

**烟 囱**  

---

**施 工**  

---

**手 册**  

---

《烟囱施工手册》编写组

水利电力出版社

# 烟 囱 施 工 手 册

## 编写组成员

桑百安 印仁鼎 李训育 唐伯余

储南屏 蔡 峰 陈国安

## 主 审

宋国秉

## 内 容 提 要

本手册系统地论述了建设工程中常见的砖烟囱、钢筋混凝土烟囱、钢烟囱、多管式烟囱的各种施工方法，及其构造、建筑用材、施工准备、质量标准、安全技术等，并附有主要施工方法的机具制作参考图及专用机具的设计计算实例，是指导烟囱施工的一本工具书。

本手册可供施工单位的土建技术人员使用，设计、科研及大专院校土建专业人员也可参考。

责任编辑 蒋仁敏

## 烟囱施工手册

《烟囱施工手册》编写组

\*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经销

北京印刷三厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 16.5印张 374千字

1987年7月第一版 1989年3月北京第二次印刷

印数9761—15030册 定价：6.70元

ISBN7-120-00499-9/TU·8

## 前 言

烟囱是建设工程中的重要构筑物。随着大工业的出现，特别在大型火力发电工程中，高烟囱和新型结构的烟囱不断涌现，烟囱的施工工艺也相应地有了新的变革和发展。广大工程技术人员迫切需要一本系统地介绍烟囱施工工艺，指导烟囱施工的工具书。

1980年水利电力部基建司在江苏镇江召开了烟囱、水塔施工技术经验交流会，介绍和交流了近十余年来数十座烟囱的施工经验。与会同志建议在对这些经验予以系统整理和总结提高的基础上编写《烟囱施工手册》。为此，水利电力部基建司组织江苏、天津电力建设公司及陕西省第三建筑工程公司等单位的有关同志成立了《烟囱施工手册》编写组，开展了本手册的编写工作。

本手册的第一、二、三、六章由原天津电力建设公司桑百安同志编写，第四章由天津电力建设公司印仁鼎同志编写，第五、九章由江苏电力建设公司李训育、唐伯余、蔡峰、储南屏同志编写，第七章由江苏电力建设公司储南屏、蔡峰同志编写，第八章由陕西省第三建筑工程公司陈国安同志编写。

本手册的第一、二稿在1983年前组织和聘请了对烟囱施工有经验的工程技术人员和工人进行了讨论审核。根据该两次的审核意见，由原编作者作了修改和补充。本手册在编写过程中，山西电力建设总公司，山西电力建设一、三公司，东北电力建设三公司，西北电力建设四公司，山东电力建设一公司，上海电力建设工程公司，安徽电力建设二公司，冶金部建筑科学研究总院滑模组，以及西北、中南电力设计院等单位给予了很大支持并提供了有关资料。第七章中的塔架式钢烟囱的排烟管顶升法施工，得到十三冶建设公司的大力协助，在编写该施工方法时也吸取了他们的施工经验。何维峻、潘维雄、马秀敬、朱为荣、周旭华、陈丽珉、孙荣植、高广明、邢一飞、杨水华等同志参加了审稿会，为手册的内容提供了宝贵意见，谨此致谢。

由于新的荷载规范及钢结构设计规范正在编审而尚未颁发使用，本手册中有关施工机具的结构计算举例仍沿用现行规范。有关计量单位及符号参照了《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83-85。

本手册由水利电力部基建司宋国乘、金祖兆同志组审。由宋国乘同志进行全面审校、统稿和定稿工作，并作了部分修改补充。

由于编者水平所限，手册中不妥之处在所难免，热诚地请广大读者给予批评指正。

《烟囱施工手册》编写组

1986年5月

# 目 录

## 前 言

第一章 概 论 .....	1
第一节 烟囱的功用 .....	1
第二节 烟囱构造概要 .....	1
第三节 烟囱的设计系列 .....	5
第四节 烟囱的施工方法 .....	5
第二章 施工准备 .....	10
第一节 测量控制 .....	10
第二节 施工区域平面布置 .....	12
第三节 技术准备 .....	14
第四节 施工组织 .....	20
第五节 烟囱的建筑材料 .....	23
第三章 烟囱基础施工 .....	34
第一节 上方施工及地基处理 .....	34
第二节 基础施工 .....	38
第四章 钢筋混凝土烟囱有井架施工 .....	41
第一节 有井架施工的主要设备 .....	41
第二节 筒身采用提升式模板的施工方法 .....	56
第三节 筒身采用移臂式模板的施工方法 .....	72
第四节 质量标准与安全设施 .....	75
第五章 钢筋混凝土烟囱无井架滑模施工 .....	77
第一节 滑模装置的设计和制备 .....	77
第二节 烟囱滑模施工工艺 .....	103
第三节 出灰门、烟道口、环形悬臂和筒首的施工 .....	121
第四节 滑模装置的拆除 .....	124
第五节 安全设施和质量标准 .....	128
第六章 砖烟囱施工 .....	134
第一节 概说 .....	134
第二节 砖烟囱的构造 .....	134
第三节 砖烟囱的建筑材料 .....	138
第四节 砖烟囱筒身及内衬的施工 .....	141
第七章 钢烟囱施工 .....	145
第一节 钢烟囱的结构类型 .....	145
第二节 自立式钢烟囱的安装 .....	146

