

地脚螺栓锚固方法

冶金部建筑研究总院 编

冶金工业出版社



地脚螺栓锚固方法

冶金部建筑研究总院 编

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书综合介绍了地脚螺栓锚固新方法及其在工程中的实际应用经验。比较详细地叙述了环氧砂浆、不饱和聚酯树脂砂浆、振动冲压干硬性水泥砂浆等锚固地脚螺栓新方法的原理、施工方法和实际应用的效果。

本书还简要介绍了过去常用的各种地脚螺栓锚固方法。

本书可供土木工程的设计、施工，机械安装以及厂矿设备检修等部门的工程技术人员和工人使用，也可供科研和教学人员参考。

地脚螺栓锚固方法

冶金部建筑研究总院 编

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

龙潭印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 4 1/2 字数97千字

1983年3月第一版 1983年3月第一次印刷

印数00,001~7,000册

统一书号：15062·3936 定价0.48元

前 言

建筑工程中，为把机器设备固定到混凝土或钢筋混凝土基础上，都要采用地脚螺栓。

过去，地脚螺栓的锚固大多采用预埋螺栓法和预留孔法。这些方法施工复杂，耗钢量大，费工费时，并且难于保证质量。近几年来，我国采用了不少新的地脚螺栓型式和新的地脚螺栓锚固方法，如树脂砂浆、振动冲压干硬性水泥砂浆锚固地脚螺栓方法。这些方法改变了过去的施工工艺，大大简化了施工程序，可以节省大量钢材，减少劳动量，并缩短了工期。尤其对挖潜、改造工程，其技术经济效果更为显著。

为在冶金、建筑等工业部门的施工中更好地发挥这些锚固方法的作用，我们编写了这本《地脚螺栓锚固方法》，从实际应用出发，介绍地脚螺栓的锚固原理和使用方法。

本书由唐承邦、黄介铭、郑熙琴、马凤田等同志编写。编写过程中得到各有关部门和同志的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

由于我们实践经验不多，水平有限，书中缺点、错误在所难免，恳切希望读者予以批评指正。

编 者

一九八二年五月

目 录

第一章 概述	1
一、地脚螺栓的使用及其要求	1
二、地脚螺栓的型式和构造	2
第二章 传统的地脚螺栓锚固方法	13
一、锚固方法	13
二、锚固强度及锚固深度的计算	18
第三章 钻孔锚固螺栓法	28
一、钻孔锚固螺栓法的特点	28
二、钻孔锚固螺栓法的类型	29
三、钻孔锚固螺栓法的成孔方法	29
第四章 环氧砂浆锚固地脚螺栓	39
一、锚固原理及材料、配合比	39
二、抗拔性能	44
三、应力分布及锚固深度	50
四、大直径地脚螺栓的抗拔性能	54
五、温度对环氧砂浆固化和强度的影响	60
六、老化问题	67
七、施工工艺	68
八、技术经济效益	74
九、工程应用实例	79
第五章 不饱和聚酯树脂砂浆锚固地脚螺栓	80
一、不饱和聚酯树脂砂浆的材料、配合比、固化及强度	80
二、不饱和聚酯树脂砂浆锚固地脚螺栓的性能	91
三、设计与施工	102
四、工程应用及经济效益	106

第六章 振动冲压干硬性水泥砂浆锚固地脚螺栓.....	107
一、材料及配合比	107
二、与锚固强度有关的几个问题	110
三、施工工艺	114
四、工程应用	117
第七章 其他几种钻孔锚固螺栓.....	119
一、自锚螺栓	119
二、膨胀砂浆锚固地脚螺栓	124
三、锥形螺栓	134

第一章 概 述

一、地脚螺栓的使用及其要求

螺栓是机械制造和工程结构中的一种常用的连接件。按其用途和构造形式的不同，螺栓可分为许多类型。地脚螺栓就是其中的一种，主要用来把机器设备固定到坚实的基础之上，以保证机器设备的正常运转。因此又把它叫做基础螺栓，或者叫锚固螺栓。通常有人把固定建筑结构或构筑物于基础上的螺栓和固定各种电缆管道支架及其他设施的螺栓也归属这一类。

