$ ,其中纵墙配置量不得小于墙体总配置量的 $3/5$ 。

## 2. 施工要点

(1) 基坑开挖如有地下水,应将地下水位降低至设计底板以下50cm处。当地质为粉质砂土有可能产生流砂现象时,不得采用明沟排水,宜采用井点降水措施,并应设置水位降低观测孔。

(2) 注意保持基坑底土的原状结构,采用机械开挖基坑时,应在基坑底面以上保留20~40cm厚的土层,采用人工挖除,基坑验槽后,应立即进行基础施工。

(3) 箱形基础的底板、内外墙和顶板的支模和灌筑,可采取内外墙和顶板分次支模灌筑方法施工,其施工缝留设位置可如图4-1-43,外墙接缝应设接槎或设止水带。施工缝的处理,应符合钢筋混凝土工程施工及验收规范有关要求。

(4) 基础的底板、内外墙和顶板宜连续浇灌完毕。当基础长度超过40m时,为防止出现温度收缩裂缝一般应设置贯通后浇施工缝,缝宽不宜小于80cm,在施工缝处钢筋应贯通,顶板浇灌后,相隔2~4周,用比设计强度等级提高一级的细石混凝土将施工缝填灌密实,并加强养护。

(5) 对超厚、超长的整体钢筋混凝土结构,由于其结构截面大、水泥用量多,水泥水化后释放的水化热会产生较大温度变化和收缩作用,会导致混凝土产生表面裂缝和贯穿性或深进裂缝,影响结构的整体性、耐久性和防水性,影响正常使用。因此对大体积(厚度大于1m)混凝土,在浇灌前应对结构进行必要的裂缝控制计算,估算混凝土灌筑后可能产生的最大水化热绝热温升值、温度差和温度收缩应力,以便在施工期采取有效的技术措施(着重在控制温升、延缓降温速率、减小混凝土收缩、提高混凝土极限拉伸、改善约束条件等方面)来预防温度收缩裂缝,保证混凝土工程质量。

常用的技术措施有 ①采用中低发热量的矿渣硅酸盐水泥和掺加粉煤灰掺合料,以减

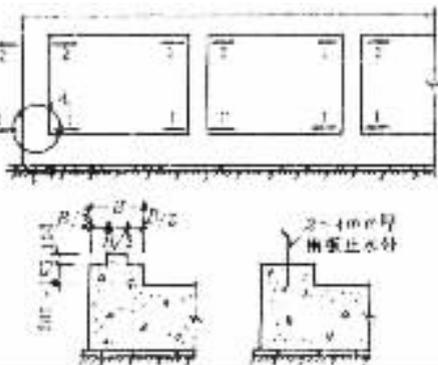


图 4-1-43 箱形基础施工缝位置留设  
1-1、2-2……施工缝位置

小水泥水化热,②利用混凝土后期强度和掺加减水剂,以减少水泥用量。根据大量试验资料说明,水泥用量每增减 10kg,水化热相应升降 1℃。③控制砂石含泥量。石子含泥量宜控制在小于 1%,砂子含量宜控制在小于 2%,以减少混凝土收缩,提高混凝土抗拉强度。④热天施工时,砂石堆场宜设遮阳,必要时尚须喷射水雾和冰水搅拌混凝土,以控制混凝土搅拌温度。⑤加强养护和测温工作,保持适宜的温度和湿度条件,使混凝土内外温差(降温差)控制在 20℃以内(对重要结构)或 30℃以内(对一般结构)。

(6)基础施工完毕,应抓紧基坑四周的回填土工作。停止降水时,应验算箱形基础抗浮稳定性,地下水对基础的浮力,抗浮稳定系数不宜小于 1.2,以防止出现基础上浮或倾斜的重大事故。如抗浮稳定系数不能满足要求时,应继续抽水,直到施工上部结构荷载加上后能满足抗浮稳定系数要求为止,或在基础内采取灌水或加重物措施。

### 4-1-3-6 墙下条形基础及柱下条形基础

图 4-1-44 为条形基础。

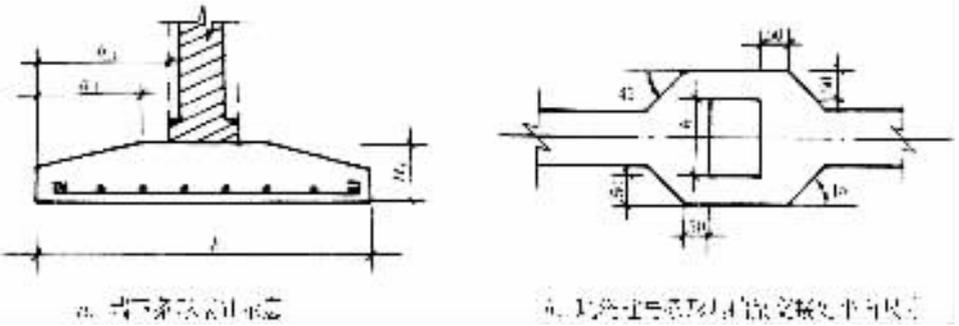


图 4-1-44 墙下条形基础及柱下条形基础

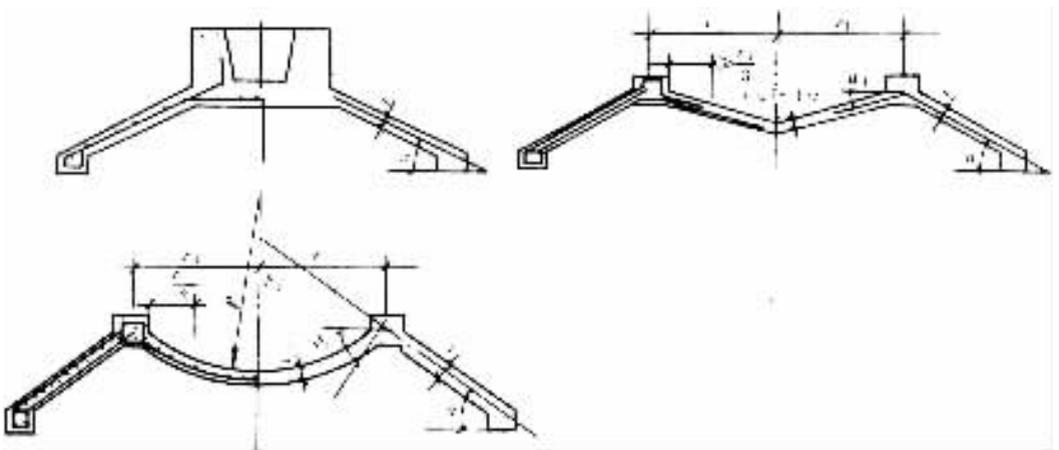


图 4-1-45 壳体基础构造示意

## 4-1-3-7 壳体基础

正圆锥形及其组合型式的壳体基础,如图 4-1-45 可用于一般工业与民用建筑柱基和筒形构筑物(如烟囱、水塔、料仓、中小型高炉等)基础。

正圆锥壳的壳面倾角  $\alpha$  可取  $30^\circ - 40^\circ$ ;内倒锥壳的壳面倾角  $\alpha_1$  可取  $20^\circ - 30^\circ$ ;内倒球壳的壳面倾角  $\phi_1$  可取  $30^\circ - 40^\circ$ 。组合壳体中内外壳的角度配合,可取  $\alpha_1 \approx \alpha - 10^\circ$ ,  $\phi_1 \geq \alpha$ 。壳壁厚度  $t$  可按表 4-1-31 所示。

壳壁厚度  $t$ 

表 4-1-31

壳体型式	基底水平面的最大净反力 kPa		
	$\leq 150$	150 ~ 200	200 ~ 250
正圆锥壳	$(0.05 \sim 0.06)\gamma$	$\alpha > 32^\circ$ 时 $(0.06 \sim 0.8)\gamma$	
内倒球壳	$(0.03 \sim 0.05)\gamma_1$	$(0.05 \sim 0.06)\gamma_1$	$(0.06 \sim 0.07)\gamma_1$
内倒锥壳	边缘最大厚度等於 0.75 ~ 1.0 $t$ 中间厚度不小于 0.5 倍边缘厚度		

注(1)  $\gamma$ ——基础水平投影面最大半径。

(2) 表中正圆锥壳壳壁厚度系按不允许出现裂缝要求制定的,如不能满足规定时,应根据使用要求进行抗裂度或裂缝宽度验算。

(3) 当基础有可能受到腐蚀时,应采取防腐蚀措施,并适当增加壳壁厚度。

壳体基础以薄壁曲面的高强度材料取得较大的刚度和强度,因此对施工质量要求特别严格。要注意结构几何尺寸准确,加强放线复核工作,注意土胎不受水冲刷和扰动,保证混凝土振捣密度。挖土胎时施工偏差不宜超过 10—15mm。挖土至壳体底标高时,应向外加大施工操作宽度,并做好防水和排水措施。

## 4-1-4 深基础

一般工业与民用建筑物多采用天然浅基础,它造价低,施工简便。如天然浅土层软弱,可采用机械压实强夯、深层搅拌、堆载预压、砂桩挤密、化学加固等方法进行人工加固,形成人工地基浅基础。如土层软弱,建筑物为高层建筑、上部荷载很大的工业建筑或对变形和稳定有严格要求的一些特殊建筑,无法采用浅基础时,则经过技术经济比较后就要采用深基础。

深基础是指桩基础、墩基础、沉井基础、沉箱基础和地下连续墙等,其中桩基础应用最广。基础不但可选用较好的深部土层来承受上部荷载,还可利用深基础周壁的摩阻力来共同承受上部荷载,因而其承载力高、变形小、稳定性好,但其施工技术复杂、造价高、工期长。

## 4-1-4-1 桩基础

桩基础是一种常用的深基础形式,它由桩和桩顶的承台组成。

按桩的受力情况,桩分为摩擦桩和端承桩两类。前者桩上的荷载由桩侧摩擦力和桩端阻力共同承受;后者桩上的荷载主要由桩端阻力承受。

按桩的施工方法,桩分为预制桩和灌注桩两类。预制桩是在工厂或施工现场制成的各种材料和型式的桩(如木桩、钢筋混凝土方桩、预应力钢筋混凝土管桩、钢管或型钢的钢桩等),而后用沉桩设备将桩打入、压入、旋入或振入(有时还兼用高压水冲)土中。灌注桩是在施工现场的桩位上用机械或人工成孔,然后在孔内灌注混凝土或钢筋混凝土而成。根据成孔方法的不同分为钻、挖、冲孔灌注桩、沉管灌注桩和爆扩桩。如在成也内灌注砂、石灰等,则成为砂桩、石灰桩等。

### 1. 钢筋混凝土预制桩

钢筋混凝土预制桩能承受较大的荷载,坚固耐久,施工速度快,但对周围环境影响较大,是我国广泛应用的桩型之一。常用的为钢筋混凝土方形实心断面桩和圆柱体空心断面桩,预应力混凝土桩正推广应用。钢筋混凝土方桩的断面尺寸,多为250~550mm,单根桩或多节桩的单节长度,应根据桩架高度、制作场地、运输和装卸能力而定。多节桩如用电焊或法兰接桩时,节点的竖向位置尚应避开土层中的硬夹层。如在工厂制作,长度不宜超过12m;如在现场预制,长度不宜超过30m。混凝土强度等级不宜低于C30。桩身配筋与沉桩方法有关,锤击沉桩的纵向钢筋配筋率不宜小于0.8%,压入桩不宜小于0.5%,但压入桩的桩身细长时,桩的纵向配筋率亦不宜小于0.8%,桩的纵向钢筋直径宜不小于14mm,桩身宽度或直径大于或等于350mm时,纵向钢筋不应少于8根。桩的接头不宜超过两个。

钢筋混凝土圆柱体空心管桩,是以离心法在工厂生产的,通常都施加预应力,直径多为400和500mm,壁厚80~100mm,每节长度80~10m,用法兰连接,下节桩底端可设桩尖,亦可以是开口的。

#### (1) 钢筋混凝土预制桩的制作、起吊、运输和堆放。

钢筋混凝土预制桩多数是在打桩现场或附近就地预制,较短的桩亦可在预制厂生产。为节少场地,现场预制桩多用叠浇法施工,重叠层数取决于地面允许荷载和施工条件,一般不宜超过4层。场地应平整、坚实、不得产生不均匀沉降。桩与桩间应做好隔离层,桩与邻桩、底模间的接触面不得粘结。上层桩或邻桩的浇,必须在下层桩或邻桩的混凝土达到设计强度的30%以后方可进行。

钢筋骨架的主筋连接宜用对焊,同一截面内的接头数量不得超过50%。同一根钢筋两个接头的距离应大于 $30d$ (主筋直径),并不小于500mm。

钢筋骨架及桩身尺寸的允许偏差,见《地基与基础工程施工及验收规范》,否则桩易打坏。如为多节桩,上节桩和下节桩尽量在同一纵轴线上制作,使上下钢筋和桩身减少偏差。桩的预制先后次序应与打桩次序对应,以缩短养护时间。

预制桩的混凝土浇筑,应由桩顶向桩尖连续进行,严禁中断。锤击的预制桩的粗骨料粒径宜为5~40mm。

当桩的混凝土达到设计强度的 70% 方可起吊, 达到 100% 方可运输和打桩。如提前起吊, 必须采取措施并经验算合格方可进行。

桩在起吊和搬运时, 必须平稳, 并不得损坏。吊点应符合设计要求, 如图 4-1-46 所示。

打桩前桩从制作处运到现场或桩架前以备打桩。宜根据打桩顺序随打随运以避免二次搬运, 桩的运输方式, 在运距不大时, 可用起重机吊运或在桩下垫以滚筒, 用卷扬机施拉; 当运距较大时, 可采用轻便轨道小平台车运输。

桩堆放时, 地面必须平整、坚实、垫木间距应与吊点位置相同, 各层垫木应位于同一垂直线上, 堆放层数不宜超过 4 层。不同规格的桩应分别堆放。

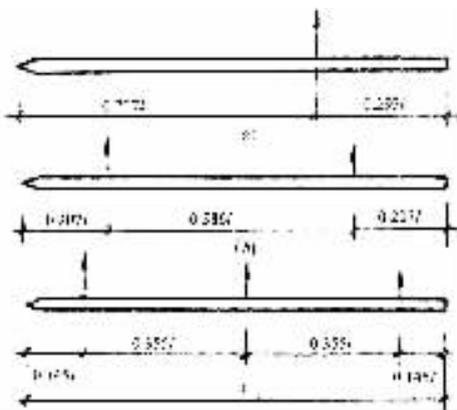


图 4-1-46 桩的合理吊点位置

## (2) 钢筋混凝土预制桩的沉桩

钢筋混凝土预制桩的沉桩方法有锤击法、静力压桩法、振动法和水冲法等。

### ① 锤击法

锤击法是利用桩锤的冲击克服土对桩的阴力, 使桩沉到预定深度或达到持力层, 这是最常用的一种沉桩方法。

#### A. 打桩设备

打桩设备包括桩锤、桩架和动力装置。

(a) 桩锤 桩锤是对桩施加冲击, 把桩打入土中的主要机具。桩锤主要有落锤、蒸汽锤、柴油锤和液压锤, 目前应用最多的柴油锤。

① 落锤 落锤构造简单, 使用方便, 能随意调整落锤高度。轻型落锤可用人力拉升, 一般均为卷扬机拉升施打。落锤生效率低、对桩的损伤较大。落锤重一般为 0.5 ~ 1.5t, 重型锤可达几吨。

② 柴油锤 柴油锤利用燃油爆炸, 推动活塞往复运动进行锤击打桩。它的工作原理见图 4-1-47(筒式柴油锤)。图中 (a) 喷油 (b) 压缩 (c) 冲击 (d) 爆发 (e) 排气 (f) 吸气 (g) 降落, 以后再次循环, 靠活塞的往复运动产生冲击进行打桩。其能量来源是喷入的柴油。柴油锤结构简单使用方便, 不需从外部供应能源。但在过软的土中由于贯入度(每打击一次桩的下沉量, 一般用 mm 表示)过大, 燃油不能爆发, 桩锤反跳不起来, 会使工作循环中断, 另一个缺点是噪音和空气污染的公害, 故在城市中施工受到一定限制。柴油锤冲击部分的重量有 0.12、0.6、1.2、1.8、2.5、4.0、6.0t 等数种。每分钟锤击次数约 40 ~ 80 次。可以用于打大型混凝土桩和钢管桩等。

③ 蒸汽锤 蒸汽锤利用蒸汽的动力进行锤击。根据其工作情况又可分为单动式汽锤与双动式汽锤。单动式汽锤的冲击体只在上升时耗用动力, 下降靠自重; 双动式汽锤的冲击体升降均由蒸汽推动。蒸汽锤需要配备一套锅炉设备。

单动式汽锤的冲击力较大, 可以打各种桩, 常用锤重由 3.0 ~ 10t, 每分钟锤击次数为

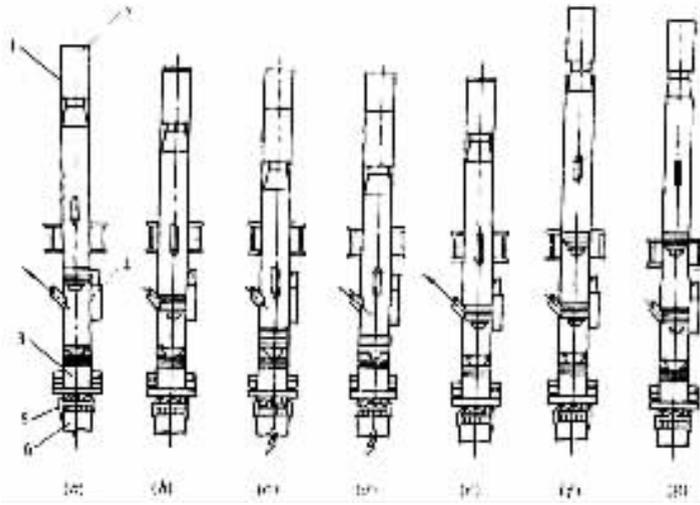


图 4-1-47 筒式柴油锤工作原理

1—气缸 2—上活塞 3—下活塞 4—燃油泵 5—桩帽 6—桩

25~30次。

双动式汽锤的外壳(即汽缸)是固定在桩头上的,而锤是在外壳内上下运动。因冲击频率高(每分钟100次至200次),所以工作效率高,适宜打各种桩,并可在水下打桩并用于拔桩。锤重一般为0.6~6t。

④液压锤 液压锤是一种新型打桩设备,它的冲击缸体通过液压油提升与降落,冲击缸体下部充满氮气。当冲击缸体下落时,首先是冲击头对桩施加压力,接着是通过可压缩的氮气对桩施加压力,使冲击缸体对桩施加压力的过程延长,因此每一击能获得更大的贯入度。液压锤不排出任何废气,无噪音,冲击频率高,并适合水下打桩,是理想的冲击式打桩设备,但构造复杂,造价高,国内尚未生产。

用锤击沉桩时,为防止桩受冲击应力过大而损坏,力求选用重锤轻击。如选用轻锤重打,锤击功能很大部分被桩身吸收,桩不易打入,且桩头容易打碎。锤重可根据土质、桩的规格等参考《地基与基础工程施工及验收规范》中的“选择锤重参考表”进行选择,如能进行锤击应力计算则更为科学。

(b)桩架 桩架是支持身和桩锤,在打桩过程中引导桩的方向,并保证桩锤能沿着所要求方向冲击的打桩设备。桩架的形式多种多样,常用的通用桩架(能适应多种桩锤)有两种基本形式:一种是沿轨道行驶的多能桩架;另一种是装在履带底盘上的打桩架。

①多能桩架(图4-1-48)由立柱、斜撑、回转工作台、底盘及传动机构组成。它的机动性和适应性很大,在水平方向可作360°回转,立柱可前后倾斜,底盘下装有铁轮,可在轨道上行走。这种桩架可适应各种预制桩及灌注桩施工。缺点是机构较庞大,现场组装和拆迁比较麻烦。