第三节	塔架式钢烟囱的安装 .....	149
第四节	钢烟囱的防腐 .....	162
第五节	质量标准 .....	164
第六节	安全技术 .....	165
第八章	多管式钢筋混凝土烟囱的施工 .....	167
第一节	多管式烟囱的发展 .....	167
第二节	多管式烟囱的基本结构类型 .....	169
第三节	多管式烟囱的施工方法 .....	169
第四节	多管式烟囱的工程实践 .....	181
第九章	烟囱特殊部位和附属设施的施工 .....	208
第一节	灰斗平台的施工 .....	208
第二节	爬梯和信号灯平台的安装 .....	208
第三节	避雷设施的安装 .....	211
第四节	纪念标志的施工 .....	211
第五节	航空标志的施工 .....	212
附录一	有井架施工工作台结构的强度计算举例 .....	214
附录二	有井架施工的井架制作参考图 .....	216
附录三	无井架滑模施工机具制作参考图 .....	227
附录四	竖向钢筋自动电渣压力焊简介 .....	254

# 第一章 概 论

## 第一节 烟囱的功用

烟囱有两个功用:

(1) 产生自然的抽力, 并将烟气扩散到卫生标准允许的程度。

(2) 除了保证有效地扩散烟气外, 还具有辅助的作用, 例如, 烟囱筒身可用作大跨度的过江输电线路的支柱, 烟囱基础及灰斗平台下部的空间可作为地下室、人防、仓库等各种辅助性房屋。

## 第二节 烟囱构造概要

烟囱的构造大致可分为基础、筒座、筒身、筒首及一些相应的附属设施, 如爬梯、信号灯平台、避雷装置等, 现分述如下。

(1) 基础。烟囱基础在平面上多采用圆形。当地质条件较好, 地基承载能力较高, 且烟囱的烟道不通过基础时, 也可以采用环形。环形基础的优点: 可以减少基础的体积, 节省材料。基础的埋置深度, 应根据烟囱施工现场的工程地质、地基的承载能力、持力层的厚度、邻近建筑物和烟道的基础埋置深度等因素, 综合考虑确定。埋置深度一般为烟囱地上部分高度的 $1/20 \sim 1/50$ 左右。在基础的底板下, 应设置厚度为100mm的低标号混凝土垫层。

近年来, 在烟囱基础工程中, 也曾采用过空腔基础和非预应力钢筋混凝土锥形薄壳基础。为了改善壳顶平板受力情况, 壳顶中部采用了倒锥形壳。

薄壳与水平面倾斜角约 $20^\circ \sim 45^\circ$ , 一般为 $30^\circ$ 左右。当薄壳基础较大时, 可采用预应力配筋。薄壳的厚度应根据计算确定, 一般为200~400mm。但壳体基础一般不适用于地下水对混凝土有侵蚀性的地方。

烟囱基础的作用与其他建(构)筑物的基础所起的作用基本相同, 把上部的荷载通过基础可靠地传递到地基上。

基础施工时, 应根据设计要求, 埋置沉降观测标。

(2) 筒身。烟囱的筒身可用砖、配筋砖、钢筋混凝土或钢做成。烟囱筒身材料及结构形式的选择, 是根据烟囱的高度、出口直径、耐腐蚀要求、建筑材料等方面通过技术经济比较来确定的。

烟囱筒身根据需要还应设测温孔、检查孔和沉降观测点。

砖烟囱和配筋砖烟囱的高度, 通常不超过80m。钢筋混凝土烟囱的高度, 目前国内已竣工的有240m。在国外, 美国的密契尔电厂的钢筋混凝土多管烟囱高达368m, 是目前世界上最高的烟囱之一。

钢筋混凝土烟囱筒身由于强度、经济以及建筑上的要求，一般都设计成圆锥形。筒身的倾斜度为1%~10%，一般多采用2%。

筒壁的厚度是根据其自重、风荷重和温度应力等，分段计算确定的。通常以10m左右为一段，自下而上的逐渐减薄。筒身上部的最小壁厚，应不小于140mm；当上口的内径（ $D$ ）超过4m时，应适当增加壁厚。

在砖烟囱中：

当 $D \leq 3\text{m}$ 时，最小壁厚为240mm；

当 $D > 3\text{m}$ 时，最小壁厚为370mm。

在钢筋混凝土烟囱中：

当 $D \leq 4\text{m}$ 时，最小壁厚为140mm（当采用滑模施工时宜不小于160毫米）；

当 $4\text{m} < D \leq 6\text{m}$ 时，最小壁厚为160mm；

当 $6\text{m} < D \leq 8\text{m}$ 时，最小壁厚为180mm；

当 $D > 8\text{m}$ 时，最小壁厚为 $180 + (D - 8) \times 10\text{mm}$ 。

为了支承内衬，在钢筋混凝土筒身内壁，沿高度每隔10m左右设环形悬臂（牛腿）。其形式有矩形和斜三角形两种。向筒内挑出的宽度，为内衬和隔热层的总厚度。斜三角形支承牛腿的高度，一般为1.25m，并配置一定数量的钢筋。在环形悬臂中，沿圆周方向，每隔1m左右应设置一道宽度为20~25mm的垂直温度缝。

钢筋混凝土烟囱，当采用“双滑”施工时，为方便施工，其环形悬臂往往设计成矩形的配筋悬臂。在其内侧的外露部分，应抹以耐火、耐酸砂浆。

砖烟囱应根据其排烟温度来决定是否设置内衬。当排烟温度不超过150℃时，一般可不另设置内衬；若排烟温度较高，则应设置内衬。内衬的构造一般与钢筋混凝土烟囱的砖内衬相同。