在建设一个新工厂时，要用地脚螺栓把工厂里的大部分机器设备固定在混凝土或钢筋混凝土基础上；而对于一些旧工厂，在对工艺设备进行技术改造，更新工艺，用新的机器设备去替换旧的时候，也需要采用新的地脚螺栓去代替旧的地脚螺栓。因此，地脚螺栓的需要量很大，应用范围遍及冶金、机械、矿山、石油化工等各个工业部门。以建设一个轧钢车间为例，用于固定机器设备的地脚螺栓就达两万余根，重达二、三百吨。而且规格繁多。各种机器设备的型式、性能各不相同，采用的地脚螺栓规格也不一样。地脚螺栓的直径一般为12~110毫米，也有达180毫米以上的；地脚螺栓的长度，短的只有20、30厘米，长的可达6、7米；地脚螺栓的重量，最轻的一根不到一公斤，最重的一根可达一吨多。一般直径越大，长度也越长。

为了满足使用要求，地脚螺栓一般应该具备以下几个条件：首先，地脚螺栓本身应有一定的强度；其次，地脚螺栓

必须可靠地锚固在基础上；第三，地脚螺栓锚固在基础上的位置（包括地脚螺栓露出基础表面的长度，即螺栓顶部标高），必须符合机器设备的要求。

地脚螺栓应有的强度，应根据被固定的机器设备在生产运转过程中可能产生并传递到地脚螺栓上的荷载性质和大小进行确定。通过选择适当的螺栓材质和直径大小来满足强度要求。为使地脚螺栓牢固、准确地锚固在钢筋混凝土基础上，还应采用有效的而且经济合理和施工简便的地脚螺栓型式和锚固方法。

目前，我国用于制做地脚螺栓的材料大多是3号钢，其屈服极限 $\sigma_s = 2400$ 公斤/厘米²，容许抗拉强度一般为 $[\sigma] = 1400$ 公斤/厘米²。

二、地脚螺栓的型式和构造

根据地脚螺栓埋入基础的形式，可将地脚螺栓分成两大类，即死螺栓和活螺栓。死螺栓系指锚固于基础之后不能随意拆除和更换的地脚螺栓。活螺栓则正好相反，它安设在基础之后，可以根据需要随时拆卸、取出更换。

1. 死螺栓

一般，死螺栓的埋入部分全由混凝土包裹，可在基础浇灌混凝土之前，把其架设安装到设计位置上。也可在浇灌基础混凝土时预留出螺栓孔，然后再把螺栓放入孔中，用水泥砂浆或细石混凝土将孔充填。另外，也可在浇灌好的混凝土基础上，用钻孔设备钻出螺栓孔，然后用树脂砂浆等胶结材料注入孔内，把螺栓锚固。死螺栓的使用范围比较广泛，其直径可为12~115毫米。

按照螺栓埋入端的构造形式，可将死螺栓分成弯钩螺栓、爪肢螺栓、锚板螺栓、锥形螺栓和直杆螺栓。

(1) 弯钩螺栓 为了增加地脚螺栓在混凝土基础内的锚固能力,最常用的一种做法,就是把地脚螺栓的埋入端做成弯钩(图1-1a)、直钩(图1-1b),或者做成弯折形式(图1-1c)。当两个地脚螺栓的间距很近时,可把两个地脚螺栓的钩连在一起,做成U形,称为U形螺栓(图1-1d)。另外,也可把地脚螺栓的埋入端做成鱼尾形,称为鱼尾螺栓(图1-1e)。

