火电厂筑炉保温与防腐油漆

王宏福　编著

HUODIANCHANG ZHULU BAOWEN
YU FANGFU YOUQI

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电厂筑炉保温与防腐油漆

王宏福　编著

HUODIANCHANG ZHULU BAOWEN
YU FANGFU YOUQI

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分七章，主要内容包括锅炉筑炉保温与防腐油漆概述、筑炉保温与防腐油漆材料、锅炉炉墙砌筑与本体保温、热力设备及管道的保温层与保护层施工、热力设备及管道的防腐与油漆、施工准备与工程验收、季节性施工与安全文明施工。

本书可供电力建设企业、锅炉安装企业、火电厂的管理人员和技术人员参考，用作上述单位施工人员的培训教材，也可用作其他行业热能动力设备专业管理人员和技术人员的参考书以及相关施工人员的培训教材，还可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

火电厂筑炉保温与防腐油漆/王宏福编著. —北京：中国电力出版社，2017.6
ISBN 978-7-5198-0736-8

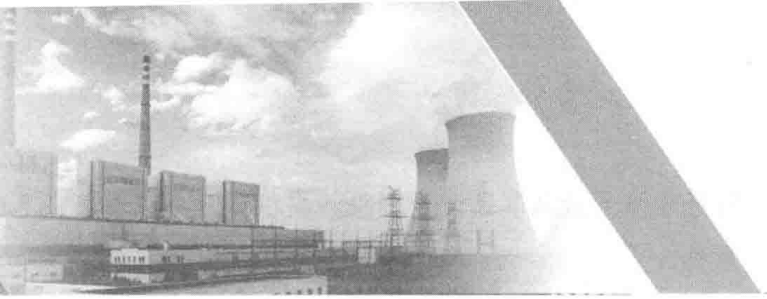
Ⅰ. ①火… Ⅱ. ①王… Ⅲ. ①火电厂—电厂锅炉—筑炉—保温②火电厂—电厂锅炉—筑炉—防腐漆 Ⅳ. ①TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 102811 号

出版发行：中国电力出版社
地　　址：北京市东城区北京站西街 19 号（邮政编码 100005）
网　　址：http://www.cepp.sgcc.com.cn
责任编辑：徐　超（010-63412386）　曹　慧
责任校对：闫秀英
装帧设计：张俊霞　赵姗姗
责任印制：蔺义舟

印　　刷：北京市同江印刷厂
版　　次：2017 年 6 月第一版
印　　次：2017 年 6 月北京第一次印刷
开　　本：880 毫米×1230 毫米　32 开本
印　　张：12.125
字　　数：334 千字
印　　数：0001—2000 册
定　　价：49.00 元

版 权 专 有　侵 权 必 究
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



前　言

炉墙与保温是锅炉设备的主要部件之一。锅炉炉墙砌筑与锅炉机组保温、火电厂热力设备及管道的保温和防腐与油漆工作，对于保证锅炉额定参数，减少散热损失，提高火电厂运行的热效率，防止和减少金属、非金属损耗或破坏，保证生产过程的正常进行，改善现场的卫生条件等具有积极的现实意义。

锅炉炉墙砌筑、热力设备保温、防腐与油漆施工是火电厂重要的应用技术，施工不当、管理欠缺、监督不到位，将会导致先进的设计思想不能良好地体现，优良的筑炉、保温、防腐、油漆材料性能得不到充分的发挥，预期的筑炉、保温、防腐与油漆施工的节能、防腐、美观效果不能实现。书中部分内容是作者从事火电厂生产和管理工作，以及电力工程建设监理工作的体会，也是作者30多年来工作经验的总结。

本书编写过程中得到陕西榆林能源集团榆神煤电公司副总工程师兼榆能榆神热电有限公司总经理呼延斌、榆神煤电公司汇通热电公司总经理胡文奎及汇通热电公司生产部门同仁的支持与帮助，在此表示感谢；同时感谢王世旋、王旸、赵煦楠、杨成、贾虎彪、王芸、邹涛、林建宏、常世明、于国庆、王拓、郝正平给予的帮助与支持。

本书成稿后，西安热工研究院有限公司教授级高级工程师于新颖审阅了书稿，提出了宝贵的意见；中国能源建设集团公司西北电力建设第一工程有限公司工程师张响应、保温技师文光辉，大唐陕