钢烟囱的内衬，视其设计的要求，采用喷涂或抹、刷等工艺。

烟囱筒身在水平烟道入口处的孔洞，按结构的受力情况，应作成椭圆形或圆形，但为了施工方便，一般均设计成矩形。使筒身减弱的孔洞（如烟道口）不应超过该水平截面的三分之一；且在孔洞周围应增设加强钢筋。

工业烟囱的内衬和隔热层多数是在高温条件下工作的，如火力发电厂烟囱的排烟温度一般在200℃左右。

烟囱的内衬和隔热层起着两种作用：对承重结构的筒身起隔热和防止烟气侵蚀的作用。换句话说，隔热层具有降低筒身内外温差及其温度应力的作用。

内衬每个区段的高度一般为10m左右，厚度为120~240mm，支承在筒身环形悬臂上。内衬区段的连接，应使上部区段不妨碍下部区段自由地伸缩。当烟囱内表面可能形成凝结水时，内衬各段的连接处，应盖上耐酸滴水板。

内衬与筒身之间的空气隔热层厚度一般为50~80mm。为了保持内衬的稳定，每平方米内，由内衬向筒壁方向挑出二块顶砖。顶砖与筒壁间应留出10mm的温度缝。当烟气温度较高时，在筒壁与内衬间通过计算填以80~200mm厚的矿棉板、硅藻土砖、砾石、珍珠岩水泥砖及矿渣棉等松散的隔热材料作隔热层，同时在内衬外表面按纵向间距1.5~



2.5m设置一圈防沉带，防沉带与筒壁之间应留出10mm的温度缝。

内衬所用的材料，应根据排出烟气的温度而定。一般当烟气的温度高于400℃时，应采用粘土耐火砖或耐热混凝土预制块砌筑；当烟气的温度低于400℃时，可采用不低于75号的普通粘土砖砌筑。

内衬砌筑时，常用下列砂浆或泥浆。普通粘土砖作内衬时，一般可用25号水泥粘土砂浆砌筑；用粘土耐火砖作内衬时，可用耐火泥浆砌筑；用耐热混凝土预制块作内衬时，可在耐火泥浆内再加入20%的水泥。

当烟囱排出的烟气中含有对混凝土具有侵蚀性的物质时，可根据侵蚀性的强弱及温度的高低和能否在筒壁内部产生凝结水等情况，设置耐酸砖内衬或涂刷耐酸涂料，在国外，也有用耐腐蚀的合金钢作内衬的。

(3)筒座。烟囱筒座是筒身下部的加大部分。钢筋混凝土烟囱和钢烟囱筒座部分的坡度，通常比烟囱筒身的其余部分要大。而砖烟囱由于一般高度不大，其筒座和筒身往往采用同一坡度，有时在筒座部分砌成圆柱形。

烟囱筒座的高度，常由水平烟道的标高来确定，一般大约等于烟囱高度的十分之一。在钢筋混凝土烟囱中，筒座坡度一般为5%~10%。筒座高度和坡度的选定还应适当照顾筒身整体外形的美观和协调。

(4)筒首。筒身的顶部称筒首。筒首部位由于经受烟囱排出烟气的侵蚀和承受顶部较大的风压，其结构必须予以增强，同时，还要兼顾美观。增强筒首的办法是增加壁厚和配筋量。防腐的办法是在其内表面涂刷耐酸涂料。当排出的烟气侵蚀性很强时，则将筒首内衬5~10m的一段采用耐酸砖砌筑，其厚度为230mm。筒首顶部应盖上由铸铁或耐酸陶瓷做成的保护罩。铸铁或耐酸陶瓷保护罩，应根据烟囱出口处的周长均匀地制做成若干小块，然后用耐酸砂浆把它们敷贴在筒首顶部的周围。筒首的花饰主要是为了美观；为了便于施工，也有作成预制的。

(5)爬梯。烟囱外部的爬梯，在施工期间可作为施工人员上下的辅助通道。当烟囱建成后，作为观察和修理烟囱，检查和修理信号灯和避雷装置之用。

钢筋混凝土烟囱的外爬梯，一般在离地面2.5m处开始，其顶部比筒首高出0.8~1.0m。外爬梯由60×6mm的扁钢和φ19~20mm的圆钢做成。爬梯的宽度和梯级的间距为300mm左右。爬梯通过爬梯爪固定在烟囱筒壁上。固定的方法：每隔2.5m高度在紧贴筒壁外表面的部位，预埋一对外径为30~32mm的暗榫，用直径为20mm的螺栓把爬梯爪紧固在暗榫上。高度超过60m的烟囱，离地面15~20m以上对爬梯应设置圈形的金属围栏。但在信号平台以上2.5m高度范围内可不设围栏。圈形围栏的直径一般应不小于700mm。围栏每隔10m处应设置一个可折迭的休息板，其宽度不小于50mm，以供人员上下时作为临时休息之用。

砖烟囱的外爬梯，每隔五层砖左右交错埋置一个踏脚，其中心距为300mm。爬梯用φ19~22mm的圆钢煨成，末端向上弯曲约50mm，其埋入砌体内的深度不得少于240mm，露在筒身外的长度为200mm。高度超过60m的砖烟囱的爬梯，也应设置圈形围栏和休息板。

