

中等专业学校轻工专业试用教材

轻工业机械设备 安装与修理

傅亚平 主编



轻工业出版社

中等专业学校轻工专业试用教材

轻工业机械设备安装与修理

傅亚平 主编

轻工出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了轻工业机械设备安装与修理的基本理论和知识。着重介绍机械设备的基础、起重机械和起重工具、机械设备安装的基本知识、管道安装、机械零件的装配、机械零件的修理、轻工业典型机械设备的安装。

本书供轻工业中等专业学校轻工业机械装备专业作为教材，也可以供轻工、纺织、化工、机械、电子等工业部门、设计单位、土建施工部门的技术人员参考。

中等专业学校轻工专业试用教材 轻工业机械设备安装与修理

傅亚平 主编

轻工业出版社出版
(北京安外黄寺大街甲3号)
轻工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张，14 字数，315 千字

1991年4月 第一版第一次印刷

印数，1-7,000 定价，3.80元

ISBN7-5019-0947-4/TH·029

前 言

《轻工业机械设备安装与修理》是轻工业机械装备专业的专业课程。轻工业部中等专业学校轻工业机械装备专业教学研究会1983年制定《轻工业机械设备安装与修理教学大纲》，并根据此大纲编写交流讲义。几年来经全国各轻工业学校的教学实践，不断地修改和完善，臻于系统性、科学性。本书是根据1988年5月在广州召开的轻工业部中等专业学校轻工业机械装备专业教学研究会制定的《轻工业机械设备安装与修理教学大纲》编写的。

根据我国社会主义经济建设现代化的要求及轻工业行业范围较广的特点，本教材在加强基础理论、增大适应性的同时，注意联系生产实际；对机械设备基础施工、机械设备的起重设备及工具、机械设备安装的基本知识、管道的安装、机械零件的装配和修理、轻工业典型机械设备的安装等均作了系统的论述，力求反映国内外的生产实际和先进技术。本书具有系统性，并体现循序渐进。通过学习，使学生逐步掌握机械设备基础设计和施工、机械设备的装配、安装与修理的工艺理论和工艺知识。

本书采用国际单位制，在单位换算中采用10牛顿(N)等于1千克力(kgf)的近似计算。有些表格的数据引自有关标准和规范，它们的重力单位制，本书未加换算。

参加本书编写的人员有：厦门罐头厂傅亚平（第一、二、三、五章），集美轻工业学校胡茂安（第四、六、七章）。全书由傅亚平主编，轻工业部广州轻工业学校林连佳主审。

由于水平有限，时间也较仓促，不妥之处，恳切希望读者予以指正。

编者 1990年1月

目 录

| | |
|------------------------|---------|
| 绪论 | (1) |
| 第一章 机械设备基础 | (2) |
| 第一节 地基及基础设计 | (2) |
| 第二节 地脚螺栓 | (13) |
| 第三节 基础的施工及验收 | (17) |
| 第二章 起重机械和起重工具 | (22) |
| 第一节 起重机械 | (22) |
| 第二节 起重工具 | (36) |
| 第三章 机械设备安装的基本知识 | (48) |
| 第一节 概述 | (48) |
| 第二节 机械设备的开箱和验收 | (48) |
| 第三节 机械设备的拆卸和清洗 | (49) |
| 第四节 机械设备的定位、放线和就位 | (54) |
| 第五节 机械设备的找平找正 | (60) |
| 第六节 机械设备的试压与试运转 | (76) |
| 第四章 管路的安装 | (80) |
| 第一节 管路的标准化 | (80) |
| 第二节 管子和管子的加工 | (82) |
| 第三节 管件 | (88) |
| 第四节 阀门 | (95) |
| 第五节 管路的安装 | (102) |
| 第五章 机械设备零件的装配 | (110) |
| 第一节 过盈配合的装配 | (110) |
| 第二节 滑动轴承的装配 | (115) |
| 第三节 滚动轴承的装配 | (120) |
| 第四节 齿轮传动装置的装配 | (126) |
| 第五节 联轴器的装配 | (138) |
| 第六节 密封装置的装配 | (143) |
| 第七节 转动件的平衡 | (146) |
| 第六章 机械设备零件的修理 | (159) |
| 第一节 概述 | (159) |
| 第二节 磨损与润滑 | (160) |
| 第三节 机械零件修复的方法 | (171) |