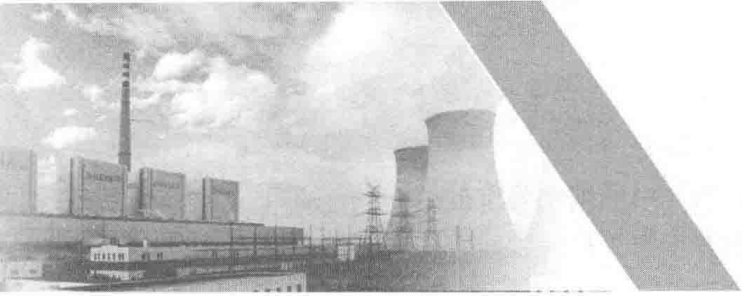
西韩城电厂检修公司经理陈景致认真阅读了书稿，提供部分资料并提出了宝贵的修改意见。

限于作者水平，对书中疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

王宏福

2017 年 5 月于镇北台

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com



目　录

前言

第一章　筑炉保温与防腐油漆概述 …… 1

第一节　筑炉保温与防腐油漆的特点 …… 1

第二节　筑炉保温与防腐油漆常用名词术语 …… 9

第二章　筑炉保温与防腐油漆材料 …… 16

第一节　筑炉保温与防腐油漆材料的性能 …… 16

第二节　筑炉保温与防腐油漆常用材料 …… 27

第三节　筑炉保温与防腐油漆材料的检验、运输和现场保管 …… 57

第三章　锅炉炉墙砌筑与本体保温 …… 65

第一节　锅炉炉墙的结构形式 …… 65

第二节　循环流化床锅炉炉墙及砌筑 …… 76

第三节　锅炉炉墙砌筑与本体保温施工 …… 93

第四章　热力设备及管道的保温层与保护层施工 …… 122

第一节　热力设备及管道的保温层施工 …… 122

第二节　热力设备及管道的保护层施工 …… 146

第五章　热力设备及管道的防腐与油漆 …… 164

第一节　热力设备及管道防腐与油漆的规定和要求 …… 164

第二节　热力设备及管道防腐与油漆的结构 …… 174

第三节　热力设备及管道防腐与油漆的施工 …… 176

第六章　施工准备与工程验收 …… 185

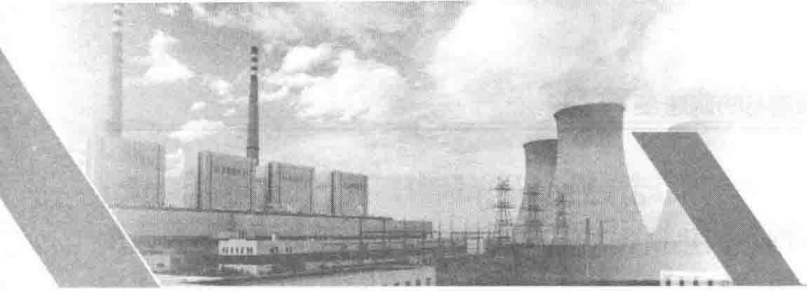
第一节　施工前的准备工作 …… 185

第二节　作业指导书的编制与审批……254
第三节　工程开工与工程验收……259

第七章　季节性施工与安全文明施工……285
第一节　季节性施工……285
第二节　安全文明施工……286

附录 A　煤粉锅炉炉墙砌筑作业指导书……292
附录 B　循环流化床锅炉炉墙砌筑作业指导书……317
附录 C　汽轮机本体保温作业指导书……340
附录 D　全厂设备及管道油漆防腐……360

参考文献……382



第一章

筑炉保温与防腐油漆概述

第一节　筑炉保温与防腐油漆的特点

工程上在需要减弱传热的场合采用隔热保温技术。隔热保温技术是传热学应用技术的一个重要分支，涉及电力、冶金、石油、低温工程和建筑等行业，应用广泛，对保证工艺的实施、节约能源和提高经济效益意义重大。