钢烟囱的爬梯可将脚踏直接焊在筒壁上。爬梯在安装前，为防止腐蚀应预先涂刷防腐漆。

爬梯的位置，除有特殊要求外，一般应设在交通方便和背风的一侧。钢筋混凝土烟囱爬梯的梯爪一般同时作为信号灯和避雷装置引下线的固定点。

为了保证爬梯的安装质量，暗樁的预埋位置要正确。暗樁的水平宽度，可按设计尺寸将同一高度的两个暗樁焊在一块  $60 \times 6$  的扁钢上；暗樁的垂直位置，可用经纬仪或线锤找出，然后把带有暗樁的扁钢焊在筒身结构的钢筋上。在暗樁的螺孔内，以浸油的棉纱堵塞之，待拆模后既容易找到，又不致使水泥浆渗入螺孔内。

(6) 信号灯平台及标志色。高大的烟囱是飞行航线上的障碍物。为保证夜间航行的安全，烟囱不同高度处，应设置不同层数的红色信号灯。为了安装和检修信号灯，在烟囱顶部以下  $5 \sim 7.5$  m 处（一般为  $6.25$  m）应设置信号灯平台。烟囱高度小于  $60$  m 且没有特殊要求时，一般在中间部位不再设置信号灯；烟囱高度超过  $100$  m 时，一般在其中部位置增设一个信号灯平台。目前  $210$  m 高的烟囱，常设置三个信号灯平台。

钢筋混凝土烟囱的信号灯平台由网格或条形钢蓖子做成，并设栏杆。平台支承在与筒壁相连接的三角架上。三角架一般采用  $\angle 75 \times 6$  的角钢制作，沿筒身圆周均匀地分布，以螺栓固定在筒身的预埋暗樁上。在预埋暗樁前，必须考虑爬梯与信号灯平台交叉的位置，使爬梯通过平台入孔的中心位置。入孔上设有盖板，盖板和平台用铰链相联结。平台板用角钢和圆钢焊成蓖子或用扁钢做成格栅。栏杆用角钢作立柱，配合圆钢、扁钢制成，高度为  $1 \sim 1.2$  m。

在信号灯平台的栏杆上安设信号灯，沿圆周按互成  $90^\circ$  角的四个方向或按互成  $120^\circ$  角的三个方向设置。信号灯通常安设一组，但考虑到灯泡容易损坏，更换又较费时，为了不影响使用，可同时安设两组，其中一组供备用。

为了保证飞机在白天航行的安全，烟囱应涂刷航空标志色。标志色采用耐大气性和耐腐蚀性好的油漆，自筒首以下  $30 \sim 50$  m 内，每五米为一段，红、白相间或橙黄、黑相间地进行涂刷；或在每五米的区段内，沿圆周方向分成四等分，上下左右相间涂刷异色。筒首部分可刷成二色相间的竖条。

(7) 避雷装置。烟囱是耸立在高空中的构筑物，为防止雷击，须装设避雷装置。

避雷装置包括避雷针、引雷环、导线和接地极等。避雷针用  $\phi 38$  mm，长  $3.5$  m 的镀锌钢管制作，顶端应制成圆锥形，一般应高出筒首  $1.8$  m。避雷针的数量决定于烟囱的高度与筒口的直径。如表 1-1。

钢筋混凝土烟囱的每个避雷针，上下用两个支承件固定在筒首部位的暗樁上。砖烟囱的避雷针支承件，直接埋在筒首部分的砌体内。数根避雷针之间用  $\phi 12$  mm 的镀锌钢绞线（截面积应不小于  $100 \text{ mm}^2$ ）连接成一体。导线与避雷针下端的连接点，以钎焊焊接。导线沿外爬梯导引至地下，以铁夹板及螺栓紧固在每隔  $2.5$  米高度的爬梯爪上。导线至筒身下部的一段，应穿在钢管内保护起来，在地面下  $0.5$  m 深处与接地极的扁钢带焊接在一起。

接地极由镀锌扁钢带与数根接地钢管焊接而成。接地钢管一般采用  $\phi 50$  毫米，长  $2.5$

~3.5m的镀锌钢管制成，下端加工成尖形。接地极的顶端应低于地面以下0.5m，一般每隔5~7m埋置一根，并沿烟囱基础周围等距离布置成环形。

表 1-1 烟囱避雷针的设置数量

顺 序 号	烟 囱 的 尺 寸		避 雷 针 的 数 量
	烟囱上口的内直径(m)	烟 囱 的 高 度 (m)	
1	3.50	100~120	3
2	4.00	100~150	3
3	5.00	80~100	3
4	5.00	100~150	4
5	6.00	100~150	4
6	7.00	150~180	6
7	8.00	180~210	8

### 第三节 烟囱的设计系列

五十年代和六十年代初期所建的烟囱均不高，六十年代后期和七十年代初期起，150m以上的高烟囱相继出现。目前，我国已建成最高的烟囱为240m。

我国火力发电厂常用的烟囱的高度与上口直径以及相应的工程量和参考造价分别参见表1-2及表1-3。

表 1-2 火 力 发 电 厂 烟 囱 系 列 表 (单位: m)

出口直径 高 度	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
60	○												
80		○											
100			○										
120				○									
150					○								
180						○							
210							○						
240								○					○