| | | |
|------------|--------------------------|----------------|
| 第四节 | 磨损零件的修复..... | (173) |
| 第五节 | 机械损伤零件的修复..... | (185) |
| 第七章 | 轻工业典型机械设备的安装..... | (190) |
| 第一节 | 塔类设备的安装..... | (190) |
| 第二节 | 颚式破碎机的安装..... | (196) |
| 第三节 | 离心机的安装..... | (199) |
| 第四节 | 反应釜的安装..... | (200) |
| 第五节 | 三辊式通用压榨机的安装..... | (201) |
| 第六节 | 长网造纸机的安装..... | (206) |
| 第七节 | 运输机械的安装..... | (215) |

绪 论

在党的改革开放政策的推动下，我国轻工业生产建设得到了日新月异的飞跃发展。现代轻工业机械设备的特點是：机能高级化，精度、运行速度高，耐高溫高压、耐真空、耐腐蝕等的要求越来越高。新技术不断的涌现，机械设备趋向结构复杂化、装置系统化，因而安装、使用、修理轻工业机械设备需要掌握多种知识技能。联动机组、流水线生产等高效率、连续作业的机械设备大量出现，带自动上下料装置的自动化单机和自动线的广泛采用，以及对企业可能造成环境污染的严格化，所有这些，都对轻工业机械设备管理和安装修理工作的要求愈来愈高。

机械设备的安装是现代轻工业生产的一项关键性工作，安装的质量将对轻工业厂的正常生产带来很大的影响。若是安装质量不符合技术条件的要求，不仅直接影响机械设备的正常运行，降低产品的质量和产量，还会引起机械设备的振动，噪音及过早的磨损，降低机械设备的工作精度和缩短使用寿命，甚至可能产生机械设备事故。机械设备安装人员应做好安装施工的组织和管理，包括编制施工组织设计、施工准备、施工现场的计划管理和技術管理，机械设备的试运转、试压和工程验收，以确保机械设备安装的质量和安会。

机械设备在使用一定的周期后，一些零件会逐渐磨损以至损坏，造成机械设备的工作性能和精度的降低。加强机械设备日常的维护管理及有计划的检修，可以延长机械设备的使用寿命，减少因修理而停机的时间。采用新技术、新工艺、新材料修复零件的尺寸形状、提高修理质量、降低修理成本，是充分发挥机械设备经济效益的一条经济、有效的措施。机械设备维修人员的任务就是要采用各种方法修复或更换零件，使机械设备恢复应有的精度和工作性能。在某种情况下，甚至通过修理还可以提高机械设备的工作性能。

《轻工业机械设备安装与修理》是轻工业机械装备专业的一门专业课程，是以研究轻工业机械设备安装与修理基本理论和工艺技术为主的技术学科。本课程的任务是通过轻工业机械设备安装与修理的工艺理论和机械设备的安装、零部件的装配，以及修理工艺方法的教学，使学生掌握轻工业机械设备安装修理所必需的基础知识、工艺理论，具有运用所学知识分析机械设备安装修理中所存在问题的能力；掌握机械设备安装修理的基本技能、常用工艺方法，初步具有处理机械设备安装修理中所遇到技术问题的能力。

《轻工业机械设备安装与修理》是一门既有严密理论知识，又有很强实践性的学科。学习中要密切与有关基础课程和专业课的衔接和配合，加强对基本概念和基本原理的理解、掌握。同时，通过教学实验和实习，加强实际操作技能的训练。