一、热力设备及管道的散热与筑炉保温

1. 热力设备和管道及其散热

筑炉与保温是减少热力设备和管道热损失，或保持其适宜的工作温度、增强或削弱对外界传热的一项基本且重要的工作。该工作对于控制热力设备和管道的热量传递、增强或削弱火力发电厂相关设备或系统的传热过程、提高火力发电厂的循环热效率是不可替代的。

火力发电厂的热力设备包括锅炉、汽轮机、磨煤机，以及各种风机、水泵、罐体等设备；管道包含输送各类介质（如汽、水、风、烟、煤、油、灰等）的口径不一、材质各异的管道。这些热力设备和管道构成了火力发电厂的热能动力系统，它们在运行过程中不可避免地存在热（能）量的损失，其中最主要的就是散热损失。

就锅炉设备而言，运行中汽包、联箱、汽水管道、炉墙等处的温度均高于周围环境空气温度，一部分热量会向四周环境中散失（以导热和辐射的形式），形成锅炉的散热损失 q_5。散热损失 q_5 的计算公式为

$$q_5 = q_5^e D_e / D \tag{1-1}$$

$$q_5^e=5.82\times(D_e)^{-0.38} \tag{1-2}$$

式中 q_5——锅炉散热损失，%；

q_5^e——锅炉额定蒸发量下的散热损失，%，可按式（1-2）计算，也可根据锅炉额定蒸发量按图 1-1 查取；

D_e——锅炉的额定蒸发量，t/h；

D——锅炉效率测定时的实际蒸发量，t/h。

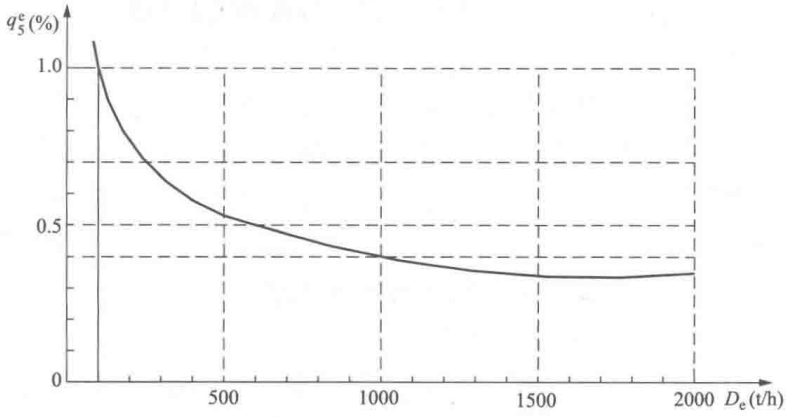


图 1-1 额定负荷下的锅炉散热损失曲线

影响散热损失的主要因素有锅炉容量（额定蒸发量）、负荷、炉墙的结构、锅炉外表面温度、相对表面积（一台 300MW 机组，需要保温的面积大于 30000m^2）、周围环境温度等。显然，锅炉容量小、负荷低、相对表面积大、周围空气温度低，锅炉的散热损失就大。如果水冷壁和炉墙等结构严密、紧凑，汽包、联箱、炉墙和汽水管道的保温良好，锅炉周围环境空气温度高，则散热损失小。对于大型锅炉，q_5 一般小于 0.5%。火力发电厂若因热力设备和管道的保温效果差，对煤耗的影响可达 0.2g/（kW·h）左右。

2. 保温技术

保温技术包括最优保温材料的选择、最佳保温层厚度的确定，以及先进的保温结构及施工工艺、检测技术和保温技术的经济评价方法等，涉及面很广。

从传热学角度分析，消弱传热可以采用减小传热系数 K、减小

传热面积和减小冷热流体间的温差等方法。对火电厂热力设备和管道而言，只有通过减小传热系数 K 的方法来消弱其传热。要减小传热系数 K 就必须增加热阻，最简单的办法是在设备壁面附加绝热层以增加热阻，达到隔热的目的。