注 本表引自《火力发电厂土建结构设计技术规定》SDGJ64-84。

### 第四节 烟囱的施工方法

由于各现场施工条件和技术水平的不同，以及烟囱结构上的差异，因此其施工方法也有所不同。现将目前常用的几种施工方法分述如下。

(1)内井架移置模板分节施工法。此法应用较广，从五十年代起沿用至今。它适用于高度在120m以下的烟囱施工。但近年来在山东黄岛电厂180m和石横电厂240m烟囱的施工中，也成功地采用了此法。

表 1-3

烟囱工程量及造价参考表

烟囱高度(m)/ 出口直径(m)	风压值(N/m <sup>2</sup> ) —地震烈度	筒 身				灰 斗 平 台		各 种 型 钢 量 (t)	参 考 造 价 (万元)
		混 凝 土 (m <sup>3</sup> )	钢 筋 (t)	内 衬 (m <sup>3</sup> )	隔 热 层 (m <sup>3</sup> )	混 凝 土 (m <sup>3</sup> )	钢 筋 (t)		
80/3	500-7	230	16	148	16.5	11	1.5	4.2	
80/4	500-7	323	21	183	19	12	1.7	4.7	
80/4.5	500-7	347	23	201	20	14	2.1	4.9	
80/5	500-7	363	23.5	213	21	16	2.9	5.0	43
100/4.5	500-7	474	36.2	239	21	13.4	2.0	5.4	
100/5	500-7	505	35	259	20	14	2.1	5.5	56
100/5.5	500-7	536	37	278	21	16	2.5	5.6	
120/5	700-7	700	63.4	302	24	30	4.3	8.1	
120/6	500-7	766	58.3	363	25.5	33	4.2	8.7	
150/5	500-7	1146	98	524	54	46	7.8	8.3	83
150/5.5	350-6	1197	90.5	473	37	36	6.5	8.5	82
150/6	350-6	1203	95	558	63	40	5.6	8.6	87
150/7	700-7	1464	104	634	150	52	8.7	8.0	91
180/6	500-6	2365	119	731	67	58	8.7	9.5	136
180/7	500-8	2280	158	754	77	45	7.2	11.0	139
210/7	500-7	3009	290	993	590	71	11	13.5	202
210/8	500-7	3210	295	1072	631	78	11.5	14.2	208

注 1.表内所列的造价,由于施工条件和材料差价的不同,差异甚大,仅供参考。

2.火电厂的烟囱造价一般为2~4元/kW或1万元/m高,近年来由于烟囱在构造上提高了耐酸蚀的要求,有些新型烟囱的造价达到6~9元/kW或1.8~2.3万元/m高。

此法易于掌握,所需施工装备较少,施工费用低廉,但劳动强度较大,并要有足够的施工场地,以满足拉设缆风绳的需要。

(2)外井架移置模板分节施工法。此法适用于烟囱出口直径较小且不太高的烟囱施工。

(3)外井架悬挂式模板施工法。此法和施工双曲线冷却水塔的方法基本相同,一般不常用。

以上三种施工方法的模板高度一般为1.25m,既考虑到施工的方便,又便于模数化。模板的宽度视烟囱的直径而定,一般为300~500mm。在模板高度方向,设置2~3道围箍。

(4)液压滑动模板施工法。从七十年代初期以来,高烟囱相继出现,液压滑动模板施工法在烟囱的施工中被广泛地采用。

液压滑动模板施工法按其滑升方式的不同,分为以下三种:

1)单滑。先完成筒身混凝土,而后在其悬挂的下层平台上,再完成内衬和隔热层的施工。

2)双滑。筒身混凝土、隔热层和内衬同时完成。

3)内砌外滑。此法仅有外侧的单面模板,没有内模,待模板提升到一定高度(一般每次提升300mm)之后,先砌筑砖内衬并放置隔热层,再绑扎下一浇筑层的钢筋,然后浇灌筒身混凝土。砖内衬不但起内衬的作用,而且在施工中还起到了内模板的作用。

(5)升模施工法。近年来在烟囱筒壁施工中，西北电力建设系统研究试用了一种DZMS-II型自升模板施工法。其操作平台、随升井架跟滑模施工法相似，提升系统采用新型带电机的行星摆线针轮减速机构，配合T50×6的丝杠进行提升，电动机为1.5kW，减速比为1:43，电机同步转速为1500r/min，出轴转速为35r/min。提升时模板与筒壁面脱开，提升后模板就位并量径校正。操作平台及工作架的荷重由锚固螺栓传递给平台下已有三天龄期的筒壁混凝土上。

无论采取何种方式，其滑模施工的原理是相同的；模板依靠装设在门架上的自爬式千斤顶凭借支承爬杆逐节往上提升。每提升300mm作为一个施工循环，循序渐进。液压滑动模板施工法，所需机械设备较多，施工技术要求较高（特别是第一次组装时，相应的标高、半径、坡度一定要准确），滑模装置的钢结构及模板的加工精度要求较高，工种之间工序交叉频繁，施工费用也较高。此法适用于施工较高的烟囱，具体的施工方法详见本书第五章。