第一章 机械设备基础

第一节 地基及基础设计

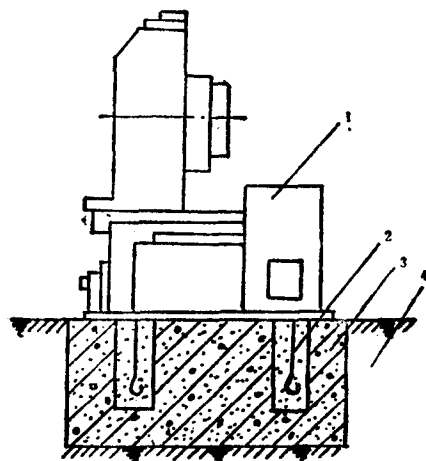


图 1-1 地基及基础示意图

1—机械设备 2—地脚螺栓 3—基础 4—地基

机械设备的全部载荷由它下面的地层来承担，受机械设备载荷影响的那一部分地层称为地基。机械设备向地基传递载荷的这部分结构就是基础，如图1-1所示。

一、地 基

地基支撑着机械设备及其基础，为了保证机械设备的正常运转，地基的土层必须具有一定的强度，能够承受机械设备及基础的载荷，以及机器运转时各种惯性力的作用，并且不能发生整体或局部沉陷。地基的土层还要能够排除地下水、流砂、松散土质的影响。

(一) 地基土承载力的确定

地基土层在载荷作用下将产生相应的变形，载荷增大到一定程度时，地基土便会因剪切破坏而丧失稳定性；另一方面，地基的变形（一般是不均匀的）如果超过所容许的限度，机械设备就会严重倾斜。地基土的容许承载力就是指能满足上述强度和变形两方面要求的地基土单位面积的负载能力。根据我国《工业与民用建筑地基基础设计规范》(TJ7—74)，当基础的宽度小于或等于3m，埋深为0.5~1.5m时，各类土壤的容许承载力列于表1-1~表1-8。

表 1-1

碎石土容许承载力[R]

(MPa)

| 土的名称 | 密 实 度 | | |
|------|----------|---------|---------|
| | 稍 密 | 中 密 | 密 实 |
| 卵石 | 0.3~0.4 | 0.5~0.8 | 0.8~1 |
| 碎石 | 0.2~0.3 | 0.4~0.7 | 0.7~0.9 |
| 圆砾 | 0.2~0.3 | 0.3~0.5 | 0.5~0.7 |
| 角砾 | 0.15~0.2 | 0.2~0.4 | 0.4~0.6 |

注：1. 表中数值适用于骨架颗粒空隙全部由中砂、粗砂或硬塑、坚硬状态的粘性土所充填。

2. 当粗颗粒为中等风化或强风化时，可按其风化程度适当降低容许承载力。当颗粒间呈半胶结状时，可适当提高容许承载力。

表 1-2

砂土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| 土的名称 | | 密 实 度 | | |
|------------------|----|-----------|-----------|------|
| | | 稍 密 | 中 密 | 密 实 |
| 砾砂、粗砂、中砂(与饱和度无关) | | 0.16~0.22 | 0.24~0.34 | 0.40 |
| 细砂、粉砂 | 稍湿 | 0.12~0.16 | 0.16~0.22 | 0.3 |
| | 很湿 | | 0.12~0.16 | 0.2 |

表 1-3

老粘性土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| 含水比 u | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| 容许承载力 $[R]$ | 0.70 | 0.58 | 0.50 | 0.43 | 0.38 |

- 注 1. 含水比 u 为天然含水量 ω 与液限 ω_L 的比值。
2. 本表仅适用于压缩模量 E_c 大于 15MPa 的老粘性土。

表 1-4

一般粘性土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| 孔隙比 e | 塑性指数 I_p 液性 指数 I_L | ≤ 10 | | | > 10 | | | | | |
|---------|------------------------------|-----------|------|------|--------|------|------|--------|--------|------|
| | | 0 | 0.5 | 1.0 | 0 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.20 |
| 0.5 | | 0.35 | 0.31 | 0.28 | 0.45 | 0.41 | 0.37 | (0.34) | | |
| 0.6 | | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.38 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | (0.25) | |
| 0.7 | | 0.25 | 0.21 | 0.19 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.18 |
| 0.8 | | 0.20 | 0.17 | 0.15 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.13 |
| 0.9 | | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.13 | 0.10 |
| 1.0 | | | 0.12 | 0.10 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | |
| 1.1 | | | | | | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | |

注: 有括号者仅供内插用。

表 1-5

沿海地区淤泥和淤泥质土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| 天然含水量 ω (%) | 36 | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 75 |
|--------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 容许承载力 $[R]$ | 0.10 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 |