弯钩螺栓一般用作直径小于42毫米的地脚螺栓。其中弯折螺栓、U形螺栓和鱼尾螺栓,仅用作直径较小的地脚螺栓。

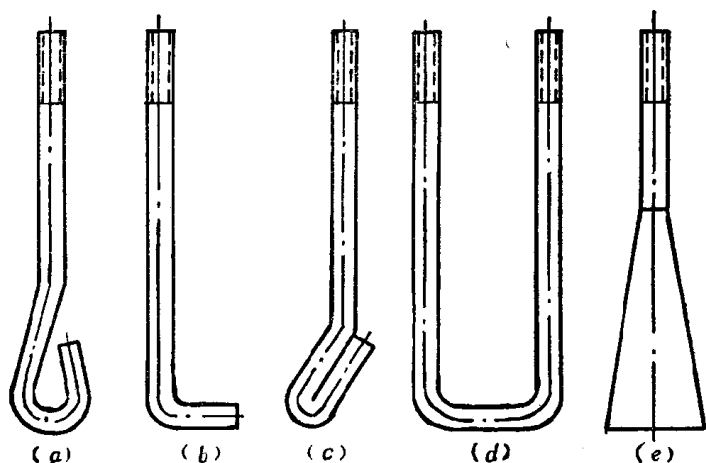


图 1-1 弯钩螺栓

(2) 爪肢螺栓 这是一种比较好的地脚螺栓型式。在其埋入端端部焊上由短钢筋做成的爪肢,如图1-2所示。爪肢螺栓对基础的传力较弯钩螺栓有利,一般可用作直径30~76毫米的地脚螺栓。爪肢的配制,可根据不同情况参照以下几个原则:

1) 爪肢的截面积总和应不小于螺栓截面积的 $2/3$ 。

2) 爪肢宜设于螺栓底端，并沿螺栓周长均匀分布。当爪肢数量超过4支时，可分成上下两层。上下两层的爪肢应错开排列。

3) 爪肢的长度可取为螺栓直径的6倍。其长度的 $1/3$ 焊于螺栓上，并在此弯折成 120° 角。

(3) 锚板螺栓 锚板螺栓就是将一块方形钢板（锚板）焊于地脚螺栓的埋入端部，依靠锚板把地脚螺栓锚固于基础中。为加强锚板的刚度和满足螺栓与锚板的焊接强度要求，一般还焊有四块加劲肋板（如图1-3a）。此外，还可用

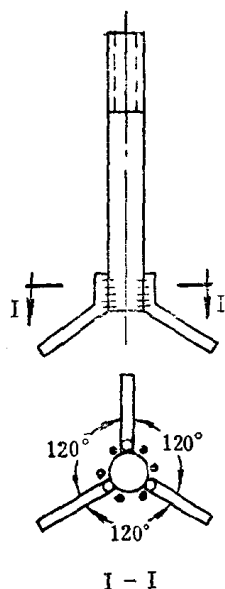


图 1-2 爪肢螺栓

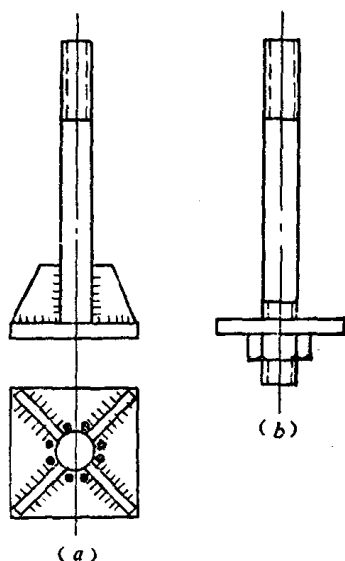


图 1-3 锚板螺栓

螺母把锚板固定在螺栓上（如图1-3b）。锚板螺栓对基础的传力情况比前两种螺栓更为有利，一般可用作直径较大的地

脚螺栓。

(4) 锥形螺栓 锥形螺栓就是在地脚螺栓的埋入端部做成扩大的圆锥体(如图1-4)。这种地脚螺栓一般安装在混凝土基础上的预留孔或钻好的孔内,然后用水灰比较小的水泥砂浆灌实。锥体底面的直径约为螺栓直径的1.5倍,锥体母线对螺栓轴线的夹角 α 一般采用 $5^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 为宜。