(6)各种烟囱施工图片：

国内采用液压滑动模板施工烟囱的图片参见图1-1，图1-2，图1-3及图1-4。

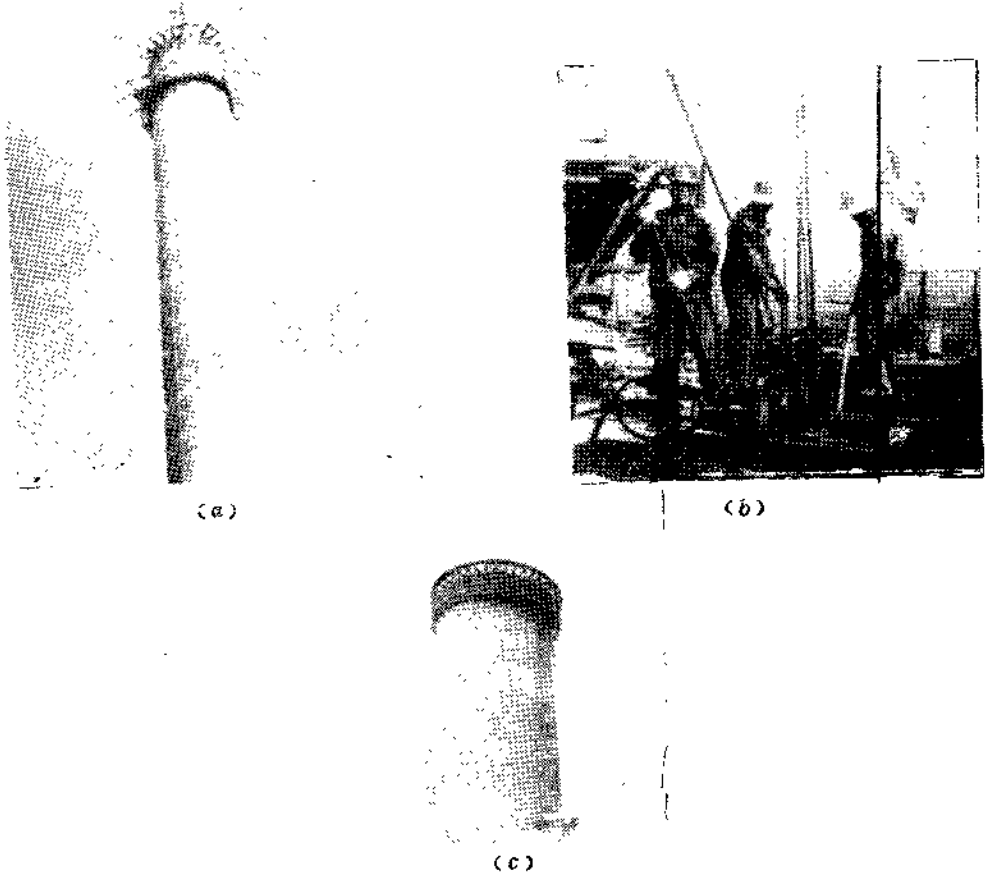
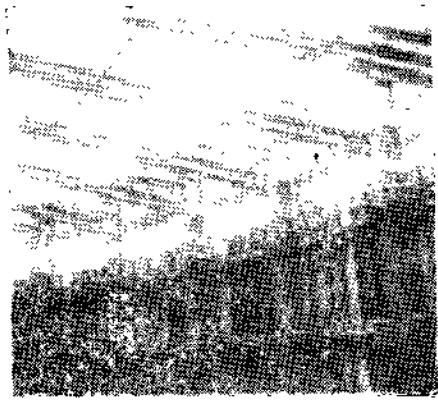
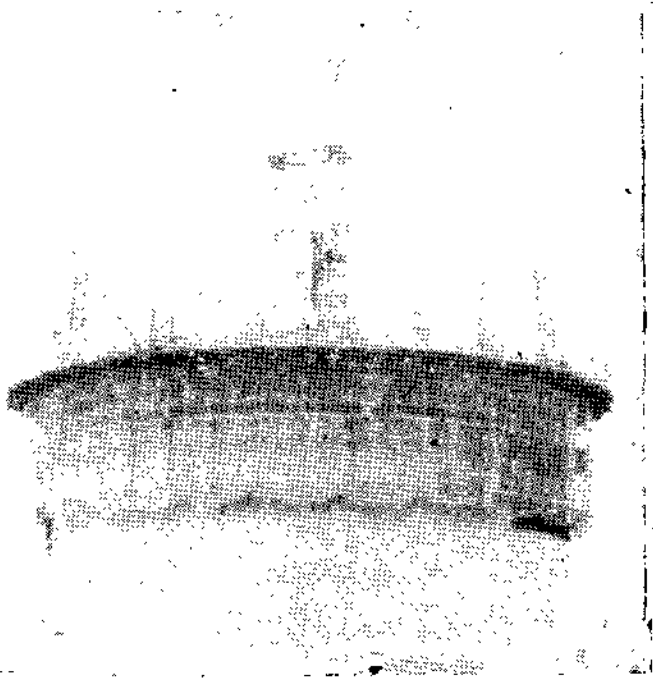


图 1-1 某电厂120m钢筋混凝土烟囱的施工

(a)正在施工中的120m烟囱；(b)烟囱已施工完毕并开始拆除施工平台；(c)整体拆除井架及辐射梁



(a)



(b)