- 注: 1. 对于内陆淤泥和淤泥质土, 可参照使用。
2. ω 为原状土的天然含水量。

当基础宽度大于 3m, 埋置深度大于 1.5m 时, 地基土容许承载力应按一定的公式进行修正。容许承载力的修正公式, 本书从略, 必要时可参考有关资料。

(二) 地基的加固

对于抗剪强度较低、压缩性较高、渗透性较少的淤泥、某些充填土和杂填土, 往往

表 1-6

红粘土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 含水比 w | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| 容许承载力 $[R]$ | 0.35 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.12 | 0.11 |

注：本表适用于广西、贵州、云南地区的红粘土。对于母岩、成因类型、物理力学性质相似的其他地区的红粘土，可参照使用。

表 1-7

粘性素填土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|
| 压缩模量 E_s (MPa) | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 容许承载力 $[R]$ | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.08 | 0.06 |

注：本表只适用于堆填时间超过十年的粘土和亚粘土，以及超过五年的轻亚粘土。

表 1-8

新近沉积粘性土容许承载力 $[R]$

(MPa)

| 孔隙比 e | 液性指数 I_L | | |
|------------|-------------|------|------|
| | ≤ 0.25 | 0.75 | 1.25 |
| ≤ 0.8 | 0.14 | 0.12 | 0.10 |
| 0.9 | 0.13 | 0.11 | 0.09 |
| 1.0 | 0.12 | 0.10 | 0.08 |
| 1.1 | 0.11 | 0.09 | |

会出现地基土强度和变形不能满足设计要求的问题，需要对地基采取加固的措施。加固的目的是提高地基土的强度，保证地基的稳定，降低地基土的压缩性，减少基础的沉降和不均匀沉降。

常用的地基加固方法有以下几种：

1. 换土填层法

换土填层法是将基础下一定范围内的弱土层挖去，换用具有较大强度的砂、碎石或素土等充填，并分层夯至密实，作为地基的持力层。垫层厚度一般为基础宽度的0.5~1倍；垫层底部宽度一般为基础宽度的1.8~2.5倍。垫层的材料采用颗粒级配良好、具有良好压实性、质地硬的中砂、粗砂、砾石、卵石和碎石（粒径不大于10mm）。砂垫层的含泥量不宜大于3%。垫层施工时，含水量控制在3~12%之间，含水量过低或过高都将影响夯实效果。

2. 机械压实法

机械压实法是使一定含水量范围内的地基土通过碾压或夯击，提高强度，降低压缩性。机械压实有很多种方法，常见的有：

(1) 重锤夯击法 重锤夯击法是利用起重机械将重锤提高到一定高度，然后自由落下，重复夯打以加固地基。重锤夯击的效果与夯锤的重量、锤底的直径、落距、夯实的遍数和土的含水量等有密切的关系。重锤夯击法适用于处理稍湿的各种粘性土、砂土。

杂填土以及湿陷性黄土等。

(2) 机械碾压法 机械碾压法是采用压路机或其它碾实机械来压实松散的地基土。碾压的效果决定于被压实土的含水量和压实机械的压实能量。因此在施工时,应根据碾实机械的压实能量,控制碾压土的含水量,选择适当的分层碾压厚度和碾压遍数。

(3) 振动压实法 振动压实法是一种在地基表面施加振动力,以振实浅层松散土的方法。实践证明,利用振动机械处理砂土地基、炉渣、碎石等无粘性土为主的填土地基的效果良好。振动压实的效果决定于土的成分和振动时间。但是超过一定时间后,压实效果趋于稳定,继续施加振动力也不能起进一步的作用了。

3. 水泥灌浆法

对于砾石或粗砂沉积的松散地基土,可以在其孔隙内压力灌注水泥砂浆,使地基土注入水泥砂浆后变成象混凝土那样坚硬的材料,从而提高地基土的强度。地基土混凝土化的效果,取决于地基土的透水性和孔隙的大小。因此对于砾石及粗粒砂土可以灌注含有细砂的水泥浆。而对于中粒砂土,即使压力灌注纯水泥浆也几乎不发生效果。