绝热层是一切用来减少与外界进行热量传递的辅助层，筑炉层、保温层等是绝热层的具体表现形式。

如锅炉炉墙、电除尘器壁面等可以看作是平壁传热，当平壁保温采用单层气密性炉墙时，控制散热损失的保温层厚度的计算公式为

$$\delta=\lambda\left(\frac{t-t_0}{q}-\frac{1}{\alpha}\right) \tag{1-3}$$

式中 δ——保温层厚度，m；

λ——绝热保温制品在使用温度下的热导率，kJ/（m·℃）；

t——平壁温度，℃；

t_0——环境温度，℃；

q——允许散热强度，kJ/m^2；

α——保温层外表面的放热系数，kJ/（m^2·℃）。

为保证保温层外表面温度（t–t_0）低于规定的温度，必须选用导热性能差的材料，采用适宜的保温层厚度，以及合理的保温结构、施工工艺等。这些是在现行的相关技术法规、规程条件下筑炉保温设计计算的基本任务。

筑炉保温设计的质量反映在绝热材料的使用、结构的选择、施工条件等方面。合理的保温设计应使筑炉保温结构在使用年限内，表现出良好的筑炉保温效果及良好的理化性能，并以此为前提，尽可能降低筑炉保温工程的造价，同时满足筑炉保温施工必须具备的施工条件。

保温效率是判断热力管道保温效果优劣的技术指标，其定义式为

$$\eta=\frac{Q_0-Q_x}{Q_0} \tag{1-4}$$

式中 Q_0——每单位长度裸管的散热量，W/m；

Q_x——每单位长度包有厚度为 x mm 保温材料的管子的散热

量，W/m。

3. 筑炉保温

筑炉保温也称绝热，其主要作用是保持载体（设备及管道）内工作介质的额定参数，减少散热损失，保证生产过程的正常进行，提高火力发电厂机组运行的热效率，改善现场的卫生条件。

做好筑炉保温是减少散热损失的有效措施。锅炉炉墙和联箱、管道的温度总是比周围环境温度高，部分热量通过辐射和对流的方式散失到周围空气中，造成锅炉的散热损失；同时热量的散失又使炉膛温度降低，影响到锅炉燃烧和燃烧的稳定性，使锅炉不完全燃烧热损失增大、热效率降低，并使锅炉有灭火的可能。筑炉与保温工作就是要控制锅炉等热力设备及管道的外表面温度在电力行业和国家的规程、规范要求之内，减少热力设备及管道的散热损失。

炉墙和保温是锅炉设备的主要部件之一，合理的保温结构、优良的保温材料和先进的保温施工技术，是保证锅炉机组正常运行的必要条件。保温的基本作用在于对锅炉的汽包、联箱、阀门法兰等设备，以及主蒸汽、再热蒸汽、烟、风等管道进行绝热保温，用新材料、新工艺处理好炉顶和炉墙的严密性，减少热损失。在处理保温结构、选取保温材料及保温施工时，应充分注意耐火（热）、绝热、膨胀、密封以及外表保护等一系列基本要求，如厂家原设计对个别部位的保温结构处理欠妥或有遗漏之处，现场施工单位、监理单位、建设单位及施工人员可经过一定的程序，按照上述原则及要求予以妥善处理。

现代锅炉的筑炉和保温范围一般包括炉墙、尾部烟道、燃烧器、汽包以及部分管道，包括各受热元件的连接管（集中下降管及下降管连接管、低温过热器到前部屏式过热器连接管、前部屏式过热器到后部屏式过热器连接管、后部屏式过热器至高温过热器连接管、过热蒸汽出口联箱、中温再热器到高温再热器连接管、再热蒸汽进出口联箱、安全阀出口管段、减温器、汽包事故放水管道、排气管道、吹灰管道、减温水管道以及部分锅炉范围内的管道等）部件。因锅炉结构的不断改进，除循环流化床锅炉的密相区、布风装置、分离器等部位，筑炉工作基本是保温制品的干砌，或与保温统称为

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

保温。

保温施工是一门应用技术，施工管理不当，会导致先进的保温设计思想、良好的保温材料的作用不能发挥出预期的节能效果。火力发电厂采用良好的保温与未采取保温相比较，前者可以使热损失降低 96%～97%，而热网管道保温不良会使实际的热损失由设计允许的全年供热量的 5%升高到 10%～12%，保温结构损坏部分的热损失可高达 25%～30%。

二、热力设备及管道的腐蚀与防腐油漆

腐蚀是金属材料与所处的环境发生反应而导致的结构破坏或失效。这些反应有化学反应，包括高温氧化反应和硫化反应、电化学反应及原电池作用；力学反应，包括应力、疲劳、冲击、摩擦。火力发电厂热力设备及管道的腐蚀现象主要有应力腐蚀、高温腐蚀、酸腐蚀、析氢腐蚀、耗氧腐蚀及二氧化碳腐蚀等。