②履带式桩架(图4-1-49)以履带式起重机为底盘,增加立柱和余撑用以打桩。性能较多能桩架灵活,移动方便,适用范围较广,可适应各种预制桩及灌注桩施工。

(c)动力装置 动力装置取决于所选的桩锤。当选用蒸汽锤时,则需配备蒸汽锅炉和卷扬机。

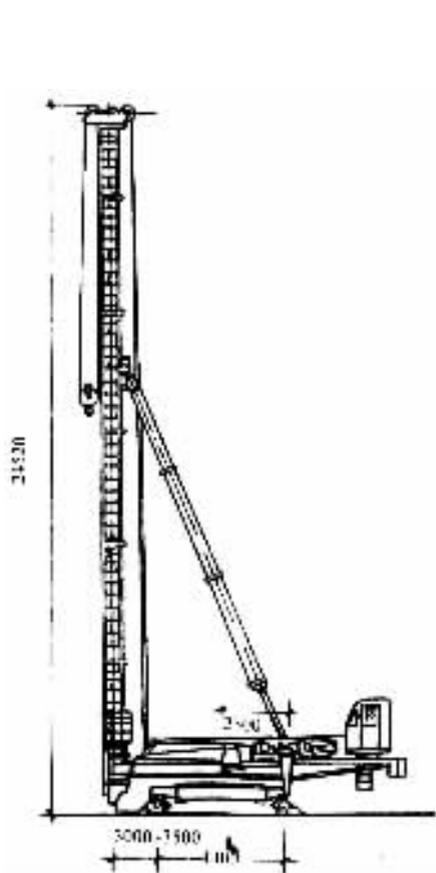


图 4-1-48 多能桩架

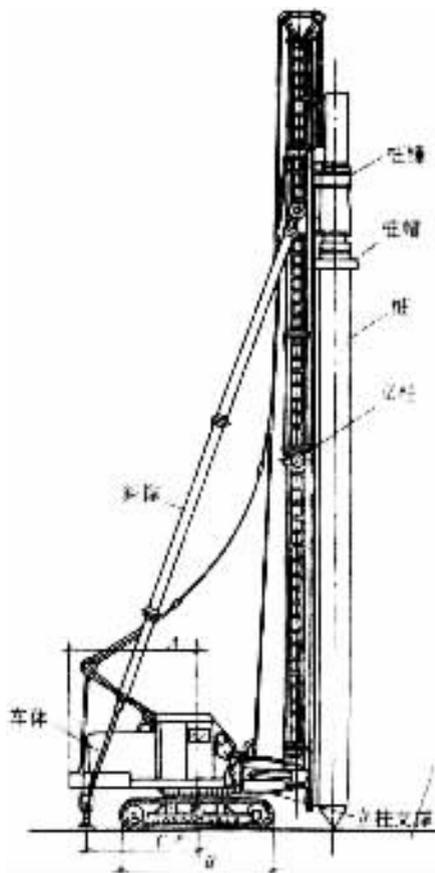


图 4-1-49 履带式打桩架

## B. 打桩施工

打桩前应做好下列准备工作:清除妨碍施工的地上和地下的障碍物;平整施工场地;定位放线;设置供电、供水系统;安装打桩机等。

桩基轴线的定位点,应设置在不受打桩影响的地点;打桩地区附近需设置不少于 2 个的水准点。在施工过程中可据此检查桩位的偏差以及桩的入土深度。

打桩时应注意下列一些问题:

(a)打桩顺序 打桩顺序合理与否,影响打桩速度和打桩质量,尤其对周围的影响更大。当桩的中心距小于 4 倍桩径时,打桩顺序尤为重要。打桩顺序决定挤土方向,打桩向那个方向推进,则向那个方向挤土。根据桩群的密集程度,可选用下述打桩顺序:由一侧向单方向进行;自中间向两个方向对称进行;自中间向四周进行。第一种打桩顺序,打桩推进方向宜逐排改变,以免土朝一个方向挤压,导致土壤挤压不均匀。对于同一排桩,必要时还可采用间隔跳打的方式;对于大面积的桩群,宜采用后二种打桩顺序,以免土壤

受到严重挤压,使桩难以打入,或使先打入的桩受挤压而倾余。大面积的桩群多分成几个区域,由多台打桩机采用合理的顺序同时进行打设。如图 4-1-50。



图 4-1-50 打桩顺序

(a)由一侧向单方向进行;

(b)自中间向两个方向对称进行 (c)自中间向四周进行

(b)打桩方法 打桩机就位后,将桩锤和桩帽吊起来,然后吊桩并送至导杆内,垂直对准桩位缓缓送下插入土中,垂直度偏差不得超过 0.5%,然后固定桩帽和桩锤,使桩、桩帽、桩锤在同一垂线上,确保桩能垂直下沉。在桩锤和桩帽之间应加弹性衬垫,桩帽和桩顶周围四周应用 5~10mm 的间隙,以防损伤桩顶。

开始打桩时,锤的落距应较小,待桩入土一定深度并稳定后,再按要求的落距锤击,用落锤或单动汽锤打桩时,最大落距不宜大于 1m;用柴油锤时应使锤跳动正常。在打桩过程中,遇有贯入度剧变,桩身突然发生倾斜、移位或有严重回弹,桩顶或桩身出现严重裂缝或破碎等异常情况时,应暂停打桩,及时研究处理。

如用送桩法将桩送入土中时,桩与送桩杆的纵轴线应在同一直线上,拔出送桩杆后,桩孔应及时回填或加盖。

多节桩的接桩,可用焊接、法兰或硫磺胶泥锚接,前两种接桩方法适用于各类土层,后者只适用于软弱土层。目前焊接接桩应用最多,预埋铁件表面应清洁,上下节桩之间如有间隙应用铁片填实焊牢,焊接时焊凝应连续饱满,并采取措施减少焊接变形。接桩时,上、下节桩的中心线偏差不得大于 10mm,节点弯曲矢高不得大于 1‰桩长。

打桩过程中,应做好沉桩记录,以便工程验收。

(c)打桩的质量控制 打桩的质量视打入后的偏差是否在允许范围之内,最后贯入度与沉桩标高是否满足设计要求,桩顶、桩身是否打坏以及对周围环境有无造成严重危害而定。

桩的垂直偏差应控制在 1%之内,平面位置的偏差,除上面盖有基础梁的桩和桩数为 1~2 根或单排桩基中的桩外,一般为 1/2~1 个桩的直径或边长。

打桩的控制,对于桩尖位于坚硬、硬塑的粘性土、碎石土、中密以上的砂土或风化岩等土层时,以贯入控制为主,桩尖进入持力层深度或桩尖标高可作参考。如贯入度已达到而桩尖标高未达到时,应继续锤击 3 阵,每阵 10 击的平均贯入度不应大于规定的数值。桩尖位于其他软土层时,应以桩尖设计标高控制为主,贯入度可作参考。如控制指标已符合要求,而其他指标与要求相差较大时,应会同有关单位研究解决。设计与施工中所控制的贯入度是以合格的试桩数据为准,如无试桩资材,可参考类似土的贯入度,由设计规定。测量最后贯入度应在下列正常条件下进行:桩顶没有破坏锤击没有偏心,锤的落距符合规定,桩帽和弹性垫层正常,汽锤的蒸汽压力符合规定。如果沉桩尚未达设计标高,而贯入

度突然变小,则可能土层中夹有硬土层,或遇到孤石等障碍物,此时切勿盲目施打,应会同设计勘探部门共同研究解决。此外,打桩过程中断,由于土的固结作用,使桩难以打入,因此应保证施打连续进行。

打桩时桩顶过分破碎或桩身严重裂缝,应即暂停,在采取相应的技术措施后,方可继续施打。

打桩时,除了注意桩顶与桩身由于桩锤冲击破坏外,还应注意桩身受锤击拉应力而导致的水平裂缝,在软土中打桩,在桩顶以下 $1/3$ 桩长范围内常会因反射的应力波使桩身受拉而引起水平裂缝。开裂的地方往往出现在吊点和蜂窝处,这些地方容易形成应力集中。采用重锤低速击桩和较软的桩垫可减少锤击拉应力。

打桩时,引起桩区及附近地区的土体隆起和水平位移虽然不属单桩本身的质量问题,但由于邻桩相互挤压导致桩位偏移,会影响整个工程质量。如在已有建筑群中施工,打桩还会引起已有地下管线、地面交通道路和建筑物的损坏和不安全。为此,在邻近建筑物(构筑物)打桩时,应采取适当的措施,如挖防振沟,砂井排水(或塑料排水板排水)、预钻孔取土打桩,控制打桩速度等。

### ②静力压桩

静力压桩是利用无振动、无噪音的静压力将桩压入土中,用于软弱土层和邻近怕振动的建筑物(构筑物)时。静力压桩过去是利用桩架的自重和压重,通过滑轮组或液压将桩压入土中。近年来多用液压的静力压桩机,压力可达 $400t$ 。压桩一般是分节压入,逐段接长,为此桩需分节预制。当第一节桩压入土中,其上端距地面 $2m$ 左右时将第二节桩接上,继续压入。压同一根桩,各工序应连续施工。

如初压时桩身发生较大移位、倾斜,压入过程中如桩身突然下沉或倾斜,桩顶混凝土破坏或压桩阻力剧变时,应暂停压桩,及时研究处理。

振动法沉桩是利用振机机,将桩与振动机连接在一起,振动机产生的振动力通过桩身使土体振动,使土体的内摩擦角减小、强度降低而将桩沉入土中。在砂土中效率较高。

水冲法沉桩是锤击沉桩的一种辅助方法。利用高压水流经过桩侧面或空心桩内部的射水管冲击桩尖附近土层,便于锤击。一般是边冲水边打桩,当沉桩至最后 $1\sim 2m$ 时停止冲水,用锤击至规定标高。水冲法适用于砂土和碎石土,有时对于特别长的预制桩的,单靠锤击有一定困难时,亦用水冲法辅助之。

## 2. 混凝土和钢筋混凝土灌注桩

灌注桩是直接成孔,然后在孔内灌注混凝土或钢筋混凝土而成。根据成孔工艺不同,分为干作业成孔的灌注桩、泥浆护壁成孔的灌注桩、套管成孔的灌注桩和爆扩成孔的灌注桩。灌注桩施工工艺近年来发展很快,还出现端夯扩沉管灌注桩、钻孔压浆成桩等一些新工艺。

灌注桩能适应地层的变化,无需接桩,施工时无振动、无挤土和噪音小,宜于在建筑物密集地区使用。但其操作要求严格,施工后需一定的养护期,不能立即承受荷载。

### (1)干作业成孔灌注桩

干作业成孔灌注桩适用于地下水位较浅、在成孔深度内无地下水的土质,勿需护壁可直接取土成孔。目前常用螺旋钻机成孔,亦有用洛阳铲成孔的。

螺旋钻成孔灌注桩是利用动用旋转钻杆,使钻头的螺旋叶片旋转削土,土块沿螺旋叶片上升排出孔外(图4-1-51)。在软塑土层含水量大时,可用疏纹叶片钻杆,以便较快地钻进。在可塑或硬塑粘土中,或含水量较小的砂土中应用密纹叶片钻杆,缓慢地均匀钻进。一节钻杆钻入后,应停机接上第二节,继续钻到要求深度,操作时要求钻杆垂直,钻孔过程中如发现钻杆摇晃或难钻进时,可能遇到石块等异物,应立即停车检查。全叶片螺旋钻机成孔直径一般为300~600mm左右,钻孔深度8~12m。钻进速度应根据电流值变化及时调整。在钻进过程中,应随时清理孔口积土,遇有塌孔、缩孔等异常情况,应及时研究解决。

钢筋笼应一次绑扎好,放入孔内后再次测量孔内虚土厚度。混凝土应连续浇筑,每次浇筑高度不得大于1.5m。

如为扩底桩,则需於桩底部用扩孔刀片切削扩孔,扩底直径应符合设计要求。孔底虚土厚度,对以摩擦力为主的桩,虚土厚度不得大于300mm,对以端承力为主的桩,则不得大于100mm。

如孔底虚土超过规范规定,可用匀钻清理孔底虚土,或用原钻机多次投钻。如孔底虚土是砂或砂卵石时,可灌入砂浆拌合,然后再浇筑混凝土。

如成孔时发时塌孔,宜钻至塌孔处以下1~2m处时,用低强度等级的混凝土填至塌孔以上1m左右,待混凝土初凝后再继续下钻钻至设计深度,也可用3:7的灰土夯实代替填筑混凝土。

## (2) 泥浆护壁成孔灌注桩

泥浆护壁成孔是用泥浆保孔壁、防止塌孔和排出土渣而成孔,对不论地下水位高或低的土层皆适用。

成孔机械有回转钻机、潜水钻机、冲击钻等,其中以回转钻机应用最多。

### ① 回转钻机成孔

回转钻机是由动力装置带动钻机回转装置转动,由其带动带有钻头的钻杆转动,由钻头切削土壤。根据泥浆循环方式的不同,分为正循环回转钻机和反循环回转钻机。

正循环回转钻机成孔的工艺如图4-1-52所示。由空心钻杆内部通入泥浆或高压水,从钻杆底部喷出,携带钻下的土碴沿孔壁向上流动,由孔口将土碴带出流入泥浆池。

反循环回转钻机成孔的工艺如图4-1-53所示。它是泥浆或清水由钻杆与孔壁间的环状间隙流入钻孔,然后由吸泥泵等在钻杆内形成真空使之携带钻下的土碴由钻杆内腔返回地面而流向泥浆池。反循环工艺的泥浆上流的速度较高,能携带较大的土碴。

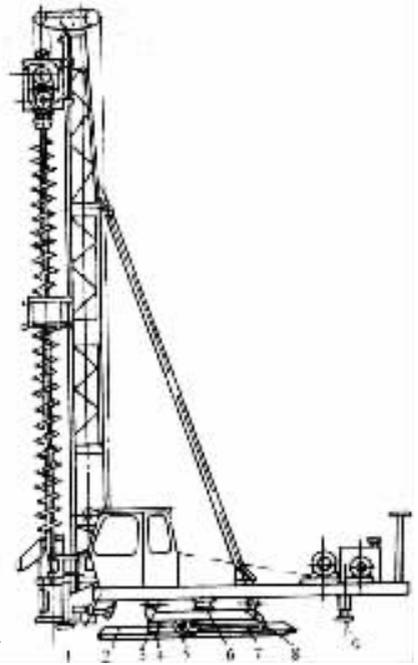


图4-1-51 步履式螺旋钻机  
1—上盘 2—下盘 3—回转滚轮;  
4—行走滚轮 5—钢丝绳滑轮;  
6—回转中心轴,7—行车油缸;  
8—中盘 9—支承盘

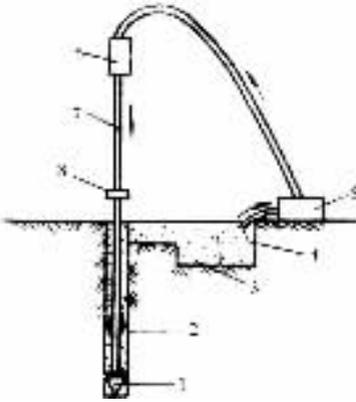


图 4-1-52 正循环回转钻机成孔工艺原理图

1—钻头 ;2—泥浆循环方向 ;3—沉淀池 ;4—泥浆池 ;5—泥浆泵 ;6—水龙头 ;7—钻杆 ;8—钻机回转装置

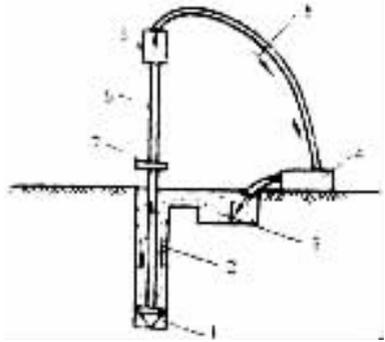


图 4-1-53 反循环回转钻机成孔工艺原理图

1—钻头 2—新泥浆流向 ;3—沉淀池 ;4—砂石泵 ;5—水龙头 ;6—钻杆 ;7—钻机回转装置 ;8—混合液流向

在杂填土或松软土层中钻孔时,应在桩位处设护筒,以起定位、保护孔口、维持水头等作用。护筒用钢板制作,内径应比钻头直径大 10cm,埋入土中深度不宜小于 1.0~1.5m。在护筒顶部应开设 1~2 个溢浆口。在钻孔过程中,应保持护筒内泥浆水位高于地下水位。在粘土中钻孔,可采用清水钻进,自造泥浆护壁,以防止坍孔;在砂土中钻孔,则应注入制备泥浆钻进,注入的泥浆密度控制在 1.1 左右,排出泥浆的密度宜为 1.2~1.4。钻孔达到要求的深度后,测量沉渣厚度,进行清孔。以原土造浆的钻孔,清孔可用射水法,同时钻具只转不进,待泥浆降到 1.1 左右即认为清孔合格;以注入制备泥浆的钻孔,可采用换浆法清孔,至免出泥浆的比重小于 1.15~1.25 时方为合格。

钻孔灌注桩的桩孔钻成并清孔后,应尽快吊放钢筋骨架并灌注混凝土。在无水或少水泊浅桩孔中灌注混凝土时,应分层浇注振实,每层高度一般为 0.5~0.6m,不得大于 1.5m。混凝土坍落度在一般粘性土中宜用 5~7cm,砂类土中用 7~9cm,黄土中用 6~9cm。灌注混凝土至桩顶时,应适当超过桩顶设计标高,以保证在凿除浮层后,桩顶标高和质量能符合设计要求。水下灌注混凝土时,常用垂直导管灌注法水下施工。

钻孔灌注桩施工时常会遇到孔壁坍塌和钻孔偏斜等问题。

钻进过程中,如发现排出的泥浆中不断出现气泡,或泥浆突然漏失,这表示有孔壁坍塌迹象。孔壁坍塌的主要原因是土质松散,泥浆护壁不好,护筒周围未用粘土紧密密封以及护筒内水位不高。钻进中如出现缩颈、孔壁坍塌时,首先应保持孔内水位并加大泥浆以稳孔护壁。如孔壁坍塌严重,应立即回填粘土,待孔壁稳定后再钻。

钻杆不垂直,土层软硬不匀或碰到孤石时,都会引起钻孔偏斜。钻孔偏斜时,宜提起钻头上下反复扫钻几次,以便削去硬土,如纠正无效,应回填粘土至坍孔处 0.5m 以上,重新钻进。

施工后的灌注桩的平面位置及垂直度都需满足规范的规定。

### ②潜水钻机成孔

潜水钻机是一种旋转式钻孔机械,其动力、变速机构和钻头连在一起可以下放至孔中地下水中成孔(图4-1-54),用正循环工艺将土碴排出孔外。

潜水钻机成孔,亦需先埋设护筒,其他施工过程皆与回转钻机成孔相似。

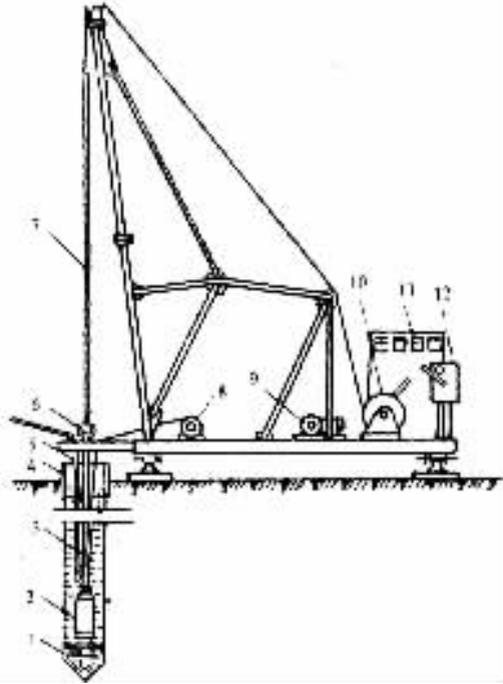


图4-1-54 潜水钻机示意图

- 1—钻头 2—潜水钻机 3—电缆;
- 4—护筒 5—水管 6—滚轮(支点);
- 7—钻杆 8—电缆盘;
- 9—0.5t 卷扬机;10—1t 卷扬机;
- 11—电流电压表;12—起动开关