(5) 直杆螺栓 直杆螺栓是近年来出现并发展起来的一种采用新方法锚固的地脚螺栓型式,它是不带弯钩、爪肢、锚板的光面直杆螺栓(如图1-5)。这种螺栓用粘结力较强的树脂砂浆等材料粘结锚固,或用振动冲压设备将干硬性水泥砂浆冲压密实而锚固。直杆螺栓应安装在用钻机钻出的混凝土基础孔中。

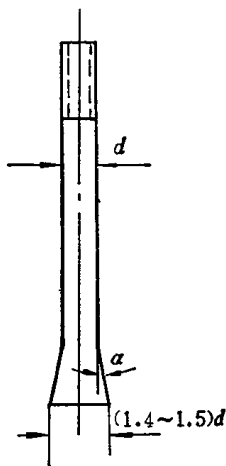


图 1-4 锥形螺栓



图 1-5 直杆螺栓

以上几种螺栓中,爪肢螺栓和锚板螺栓按预埋螺栓法施工;锥形螺栓和直杆螺栓采用钻孔锚固法施工;弯钩螺栓,有的采用预埋螺栓法施工,也可采用预留孔法施工。

2. 活螺栓

活螺栓的全部螺杆不与基础混凝土接触，它通过埋在混凝土基础内或安装在基础洞穴内的锚板来起锚固作用。螺杆与锚板采用活的连接，因而可以拆卸。活螺栓的锚板上，一般焊有可一直通到基础表面的钢套管，套管内不充填任何东西，仅当螺栓安装固定好后，在套管上端200毫米范围内，填塞浸油麻丝予以覆盖，以免脏物等进入。活螺栓一般多用来固定有较大动力作用的设备。因此也就多用作直径较大的螺栓。其构造形式，常用的有以下几种：

(1) 丁头螺栓 地脚螺栓的下端焊有矩形头而呈丁字形。它由丁字形螺栓、特制的锚板和焊于锚板上的钢套管以及连在锚板下面的一个保护盒子组成（如图1-6）。锚板通常是铸钢件，中间有一个长方形孔，以便能使螺栓的矩形头穿

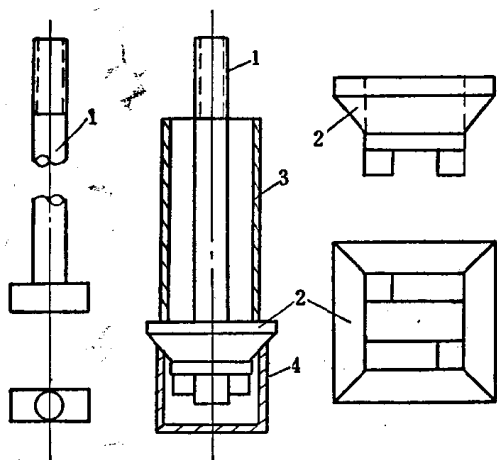


图 1-6 丁头螺栓

1—螺杆；2—锚板；3—套管；4—盒子

过。为防止在拧紧螺母时地脚螺栓跟着转动，锚板的底面上

设有对角分布的两块凸出部分，以顶住地脚螺栓头。连在锚板上的套管和盒子，主要是为了留出地脚螺栓部位的孔洞。

浇灌混凝土基础时，可先不安装丁头螺栓，仅将锚板（连同焊于锚板上的套管和盒子一起）埋设在基础内，^⑤待机器设备安装时才将丁头螺栓插入，矩形头穿过锚板上的孔后再旋转90°角，拧紧螺母，螺栓即被锚固。

（2）拧入螺栓 拧入螺栓由螺杆、特制的锚板和焊于锚板上的套管组成（图1-7），螺杆的下端和上端端部都加工有丝扣。螺杆与锚板采用螺纹连接。锚板也是铸钢的，中间具有能使螺栓拧入并紧固的丝扣，起到固定螺母的作用。