图 1-2 某电厂150m钢筋混凝土烟囱的施工  
(a)刚组装完的滑模平台；(b)正在施工中的150m烟囱

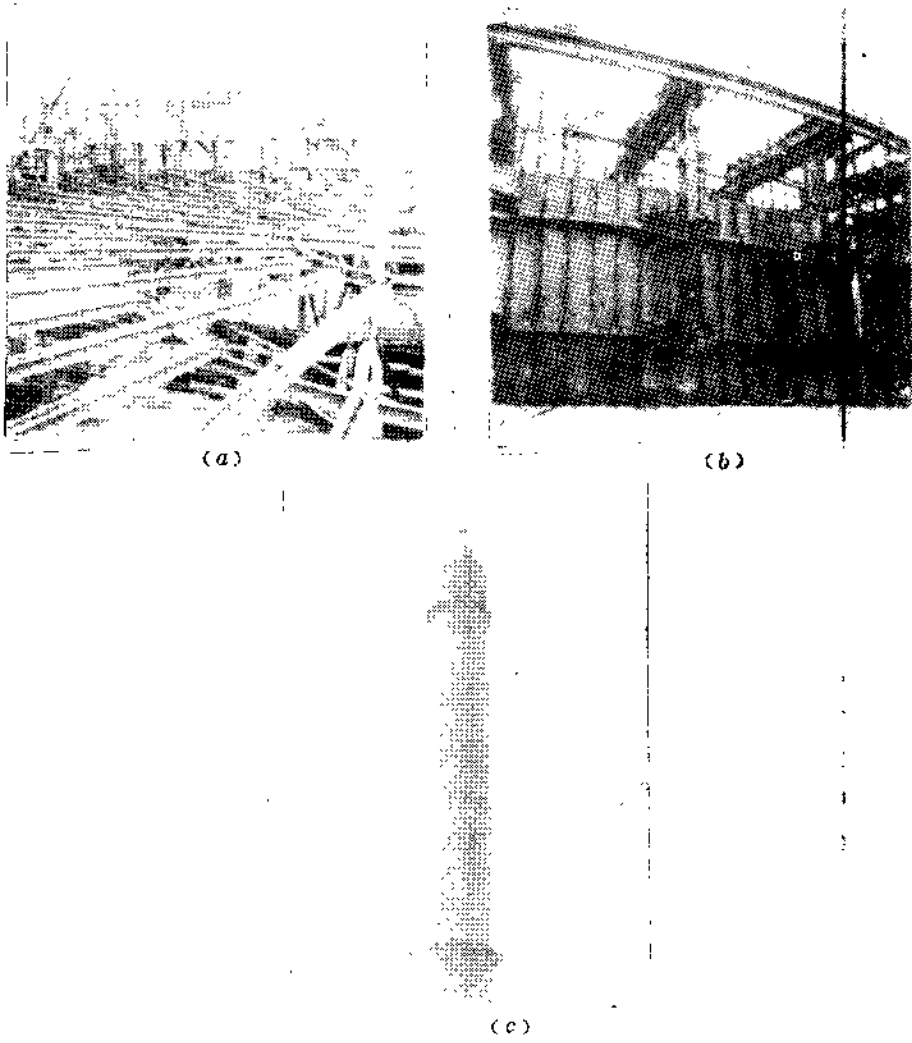


图 1-3 某电厂180m钢筋混凝土烟囱的施工

(a)从零米开始组装滑移平台；(b)把模板安装在门架上；(c)160m烟囱施工完成后的全貌

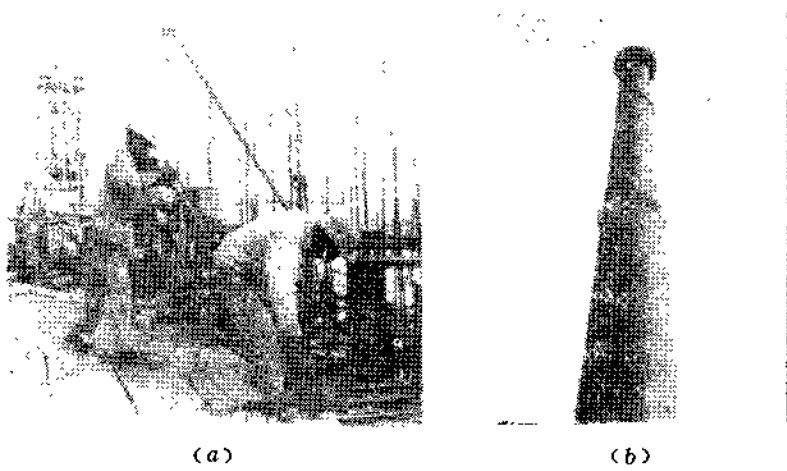


图 1-4 某电厂210m钢筋混凝土烟囱的施工

(a)正在浇灌混凝土；(b)210m烟囱施工完成后的全貌

## 第二章 施 工 准 备

### 第一节 测 量 控 制

#### 一、施 工 过 程 中 的 测 量

烟囱工程的测量顺序和其他建（构）筑物的测量顺序基本相同。

（1）中心桩的设置。在土方工程施工前，应根据烟囱的中心坐标定出中心点。待挖土达到设计深度后，应再次定出中心点。如果烟囱基础为环板基础，其中心点即可做成半永久性的。基础如为整体板块式基础，则此时的中心点仍为临时性的。在浇灌基础底板混凝土时，在中心位置埋设一块铁板，待基础拆模后，利用地面上的控制桩，用“+”字交会法把中心点测到铁板上，并作出记号。此时的中心点，就成为烟囱的中心控制桩。