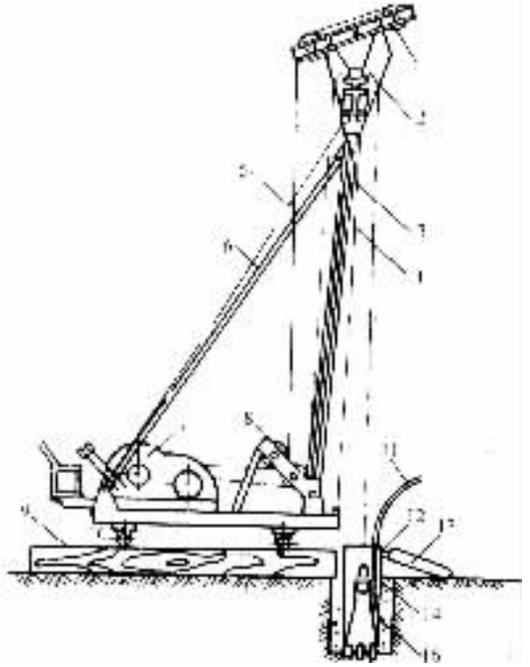


图4-1-55 冲击钻成孔示意图

- 1—副滑轮 2—主滑轮 3—主杆;
- 4—前拉索 5—后拉索 6—斜撑;
- 7—双滚筒卷扬机 8—导向轮;
- 9—垫木;10—钢管;11—供浆管;
- 12—溢流口;13—泥浆流槽;
- 14—护筒回填土;15—钻头

### ③冲击钻成孔

冲击钻主要用于在岩土层中成孔,成孔时将冲锥式钻头提升一定高度后以自由下落的冲击力来破碎岩层,然后用掏渣筒来掏取孔内的碴浆。

还有一种冲抓锥(图4-1-56),锥头内有重铁块和活动抓片,下落时松开卷扬机刹车,抓片张开,锥头自由下落冲入土中,然后开动卷扬机拉升锥头,此时抓片闭合抓土,将冲抓锥整体提升至地面卸土,依次循环成孔。

### (3)套管成孔灌注桩

套管成孔灌注桩是利用锤击打桩法或振动打桩法,将带有钢筋混凝土桩靴(又叫桩尖)或带有活瓣式桩靴(图4-1-57)的钢套管沉入土中,然后灌注混凝土并拔管而成。若配有钢筋时,则在规定标高处应吊放钢筋骨架。利用锤击沉桩设备沉管、拔管时,称为

锤击灌注桩 利用激振器的振动沉管、拔管时 称为振动灌注桩。图 4-1-58 为沉管灌注桩施工过程示意图。

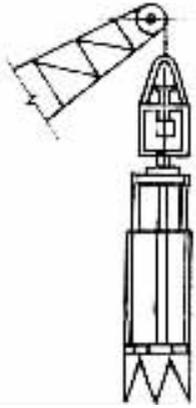


图 4-1-56 冲抓锥

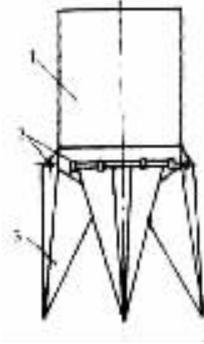


图 4-1-57 活瓣桩尖示意图

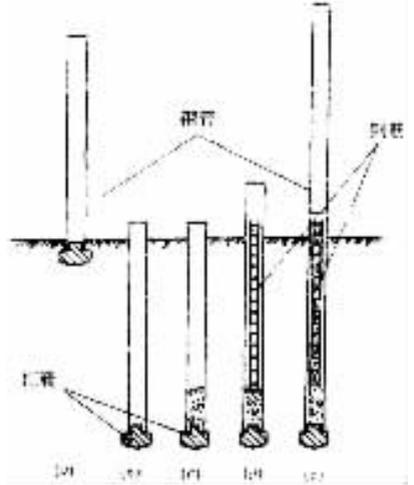


图 4-1-58 沉管灌注桩施工过程

(a)就位 (b)沉套管;

(c)开始灌注混凝土;

(d)下钢筋骨架继续浇灌混凝土;

(e)拔管成型

①锤击灌注桩锤击灌注桩施工时,用桩架吊起钢套管,对准预先设在桩位处的预制钢筋混凝土桩靴。套管与桩靴连接处要垫以麻、草,以防止地下水渗入管内。然后缓缓放下套管,套入桩靴压进土中。套管上端扣上桩帽,检查套管与桩锤是否在一垂直线上,套管偏斜 $\leq 0.5\%$ 时,即可起锤沉套管。先用低锤轻击,观察后如无偏移才正常施打,直至符合设计要求的贯入度或沉入标高,并检查管内有无泥浆或水进入,即可灌注混凝土。套管内混凝土应尽量灌满,然后开始拔管。拔管要均匀,第一次拔管高度控制在能容纳第二次所需的混凝土灌注量为限。不宜拔管过高。拔管时应保持连续密锤低击不停,并控制拔出速度,对一般土层,以不大于 $1\text{m}/\text{min}$ 为宜;在软弱土层及软硬土层交界处,应控制在 $0.8\text{m}/\text{min}$ 以内。桩锤冲击频率,视锤的类型而定:单动汽锤采用倒打拔管,频率不低于 $70\text{次}/\text{min}$ ;自由落锤轻击不得少于 $50\text{次}/\text{min}$ 。在管底未拔到桩顶设计标高之前,倒打或轻击不得中断。拔管时还要经常探测混凝土落下的扩散情况,注意使管内的混凝土保持略高于地面,这样一直到全管拔出为止。桩的中心距在5倍桩管外径以内或小于 $2\text{m}$ 时,均应跳打,中间空出的桩须待邻桩混凝土达到设计强度的 $50\%$ 以后,方可施打。

为了提高桩的质量和承载能力,常采用复打扩大灌注桩。其施工顺序如下:在第一次灌注桩施工完毕,拔出套管后,清除管外壁上的污泥和桩孔周围地面的浮土,立即在原桩位再埋预制桩靴或合好活瓣第二次复打沉套管,使未凝固的混凝土向四周挤压扩大桩径,然后再灌注第二次混凝土。拔管方法与初打时相同。施工时要注意:前后二次沉管的轴线应重合;复打施工必须在第一次灌注的混凝土初凝之前进行。

锤击灌注桩宜用于一般粘性土、淤泥质土、砂土和人工填土地基。

## ② 振动灌注桩

振动灌注桩采用激振器或振动冲击锤沉管,其设备见图 4-1-59。施工时,先安装好桩机,将桩管下端活瓣合起来,对准桩位,徐徐放下套管,压入土中,勿使偏斜,即可开动激振器沉管。激振器又称震动锤,由电动机带动装有偏心块的轴旋转而产生振动。桩管受振后与土体之间摩阻力减小,当振动频率与土体自振频率相同时(一般粘性土的自振频率为 600~750 次/min,砂土自振频率为 900~1200 次/min),土体结构因共振而破坏,同时在套管上加压,套管即能沉入土中。加压方法常利用桩架自重,通过收紧加压滑轮组的钢丝绳把压力传到套管上。套管一直沉到要求深度为止。

沉管时必须严格控制最后两个两分钟的贯入速度,其值按设计要求,或根据试桩和当地长期的施工经验确定。

振动灌注桩可采用单打法、反插法或复打法施工。

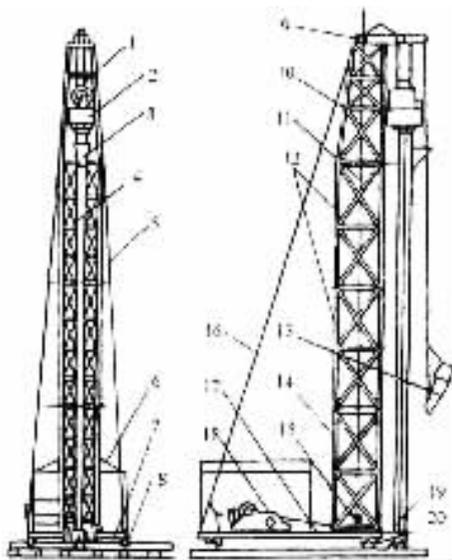


图 4-1-59 振动沉管设备示意图

- 1—滑轮组 2—激振器 3—漏斗口 4—桩管 5—前拉索 6—遮栅 7—滚筒 8—枕木 9—架顶;  
10—架身顶端;11—钢丝绳;12—架身中段;13—吊斗;14—架身下段;15—导向滑轮;16—后拉索;  
17—架底;18—卷扬机;19—加压滑轮;20—活瓣桩尖

单打施工时,在沉入土中的套管内灌满混凝土,开动激振器,振动 5~10s,开始拔管,边振边拔。每拔 0.5~1m,停拔振动 5~10s,如此反复,直到套管全部拔出。在一般土层内拔管速度宜为 1.2~1.5m/min,在较软弱土层中,不得大于 0.8~1.0m/min。

反插法施工时,在套管内灌满混凝土后,先振动再开始拔管,每次拔管高度 0.5~1.0m,向下反插深度 0.3~0.5m。如此反复进行并始终保持振动,直至套管全部拔出地面。反插法能使桩的截面增大,从而提高桩的承载能力,宜在较差的软土地基上应用。

复打法要求与锤击灌注桩相同。

振动灌注桩的适用范围除与锤击灌注桩相同外,并适用于稍密及中密的碎石土地基。

### ③ 套管成孔灌注桩常遇问题及处理方法

套管成孔灌注桩施工时常易发生断桩、缩颈、桩靴进水或进泥及吊脚桩等问题,施工中应加强检查并及时处理。

断桩的裂缝是水平的或略带倾斜,一般都贯通整个截面,常出现于地面以下 1~3m 的不同软硬土层交接处。断桩的原因主要有:桩距过小,邻桩施打时土的挤压所产生的水平横向推力和隆起上拔力影响;软硬土层间传递水平力大小不同,对桩产生剪应力;桩身混凝土终凝不久、强度弱,承受不了外力的影响。避免断桩的措施有:桩的中心距宜大于 3.5 倍桩径,考虑打桩顺序及桩架行走路线时,应注意减少对新打桩的影响;采用跳打法或控制时间法以减少对邻桩的影响。断桩检查,在 2~3m 以内可用木锤敲击桩头侧面,同时用脚踏在桩头上,如桩已断,会感到浮振。如深处断桩目前常采用开挖的方法检查。断桩一经发现,应将断桩段拔去,将孔清理干净后,略增大面积或加上铁箍联接,再重新灌注混凝土补做桩身。

缩颈的桩又称瓶颈桩,部分桩颈缩小,截面积不符合要求。产生缩颈的原因是:在含水量大的粘性土中沉管时,土体受强烈扰动和挤压,产生很高的孔隙水压力,桩管拔出后,这种水压力便作用到新灌注的混凝土桩上,使桩身发生不同程度的缩颈现象;拔管过快,混凝土量少,或和易性差,使混凝土出管时扩散差等。施工中应经常测定混凝土落下情况,发现问题及时纠正,一般可用复打法处理。

桩靴进水或进泥砂,常见于地下水位高,含水量大的淤泥和粉砂土层。处理方法可将桩管拔出,修复改正桩靴缝隙后,用砂回填桩孔重打。地下水量大时,桩管沉到地下水位时,用水泥砂浆灌入管内约 0.5m 作封底,并再灌 1m 高混凝土,然后打下。

吊脚桩指桩底部的混凝土隔空,或混凝土中混进了泥砂而形成松软层的桩。造成的原因是预制桩靴被打坏而挤入套管内,拔管时桩靴未及时被混凝土压出或桩靴活瓣未及时张开,如发现问题应将套管拔出,填砂重打。

### (4) 爆扩成孔灌注桩

爆扩成孔灌注桩是用钻孔或爆扩法成孔,孔底放入炸药,再灌入适量的混凝土,然后引爆,使孔底形成扩大头。此时,孔内混凝土落入孔底空腔内,再放置钢筋骨架,浇灌桩身混凝土制成灌注桩(图 4-1-60)。

爆扩桩在粘性土层中使用效果较好,但在软土及砂土中不易成型,桩长( $H$ )一般为 3~6m,最大不超过 10m。扩大头直径  $D$  为 2.5~3.5 $d$ 。这种桩具有成孔简单、节省劳力和成本低等优点。但检查质量不便,施工时要求较严格。

爆扩大头的施工要点如下:

#### ① 炸药用量

炸药用量与爆扩大头尺寸和土质有关,应就地通过试验来决定,或参考下式计算:

$$D = K \cdot \sqrt[3]{C}$$

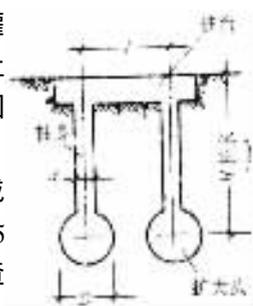


图 4-1-60 爆扩桩示意图

1—柱桩 2—扩大头

式中  $D$ ——扩大头直径(m);  
 $C$ ——硝铵炸药用量(kg),见有 4-1-32;  
 $K$ ——土质影响系数,见表 4-1-33。

爆扩大头用量参考表

表 4-1-32

扩大头直径 (m)	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
炸药用量 (kg)	0.30~0.45	0.45~0.60	0.60~0.75	0.75~0.90	0.90~1.10	1.01~1.30	1.30~1.50

注:1.表内数值适用于地面以下深度 3.5~9.0m 的粘性土,土质松软时采用小的数值,坚硬时采用大的数值;  
 2.在地面以下 2.0~3.0m 的土层中爆扩时,用量应较表值减少 20%~30%;  
 3.在砂类土中爆扩时用量应较表值增加 10%。

②安放药包

药包必须用塑料薄膜等防水材料紧密包扎,并用防水材料封闭以防浸水受潮。药包宜包扎成扁圆球形使炸出的大头面积较大。药包中心最好并联放置两个雷管,以保证顺利引爆。药包用绳吊下安放于孔底正中,如孔中有水,可加扎重物以免浮起,药包放正后上面填盖 15~120cm 砂子,保护药包不被混凝土冲破。

土质影响系数  $K$  值表

表 4-1-33

项次	土的类别	变形模量 $E$ N/mm <sup>2</sup>	天然地基 计算强度 $R_H$ (N/mm <sup>2</sup> )	土质影响 系数 $K$	项次	土的类别	变形模量 $E$ N/mm <sup>2</sup>	天然地基 计算强度 $R_H$ (N/mm <sup>2</sup> )	土质影响 系数 $K$
1	坡积粘土	50	0.04	0.7~0.9	7	沉积可塑亚粘土			1.03~1.21
2	坡积粘土亚粘土	14	-	0.8~0.9	8	黄土类亚粘土			1.19
3	亚粘土	13.4	-	1.0~1.1	9	卵石层	8	0.20	1.07~1.18
4	冲积粘土	12	0.15	1.25~1.30	10	松散角砾	-	0.12~0.14	0.04~0.99
5	残积可塑亚粘土	13	0.2~0.25	1.15~1.30	11	稍湿亚粘土	-	0.60	0.8~1.0
6	沉积可塑亚粘土	24	0.25	1.02	12	土容重 > 1.35 土容量 < 1.35			1.0~1.2

③ 碾压爆混凝土

压爆混凝土灌入量一般为 2~3m 深,过少则引爆时会引起混凝土飞扬,过大则会产生混凝土拒落事故。混凝土坍落度:粘性土 9~12cm;砂类土 12~15cm;黄土 17~20cm。骨料粒径不大于 25mm。

④ 引爆

压爆混凝土灌入桩孔后,必须在混凝土初凝前引爆,否则容易出现混凝土拒落事故。引爆时为了安全,20m 内不得进入。

为了保证爆扩桩的施工质量,应根据不同的桩距、扩大头标高和布置情况,严格遵守引爆顺序。

当相邻桩的扩大头的同一标高时,应根据设计规定的桩距大小决定引爆顺序:当桩距大于爆扩影响间距时,可采用单爆方式;当桩距小于爆扩影响间距时,宜采用联爆方式。

相邻爆扩桩的扩大头不在同一标高时,引爆的顺序必须先浅后深,否则会引起桩身变形或断裂。

#### ⑤ 灌注桩身混凝土

扩大头形成后,压爆混凝土即落入腔底部,接着振实扩大头底部混凝土,放置钢筋骨架,然后可灌注桩身混凝土。所用混凝土不宜低于 C15,其坍落度:一般粘性土 10~12cm;砂类土 12~14cm。混凝土骨料最大粒径不得超过 25mm。扩大头和桩身混凝土要连续灌注完毕,不留施工缝。

## 4-1-4-2 地下连续墙

### 1. 地下连续墙的施工过程

地下连续墙工艺是近几十年来在地下工程和深基础工程中发展起来并应用较广泛的一项技术。近年来,高层建筑、地铁及各种大型地下设施日益增多,其基础埋置深度大,再加上周围环境和施工场地的限制,无法采用传统的施工方法,地下连续墙便成为深基础施工的有效手段。地下连续墙可以用作深基坑的支护结构,亦可以既作为深基坑的支护又用作建筑物的深基础,后者更为经济。我国的广州白天鹅宾馆、花园饭店;北京的王府井宾馆;上海的金茂大厦、海仓宾馆、国际贸易中心、地铁 1 号线的号车站等基础工程和地下工程皆有效地采用了地下连续墙。

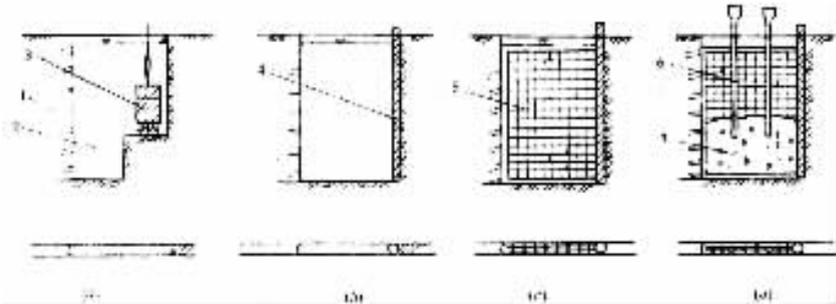


图 4-1-61 地下连续墙施工过程示意图  
 (a)成槽 (b)插入接头管 (c)放入钢筋笼 (d)浇注混凝土  
 1—已完成的单元槽段 2—泥浆 3—成槽机  
 4—接头管 5—钢筋笼 6—导管 7—浇筑的混凝土

地下连续墙的优点是刚度大,既挡土又挡水,施工时无振动,噪音低,可用于任何土质,还可用于逆筑法施工。其缺点是成本高,施工技术较复杂,需配备专用设备,施工中用的泥浆要妥善处理、有一定的污染性。

地下连续墙的施工过程,是利用专用的挖槽机械在泥浆护壁下开挖一定长度(一个单元槽段),挖至设计深度并清除沉渣后,插入接头管,再将在地面上加工好的钢筋笼用起重机吊入充满泥浆的沟槽内,最后用导管浇筑混凝土,待混凝土初凝后拔出接头管,一个单元槽段即施工完毕(图4-1-61),如此逐段施工,即形成地下连续的钢筋混凝土墙。

## 2. 地下连续墙的施工工艺

地下连续墙在成槽之前先要沿设计轴线施工导墙,导墙的作用是挖槽导向、防止槽段上口塌方、积蓄泥浆和作为测量的基准。导墙多呈「」形,深度一般1~2m,顶面高出施工地面,防止地面水流入槽段,内墙面应垂直,内外导墙墙面间距为地下墙设计厚度加施工余量(40~60mm)导墙顶面应水平。导墙多为现浇钢筋混凝土的,宜筑于密实的粘性土地基上,墙背侧用粘性土回填并夯实,防止漏浆。导墙拆模后,应立即在墙间加设支撑,混凝土养护期间,起重机等不应在导墙附近作业或停置,以防导墙开裂和位移。

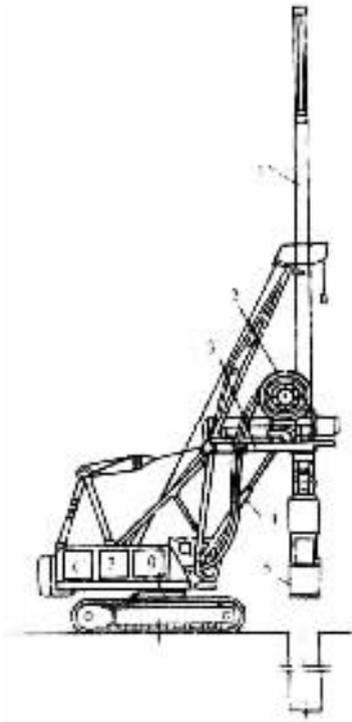


图 4-1-62 导杆液压抓斗构造示意图  
1—导杆 2—液压管线回收轮 3—平台;  
4—调整倾余度用的千斤顶 5—抓斗

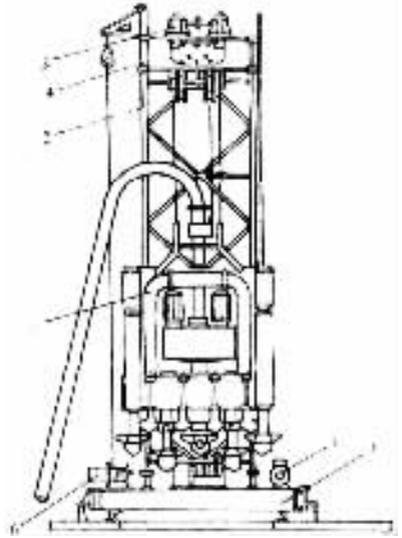


图 4-1-63 SF型多头钻成槽机  
1—多头钻 2—机架 3—底盘;  
4—顶部圈梁 5—顶梁;  
6—电缆收线盘 7—空气压缩机

挖槽是地下连续墙施工中的主要工序,槽宽取决于设计墙厚,一般600、800、1000mm。挖槽是在泥浆中进行,目前我国常用的挖槽设备为导板抓斗、导杆抓斗(图4-1-62)和多头钻成槽机(图4-1-63)。挖槽按单元槽段进行,挖至设计标高后要进行清孔(清除沉於槽底的沉渣),然后尽快地下放接头管和钢筋笼,并立即浇筑混凝土,以防槽段塌方。有时在下放钢筋笼后要第二次进行清孔。