4. 用桩及砂桩加固法

(1) 用桩加固法 用桩加固地基土的方法是将木材、钢管、钢筋混凝土或石料打入地基土中,靠它的挤压,夯实了地基土。

(2) 挤密砂桩加固法 挤密砂桩法是先往地基土中打入桩管,然后向拔出桩管的孔中填入砂或砾石、石灰石等材料,并通过冲击和振动,把上述材料挤入土中而成的。此法适用于处理深层松砂、杂填土和粘土粒含量不高的粘性土。

5. 化学加固法

利用化学溶液或胶结剂,通过压力灌注或搅拌混合等措施,将地基土粒胶结起来的地基处理方法称为化学加固法。目前化学加固的浆液主要有水泥浆液、以水玻璃为主的浆液、以丙烯酸氨为主的浆液和以纸浆液为主的浆液。其中以高标号的硅酸盐水泥和速凝剂等组成的水泥浆液应用较多。化学加固的施工工艺有多种,例如压力灌注、高压旋喷、旋转搅拌和电硅化等方法。

二、机械设备的基礎

(一) 机械设备对基础的要求

对任何机械设备来说,基础是可靠的底座。为了保证机械设备长久、稳定地正常工作,机械设备的基础必须满足以下要求:

(1) 基础必须根据生产工艺上的要求,把机械设备牢固地固定在一定的位置上。

(2) 基础应具有足够的强度,能够承受机械设备的重量和机器运转时所产生的动载荷及其它载荷(如风载荷、地震载荷等)的作用,并能够将这些载荷均匀地传布到地基去。

(3) 基础应具有足够的刚度,不会在载荷作用下发生变形。

(4) 基础应具有足够的稳定性,不会在载荷作用下发生过度的沉陷及倾倒。

(5) 基础应具有能吸收或隔离因机械设备作用所产生的振动。

(6) 基础应具有有一定抗腐蚀的能力，能耐地面上、下各种气体、液体等介质的腐蚀。

合理地设计基础并进行科学施工，必须充分了解地基的水文、地质条件、机械设备的总重量、机械设备的倾覆力矩、机械设备的振动频率、机械设备底座的尺寸、地脚螺栓的位置及尺寸和基础材料的特性等。

(二) 机械设备基础的分类

基础按其所承受负荷性质及结构的不同进行分类。

1. 按承受负荷性质分类

(1) 受静负荷作用的设备基础 这类基础仅承受设备本身及其内部物料重量的静负荷作用，基本上没有动负荷（有时需考虑风载荷所产生的倾覆力矩），例如贮罐、塔设备等。

(2) 受动负荷作用的机器基础 这类基础不仅承受机器自重的静力负荷作用，还受到机器中运动部件不平衡的惯性力或冲击作用所引起的动负荷作用，如往复式压缩机工作时产生的惯性力，冲床的冲击力，离心机的离心力。

2. 按结构分类

(1) 单块式基础 这类基础是根据工艺上的要求单独建造的，它不与其它基础或厂房基础相连接。单块式基础又分为：实体式基础（图1-2a），它用于安装重量较大，外形简单的设备；地下室式基础（图1-2b），它用于安装重量较轻的设备；墙式基础（图1-2c），它用于安装回转式的设备或贮罐；构架式基础（图1-2d），它用于安装需要在底部操作的设备，如合成塔等。