拧入螺栓与丁头螺栓一样，在浇灌混凝土基础时，可先不安装，仅把锚板和套管埋于基础内，待安装机器设备时，再将拧入螺栓拧入锚板的丝扣内。

（3）对拧螺栓 对拧螺栓由螺杆、锚板和固定下端的螺母组成。如地脚螺栓的下端靠近基础中的沟槽、隧洞的边缘，就可不必在浇灌混凝土基础时把锚板埋入，只要预留出螺栓孔以及在沟槽、隧洞边缘留出安设锚板的位置和安装所需的空间。若锚板位置在沟槽、隧洞的顶部，可将预留的螺栓孔与沟槽、隧洞贯通。这样在安装机器设备时可采用对拧螺栓。

对拧螺栓的螺杆下端也带有丝扣。但锚板不带丝扣，只有一个让螺栓通过的孔，采用螺母把螺栓固定（图1-8）。对

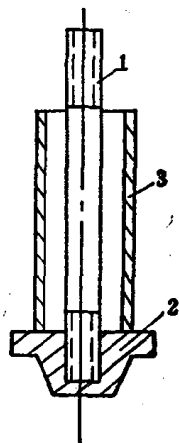


图 1-7 拧入螺栓
1—螺杆；2—锚板；3—套管

拧螺栓主要用于比较大型的、内有通入孔洞的基础。

(4) 自锚螺栓 自锚螺栓是利用下端可以膨胀的装置，使螺栓楔紧在孔内而起到锚固作用的地脚螺栓。所以也称为机械膨胀式螺栓，或胀锚螺栓。这是近几年来推广使用的一种较新型的地脚螺栓。目前使用的自锚螺栓的直径比较小，一般在25毫米以下。