中心桩要妥善保护。如需搭设井架，应使井架内的立管和中心点错开，以免影响施工过程的找中。如采用液压滑模方法施工，则应在吊笼基坑的底部（即激光小室的顶部盖板上），留一个直径为76~100mm的孔洞，以备激光发射器光束（或是线锤）通过。此孔洞还应设有活动的盖子，以防砂、石、灰浆等掉下而损坏仪器。

（2）中心控制。根据厂区平面方格网和烟囱的中心坐标，作互成 $90^\circ$ 方向的半永久性控制桩，每个方向上至少要做两个。位置及距离见图2-1。

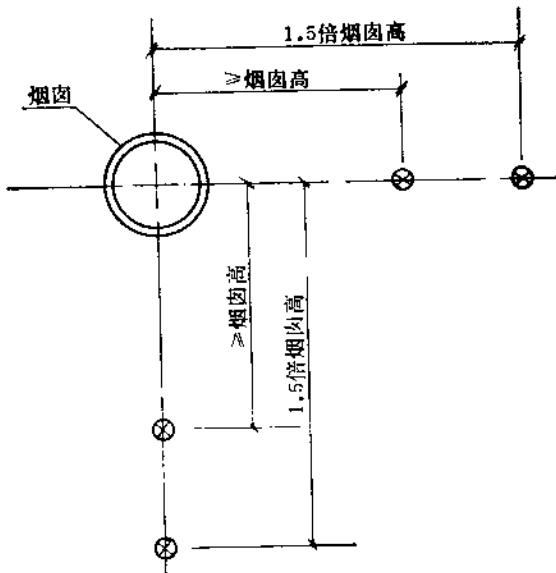


图 2-1 烟囱控制桩的设置  
(图中⊗为控制桩)

控制桩位置的选择，要考虑附近有无其他建（构）筑物的影响，要求在使用过程中能保持通视。





在烟囱筒壁施工前，控制桩可以校核烟囱的中心点及其坐标。在筒壁施工中，控制桩可以作为观测施工平台是否扭转的基准点。在筒壁施工完成后，控制桩又可作为检查烟囱垂直度和观测其倾斜的基准点（在筒首应埋设钢板或白色瓷瓶等，作为观测倾斜度的标志）。

（3）标高的控制。因施工方法不同，控制标高的方法也各不相同。若采用有井架施工，控制标高的方法比较简单，可将每层牛腿标高标记在钢管竖井架的立管上。若采用液压滑模无井架施工，可在起滑点处（ $\pm 0.0\text{m}$ 或灰斗平台的顶面）给定一个标高，作为基准标高，然后用钢尺或测绳直接丈量至施工平台小井架的横梁上，再通过水平仪把标高移测至千斤顶的支承爬杆上，用钢板尺丈量，用粉笔或油漆作标记。每隔 $10\text{m}$ 校核一次，或每隔24小时测量一次。

（4）半径控制：

1）直接测量法。有井架或无井架施工均适用，须先校核施工平台的中心与基底中心控制点是否上下重合，才能直接测量半径。

2）无井架施工时烟囱半径的测量有如下两种方法：

①在辐射梁上标尺刻度进行测量。在施工平台组装完成后，校核平台与基底中心在同一垂直线后，通过平台中心丈量至每一根辐射梁的尺寸（以 $50\text{mm}$ 作为一个基本单位），用油漆作标记或用扁铲在辐射梁上凿出刻度，即可据此测定半径。

②利用门架进行测量。若门架的刚度较好，且各门架水平横梁端部与千斤顶支座的距离均相等，则可根据门架水平横梁端部在辐射梁上滑动时所得的读数，再加上一个常数，便可计算出筒壁的相应半径。此法使用方便，为了避免错误，也可通过施工平台上的中心直接量至筒壁的距离，进行校核。

（5）爬梯、信号灯平台的测量控制。爬梯的梯段，为了安装方便和模数化，一般均设计成 $2.5\text{m}$ 为一个梯段。为保证爬梯的安装质量，应每隔 $2.5\text{m}$ 高度测定一次爬梯的中心线。测定中心线的方法有两种：一是在地面上用经纬仪直接向上找中；另一法是从施工平台往下吊挂线锤，后者虽较简便，但精度较差。

信号灯平台的标高，应以爬梯为准，必须与爬梯的梯段相协调。

首先，带有人孔盖板的平台板中心线必须和爬梯的中心线相重合。然后，按平台的内侧宽度沿筒壁外圆顺时针或逆时针方向给定联结平台三角架的预埋暗榫的位置。如果发现正负误差，而差值不大时，可对各三角架之间进行均匀的平差，以保证平台的安装质量。

## 二、沉降观测

在筒壁施工时，在标高 $+0.05\sim 0.10\text{m}$ 处，按设计要求沿圆周设置沉降观测点。取长度为 $400\text{mm}$ 的一段工字钢或角钢，使其一个翼缘的平面向上，直接埋入筒壁的混凝土中，外露约 $100\text{mm}$ 左右，在其端部再焊上一小段圆钢或铆钉头，作为沉降观测点。各个沉降观测点的首次高程测定准确后，标志在筒身上，并将其记入沉降观测记录中。在筒身施工过程中，每施工 $30\sim 50\text{m}$ 高度，作沉降观测一次。筒身施工完成后，沉降观测仍应继续进行，其观测时间的间隔，可视沉降值的大小而定，开始时，间隔时间短一些（每隔十天或