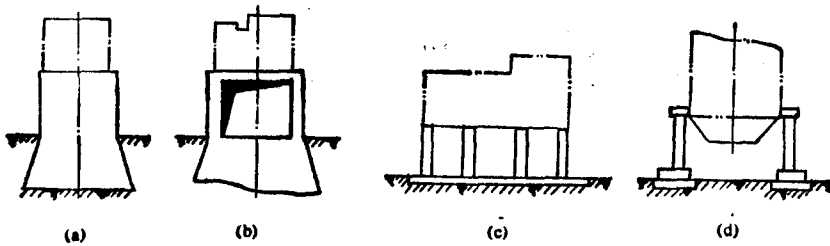


图 1-2 单块式基础

(a) 实体式 (b) 地下室式 (c) 墙式 (d) 构架式

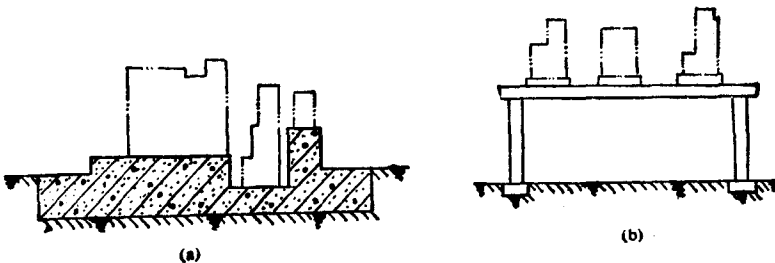


图 1-3 大块式基础

(a) 整体大块式 (b) 框架式

(2) 大块式基础 这类基础是建成连续大块状, 以供邻近的多台设备、辅助设备和工艺管道的安装 (图1-3)。厂房的混凝土楼板也可以作为大块式的基础来使用。

(三) 机械设备基础的设计计算

基础的设计工作包括选择基础的类型, 以及在保证技术要求和经济的前提下, 确定基础的尺寸。

1. 基础尺寸的确定 (图1-4)

(1) 基础重量 为了保证基础的稳定性, 基础的重量一般应大于所安装机械设备的重量。对于机器来说, 还应考虑动载荷所产生惯性力的作用。动载荷对基础重量的影响可按式 (1-1) 验算:

$$G = \alpha Q \quad (1-1)$$

式中 G ——基础的重量 (kg)

Q ——机械设备的重量 (kg)

α ——载荷系数, 见表1-9

(2) 基础的高度 由基础的重量 G , 可以求得基础的体积 V ,

$$V = \frac{G}{q}$$

式中 V ——基础的体积 (m^3)

q ——单位体积基础的重量, 对混凝土基础 $q \approx 2000 \text{ kg/m}^3$

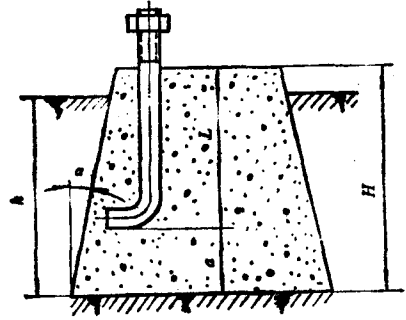


图 1-4 基础的几何尺寸

表 1-9 α 值的选取

| 机 器 种 类 | α |
|------------------------|----------|
| 卧式、对置式活塞压缩机 | |
| 活塞速度 $v=4 \text{ m/s}$ | 4.5 |
| 活塞速度 $v=3 \text{ m/s}$ | 3.5 |
| 活塞速度 $v=2 \text{ m/s}$ | 2.5 |
| 活塞速度 $v=1 \text{ m/s}$ | 2 |
| 反转、制动的电动机 | 20 |
| 不反转、不制动的电动机 | 10 |
| 汽轮发电机 | 5 |
| 立式活塞压缩机 | 2.03 |
| 回转式机械 | 10 |

根据基础的体积，可以计算基础高度 H ：

$$H = \frac{V}{LB} \quad (1-2)$$

式中 L ——基础的长度，取设备底座长度加300~400mm

B ——基础的宽度，取设备底座宽度加200~300mm

基础面积的计算，本节后述。

(3) 地脚螺栓埋入的深度 L 当拧紧地脚螺栓，地脚螺栓受到拉应力的作用。地脚螺栓的拉应力与螺栓的拧紧力成正比。这时，靠近地脚螺栓四周的基础受到一个剪切应力的作用。根据等强度的原则，地脚螺栓的拉应力和基础受到的剪切应力应相等。因此有

$$\frac{\pi d^2}{4} \sigma_0 = LS \sigma_s$$

地脚螺栓埋入深度 L 为

$$L = \frac{\pi d^2 \sigma_0}{4S \sigma_s} \quad (1-3)$$

式中 d ——地脚螺栓直径 (mm)

S ——地脚螺栓四周的混凝土基础对抗剪切的周边面积， $S = \pi dL$ (mm^2)

d ——地脚螺栓的直径 (mm)

σ_0 ——地脚螺栓抗拉应力 (MPa)

σ_s ——混凝土抗剪切应力 (MPa)

工程实践中，地脚螺栓埋入深度，一般可根据土壤性质、基础类型、安装定位标高、地脚螺栓种类等要求而变化。对无特殊要求的基础，地脚螺栓埋入深度可取(18~20) d 。