泥浆是在挖槽过程中用来护壁,防止槽壁塌方,在用多头钻成槽时还利用泥浆的循环将钻下的土屑携带出槽段。泥浆的配制和在成槽过程中保持其应有的性能,对顺利成槽非常重要。

我国常用的膨润土泥浆,由膨润土、掺合物和水组成。掺合物有多种视需要掺加。泥浆在相对密度、粘度、含砂量、失水量和泥皮厚度、pH值、静切力、稳定性和胶体率等指标都有一定的要求,应经常进行检验和调整。

地下连续墙是按单元槽段施工的,槽段之间在垂直面上有接头。如地下连续墙只有作支护结构,接头只要密合不漏水即可,则可用接头管形成半圆形的接合面,能使槽段紧密相接,增强抗渗能力。接头管在成槽后、吊入钢筋笼之前插入,浇筑混凝土初凝后逐渐拔出。如果地下连续墙用作主体结构侧墙或结构的地下墙,则除要求接头抗渗外,还要求接头有抗剪能力,此时就需在接头处增加钢板使相邻槽段有力地联接成整体。

钢筋笼都是在施工现场加工的,为便于起重机整体(过长者亦可分段制作)起吊,需加强其刚度。插入槽段时要对准槽段徐徐下放,防止碰撞槽壁造成塌方,加大清孔的工作量。

浇筑混凝土是在泥浆中进行,为此需用导管法进行浇筑,导管法详见水下浇筑混凝土。

### 4-1-4-3 墩基础

墩基础是在人工或机械成孔的大直径孔中浇筑混凝土(钢筋混凝土)而成,我国多用人工开挖,亦称大直径人工挖孔桩。直径在1~5m,多为一柱一墩。墩身直径大,有很大的强度和刚度,多穿过深厚的软土层直接支承在岩石或密实土层上。我国广州、深圳、杭州、北京等地亦有应用。

墩基础在人工开挖时,可直接检查成孔质量,易于清除孔底虚土,施工时无噪音、无振且可多人同时进行若干个墩的开挖,底部扩孔易于施工。

人工开挖为防止塌方造成事故,需制作护圈,每开挖一段则浇筑一段护圈,护圈多为钢筋混凝土现浇的。否则对每一墩身则需事先施工围护,然后才能开挖。人工开挖还需注意通风、照明和排水。

在地下水位高的软土地区开挖墩身,要注意隔水,否则在开挖墩身时大量排水,会使地下水位大量下降,有可能造成附近周围地面的下沉,影响附近已有的建筑物和道路、管线等。

### 4-1-4-4 沉井基础

沉井是由刃脚、井筒、内隔墙等组成的呈圆形或矩形的筒状钢筋混凝土结构。多用于重型设备基础、桥墩、水泵站、取水结构、超高层建筑物基础等。

沉井施工时,先在地面上铺设砂垫层,设置枕木,制作钢板或角钢刃脚后浇筑第一节沉井,待其达到一定重量和强度后,抽去枕木,在井筒内边挖土(或水力吸泥)边下沉,然后

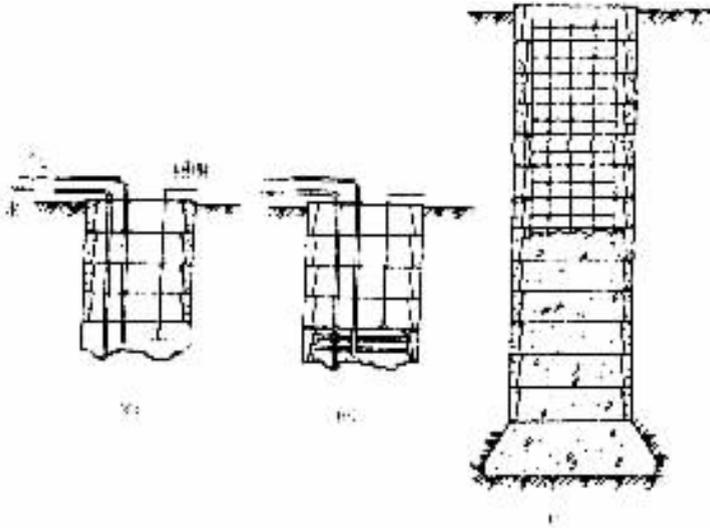


图 4-1-64 墩身施工

(a) 在护圈保护下开挖土方 (b) 支模板浇筑混凝土护圈 (c) 浇筑墩身混凝土

加高沉井,分段浇筑、多次下沉,下沉到设计标高后,用混凝土封底,浇筑钢筋混凝土底板则构成地下结构。如在井筒内填筑素混凝土或砂砾石则构成深基础。

刃脚在井筒最下端,形如刀刃,在沉井下沉时起切入土中的作用。井筒是沉井的外壁,在下沉过程中起挡土作用,同时还需有足够的重量克服筒壁与土之间的摩阻力和刃脚底部的土阻力,使沉井能在自重作用下能逐步下沉。内隔墙的作用是把沉井分成许多小间,减少井壁的净跨距以减小弯矩,施工时亦便于挖土和控制沉降和纠偏。

在施工沉井时要注意均衡挖土、平稳下沉,如有倾斜则及时纠偏。

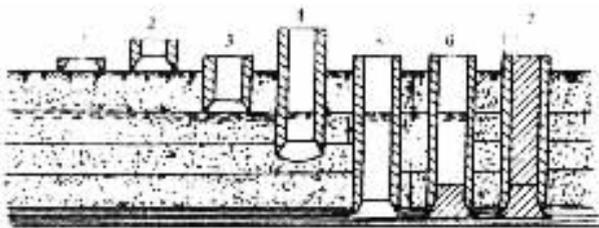


图 4-1-65 沉井施工过程示意图

## 4-2 脚手架工程

### 4-2-1 脚手架的基本要求

#### 4-2-1-1 安全要求

确保使用安全要求是脚手架工程中的首要问题。通常应考虑：

1. 把好材料、加工和产品质量关，加强对架设工具的管理和维修保养工作，避免使用质量不合格的架设工具和材料。主要要求为：

(1) 架设工具材料的规格和质量必须符合有关技术规定的要求；自行加工的架设工具必须符合设计要求，并经试验检验合格后才能使用；

(2) 加强对架设工具材料的统一管理，严格执行发放和入库制度。避免或减少在搭拆、运输和存放过程中造成的损坏。及时进行维修保养，剔除不合格品（不能保证安全使用者）。目前已被许多单位采用的由材料部门统一管理、租赁使用的制度是一项加强管理的较好的办法。

2. 确保脚手架具有稳定的结构和足够的承载力。普通脚手架的构造应符合有关规定，特殊工程脚手架、重荷载（同时作业超过两层等）脚手架、施工荷载显著偏于一侧的脚手架和高度超过 30m 的脚手架必须进行设计和计算。

3. 认真处理脚手架地基，确保地基具有足够的承载能力（高层和重荷载脚手架应进行架子基础设计），避免脚手架发生整体或局部沉降；脚手架应设置足够多的牢固的连墙点，依靠建筑结构的整体刚度来加强和确保整片脚手架的稳定性。

4. 确保脚手架的搭设质量。在搭设中应注意以下事项：

(1) 架子地基应平整夯实（或作基础），并抄平后加设垫木或垫板。不得在未经处理的起伏不平和软硬不一的地面上直接搭设脚手架；

(2) 严格按照规定的构造尺寸进行搭设，控制好立杆的垂直偏差和横杆的水平偏差，并确保节点联接达到要求（绑好、拧紧或插挂好）；

(3) 脚手板要铺满、铺平或铺稳，不得有探头板；

(4) 搭设过程中要及时设置联墙杆、斜撑杆、剪刀撑以及必要的缆绳和吊索，避免脚手架在搭设过程中发生偏斜和倾倒。

搭设完毕后应进行检查验收，检查合格才能使用。高层建筑脚手架和特种工程脚手架在使用前更应进行严格检查。

5. 严格控制使用荷载,确保有较大的安全储备。

使用荷载,以脚手板上实际作用的荷载为准。一般传统搭法的多立杆式脚手架,其使用均布荷载不得超过 $2648\text{N}$ ( $270\text{kgf}$ );在脚手架上堆砖,只允许单行侧摆三层。对于桥式和吊、挂、挑等脚手架的控制荷载,则应适不降低,或通过试验和计算确定。

由于脚手架的搭设不像建筑结构那样严格,且使用荷载的变动性也较大,因此,需要留有适当的安全储备,一般取安全系数为 $3.0$ 。

6. 要有可靠的安全防护措施,其中包括:

(1)作业层的外侧面应设挡板、围栅或安全网;

(2)在架高方向按规定设置多层挑出式安全网;

(3)设置供人员上下使用(包括携带工具和少量材料)的安全扶梯、爬梯或斜道,梯道上应有可靠的防滑措施;

(4)在脚手架上同时进行多层作业的情况下,各作业层之间应设置可靠的防护棚档(在作业层下挂棚布、竹笆或小孔绳网等),以防止上层坠物伤及下层作业人员;

(5)吊、挂式脚手架使用的挑架、桁架、吊架、吊篮、钢丝绳和其他绳索,使用前要作荷载检验,均必须满足规定的安全系数,升降设备必须有可靠的制动装置;

(6)必须有良好的防电、避雷装置,钢脚手架、钢垂直运输架均应有可靠接地,雷雨季节高于四周建筑物的脚手架和垂直运输架应设避雷装置。

7. 严格避免以下违章作业:

(1)利用脚手架吊运重物;

(2)作业人员攀登架子上下;

(3)推车在架子上跑动;

(4)在脚手架上拉结吊装缆绳;

(5)任意拆除脚手架部件和联墙杆件;

(6)在脚手架底部或近旁进行开挖沟槽等影响脚手架地基稳定的施工作业;

(7)起吊构件和器材时碰撞或扯动脚手架;

(8)立杆沉陷或悬空,联接松动,架子歪斜,杆件变形,脚手板上结冰等。在上述问题解决以前应暂停使用脚手架。

8. 六级以上大风、大雾、大雨和大雪天气下应暂停在脚手架作业。雨雪后上架操作要有防滑措施。

9. 加强使用过程中的检查,发现问题应及时解决。

## 4-2-1-2 一般构造要求

本节所述为对脚手架的一般构造要求,基本上是从使用的角度上提出的。在选用时还应根据所选用的脚手架的材料和结构情况进行必要的设计计算并遵守相应的规定。

1. 多立杆式外脚手架

用杆杆、竹杆或扣件钢管搭设的多立杆式外脚手架的一般构造要求列于表4-2-1。表中杆件的其他使用名称如下:

## 4 施工技术

多立杆式外脚手架的一般构造要求(单位:m)

表 4-2-1

项 目 名 称	砌 筑 脚 手 架		装 修 脚 手 架	
	单 排	双 排	单 排	双 排
双排脚手架里立杆离墙面的距离	—	0.35 ~ 0.10	—	0.35 ~ 0.50
小横杆里端离墙面的距离插入墙体的长度	0.30 ~ 0.50	0.10 ~ 0.15	0.30 ~ 0.50	0.15 ~ 0.20
小横杆外端伸出大横杆外的长度	> 0.15			
双排脚手架内外立杆横距单排脚手架立杆与墙面距离	1.35 ~ 1.80	1.00 ~ 1.50	1.15 ~ 1.50	0.8 ~ 1.20
立 杆 纵 距	单 立 杆	1.00 ~ 2.00		
	双 立 杆	1.50 ~ 2.00		
大横杆间距(步高)	≥ 1.50		≥ 1.80	
第一步架步高	一般为 1.60 ~ 1.80 ,且 ≥ 2.00			
小横杆间距	≥ 1.00		≥ 1.50	
15 ~ 18m 高度段内铺板层和作业层的限制	铺板不多于六层 ,作业不超过两层			
不铺板时 ,小横杆的部分拆除	每步保留、相间抽拆 ,上下两步 ,错开 ,抽拆后的距离 ,砌筑架子 ≥ 1.50 ,装修架子 ≥ 3.00			
剪刀撑	洞脚手架纵向两端和转角处起 ,每隔 10m 左右设一组 ,斜杆与地面夹角为 45° ~ 60° ,并沿全高度布置			
与结构拉结(联墙杆)	每层设置 ,垂直距离 ≥ 4.0 ,水平距离 ≥ 6.0 ,且在高度段的分界面上必须设置			
水平斜拉杆	设置在与联墙杆相同的水平面上		视 需 要	
护身栏杆和挡脚板	设置在作业层 ,栏杆高 1.00 ,挡脚板高 0.40			
杆件对接或搭接位置	上下或左右错开 ,设置在不同的(步架和纵向)网格内			

立杆——站杆 ,冲天 ;大横杆——大横担 ,顺水 ,牵杠 ;小横杆——六尺杠 ,横楞 ,格栅 ;剪刀撑——十字盖。

在高层脚手架中 ,视需要划分高房段 ,以便按段采取加杆和卸载措施。

### 2. 其他外脚手架

其他外脚手架多为定型产品或者是自行设计加工的专用脚手架 ,大致分为两类 :

(1) 组合式外脚手架 ,如采用门式架的框组式脚手架、碗扣式钢管脚手架等。这类脚手架均由定型的组合件构成 ,架宽和步距一定。需要另行考虑的构造要求主要有以下四项 :①整体连接 ,第一步和第二步架增加整体联接大横杆(大横杆的长度应大于 6m ,且上下大横杆的接头应错开布置在不同的立柱之间) ,往上每隔 3 层设一道 ,高层架子的卸载装置面上则必须设置 ;②脚手架角部和与垂直输送架之间的联接往往需要拆除一些原有联接件、加设(绑扎)新的联接杆 ,应通过设计确定 ;③联墙杆件 ;④剪刀撑 ,可按多立杆式外脚手架的要求设置。

(2)升降式外脚手架,包括桥式脚手架、吊篮、挂篮和挑脚手架等。其一般构造要求列表 4-2-2。

升降式外脚手架的一般构造要求(单位:m)

表 4-2-2

项目名称	一般要求	项目名称	一般要求
离墙面距离	< 0.2	架柱与墙体连接	每隔 1~层设一道
架宽	0.8~1.2	防摇晃拉结	每一联片不少于 3 点
层高	约 1.8	安全围护	全封闭 挂安全网

### 3. 里脚手架

里脚手架分为砖筑、墙面装修脚手架和天棚装修脚手架等,其一般构造要求列于表 4-2-3。

## 4-2-1-3 脚手架基础

良好的脚手架底和基础(或地基)对于脚手架的安全极为重要,在搭设脚手架时必须加设底座或基础并作好对地基的处理。

里脚手架的一般构造要求(单位:m)

表 4-2-3

项目名称	砌筑脚手架	墙面装修脚手架	天棚装修脚手架
架宽	1.0~1.2	0.5~0.75	满堂
架高	每步架高 1.5~1.8	每步架高 1.5~1.8	距天棚 1.8~2.0
脚手板与墙间隙	< 0.15	0.20~0.30	—
立杆(架)纵距	1.5~1.8	1.8~2.0	1.8~2.2

脚手架每根立杆传给基础的集中荷载应通过计算确定。

扣件钢管脚手架每根立杆的荷载按每米架高计算时,约为自重 196~245N(20~25kgf),施工荷载 400N(10~40kgf)。为保证在偏心轴向荷载作用下钢管的受压稳定,其荷载大致应控制在 19.6kN(2tf)以内。

脚手架地基的承载能力应取较为保守的数值,即:坚硬的老土取 98~117kN/m<sup>2</sup>(10~12tf/m<sup>2</sup>),普通的老土(包括三年以上的填土)取 78~98kN/m<sup>2</sup>(8~10tf/m<sup>2</sup>),夯实的回填土取 49~78kN/m<sup>2</sup>(5~8tf/m<sup>2</sup>)。据此选择适合的垫板。必要时加作基础(扩大与地基的接触面)。

#### 1. 一般要求

(1)脚手架地基应平整夯实;

(2)脚手架的钢立柱不能直接立于土地面上,应加设底座和垫板(或垫木)。垫板(木)厚度不小于 50mm;

(3)遇有坑槽时,立杆应下到槽底或在槽上加设底座(一般可用道木或型钢梁);

(4) 脚手架地基应有可靠的排水措施,防止积水浸泡地基;

(5) 脚手架旁有开挖的沟槽时,应控制外立杆距沟槽边的距离:当架高在 30m 以内时,不小于 1.5m;架高为 30~50m 时,不小于 2.0m;架高在 50m 以上时,不小于 3.0m。当不能满足上述距离时,应核算土坡承受脚手架的能力,不足时可加设挡土墙或其他可靠支护,避免槽壁坍塌危及脚手架安全;

(6) 位于通道处的脚手架底部垫木(板)应低于其两侧地面,并在其上加设盖板,避免扰动。

### 2. 一般作法

(1) 30m 以下的脚手架,其内立杆大多处在墙基回填土之上。回填土必须严格分层夯实。垫木宜采用长 2.0~2.5m、宽不小于 200mm、厚 50~60mm 的木板,垂直于墙面放置(用长 4.0m 左右平行于墙放置亦可),在脚手架外侧挑一浅排水沟排除雨水,如图 4-2-1 所示。

(2) 架高超过 30m 的以脚手架的基础作法为:

① 采用道木支垫;

② 在地基上加铺 20cm 厚道渣后铺混凝土预制块或硅酸盐砌块,在其上沿纵向铺放 12~16 号槽钢,将脚手架立杆立于槽钢上。

若脚手架地基为回填土,应按规定分层夯实,达到密实度要求;并自地面以下 1m 深改作三七灰土。

高层脚手架基底作法见 4-2-2。

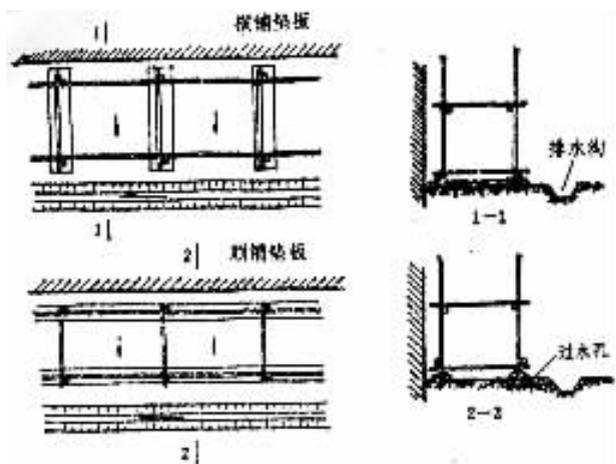


图 4-2-1 普通脚手架基底作法

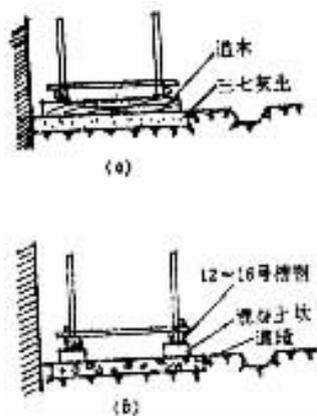


图 4-2-2 高层脚手架基底作法  
(a) 垫道木 (b) 垫槽钢

## 4-2-2 脚手板

### 4-2-2-1 木脚手板

木脚手板一般常用杉木或松木,凡腐朽、扭纹、破裂及大横透节的木板均不能用。板厚应不小于5cm,板宽20~25cm,板长3~6m。为了防止脚手板在使用过程中端头破裂损坏,可在距板的两端8cm外,用10号铅丝紧箍两道(或用薄铁皮包箍)并予钉牢。