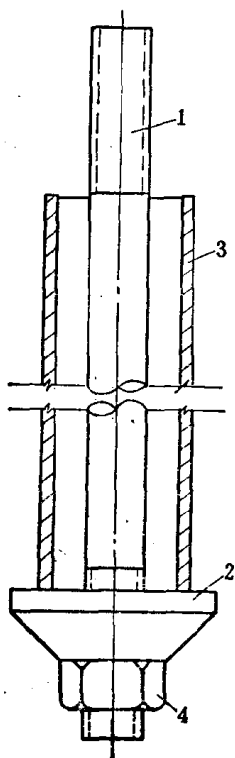


图 1-8 对拧螺栓

1—螺栓；2—锚板；3—套管；4—螺母

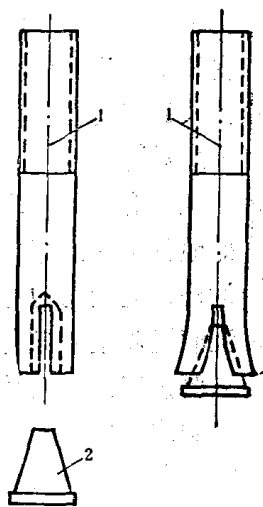


图 1-9 带锚塞自锚螺栓

1—螺栓；2—锚塞

自锚螺栓采用的材料有普通碳素钢、合金钢和塑料等；

其构造形式有带簧片、胀管、或锚塞以及自钻式，密闭式等各种。其中常用的钢制自锚螺栓有以下几种：

1) 带锚塞自锚螺栓，由螺杆和锚塞组成(图1-9)。当锚塞楔入以后，螺杆下端张开成四瓣，而与基础锚紧。

2) 带胀管自锚螺栓，由带圆锥形头的螺杆和胀管组成(如图1-10)。当胀管被压入螺栓下端的圆锥形头时，胀管即张开并与孔壁紧密楔住锚固。

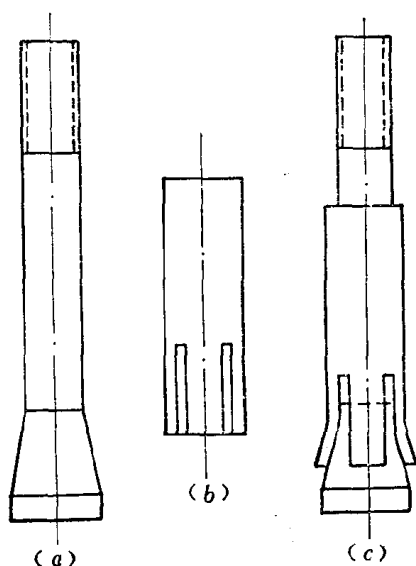


图 1-10 带胀管自锚螺栓

a—螺杆，b—胀管，c—组装

3) 带弹性卡自锚螺栓，由带圆锥形头的螺杆和弹性卡组成(图1-11)。弹性卡由四片厚度变化的筒壳形弹性钢片组成，钢片内表面的坡度与螺杆锥形头表面的坡度一致。弹性卡压入圆锥头而张开，即与孔壁挤紧。

上述几种活螺栓，一般均在机器设备安装时安上，螺栓孔不需填充。对于需要防止油、水等浸蚀的地方，必须采取防护措施。采用自锚螺栓的螺栓孔，其质量要求较高，须严格控制孔的完整和尺寸误差。

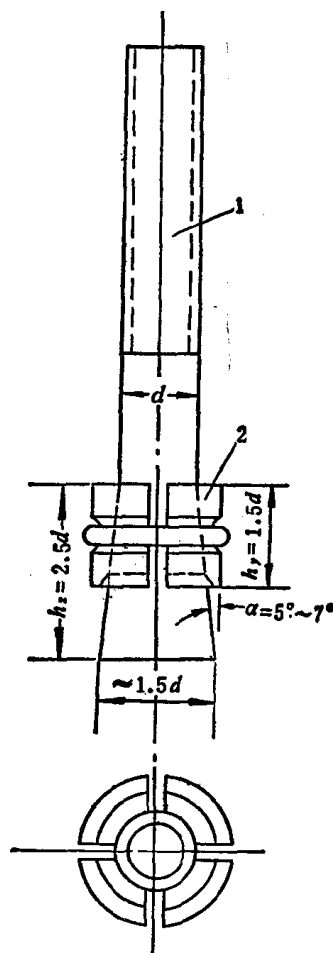


图 1-11 带弹性卡自锚螺栓

1—螺栓；2—弹性卡

3. 锚固要求

地脚螺栓的锚固必须符合以下两点：

(1) 锚固可靠，满足一定的承载能力 锚固在钢筋混凝土基础中的地脚螺栓，承受机器设备运转过程中产生的各种荷载，因此必须具有相应的锚固强度。如果地脚螺栓的锚固失效破坏，则地脚螺栓也就失去了承载能力。地脚螺栓的承载能力，除个别情况外，主要是指地脚螺栓的轴向抗拔能力。与螺栓轴向垂直的外力，一般不考虑由螺栓直接承受，而由机器底座和混凝土基础顶面（二次浇灌层表面）之间的摩擦力来承担。因此，在锚固方面的破坏主要有：由于粘结力的破坏致使螺栓拔出滑移，以及因螺栓周围混凝土的破裂致使螺栓失去承载能力。

因此，应根据可能作用于地脚螺栓上的轴向荷载，选用适当形式的地脚螺栓及其锚固方法，并给予必要的锚固深度，使锚固强度满足所需的承载能力。

当作用于地脚螺栓上的荷载是静荷载时，锚固强度仅需满足静力抗拔（包括安装设备时施加于螺栓的拧紧力）的要求。而当荷载具有冲击、重复作用性质时，还应考虑因冲击和疲劳引起的后果。此外，对于需要防止锈蚀以及考虑其他影响耐久性等因素时，除构造上采取一定措施外，还应留有一定的安全储备。

在确定锚固强度时，应以机器制造厂提供的资料为依据。当从机器制造厂提供的资料中找不到有关作用于地脚螺栓上的荷载数据时，通常以地脚螺栓截面的抗拉强度来决定所需的锚固强度。

(2) 位置准确，符合机器设备的安装要求 由于机器设备本身的因素，对地脚螺栓位置的精确度要求较高，容许