(4) 其它几何尺寸的确定

如果无工艺要求，基础一般高出地面50~100mm，以保持基础表面的清洁。

基础表面边缘距离设备底座边缘应不小于50~100mm。

基础侧面如果做成倾斜，其倾斜角 α 一般在0~15°范围内。

2. 基础承受静力负荷的验算

设备的基础通常仅承受设备自身及其内部物料重量的静力负荷，即仅有轴向载荷 N (图1-5a)；对于室外安装的塔类设备，还要承受风力载荷及其它载荷对基础产生倾覆力矩 M (图1-5b)的作用。

(1) 只承受轴向载荷的基础 只承受轴向载荷的基础，其底面积的平均压力 P 为：

$$P = \frac{N+G}{F} \times 10^{-2} \text{ (MPa)}$$

式中 N ——基础上的轴向载荷 (t)

G ——基础的自重 (t)

F ——基础的底面积 (m^2)

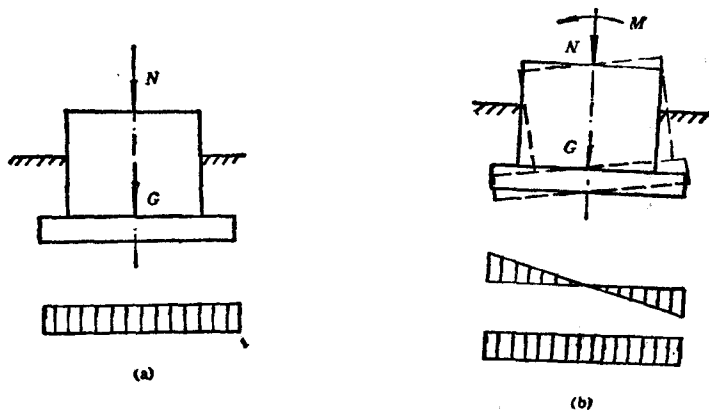


图 1-5 静力负荷基础受力状况

(a) 承受轴向载荷的基础 (b) 承受倾覆力矩作用的基础

按容许承载力计算地基时，应满足下式要求。

$$P \leq (R)$$

式中 (R) ——地基土容许的承载力

于是，基础底面积应满足下式要求：

$$F \geq \frac{N+G}{(R)} \quad (1-4)$$

(2) 同时承受轴向载荷及倾覆力矩作用的基础 当基础只承受倾覆力矩作用时，假定基础矩形底面的压力按线性分布，其边缘处的最大压力值为 P_M 。根据力矩平衡方程可得基础上承受的倾覆力矩 M 为：

$$M = \frac{1}{6} P_M \cdot B^2 \cdot A$$

即

$$P_M = \frac{6M}{BF}$$

式中 A ——基础矩形底面积的长度

B ——基础矩形底面的宽度

F ——基础的底面积

P_M ——基础矩形底面边缘处，受倾覆力矩作用引起的最大正应力

当基础同时承受轴向载荷及倾覆力矩作用时，基础矩形底面边缘处的最大压力 P_{max} 为：

$$P_{max} = \frac{N+G}{F} + \frac{6M}{BF}$$

为安全起见，基础底面边缘最大压力 P_{max} 不能超过 $1.2(R)$ 。同时为防止倾覆力矩翻倒基础及设备，还应保证 $\frac{N+G}{F} \geq 1.2 \frac{6M}{BF}$ 。按容许承载力计算地基时，即应满足下

式:

$$F \geq \frac{N+G}{1.2(R)} + \frac{6M}{B(R)} \quad (1-5)$$

3. 基础振动的验算

塔类设备及其它室外高大设备由于风载荷的作用, 机器由于回转不平衡质量而产生惯性力, 冲击力等机械扰力的作用, 将导致基础产生强迫振动。若基础的自然振动频率与强迫振动频率相同时, 将产生共振现象。此时强迫振动的振幅理论上达到无穷大, 甚至毁坏机械设备。因此, 基础设计必须避免共振现象的产生, 并限制基础的振幅。

(1) 机械扰力圆频率的验算

根据振动理论, 基础自振圆频率可按下式计算:

$$\lambda = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{cF}{m}} \quad (1-6)$$