### 4-2-2-2 竹脚手板

#### 1. 竹笆板

竹笆板用平放的竹片纵横编织而成。横筋一正一反,边缘处纵横筋相交点用铅丝扎紧。用作斜道板时,应将横筋作纵筋,纵筋作横筋,竹黄向上,以防滑(图4-2-3)。

#### 2. 竹片并列脚手板

用螺栓将并列的竹片连接而成。螺栓直径8~10mm,间距500~600mm,离板端200~250mm。这种脚手板的缺点是受荷后易扭动(图4-2-4)。

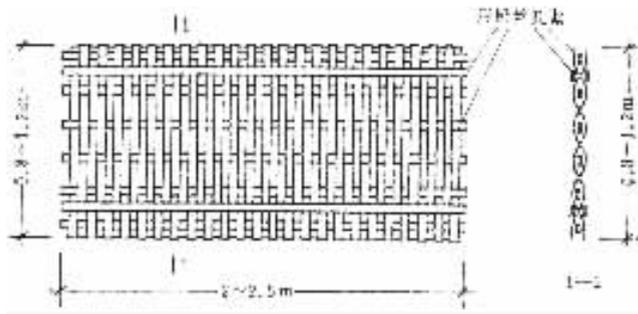


图4-2-3 竹笆板

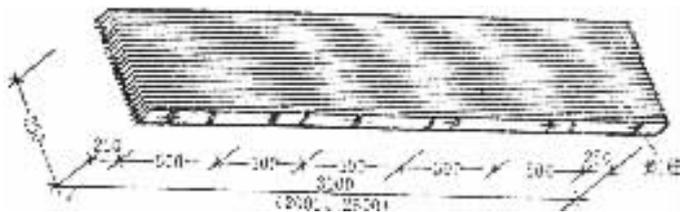


图4-2-4 竹片并列脚手板



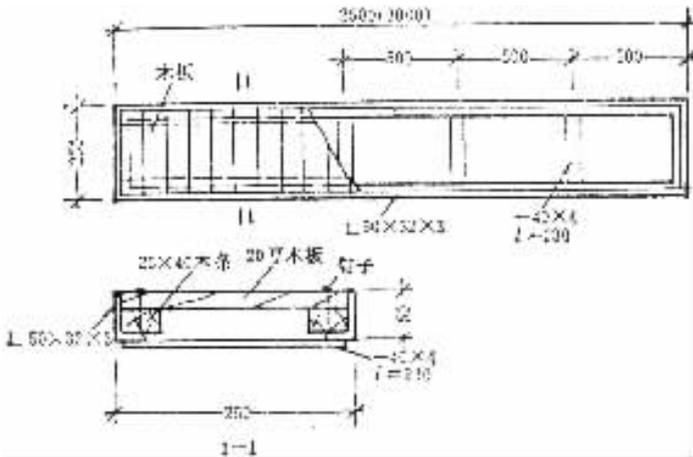


图 4-2-7 角钢框钢木脚手板

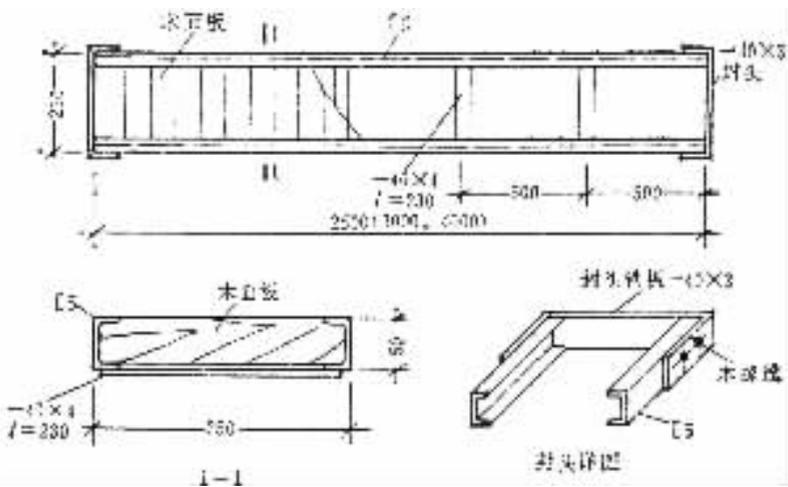


图 4-2-8 槽钢框钢木脚手板

### 4-2-2-5 薄钢脚手板

薄钢脚手板是用 2mm 厚的钢板压制而成的。其构造见图 4-2-9。常用规格为：厚 5cm，宽 25cm，长度有 2m、3m、4m 等几种。脚手板的一端压有连接卡口，以便在铺设时扣住另一块板的端肋，首尾相接，使脚手板不至在横杆上滑脱。为了防滑，板面冲有 5 排梅花形布置的  $\phi 25$  凸或圆孔。

### 4-2-2-6 脚手板的发展趋势

现行的各种脚手板，都存在着一一定的问题和不足之处。归纳起来有以下几个方面的

问题 (1) 较长 (4~6m) 较重 (20~40kg) 搬运 (包括垂直运输) 和安装均显不便 (2) 木脚手板厚 50~60mm, 需用一等松木加工, 耗材量大, 用落叶松或其他较差的材种制作的木脚手板, 重量大且有劈裂、翘曲等等问题, 不受工人欢迎 (3) 钢脚手板在雨雪天气下使用时, 防滑情况仍然不甚好 (4) 竹片脚手板易发生水平方向翘曲, 人员在其上行走或作业时, 有晃动感 (5) 沿脚手架的纵向铺放, 采用搭接, 造成作业面不平。且脚手板不能与其下的小横杆完全接触。常出现“探头板” (脚手板一端悬出小横杆之外的长度超过 200mm) 情况, 造成使用不安全 (6) 由于脚手板较长较重, 翻架子时工人劳动强度大, 亦不安全 (7) 不好管理, 使用损耗较大。

因此, 除针对上述存在问题采取必要的技术措施和管理措施, 以继续发挥现行脚手板的效用之外, 还应在脚手板方面作必要的改善和更新发展工作。

脚手板的发展趋势如下:

1. 采用重量轻的高强度异形钢框 (经过特型辊轧制作) 和 7~9 层抗磨胶合板材制作的新型钢木定型脚手板 (目前发展迅速的钢木定型模板都有可能用来改制成脚手板, 或者既可作模板亦可作脚手板的通用作业板)。

2. 采用横向铺放, 取消搭接和避免出现“探头板”。使脚手架的表面平整以方便作业 (图 4-2-10)。根据脚手架的搭设宽度 (只适用于双排脚手架或其他允许横向铺板的脚手架), 可选用不同规格的脚手板 (表 4-2-4)。

3. 脚手板连成整体并与脚手架横杆相连, 以加强作业面的整体稳定性。连接方式很多图 4-2-11 所示为其中的一种连接方式; 脚手板之间用楔形销连接; 脚手板与脚手架横杆用拉链钩相连。

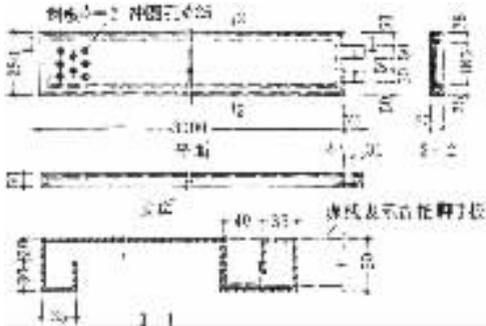


图 4-2-9 薄钢脚手板

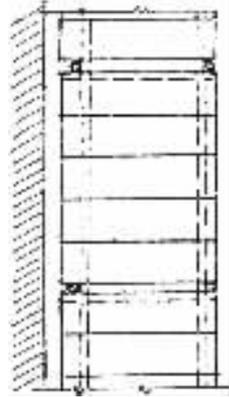


图 4-2-10 脚手板的横向铺放

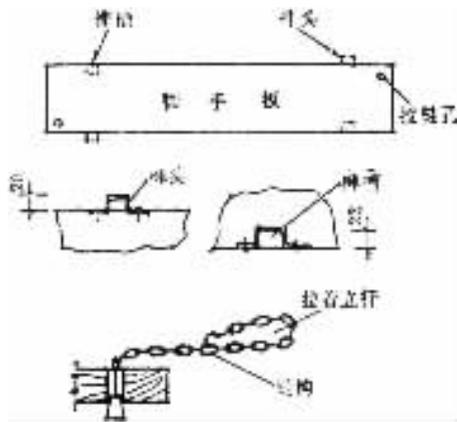


图 4-2-11 脚手板的一种连接方式

横铺脚手板的规格

表 4-2-4

脚手架宽度 (mm)			脚手板规格		
内外横杆距离	里横杆与墙面的距离	作业面宽	长度 (mm)	宽度 (mm)	板重 (kg) 不大于
800	350	1000	1200	350	10.50
				250	7.50
800	500	1200	1400	350	12.25
1000	350			250	8.75
1000	500	1400	1600	350	14.00
1200	350			250	10.00
1200	500	1600	1800	350	15.75
1400	350			250	11.25
填缝板			725	50	3.00
			925		3.80
			1125		4.65
			1325		5.50

### 4-2-3 扣件式钢管脚手架

扣件式钢管脚手架是目前国内使用最为普遍的脚手架。这种脚手架以钢管作为杆件，通过扣件连接形成结构。它具有装拆方便、组装灵活、适应性好、承载能力强、搭设高度大等特点。使用钢管与扣件不仅可以搭设脚手架，而且还可以搭设井架、上料平台、栈桥等。

### 4-2-3-1 构造组成

扣件式钢管脚手架由多种杆件通过各种型式的扣件连接形成。主要的杆件有立杆、大横杆、小横杆、斜杆、连墙杆以及底座等,扣件分为直角扣件、对接扣件和旋转扣件三种。

立杆、大横杆、斜杆等长杆件由长度为4~6.5m的钢管用扣件接长使用,小横杆等短杆件的长度为2.1~2.3m,以便与脚手架宽度相适应。

所有杆件宜采用外径48mm,壁厚3.5mm的焊接钢管或无缝钢管,也可采用外径50mm、壁厚3~4mm的焊接钢管。

各杆件的相互关系为:立杆下部接插于底座,其上主要与大横杆垂直交叉相连接,形成纵向平面结构;大横杆上放置小横杆,并牢固连接,使纵向平面结构成为空间结构。小横杆上可放置脚手板形成工作平台、作业和运输通道,并可在其上临时堆放作业用材料。脚手架结构通过连墙杆与建筑物连接以加强它的稳定性,并在结构上加设由斜杆形成的剪刀撑等以加强整体性。

凡两杆呈垂直交叉连接的,如立杆与大横杆、大横杆与小横杆的连接,均用直角扣件。凡对接接长的杆件,如立杆接长、大横杆接长,均用对接扣件。凡呈任意角度交叉连接的钢管如立杆与斜杆的连接,均采用旋转扣件。

底座一般用在底板上焊接套管制成。套管用外径57mm、壁厚3.5mm、长150mm的钢管;底板用边长150mm、厚8mm的钢板。也有铸铁标准底座可供使用。

底座、扣件应采用《可锻铸铁分类及技术条件》(GB978—67)的技术规定,用机械性能不低于KT33—8的可锻铸铁制造。扣件的附件(螺栓、螺母、垫圈)采用的材料应符合《普通碳素结构钢技术条件》(GB700—79)中A<sub>3</sub>钢的规定;螺纹应符合《普通螺纹》(GB196—81)的规定;垫圈应符合《垫圈》(GB96—76)的规定。铸铁不得有裂纹、气孔,不应有疏松、砂眼等铸造缺陷。扣件与钢管的贴合面必须严格整形,以保证接触面吻合良好;扣件应活自如,旋转扣件的两旋转面间隙应小于1mm,扣件夹紧钢管时,开口处最小距离应不小于5mm;扣件的表面应作防锈处理。

### 4-2-3-2 构造要求

扣件式钢管外脚手架的搭设形式有双排架和单排架之分。结构由立杆、大横杆、小横杆、剪刀撑、横向斜撑、连接杆、栏杆等组成,见图4-2-12。

#### 1. 立杆

作为钢管脚手架结构的竖向构件,它承受由大横杆传来的上部荷载以及水平力,并把它传给底座基础,是重要受力杆件。

双排架有两排立杆,以拟建建筑物为参照,分成里、外两排。立杆横向间距(小横杆方向)为1.5m,里排立杆距墙面0.4~0.5m;立杆纵向间距(大横杆方向)砌筑用时为1.5m,装修用时为1.7~2.0m。

单排架只有一排立杆,立杆纵向间距为1.5~2.0m,立杆距墙面1.2~1.4m。立杆多

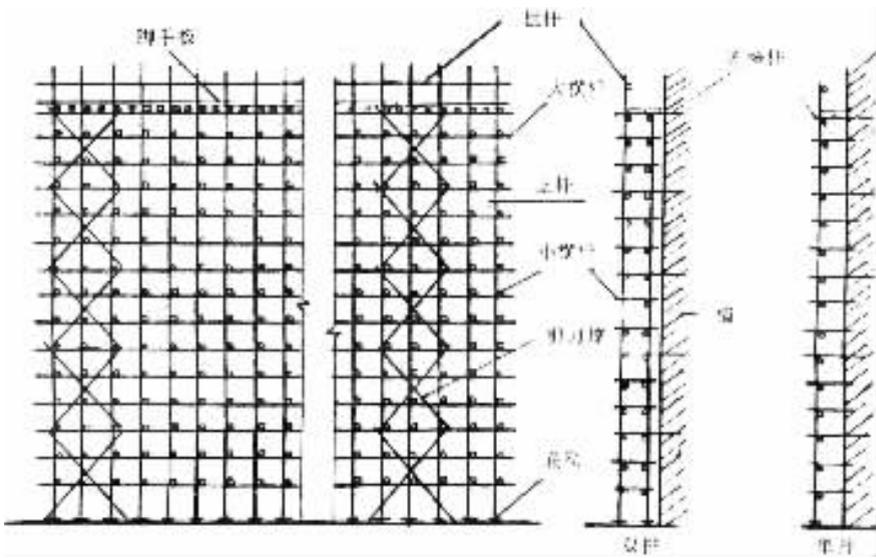


图 4-2-12 扣件式钢管外脚手架

采用单根钢管,只有在高度超过最大搭设高度时,才在下部一段高度内使用双管,双管高度为超过最大搭设高度的部分。双管与单管的连接应符合规定要求。

## 2. 大横杆

它与立杆连接是结构的横向杆件,大横杆之上为小横杆,它将小横杆传来的荷载传立杆。大横杆沿架高按一定间距布置,相邻两个大横杆之间的距离称为步距。大横杆的步距 砌筑时按可砌高度考虑,即步架高为 1.2~1.4m,装修用时为 1.7~1.8m。

大横杆一般置于立杆里侧,但为了减少偏心影响,可将相邻步距的大横杆,交错布置在立杆的里侧与外侧。

## 3. 小横杆

小横杆布置在大横杆之上,承受脚手架传来的荷载并将它传给大横杆,同时又是形成脚手架空间结构的杆件。

小横杆间距 砌筑用时不大于 1.5m,装修用时不大于 0.2m;当有推车通过时,应适当加密。单排脚手架,小横杆一端支承于墙内不少于 240mm,间距要求与双排架相同。

小横杆应贴近立杆布置,并搭在大横杆之上用直角扣件扣紧。在任何情况之下均不得拆除贴近立杆的小横杆。双立柱情况,小横杆应布置在双立杆之间。

## 4. 剪刀撑

它是形成结构不变性及加强整体性,并能有效传递水平荷载的构件。它由相互交叉的一对斜杆组成。

凡七步以上的脚手架必须设纵向剪刀撑。对 24m 高以下的脚架,应在转角处以及每相隔 12~15m 设一道剪刀撑,每道剪刀撑占 2~3 个跨间,从底部至顶部应连续设置,斜杆与水平方向夹角为 45°~60°,且最下部的剪刀撑要落地,见 4-2-13。

24m 高以上的脚手架,应在脚手架整个立面沿长度和高度连续设置,每个剪刀撑所占

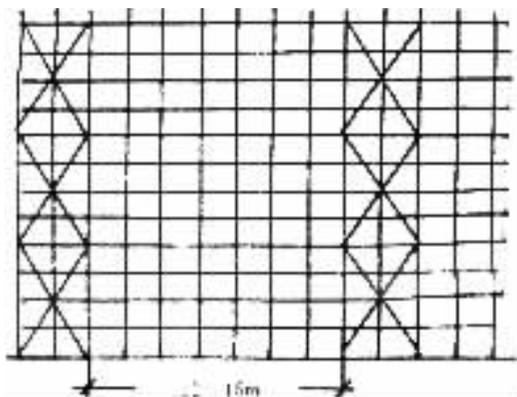


图 4-2-13 剪刀撑(24m 以下架)

的跨间不多于 6 个,且每片架子不应少于 3 道,见图 4-2-14。

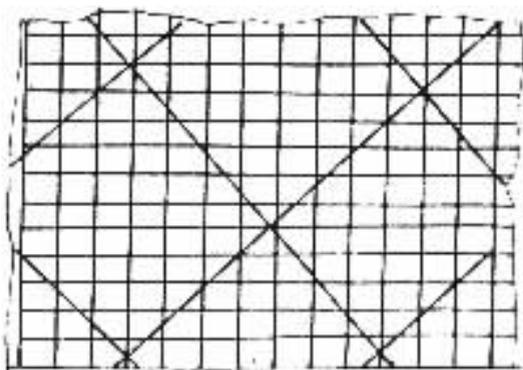


图 4-2-14 剪刀撑(24m 以上架)

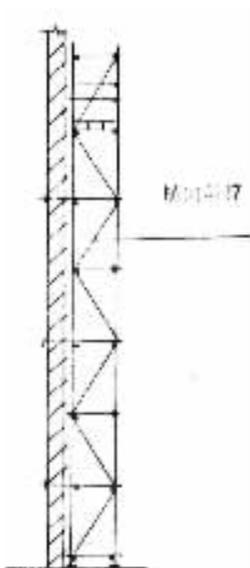


图 4-2-15 横向斜撑

凡呈一字形或开口形的脚手架,以及架高 24m 以上的脚手架,应在两端及中间部位每隔 3 跨设置一道横向斜撑。横向斜撑是用一根斜杆沿每个步距呈“之”字形将里、外立杆连接起来,由底部连续设置到顶部,见图 4-2-15。

### 5. 连墙杆

为防止发生纵向弯曲,造成脚手架倾覆倒坍,应使用连墙杆将脚手架与建筑物的墙体等结构牢固连接。它是脚手架中很重要的一个构件。

凡架高在 50m 以下的脚手架,连墙杆设置间距,无论是沿垂直方向还是水平方向,均不应大于 6.0m。

凡架高大于 50m 的脚手架,连墙杆的垂直间距不应大于 4m,水平方向间距不应大于 6m。

连墙杆与建筑物拉结的位置,应尽量设置在框架梁或楼板附近等具有足够的抗水平拉力或压力的结构部位。

连墙杆与外墙拉结方式常见有以下几种:

(1)连墙杆一端顶墙,并用两根 8 号铁丝与墙上预埋件绑住。

(2)将连墙杆穿过墙体,并在墙内、外两侧贴墙各加一个扣件扣紧。

(3)如赶在洞口处设置连墙杆时,应在洞口里、外两侧加两根钢管(水平或竖直方向均可)夹住洞口墙杆,然后再将连墙杆与钢管用扣件连接。

连墙杆与外墙连接方式见图 4-2-16。

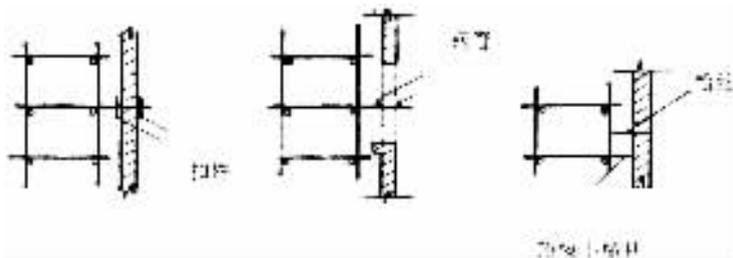


图 4-2-16 连墙杆与外墙连接

## 6. 护拦和挡脚板

在作业层上必须设置护拦和挡脚板。护拦高度为 0.9~1.0m,挡脚板高底不低于 180mm,并在栏杆外侧挂安全立网。

## 7. 洞口通道的构造

当脚手架影响门洞处通行时,应在脚手架相应位置留出通道,其办法是:

将部分立杆及相关的大横杆挑空,加设两根钢管做八字撑,并将八字撑与挑空的立杆、大横杆用扣件扣紧,见图 4-2-17。

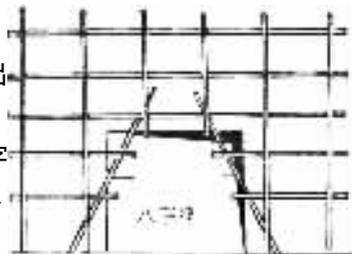


图 4-2-17 八字撑的布置

## 8. 单排脚手架在门窗洞口的构造

在门窗洞口处,单排架的小横杆应与加设在洞口外侧的短钢管用扣件相连接,见图 4-2-18。

## 9. 杆件接头的要求

### (1)立杆接头

除顶层采用搭接外,其余各接头均采用对接扣件连接。顶层搭接长度不小于 1.0m,并用不少于 2 只旋转扣件连接。

立柱接头应错开,并满足如下要求:相邻两个立杆的接头应错开布置在不同步距内;错开距离不小于 500mm,接头距离相近的节点不大于步距的 1/3,见图 4-2-19。

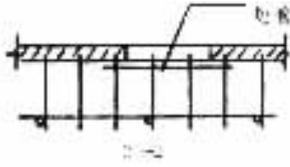


图 4-2-18 单排架在洞口处的构造

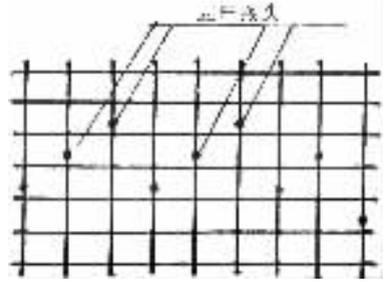
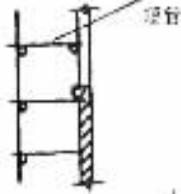
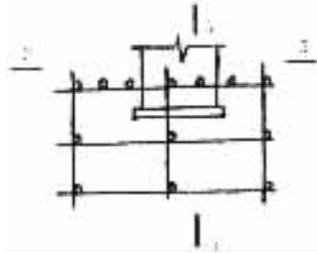


图 4-2-19 立杆接头



单根立杆与双立杆的连接可采用单立杆与双立杆之一用对接扣件连接的办法;也可采用将单立杆插于双立杆中间,加三只旋转扣件连接的办法,见图 4-2-20。

(2)大横杆接头

采用对接扣件连接,接头按如下要求错开布置,接头距相邻立杆应不大于立杆间距的  $1/3$ ;同一步中,内外对应的两根大横杆接头应错开一跨;上下两根相邻大横杆接头应错开一跨,错开距离不小于 500mm,见图 4-2-21。

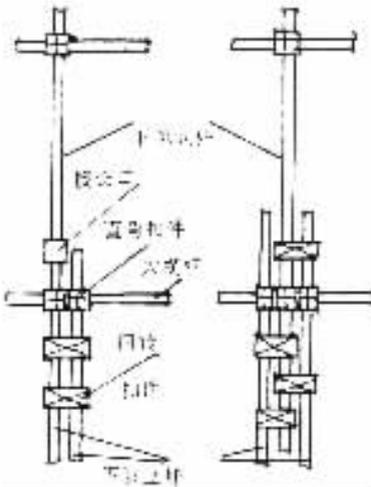


图 4-2-20 单、双立杆连接

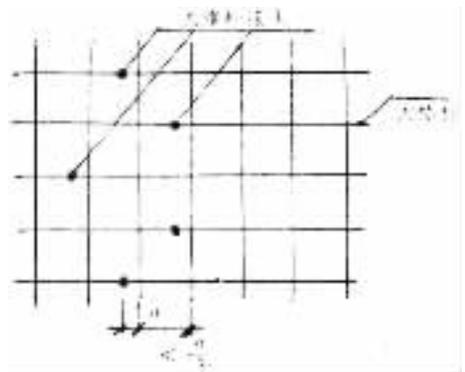


图 4-2-21 大横杆接头布置要求

## 10. 最大架设高度

三步三跨布置连接杆时,扣件式钢管外脚手架的最大架设高度见表 4-2-5。

其中当脚手架上有多层脚手板时,最大架设高度值应乘以按以下方式计算出的折减系数  $K$  :

步距等于 1.35m 时,  $K = 0.96^n$  ;

步距等于 1.80m 时,  $K = 0.92^n$  ;

步距等于 2.0m 时,  $K = 0.90^n$  ;

$n$  为增加的脚手板层数。

扣件式钢管脚手架最大架设高度

表 4-2-5

小横杆外伸 小度(m)	立杆横向 间距(m)	大横杆 步距 (m)	下列施工荷载 $kN/m^2$ 时的立杆纵向间距(m)			脚手架最大架设高度(m)
			1	2	3	
0.5	1.05	1.35	1.8	1.5	1.2	80
		1.80	2.0	1.5	1.2	55
		2.00	2.0	1.5	1.2	45
	1.55	1.35	1.8	1.5	1.2	75
		1.80	1.8	1.5	1.2	50
		2.00	1.8	1.5	1.2	40

## 4-2-3-3 搭设与拆除

## 1. 搭设程序

基底检查、放线定位→铺设垫板式垫木→安放并固定底座→立第一节立杆→安装扫地大横杆(贴地大横杆)→安装扫地小横杆→安装第二步大横杆→安装第二步小横杆→设临时抛撑(每隔六个立杆设一道,待安装连墙杆后拆除)→安装第三步大横杆→安装第三步小横杆→设置连墙杆→拆除临时抛撑,接立杆→连续安装大横杆、小横杆等→架高七步以上时加设剪刀撑→在操作层铺放脚手板。

对砌筑用脚手架应随外墙升高而逐层向上架设。立杆顶部应高出女儿墙顶部 1m,高出檐口上皮 1.5m。

操作层应设置护栏及挡脚板,要求上栏杆距离脚手板 1m,中栏杆距离脚手板为 0.4m,挡脚板高 180mm。

## 2. 搭设应注意的问题

## (1) 一般性要求

① 事先应确定构造方案,并经有关方面审查批准方可施工。搭设应严格按确定的方案进行。

② 严格按搭设顺序和工艺要求进行杆件的搭设。

③ 搭设过程中应注意采取临时支顶或与建筑物拉结。

- ④搭设过程中应采取措施禁止非操作人员进入搭设区域。
- ⑤扣件应扣紧,并应注意拧紧程度要适当。
- ⑥搭设中及时剔除、杜绝使用变形过大的杆件和不合格的扣件。
- ⑦搭设工人应系好安全带,确保安全。
- ⑧随时校正杆件的垂直偏差和水平偏差,使偏差限制在规定范围之内。
- ⑨在搭设过程中,如因临时停工,应当采取临时措施保证架子的安全稳定性,防止倒塌。

### (2)扣件安装注意的问题

- ①安装扣件时,应注意开口朝向要合理,大横杆所用的对接扣件开口应朝内侧,避免开口朝上,以免雨水流入。
- ②扣件拧紧程度要均匀、适当,扭距控制在  $39 \sim 49 \text{N} \cdot \text{m}$  为宜,此时扣件已具有足够抗扭、抗拉、抗拔的能力,最大不超过  $59 \text{N} \cdot \text{m}$ ,否则会造成滑丝。操作人员应借助测力计反复练习,以便掌握对扭矩大小的控制。
- ③立杆与大横杆、立杆与小横杆相接点(即中心节点)距离扣件中心应不大于  $150 \text{mm}$ 。
- ④杆件端头伸出扣件的长度应不小于  $100 \text{mm}$ ,底部斜杆与立杆的连接扣件离地面不大于  $500 \text{mm}$ 。
- ⑤大横杆应采用直角扣件扣紧在立杆内侧,或上下各步交错扣紧于立杆的内侧和外侧;小横杆应使用直角扣件固定在大横杆上方,剪刀撑中的一根用旋转扣件固定于立杆上,另一根斜杆应扣在小横杆伸出的部分上,以避免斜杆弯曲;横向斜撑应用旋转扣件扣在立杆或大横杆上。

### (3)安装连墙杆应注意的问题

脚手架是否安全可靠,在很大程度上取决于连墙杆。事实说明,未按规定设置连墙杆,是脚手架倒塌事故发生的重要原因。由于连墙杆的设置费工、费时,因此往往出现马虎从事的现象,这是应当引起警觉的。发达的国家对连墙杆的设置十分重视,多使用专用连墙杆,并将连墙杆分为拉杆、压杆使用。

连墙杆的使用应注意以下问题:

- ①连墙杆的设置以及它的间距必须遵照有关规定,水平距离不大于  $6.0 \text{m}$ ,垂直距离不大于  $4.0 \text{m}$ (架高  $50 \text{m}$  以上)或  $6.0 \text{m}$ (架高  $50 \text{m}$  以内)。
- ②采用钢管作为连墙杆时,要使用扣件扣紧,防止滑脱。
- ③连墙杆应尽量与脚手架纵向平面保持垂直。
- ④连墙杆应尽量在立杆与大横杆的交叉部位设置。
- ⑤对有特殊设施和特殊荷载作用的部位,以及脚手架的高度超出建筑物的上层部位,应加密连墙杆。

### (4)单排架脚手眼留设应注意的问题

- ①脚手眼的深度应保证小横杆搭入墙内不少于  $240 \text{mm}$ 。
- ②在墙体内下列位置不得留设脚手眼:
  - A. 空斗墙、 $12 \text{cm}$  厚砖墙、料石清水墙和砖、石独立柱。
  - B. 宽度小于  $1 \text{m}$  的窗间墙。

- C. 砖过梁上与过梁成  $60^\circ$  角的三角范围内。
- D. 梁或梁垫下及其左右各 50cm 范围内。
- E. 砖砌体的门窗洞口两侧 18cm 和转角处 43cm 的范围内 ; 石砌体的门窗洞口两侧 30cm 和转角处 60cm 的范围内。
- F. 设计不允许设置脚手眼的部位。

## 4 - 2 - 3 - 4 拆除及拆除应注意的问题

### 1. 拆除的步骤

拆除时 地面应留 1 人负责指挥、检料分类和管理安全 , 上面不少于 2 人进行拆除工作 整个拆除工作应不少于 3 人。

拆除程序与安装程序相反 , 一般先拆除栏杆、脚手板、剪刀撑 , 再拆除小横杆、大横杆和立杆。先递下作业层的大部分脚手板 , 将一块转到下一步内 , 以便操作者站立其上。拆除杆件的人站在这块脚手板上将上部可拆杆件全部拆除掉 , 再下移一步 , 自上而下逐步拆除。除抛撑留在最后拆除外 , 其余各杆件 : 小横杆、连墙杆、大横杆、立杆、剪刀撑、横向斜撑等均一并拆除。

### 2. 拆除时应注意的问题

(1) 划出工作区 , 并做出明显标志 , 严禁非工作人员入内。

(2) 严格地执行拆除程序 , 遵守自上而下、后装先拆的原则 , 要做到一步一清 , 杜绝上下同时进行拆除的现象发生。

(3) 拆除工作应有统一的指挥。在指挥者的统一安排下 , 做到上下一致、动作协调、相互呼应 , 以防构件坠落或伤及人员。

(4) 拆下的杆件及脚手板应传递或用滑轮和绳索运送而下 , 严禁从高空抛下 , 以防伤人和损害材料 ; 扣件拆下应集中于随身的工具袋中 , 待装满后吊送下来 , 禁止从上面丢下。

(5) 拆下的各种材料工具应及时分类堆放 , 并运送到存放地点妥善保管。钢管和扣件宜存放在有防雨设施的封闭式或半封闭式库房内。如堆放在露天场地上 , 则应做好防水工作 , 以避免锈蚀 , 并应堆垛存放 , 堆垛应加设垫木。

(6) 对扣件、螺栓等散状小件应使用容器集中存贮 , 以免丢失 ; 使用后的钢管应检查 , 对变形钢管应调直后存放。

(7) 注意钢管和扣件的防锈处理。钢管应视环境湿度大小 , 每年或每两年对钢管外壁除锈后涂一道防锈漆 , 钢管内壁每 2 ~ 4 年涂刷两次 , 每次刷漆二道 ; 扣件和螺栓每次使用后 , 用煤油或其他洗料洗净 , 涂上机油防锈 ( 注意扣件内侧面不要上机油 ) 。

## 4 - 2 - 4 吊脚手架( 吊篮 )

吊脚手架是通过特设的支特点 , 利用吊索悬吊吊架或吊篮进行砌筑或装修工程操作

的一种脚手架。其主要组成部分为：吊架(包括桁架式工作台)和吊篮、支承设施(包括支承挑架和挑梁)、吊索(包括钢丝绳、铁链、钢筋)及升降装置等。

对于高层建筑的外装修作业,采用悬挂的、自上而下的吊篮,比自下而上搭设外脚手架要经济和方便。因此,它已经成为高层建筑施工中普遍使用的脚手架型式之一。它也是高层建筑平时进行维修保养的常备设备。一般在高层建筑的设计中,就应考虑吊篮在屋顶上的安放位置和所增加的楼面荷载,以便于在施工阶段安装装修吊篮和在使用阶段安装维修吊篮(平时放置在屋顶上,需要时可放下)。

早期使用的简单吊架和吊篮已逐步为更为完善的吊篮设备所代替。

### 4-2-4-1 吊架和吊篮

吊架和吊篮的构造形式应根据脚手架的用途、建筑物结构情况和采用的悬吊方法而定。常用的下列有几种：

#### 1. 桁架式工作台

其构造与桥式脚手架的桥架相同,主要用于工业厂房或框架结构建筑的围护墙砌筑,在屋面或柱子上设置悬吊点。

#### 2. 框式钢管吊架

其基本构件是用 $\phi 50 \times 3.5$ 钢管焊成的矩形框架(图4-2-22)。搭设时以3~4榀框架为一组,按2~3m间距排列,用扣件连以钢管大横杆和小横杆,铺设脚手板,装置栏杆、安全网和护墙轮,即成为一组可以上下同时操作的双层吊架。栏杆和护墙轮支杆也用扣件与框架连接。这种吊架主要适用于外装修工程,在屋面上设置悬吊点,用钢丝绳吊挂框架。

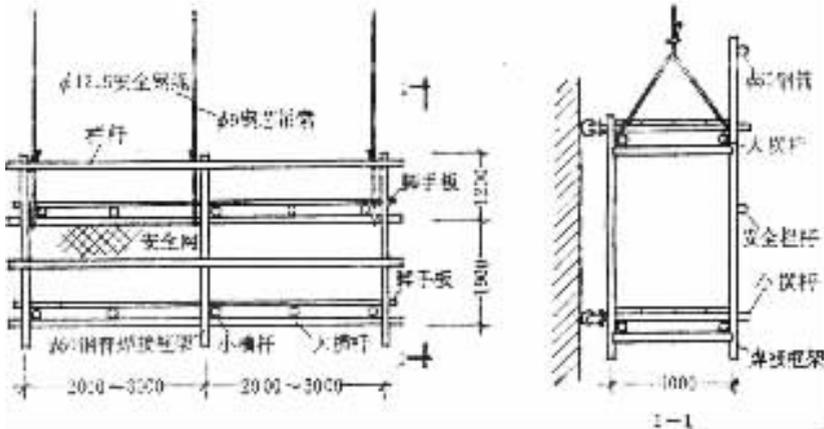


图4-2-22 框式钢管吊架

#### 3. 小型吊篮

常用于局部外装修工程。一般为侧面开口或顶、侧两面都开口的箱形构架,长3~4m,宽0.8~1m,高2m,由两个吊架和底盘、护栏及顶盖五个部分用螺栓连接或承插结合

方式组装而成。一般工地常用的吊篮如图 4-2-23。

吊架是用  $\angle 40 \times 3$  角钢焊成的矩形框架,并附设有吊筋、吊环及护墙轮装置等。

底盘为二根  $\square 8$  大梁,上面铺设  $30 \times 40$  木搁栅及 25 厚木板,并附设有可伸缩的顶墙杆,以增强吊篮在工作中的稳定性。底盘大梁搁置在吊架的横梁上,并用螺栓连接。

护栏用  $\angle 40 \times 3$  角钢焊成边框,用  $-30 \times 3$  扁铁作网格筋,铺钉 14 号~16 号铅丝网,并用承插方式与吊架和底盘连接。

顶盖也用  $\angle 40 \times 3$  角钢焊成边框,上面铺设  $30 \times 40$  木搁栅及 25 厚木板,用螺栓与吊架连接,用承插接头与护栏连接。顶盖做法也可用角钢框铺钉铅丝网。在不进行交叉作业的情况下可不设顶盖,但两个吊架的上端要设水平拉杆。

#### 4. 组合吊篮

吊篮架由吊篮片和扣件钢管组合而成。吊篮片采用  $\phi 48$  钢管焊接,有“b”型、“日”型和“目”型、“目”型等四种型式(图 4-2-24),前两种用于构成双层吊篮,后两种用于构成三层吊篮。吊篮需要封闭(设护栏、挂安全网)和一端应采用“日”型或“目”型吊篮片。作业层高一般取 1.8m,片宽一般取 0.8~1.2m,当阳台宽度大于 1.2m 时,毗邻阳台的吊篮应采用与阳台大致同宽的吊篮片,以满足阳台侧面的装修要求。

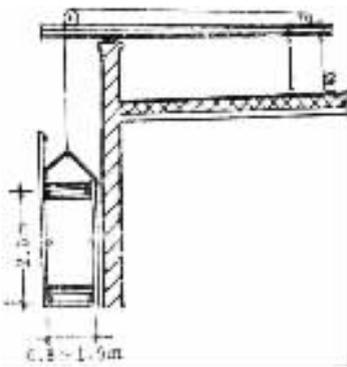


图 4-2-23 小型吊篮的构造

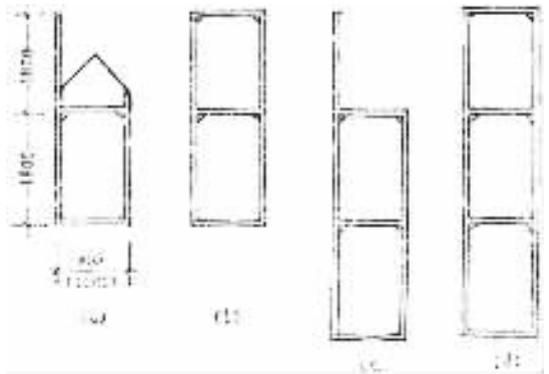


图 4-2-24 吊篮片型式  
(a) b 型 (b) 日型 (c) 目型 (d) 目型

吊篮片用  $\phi 48$  钢管扣接成整体吊篮,除大横杆外,还需设置立杆与斜杆,以构成受力合理的桁架体系和框架体系(图 4-2-25)。桁架的节间长度以 2.0m 左右为宜,不宜超过 2.5m。吊篮的长度也不宜超过 8m,以免吊篮的重量过大。

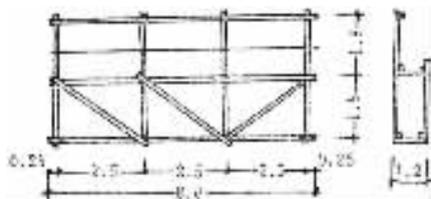


图 4-2-25 吊篮结构组装型式

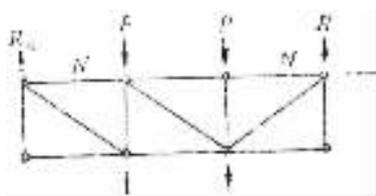


图 4-2-26 桁架内力计算简图

吊篮应进行强度验算。在计算桁架时,所有均布荷载均应化成作用于节点的集中荷载。图 4-2-26 所示为桁架内力计算简图。在验算时,施工荷载可取  $1.2\text{kN/m}^2$  ( $120\text{kgf/m}^2$ )。

### 4-2-4-2 挑梁(架)

吊脚手架的悬吊结构应根据工程结构情况和脚手架的用途而定。普遍采用的是在屋顶上设置挑梁(架);用于高大厂房的内部施工时则可悬吊在屋架或大梁之下;在没有上述两种条件时,亦可搭设专门的构架来悬挂吊篮。