火力发电厂中引起热力设备及管道腐蚀的原因很多。例如，受到工质的高温和高压作用，腐蚀剂和腐蚀刺激物集中在锅炉受热面上，会发生酸性腐蚀或者碱性腐蚀；含有侵蚀性介质的水以及腐蚀刺激物，如含有酸或碱的溶液，在高温下会破坏金属表面的保护膜；热负荷高常造成锅炉管子过热，在没有腐蚀剂的情况下也会形成氧化皮和腐蚀性溃疡；处于工业大气环境中还会受到化学物质的腐蚀威胁等。因此，火力发电厂的腐蚀防治是一个较大的课题，是火力发电厂生产和维护的重要内容之一。

火力发电厂热力设备及管道的金属或非金属因受到腐蚀而损坏，造成负荷降低或事故停机，发电量和供热量常常受到限制，与此同时还增加燃料的消耗，造成钢铁资源的浪费。可见，腐蚀造成的直接和间接经济损失巨大。同时，因腐蚀造成的埋地输油、气、汽、水等管道和管网的泄漏，以及因此造成设备的跑、冒、滴、漏现象，除损失大量的工质外，还可能造成严重的环境污染，甚至引起火灾、爆炸、塌毁等灾难性事故。根据调查统计，在我国管道事故中，因腐蚀造成的破坏约占 30%；全世界每年因腐蚀而损耗的钢材达数亿吨，我国每年因腐蚀而损耗的钢材 6000 多万吨、因腐蚀造成的经济损失高达 2800 多亿元，比每年因风灾、水灾、地震、火灾

等自然灾害造成的经济损失的总和还要多。

根据腐蚀的基本原理，腐蚀防护的基本方法有：①提高金属材料自身的抗蚀性；②改变环境，如控制介质的速度、流速、含氧量，控制应力，加入缓蚀剂；③从电化学反应的角度，人为地组织阴极氧化，加强阳极钝化以防腐；④使金属或非金属材料与腐蚀介质或环境隔离，如涂层、衬里、防护油（纸）、防护油漆等。对于火力发电厂热力设备及管道的防腐油漆而言，防腐从物理、化学、电化学三个方面入手，具体方法包括改变环境、电化学、与腐蚀介质或环境隔离三种，主要方法是使热力设备及管道与腐蚀介质或环境隔离。

火力发电厂防腐工程主要在金属或非金属的罐、槽、池设备和输送各种介质、各种规格的埋地、架空管道等的内、外表面进行。其中，油漆施工作为防腐工程的一种方法，主要针对的是热力设备及管道外表面，一般包括钢架、楼梯平台、管道、罐体等。良好的防腐油漆施工可有效防止热力设备及管道的腐蚀和破坏，减少金属损耗，保障发电厂的安全经济运行，同时可美化设备及管道。

三、筑炉保温与防腐油漆工程

1. 工程项目的特点及质量改进措施

（1）工程项目的特点：具有单向性、一次性寿命的长期性、高投入性、生产管理方式的特殊性、风险性。

（2）工程项目质量的特点：

1）影响因素多。从决策、设计、材料、机械、环境到施工方案、操作方法、技术措施、管理制度、施工人员素质各方面都直接或间接影响工程的质量。

2）质量波动大。因为工程项目的复杂性、单一性、人员流动性、影响因素多等没有固定的模式，造成了质量波动大。

3）质量变异大。由于影响工程质量的因素较多，任一因素出现质量问题，都会引起工程建设系统的质量变异，造成工程质量事故。

4）质量隐蔽性。工程项目在施工过程中，由于工序交接多、中间产品多、隐蔽工程多，如不及时检查并发现其中存在的质量问题，事后表面质量可能很好，容易产生二次判断错误，即将不合格的产品认为是合格的产品。

5）终检局限性大。工程项目建成后，不可能拆卸或解体检查内在质量，工程项目终检验收难以发现工程内在的、隐蔽的质量缺陷。

（3）工程项目质量改进的具体措施：预防和纠偏。预防就是为消除施工中潜在的不合格、缺陷或其他不良现象而采取的措施；纠偏则是为了消除已存在的不合格、缺陷或其他不良现象的原因而采取的具体措施。