式中 λ ——基础自振圆频率 (1/s)

k ——地基抗压或抗剪刚度 (t/m)

c ——地基抗压或抗剪刚度系数 (t/m²)

F ——基础底面积 (m²)

m ——基础的质量, $m = \frac{N+G}{9.81}$ (t·s²/m)

N ——机械设备的重量 (t)

G ——基础的重量 (t)

设计中应尽量使基础的振动频率避开共振区, 即要求

$$\omega < 0.75\lambda \text{ 或 } \omega > 1.25\lambda$$

式中 ω ——机械扰力的圆频率, $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ (1/s)

n ——机器运转的转速 (r/min)

机械扰力可分为垂直分力和水平分力两部分。验算垂直扰力基础自振圆频率时, 刚度系数 c 采用地基抗压刚度系数 c_s , 其值可按表1-10选取。验算水平扰力基础自振圆频率时, c 采用地基抗弯刚度系数 c_b , 其值近似按 $c_b = 0.7c_s$ 选取。

在 $\omega < 0.75\lambda$ 及 $\omega > 1.25\lambda$ 的式中, 更多的是采用 $\omega < 0.75\lambda$ 的要求。为了增大基础的自振频率, 往往采用把邻近的多台机械设备的基础造成大块式基础。这样, 在式(1-6)中, F 值增大, λ 值就随之增大。也就是 F 的改变, 便引起 λ 的改变。所以设计一个合理的底面积是重要的。

(2) 基础振幅的验算 基础振动的振幅应严格加以控制, 即应满足:

$$A \leq (A) \quad (1-7)$$

式中 A ——预期的基础振幅最大值 (mm)

(A) ——基础许可振幅极限值 (mm), 数值见表1-11

对于曲柄连杆机器的基础, 其振幅可按式(1-8)、(1-9)及(1-10)计算:

$$\text{垂直振幅} \quad A_s = \frac{10P_s}{C_s F - m\omega^2} \quad (\text{m}) \quad (1-8)$$

式中 P_s ——机械扰力的垂直分力 (kN)

表 1-10

天然地基的抗压刚度系数 C_s (kN/m³)

| 基土容许承载力 [R] (MPa) | 岩石、碎石 | 粘 土 | 砂 土 |
|----------------------|--------|-------------|-------|
| 0.80 | 135000 | | |
| 0.70 | 117000 | | |
| 0.60 | 102000 | | |
| 0.50 | 88000 | | |
| 0.4 | 74000 | | |
| 0.30 | 61000 | 53000~61000 | 48000 |
| 0.25 | | 44000~53000 | 41000 |
| 0.20 | | 36000~45000 | 34000 |
| 0.15 | | 28000~35000 | 26000 |
| 0.10 | | 20000~25000 | 18000 |
| 0.075 | | 14000~18000 | |

注：1. 粘土的可塑性好，取大值，反之取小值。

2. 表中的 c_s 值适用于 $F \geq 20\text{m}^2$ 时 (F —基础底面积)，当 $F < 20\text{m}^2$ 时，应乘以 $\sqrt{\frac{20}{F}}$ 进行修正。

表 1-11

机械设备基础的许可振幅极限

| 振动的种类 | 振 动 频 率 (1/s) | | | | | | | |
|-------|--------------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|
| | <500 | 500 | 750 | 1000 | 1500 | 3000 | 5000 | 10000 |
| | 基础的许可振幅极限 [A] (mm) | | | | | | | |
| 垂直振动 | 0.16 | 0.12 | 0.09 | 0.075 | 0.06 | 0.03 | 0.015 | 0.005 |
| 水平振动 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.05 | 0.020 | 0.0075 |

m ——机械设备与基础的质量 (kN·s²/m)

ω ——机器的角速度 (1/s)

c_s ——地基抗压刚度系数 (t/m³)，数值见表 1-10

F ——基础底面积 (m²)

水平振幅可根据基础高度 h 及活塞运动方向内的基础底部尺寸 a_s 的比例作近似计算：

当 $a_s > 3h$ 时，

$$A_s = \frac{10P_s}{c_s F - m\omega^2} \quad (\text{m}) \quad (1-9)$$

当 $a_s < \frac{h}{2}$ 时，