#### 1. 一般要求

(1)在屋顶上设置挑架或挑梁必须控制平衡,保证其抵抗力矩大于倾覆力矩的三倍,即  $Pa > 3Wb$  (图 4-2-27)。在屋顶上设置的电动升降车采用动力驱动时,其抵抗力矩应大于倾覆力矩的四倍。

确保挑梁(架)不发生倾覆的措施为:

- ①在 A 点加配重;
- ②挑梁架在 A 点与建筑结构连接起来,利用结构抵抗倾覆力矩;
- ③增加力臂  $a$  的长度。

(2)挑梁(架)本身具有可靠的承载能力。

(3)应满足装设提升设备的要求。

(4)便于装拆。

#### 2. 单梁式挑梁

单梁式挑梁由型钢制作,其装设方式有:

(1)固定在屋面结构上(图 4-2-28);

(2)与柱子或墙体拉结;

(3)加设配重。无论那一种方式,支点均需可靠。以砖砌的女儿墙作支点时,可在女儿墙里加设混凝土柱墩,柱墩上设预埋铁以固定挑梁。挑梁的支点避免设在接近女儿墙的外边缘上,以确保安全(图 4-2-29)。

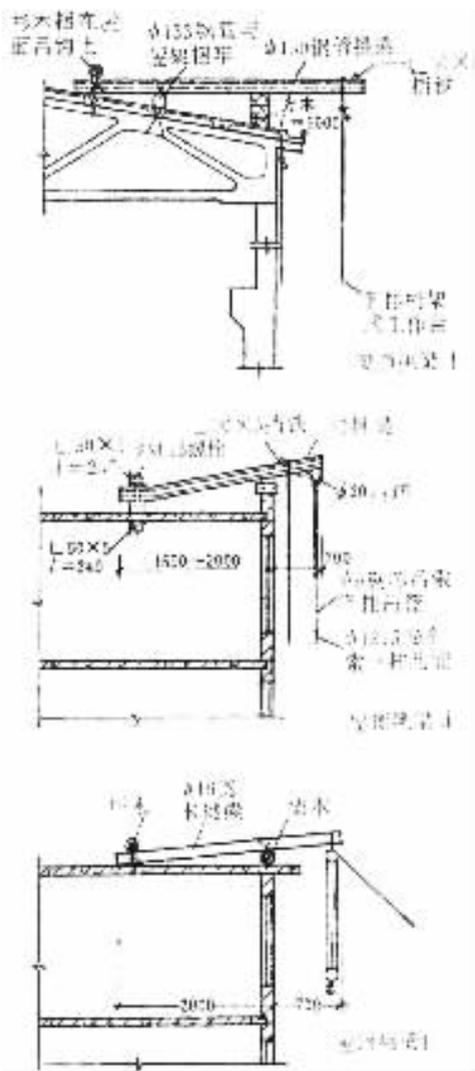


图 4-2-28 单梁式挑梁固定在屋面结构上

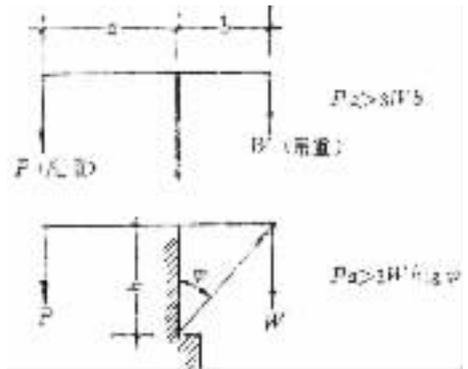


图 4-2-27 挑梁(架)抗倾覆计算简图

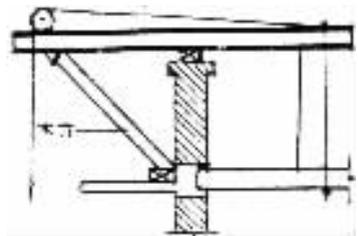


图 4-2-29 挑梁在女儿墙的  
支点构造

挑梁的支臂(从悬挂点到支点的距离)长度一般为 0.6~0.8m,但在有阳台的部位可达 2m 左右(如果支点设得靠里的话,则此长度还要加大)。在不同的荷载  $Q$  ( $=$  吊篮荷载的一半)和支臂长度下挑梁应选用的型钢或钢管规格列入表 4-2-6 中。

### 3. 双梁式挑梁

## 4 施工技术

单梁式挑梁型钢或钢管规格选择表

表 4-2-6

挑梁荷载 Q kN (kgf)	单梁式挑梁型钢规格,当支臂长度 (m)为:									
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
5.0 (500)	[ 8 3"	[ 8 3"	[ 8 4"	[ 10 I 10 4"	[ 10 I 10 4"	[ 10 I 10 I 10	[ 10 I 12 5"	[ 10 I 8 5"	[ 12 5"	[ 14a I 12 5"
7.5 (750)	[ 10	[ 10 4"	[ 10 4"	[ 10 I 10 5"	[ 10 I 12 5"	[ 12 I 12 5"	5" I 12 [ 14a	[ 12 I 14a 6"	[ 14a 6"	[ 14 I 14 I 16a
10.0 (10000)	4" [ 10	I 10 [ 12	I 10 [ 12	[ 12 5" I 12	[ 12 5" [ 14a	[ 12 I 14a 6"	[ 14b 6" I 14	I 14 [ 16a	[ 16a I 16	[ 16 I 16 I 18
12.5 (1250)	I 10 [ 12 5"	[ 12 I 12 5"	5" I 12 [ 14a	5" I 12 14a	[ 14a 6"	6" [ 14b	I 14 [ 16a	I 16 [ 16	I 16 [ 18a	[ 18 I 18
15.0 (1500)	[ 12 5" I 12	5" I 12 [ 14a	I 12 [ 14a 6"	[ 14a 6" I 14	6" I 14 16a	[ 16a I 16	I 16 [ 18	[ 18a I 16	[ 20a I 18	[ 20a I 18
17.5 (1750)	5" I 12 [ 14a	I 12 [ 14a 6"	[ 14b 6" I 14	I 14 [ 16a	I 14 [ 16a	I 16 [ 18a	[ 18 I 18	I 18 [ 20a	I 18 [ 20	[ 22a I 20

注 3"水煤气管 φ88.5×4 4"为 φ115×4 5"为 φ144×4.5 6"为 φ165×4.5。

即用两根单梁组合而成,可以使用小规格钢材,支承面加大(有利于支点安全),但重量增加。其型钢规格列入表 4-2-7。

双梁式挑梁的型钢规格

表 4-2-7

Q kN (kgf)	双梁式挑梁的型钢规格,当支臂长度(m)为:									
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
5.0 (500)	—	—	—	—	—	—	—	∟ 8	∟ 10	∟ 10
7.5 (750)	—	—	—	—	∟ 8	∟ 10	∟ 10	∟ 10	∟ 10	∟ 12
1.0 (1000)	—	∟ 8	∟ 8	∟ 10	∟ 10	∟ 10	∟ 12 2 I 12	∟ 12 2 I 12	∟ 12	∟ 12
1.25 (1250)	∟ 8	∟ 10	∟ 10	∟ 10	∟ 10	2 I 10	∟ 12 2 I 12	∟ 12 2 I 12	2 I 12 ∟ 14a	2 I 12 ∟ 14a
15.0 (1500)	∟ 10	∟ 10	∟ 10	∟ 10	2 I 10	∟ 12	2 I 12	2 I 12	∟ 14a	∟ 14b
17.5 (1750)	∟ 10	2 I 10	2 I 10	2 I 10	∟ 10	2 I 12	2 I 12	∟ 14b	2 I 14 ∟ 16a	2 I 14 ∟ 16a

### 4. 斜撑式和桁架式挑梁

当吊篮的荷载和挑梁的支臂较大时,采用斜撑式挑梁和桁架式挑梁可以减小梁的断面。但由于杆件内力情况随之改变,应注意对有关问题的处理。

#### (1) 斜撑式挑梁

斜撑式挑梁的一般构造有两种:

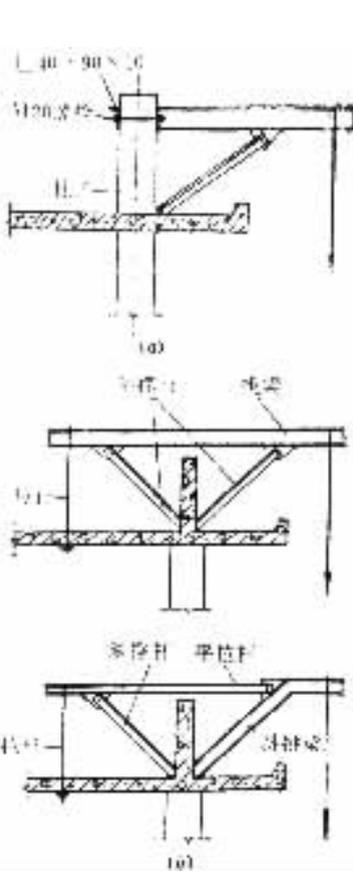


图 4-2-30 斜撑式挑梁  
(a)上拉式 (b)上拉式

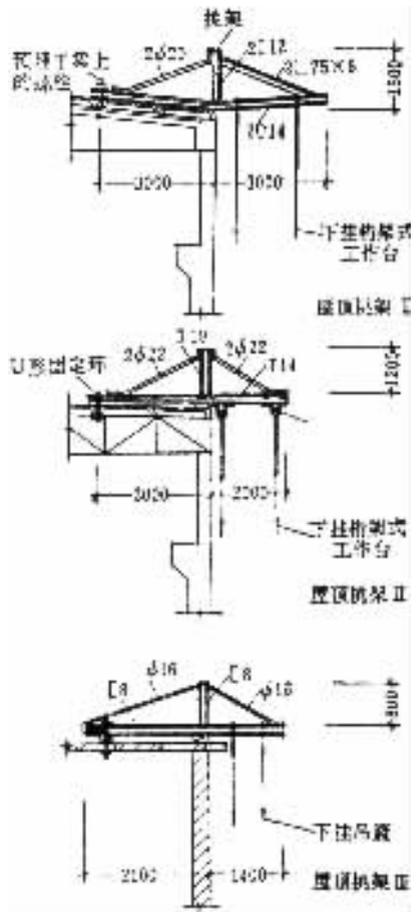


图 4-2-31 桁架式挑梁(架)

①平拉式斜撑杆受压,水平梁受拉,用在有能承受水平力作用的结构上(如伸出屋面的较大断面钢筋混凝土柱子、现浇钢筋混凝土女儿墙等,图 4-2-30)。挑梁在撑杆支点外面的悬挑长度一般控制在 1.0m 以内。挑梁的断面可根据其悬吊荷载和悬挑长度由表 4-2-6 或表 4-2-7 中选取。斜撑杆可用小号槽钢或  $\phi 48 \sim \phi 76$  钢管,亦可采用  $100 \times 100$  木方,但端部应加连接铁件,以便与挑梁连接。

②竖拉式 用在结构只能承受垂直力作用的情况下,采用对称的斜撑杆,其根部固定在屋面上。挑梁的里端用拉杆或拉绳拉于屋面结构上,或悬挂配重。若将挑梁作成“┌”形,则结构更为合理。

### (2)桁架式挑梁

桁架式挑梁(架)的一般形式见图 4-2-31,其有关构造情况见表 4-2-8。当吊篮长超过 6m 时,桁架梁的杆件应通过设计确定。

## 4 施工技术

### 屋顶挑架的几种构造形式

4-2-8

名 称	屋顶挑架 I	屋顶挑架 II	屋顶挑架 III
构造图	图 9-130 I	图 9-130 II	图 9-130 III
构造说明	挑架用型钢制作,长 6m,挑出檐口 3m,高 1.5m。为了适应屋顶坡度作成菱形,挑出檐口的下弦呈水平或略微抬头	挑架为三角形,长 5m,挑出檐口 2m,高 1.2m	挑架为三角形,长 3.5m,挑出檐口 1.4m,高 0.8m
固定方法	挑架用钢丝绳捆绑在屋架上,或在混凝土屋架上设埋件用螺栓固定	同挑架 I	在现浇屋面板上预埋钢筋环(或留洞),在预制屋面板上凿洞或利用板间缝隙,用螺栓固定在屋面板上
挑架间距	6m	6m	3~4m
配合使用的吊索、吊架	用钢丝绳、钢筋吊钩、钢筋爬杆等悬吊桁架式工作台	同挑架 I	用钢丝绳、钢盘吊钩等悬吊框式吊架、吊平析或吊篮
适用范围	适用于坡屋顶装配式厂房或框架结构建筑的围护墙砌筑	适用于平屋顶或缓坡屋顶的装配式厂房或框架结构建筑的围护墙砌筑	适用于平屋顶建筑的外装修工程

### 5. 自稳式挑梁

这类挑梁放置在平屋顶上,梁有两个支座,梁的两端悬出:一端挂吊篮;一端加配重。支座下面应加 35~50mm 厚木垫板,以扩大支承面。利用双支座和配重使挑梁自行稳定,不需要与结构进行连接。图 4-2-32a 所示为低支架形式,图 4-2-32b 所示为高支架形式。除梁末端悬挂配重外,在两支座之间亦可悬挂配重。

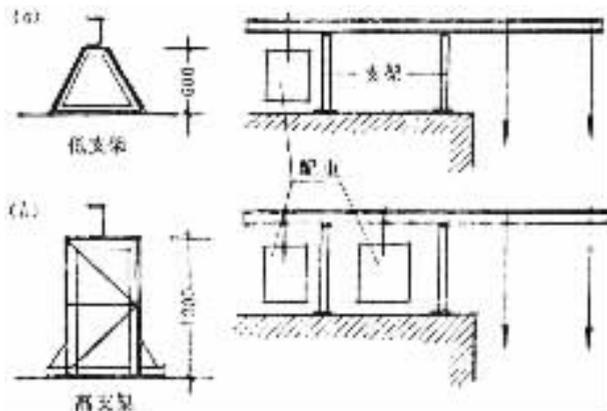


图 4-2-32 自稳式挑梁

(a) 低支架 (b) 高支架

### 6. 移动式挑梁

在自稳式挑梁的支座下加设脚轮和轨道,就构成了移动式挑(图 4-2-33)。这类挑梁是现代高层建筑的常用设备之一。在施工阶段用于外装修作业,在楼房建成以后用于维修。挑梁上应带有小型起重拔杆,以便于在不用时把吊篮吊置在屋面上,使用时则把吊篮放下来(图 4-2-34)。挑梁亦需作成伸缩式;用时伸出;不用时收回。不同时,应在挑梁的脚轮和轨道之间用卡具把挑梁固定住,免得被风吹动。

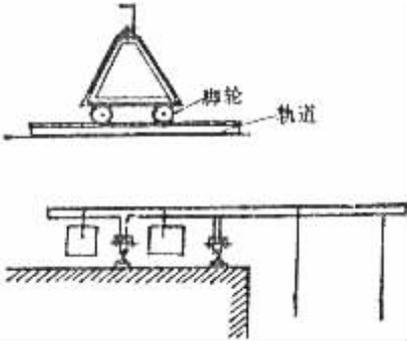


图 4-2-33 移动式挑梁

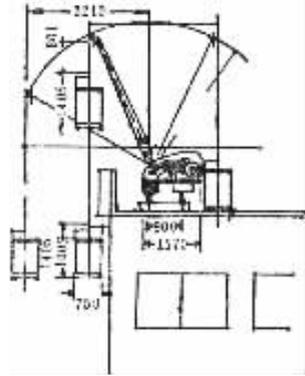


图 4-2-34 吊篮的收放起吊设备

### 7. 装拼式挑梁

把挑梁作成装拼式,使单件重量减小,可为挑梁的装拆提供方便。可实现装拼的项目为:

- (1) 设配重笼,将小块配重装于笼中;
- (2) 装拼式支座。用螺栓将单件连成整体支座;
- (3) 伸缩式挑梁。它由母梁和子梁构成,子梁下入母梁之中,用时抽出,不用时推入。母梁和子梁之间用螺栓连接,可以调剂不同的伸出长度。母梁和子梁本身亦可由几节装拼而成,在对接处一定要加联接板(图 4-2-35)。

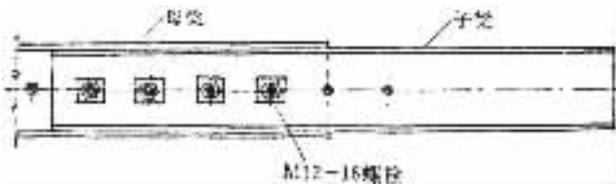


图 4-2-35 伸缩式挑梁

## 4-2-4-3 吊篮的升降方法

升降的方法是吊脚手架使用中最重要的一环。在选择采用何种升降方法时,必须注意以下事项:

- (1) 具有足够的提升能力,能确保吊篮(架)平稳地升降;
- (2) 要有可靠的保险措施,确保使用的安全;

## 4 施工技术

(3)提升设备易于操作并且可靠；

(4)提升设备便于装拆和运输。

大量承担高层建筑施工的单位,应当把吊脚手架及其提升设备作为常备设备来考虑。根据吊索及使用机械工具的不同,常用的升降方法有下列几种:

升降方法	吊 索	升降用机具
手扳葫芦连续升降	钢 丝 绳	0.8~3.0t 手扳葫芦
电动机械升降	钢 丝 绳	电动卷扬机
液压提升	φ25 钢筋爬杆	液压千斤顶
手动工具分节提升	钢筋吊钩、铁链	倒链、手摇提升器、滑轮

### 1. 手扳葫芦连续升降

手扳葫芦携带方便,操作灵活,牵引方向和距离不受限制,水平、垂直、倾斜都可使用。常用手扳葫芦有 0.8t、1.5t 和 3.0t 三种,其规格列于表 4-2-9 中。

手扳葫芦的规格性能

表 4-2-9

额 定 负 荷 kN	8	15	30
额定负荷的最大手扳力(kN)	< 0.35	0.45	0.45
手扳一次钢丝绳最大行程(mm)	50	50	25~30
手柄长度(mm)	800	1070	1200
机体重量(kg)	5.5	9.5	14.5
钢丝绳规格	φ7.7(6×19+1)	φ(7×7)	φ13.5(7×19)
钢丝绳长度(m)	10	20	10

注:钢丝绳长度,也可根据需要订购。

使用手扳葫芦升降吊脚手架时,在每根悬吊钢丝绳上各装置一个手扳葫芦(图 4-2-36)。将钢丝绳通过手扳葫芦的导绳孔向吊钩方向穿入、压紧、往复扳动前进手柄,即可进行起吊和牵引;往复扳动倒退手柄,即可下落或放松。在操作中要注意:

- (1)切勿超载使用,必要时增设适当的滑轮组;
- (2)前进手柄及倒退手柄绝对不可同时扳动;
- (3)工作中严禁扳动松卸手柄(拉簧手柄),以免葫芦下滑;

(4)在任何情况下,机体结构不能发生纵向阻塞,务使钢丝绳能顺利通过机体中心,机壳不得有变形现象;

(5)选用钢丝绳长度应比建筑物高度长 2~3m,并注意使绳子脱离地面一小段距离,以利于保护钢丝绳;

(6)使用时应经常注意保持机体内部和钢丝绳的清洁和润滑,防止杂物进入机体;

(7)扳动手柄时,葫芦如遇阻碍,应停止扳动手柄,以免损坏钢丝绳;

(8)几台扳手同时升降时应注意同步升降。

使用手扳葫芦升降时,必须增设一根直径 12.5mm 的保险钢丝绳,以保证手扳葫芦发生打滑或断绳时的安全。为避免钢丝绳打滑脱出,可将钢丝绳头弯起,与手扳葫芦导绳孔上部的钢丝绳合在一起用轧头夹紧,同时在手扳葫芦导绳孔上口增设一个压片,葫芦停止升降时,用止动螺栓通过压片压紧钢丝绳(图 4-2-37)。