2. 火力发电厂保温防腐相关规定

根据国家对载热体表面温度、散热损失，以及文明生产的要求等规定，火力发电厂生产系统必须保温防腐的范围有：

（1）介质温度高于50℃且需要减少散热损失的热力管道、设备及其附件；

（2）全部燃油和煤粉制备系统的管道及相关设备；

（3）要求防冻、防凝露或延迟介质凝结的部位；

（4）周围空气不高于0℃的低温水管道及其附件；

（5）在工作人员可能接触到的垂直高度范围内的排气管道；

（6）生产工艺不需保温，其外表面温度超过60℃，而又无法采取其他措施防止烫伤人员的部位；

（7）管道内介质温度高于0℃而低于空气温度，而周围温度较高的管道，也应考虑保温或涂刷防腐油漆以防腐蚀；

（8）未保温的和介质温度低于120℃已保温的管道、设备及其附件以及支架、平台扶梯应进行油漆。

火力发电厂生产系统中必须按不同要求进行外部油漆的设备有：

（1）不保温的设备、管道及其附件；

（2）介质温度低于120℃的保温设备、管道及其附件；

（3）支吊架、平台扶梯等（现场制作部分）。

直径较大的循环水管道以及箱和罐等应按不同的要求进行内部油漆。

火力发电厂需要保温的设备有锅炉、汽轮机、空气预热器、除尘器、脱硫脱硝设备、引风机、粗粉分离器、细粉分离器、高压加热器、低压加热器、轴封加热器、除氧器及水箱、给水泵、连续排污扩容器、定期排污扩容器、暖风器、疏水扩容器、疏水箱、化学

储罐、碱槽等。

火力发电厂需要保温的管道有主蒸汽管道、再热蒸汽冷段管道、再热蒸汽热段管道、主给水管道、锅炉排污管道、锅炉热风管道、制粉管道、送粉管道、输灰管道、汽轮机各段抽汽管道、疏水管道、全厂暖气管道、除盐水管道等。

3. 筑炉保温与防腐油漆的特点

筑炉保温与防腐油漆工程项目的特点有：

（1）火力发电厂机组保温施工仅限锅炉气密性试验后逐渐展开，且必须在国家规定的发电日期前完成，工期短、任务重；

（2）施工质量的好坏和表面处理的效果直接关系到机组的热效率、车间厂房的整洁美观，以及火力发电厂与环境的和谐；

（3）所用绝热材料的强度较低、易磨损、价格高，材料的运输、堆放、保管和使用必须引起重视，避免增加工程成本；

（4）需要砌筑、保温、防腐油漆的设备和管道点多、面广，施工时大量工作靠人工完成，还要搭设较多的脚手架，增加了工程的难度；

（5）因筑炉保温与防腐油漆工程量大、工期紧，需要大量民工和施工队，在一定程度上增加了管理的难度，安全和质量管理要特别注意和加强；

（6）配合机组整机启动试运，一些管道和设备需要采取临时保温和修整。

提高筑炉保温与防腐油漆工作劳动生产率的途径是：

（1）采用新材料、新设计、新技术、新工艺，开展技术革新，提高施工机械化、自动化水平；

（2）改善劳动组织，合理地专业化施工，做好各部门的协作和协调工作；

（3）提高管理水平，搞好定员、定额管理，按劳分配，以及劳保福利及劳动纪律工作；

（4）加强技术培训，提高工人的业务水平，防止各类事故发生；

（5）提高工人的思想政治觉悟，发挥个人的主观能动性。

第二节 筑炉保温与防腐油漆常用名词术语

1. 定形耐火材料与不定形耐火材料

定形耐火材料是将耐火骨料和粉料与结合剂或添加剂共同组成混合料，并借助外力和模具加工成具有一定形状、尺寸及强度的坯体，再经过高温烧结成型的制品。

不定形耐火材料是由耐火骨料和粉料与结合剂或另掺外加剂共同组成的混合料，不经成型和烧结而直接使用，或加适当的液体调配后使用，并可形成任何形状的材料。

简而言之，定形材料就是具有一定形状且不能改变的材料，不定形材料是没有一定形状的材料。对于耐火材料，不定形耐火材料是由一定粒度、合理级配的粒状、粉状料与结合剂、添加剂混合而成；不定形耐火材料无固定的形状，可制成泥浆状、泥膏状和松散状，用于锅炉炉墙的衬里、炉顶等部位，耐火性能较好。不定形耐火材料按施工方法和材料性质，可分为浇注（灌）料、可塑料、捣打料、喷补料、投射料和耐火涂料等。