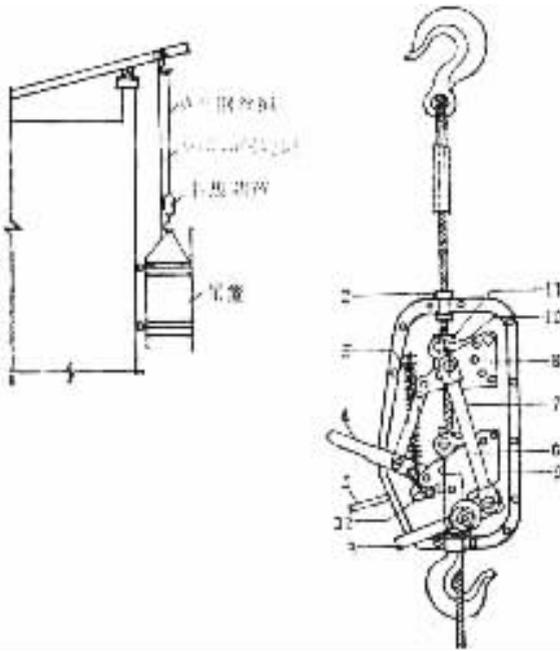


图 4-2-36 手扳葫芦构造及升降示意图

- 1—松卸手柄 2—导绳孔 3—前进手柄；
- 4—倒退手柄 5—拉伸弹簧 6—左连杆；
- 7—右连杆 8—前夹钳 9—后夹钳；
- 10—偏心板 11—夹子 12—松卸曲柄

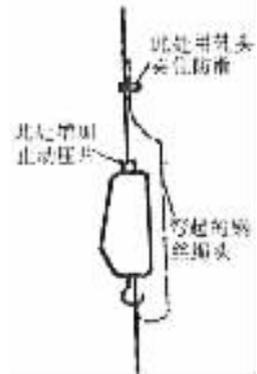


图 4-2-37 手扳葫芦的附加保险装置

2. 卷扬升降这是吊脚手架最常用的升降方法,按其动力和组合方式来分,大致有以下四种:

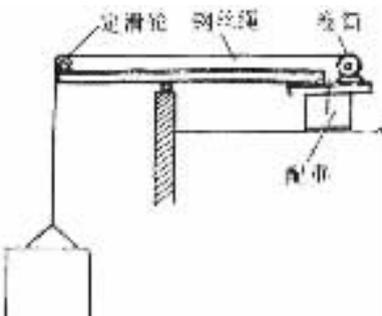


图 4-2-38 吊篮的卷筒下降装置

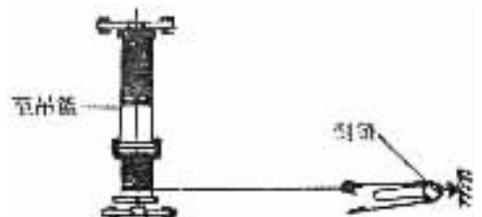


图 4-2-39 使用倒链启动卷筒装置

(1) 手动工具卷扬

在挑梁(架)的前端设置定滑轮,在尾部设置卷筒,悬吊吊篮的钢丝绳经过定滑轮后缠绕在卷筒上(图4-2-38)。卷筒应装设摇把、手动棘爪式刹车装置和安全插销。在吊篮下降时,用手动刹车装置控制其下降;当下降到作业位置时,插入安全插销,以免刹车被碰动时发生意外事故。上述装置只能解决吊篮下降,而不能解决吊篮的上升。吊篮可以先在地面上将钢丝绳拴好,用塔式起重机将其吊到最高(起始)作业位置并随即转(摇)动卷筒,收起钢丝绳。

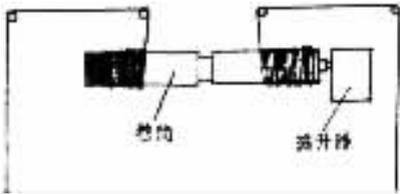


图4-2-40 用一台提升器起吊吊篮示意

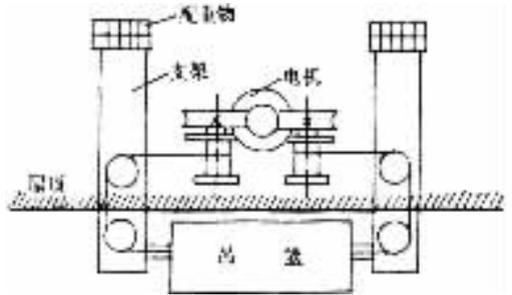


图4-2-41 卷扬式吊篮

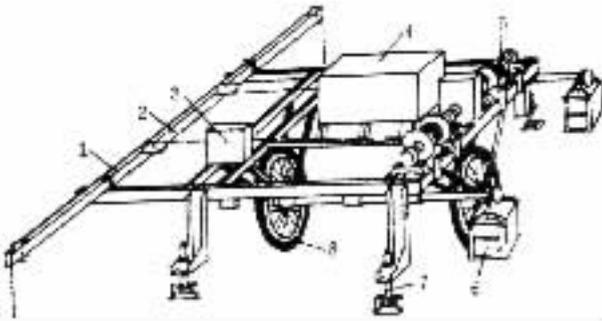


图4-2-42 电动吊篮传动车示意图

- 1—钢丝绳 2—活动横粗 3—电闸箱 4—电动机防护罩;
- 5—钢丝绳卷筒 6—配重箱 7—丝杠支脚 8—行走轮

用下述方法也可解决吊篮的提升问题,将卷筒做成长短两个卷筒并用螺栓连接,吊篮钢丝绳绕于长筒,用一段较短的钢丝绳按相反方向绕于短筒,并与设于屋面上的倒链连接。(图4-2-39)。操作倒链将短钢丝绳拉出时,即带动卷筒转动并将吊篮提升。当倒链的起重链收至最小长度后,用刹车停住,把连接螺栓去掉,将倒链的起重链放出,并将短钢丝绳卷入卷筒上。而后装上连接螺栓重新提升,直到达到要求的位置。

(2) 电动卷扬

采用“电动提升器”插入卷筒轴内,带动卷筒达到升降的要求。电动提升器实际上就

是从普通卷扬机分离出来的电机及其传动和控制装置。其作业步骤如下：①将提升器插入卷筒，卡紧插头；②摇动手柄微调以使提升器承载后取出安全插销；③送电启动，使作业台在  $7.7\text{m}/\text{min}$  的速度下平稳起升或降落；④升降完毕后摇动手柄使插销孔对准，插入安全插销。继续摇动手柄使荷载完全落在插销上后，将提升器取下。

采用电动卷扬升降时，宜使用转向滑轮将吊篮两端的钢丝绳分别绕在一个长卷筒的两端（图 4-2-40），用一台提升器起动。

(3) 卷扬式电动吊篮

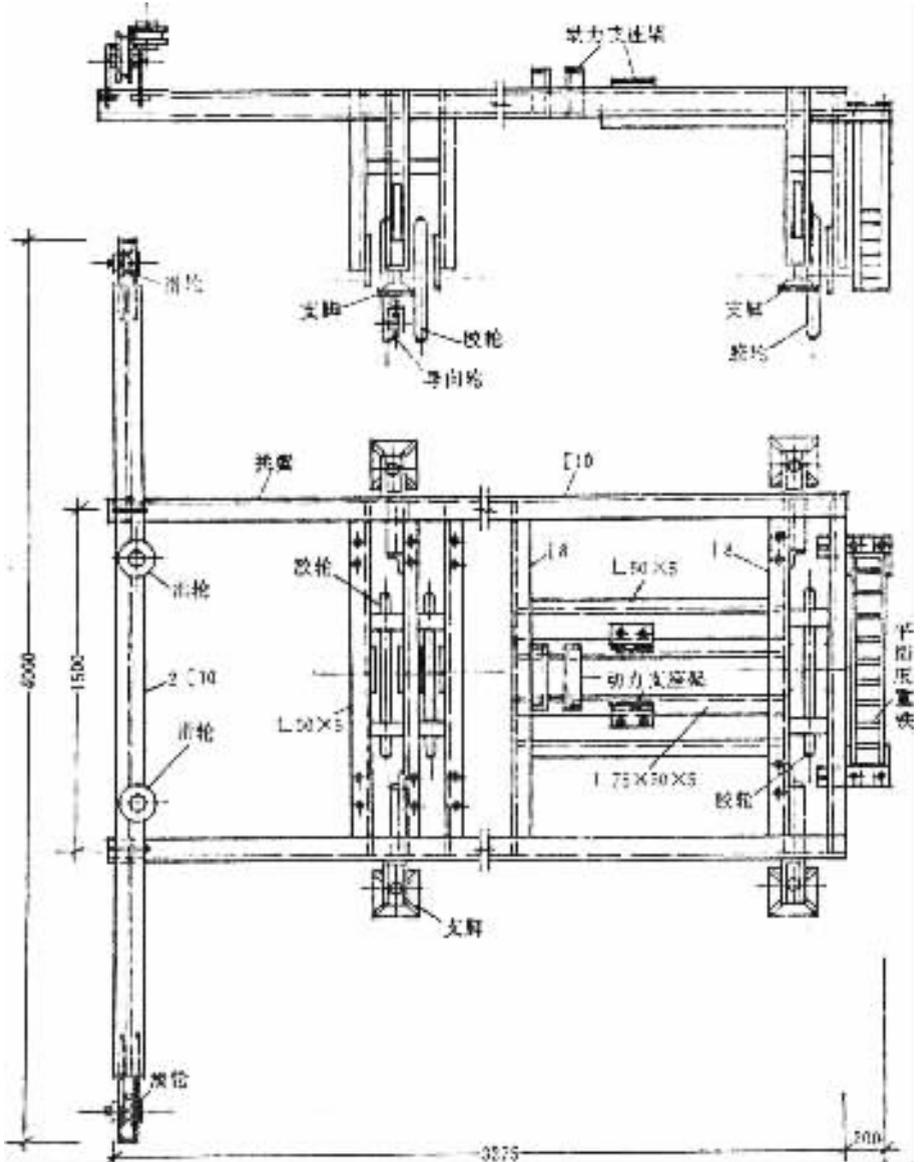


图 4-2-43 电动升降车的车架构造

这是一种单机式的吊脚手设备。卷扬机构安装到屋顶上,实际上就是使用一台双筒卷扬机(图 4-2-41)的电动升降作业台,只适合于局部墙面装修。因此常需要增设移动装置(成为电动吊篮传动车,即电动升降车),以便完成一竖条带外装修后,可以移动到另一位置上,图 4-2-42 为电动吊篮传动车示意图。图 4-2-43 所示为前部用双轮的电动升降车的车架构造图。

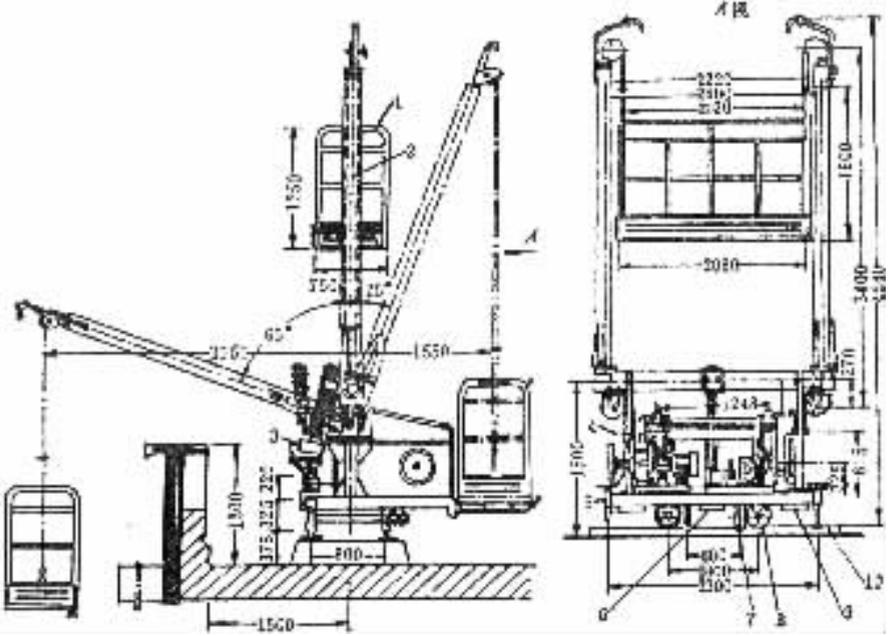


图 4-2-44 带旋转臂杆的移动式吊篮

- 1—吊篮 2—臂杆 3—调臂装置 4—卷扬机 5—制动器;  
6—配重 7—夹具 8—行走机构 9—车架 10—轨道

另有一种带有旋转臂杆的在轨道上行走的移动式吊篮,如图 4-2-44 所示。吊篮的贴墙一面围护杆(罩)高 1.0m,另一面的围护杆(罩)高 1.2m。吊篮中设有保险设备,在吊篮与建筑物凸出部分相碰的情况下可使卷扬机停车。车架上的臂杆相当于悬挑梁(架),其根部设有小平台,导向滑轮则固定在小平台上。臂杆的管体上焊有支脚,管子中部焊有一个伸臂支托,支托上的专设螺帽与臂杆起落机构上的丝杠协同动作。吊篮的钢丝绳经过臂杆顶部的转向滑轮、空经臂杆立柱之间、绕过导向滑轮,最后穿过支座空心套筒和钢丝绳敷设器的滑轮,绕到卷筒上(图 4-2-45)。臂杆可以转动和调整其倾角(即变化臂杆的伸出长度)。不用时将吊篮吊置在车架尾部的折叠式托座上,使用时则可根据作业面的需要调整臂杆的伸出长度。调臂机构由电动机、蜗轮减速器、丝杠和伸臂支托组成。丝杠的一端与臂杆螺母协同动作,另一端穿过蜗轮减速器空心低速轴后支在托座支架的轴承上。减速器轴的转动借助键槽接合传给丝杠。丝杠转动时,臂杆支托上的螺母沿丝杠做轴向移动,引起臂杆倾斜角的变化。行走机构由主动轮、从动轮和行走装置(电驱动)组

成。车架在靠近车轮处装有轨道夹钳以防车架意外脱轨,车架上设有两套制动装置,其夹具能可靠地撑住车架,以避免车架沿轨道自行滑移。平衡重挂在车架下面。轨道采用15kg/m的钢轨,沿屋顶周边敷设,四角设置转盘,转盘上设有定位装置,以保证小车在转盘上转向时,能使车架制动。

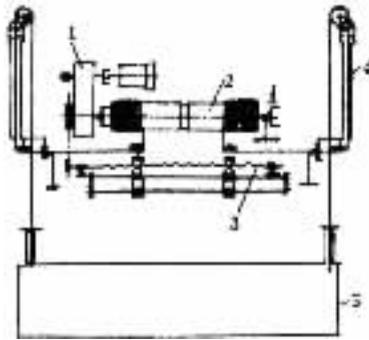


图 4-2-45 卷扬钢丝绳穿绕图  
1—卷扬机传动盒 2—卷筒 3—钢丝绳敷设器 4—臂杆 5—吊篮

这种移动式吊篮的技术性能列于表 4-2-10。它既适合于在房屋建造过程中使用,更适合作为高层建筑的常备维修设备。

移动式吊篮的技术性能

表 4-2-10

项 目 名 称	甲 型	乙 型
载 重 量(kg)	250	300
提升高度(m)	80	100
提升速度(m/min)	10	10
洞轨道行驶速度(m/min)	12	12
轨 距(mm)	800	1000
电动机总功率(kW)	3	3
吊 篮 重(kg)	120	120
总重(不计轨道)(kg)	3250	2860

## (4) 爬升式吊篮

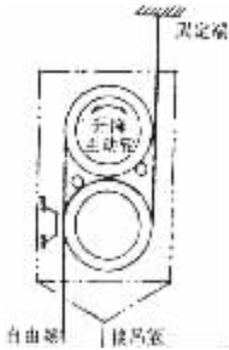


图 4-2-46 “Z”卷扬机构

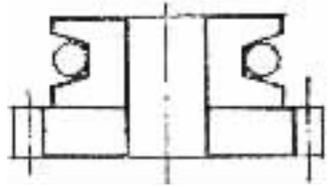


图 4-2-47 “Z”卷扬机构的槽轮剖面

爬升式吊篮的卷扬机构设在吊篮上，屋顶上只设挑梁（架）和配重，从挑梁垂下的钢丝绳作为吊篮爬升的轨道。它与卷扬式吊篮的区别在于钢丝绳不是缠绕在卷筒上，而是穿过卷扬机构靠压绳机构及钢丝绳与卷筒之间的摩擦力锁紧钢丝绳。为了确保吊篮两端平衡，以使吊篮运动平稳，在吊篮的两端应设置结构相同的卷扬机构。

对卷扬机构的要求为：①具有可靠的传动性能；②对钢丝绳的磨损小；③机构紧凑，减小体积和重量。

图 4-2-46 所示为“Z”形卷扬机构的示意图。它用一对槽轮构成，上面为主动轮，下面为从动轮，两轮之间齿轮啮合。齿轮旋转时槽轮也相应旋转（图 4-2-47）。钢丝绳卡在槽轮的槽中，在摩擦作用下，钢丝绳随同槽轮一起转动。当主动轮的旋转方向改变时，钢丝绳的移动方向也随之改变而实现吊篮的提升或降落。

## 3. 使用倒装液压千斤顶升降

在装配式厂房或框架结构建筑的围护墙砌筑工程中，有不少工地将滑升模板使用的液压提升装置运用于吊脚手架，利用屋顶挑架和钢筋爬杆悬吊桁架式工作台，并用液压千斤顶提升（图 4-2-48）。这种方法有助于提高质量，保证安全，降低劳动强度和提高工效。采用这种方法的施工要点如下：

(1) 承重挑架置于屋顶上时应顺屋架的方向布置，支点要置于柱顶或檐口大型屋面板的板肋上。挑架之间要设置横向拉杆互相拉结。挑架尾部用螺栓固定在屋架上。安装在山墙顶部的挑架，其尾部应延至可固定的屋架、大梁等处加以固定。

(2) 爬杆用  $\phi 25$  圆钢。爬杆上端通过爬杆卡具或连接螺栓固定的挑架上，下端穿入千斤顶。爬杆的接长一般采用对焊。焊接接头处先用乙炔火焰初步切光，再用手提砂轮机磨光。接好的爬杆必须保持同中心、等强度，经检验合格后方准使用。

(3) 千斤顶座与工作台的连接要构成铰接，以便在千斤顶提升不同步，工作台发生倾斜时，千斤顶不会跟着工作台倾斜而始终保持铅直。这样千斤顶的上下两卡头间的中心便总与爬杆的轴心相一致，保证千斤顶沿爬杆正常上升。如果采用固接，平台稍有倾斜，



分节提升(图4-2-49)。具体方法是在钢筋吊钩上绑横木或钢横杆,横木离吊篮3~4m,横木两端系钢丝绳,在钢丝绳上挂倒链,利用倒链提升吊篮。当吊篮升到一定高度后,将吊篮挂在上一节吊钩上,然后摘下倒链、横木和钢丝绳以备再用。



图4-2-49 吊脚手架手动工具分节提升示意图

手扳葫芦上穿一短钢丝绳也可作为分节提升时的起重工具。

采用钢筋吊钩作吊篮吊索时,不安全的因素较多,出现较多的问题有(1)吊钩被拉开(2)4个吊索的长度不易控制一致,造成吊篮不平(3)升架时,如4角吊钩连接不够协调,会造成吊篮倾斜。因此,应尽量不采用此种升降手段;如不得不采用时,须严格采取安全保障措施。

### 4-2-4-4 安全注意事项

吊脚手架一般都使用在高层建筑的施工中,必须高度重视并确保施工安全。其注意事项如下:

1. 首次使用吊脚手架时,必须进行设计和各项验算。挑梁(架)和吊篮的使用安全系数应大于3.0,绳索的使用安全系数应大于4.0,重复使用时,应复核使用荷载。
2. 严格控制加工质量,必须全面符合设计要求。
3. 严格控制使用荷载,作业人员不得超过规定的人数。
4. 必须设置安全保险绳。
5. 吊篮的靠墙一侧应设支撑杆或支撑轮,用拉绳拉到结构上,以减小吊篮的晃动。
6. 吊篮中的作业人员应系安全带或安全绳。安全带(绳)的另一端应系于结构上(例如在窗口里的侧装设钢横杆以拴结安全带)。
7. 吊篮的吊索(钢丝绳)应经常检查和保养,不用时应妥为存放保管。有磨损的钢丝绳不得继续使用。正在使用的吊篮,如发现钢丝绳有磨损时,应立即撤出作业人员后将吊篮放至地面并更换钢丝绳。
8. 吊篮的升降机构、限速机构、控制设备和保险设备必须完好,并经常进行检查和维修保养。
9. 作业人员应进行必要的培训。