（1）浇注（灌）料：一种加水搅拌后具有较好流动性的材料，成型后需经过适当养护使其凝结、硬化，经烘烤后即可使用。浇注（灌）料以硅酸铝质熟料、刚玉质材料或碱性耐火熟料为骨料；轻质浇注（灌）料以膨胀珍珠岩、蛭石、陶粒、氧化铝空心球为骨料；结合剂采用铝酸钙水泥、水玻璃、硅酸乙酯聚合氯化铝、黏土或磷酸盐等；外加剂根据设计执行，其作用在于改善施工性能和提高理化性能。浇注（灌）料的施工成型方法有震动法、泵注法、压注法、喷射法等。

（2）可塑料：具有可塑性的泥料或泥坯，施加适当外力时，容易变形但不开裂，应力消除后不再变形。可塑料材质有半硅质、黏土质、高铝质、锆英石质、碳质等，也有轻质可塑料。可塑料必须加入塑化材料，而塑化材料多为高可塑性黏土，也可用增塑剂提高其可塑性。增塑剂有羟甲基纤维素、糊精、木质素磺酸盐等；可塑料所用的结合剂有可塑黏土、磷酸、磷酸二氢铝、硫酸铝等。加磷

酸或磷酸盐结合剂的氧化铝质可塑料，保存过程中会与氧化铝发生化学反应，生成不溶性的正磷酸铝而使泥料硬化，因此要添加保存剂，如草酸、柠檬酸、乙酰丙酮等。施工方法一般采用捣打法或震动法。用可塑料修筑整体炉衬时，必须配置金属或陶瓷锚固件。可塑料用作锅炉炉墙的内衬等部位，亦可用于一般锅炉的水冷壁管部位。

耐火可塑料是一种以耐火骨料和粉料为主，加入适量的结合黏土、胶结剂以及少量的外加剂，再加水经过充分混炼而制成的泥膏状不定形耐火材料。

耐火可塑料具有高温强度高、热震稳定性能好、耐火度高、烧后线变形小、耐剥落性强等特点，适用于工作条件苛刻的炉墙向火面高温区，并具有良好的密封性、抗渣性以及较长的使用寿命；耐火可塑料可直接敷设，无须配料、搅拌，在规定的储存期内具有良好的可塑性，在常温下具有较强的黏结力且不流淌。因此，耐火可塑料特别适用于施工位置困难、结构形状复杂，以及工程量小而且布置分散的炉墙耐火层施工，并能改善炉墙施工条件，减少施工损耗，提高施工效率。

（3）捣打料：一种可塑性极低或不具有可塑性的散状耐火材料。材质有硅质、黏土质、高铝质、刚玉质、锆英石质、碳化硅质、碳质、镁质等。根据捣打料的材质和使用条件，可采用与浇注（灌）料相似的无机结合剂或有机结合剂。其中，水溶性结合剂有糊精、羧甲基纤维素、木质素、磺酸盐、聚乙烯醇，具有热可塑性的抗水性结合剂有石蜡、沥青、焦油、酚醛树脂、无硅聚丙烯等。捣打料采用强制捣打施工，气孔率较低，密度较高。在不定形耐火材料中，捣打料特别适合于作循环流化床锅炉的衬里。

（4）喷补料：以喷射机进行喷补或喷涂用的一种耐火混合料。喷补方法可分为湿法喷补（或称泥浆法喷补）、半干法喷补和火法（火焰）喷补。湿法喷补借助于压缩空气喷送含有 20%～40%耐火粉料的泥浆，可以达到较高的雾散，附着率高，可进行较均匀的薄层喷补；半干法喷补是在喷头处加水润湿，由压缩空气喷送的耐火粉料，加水量为 11%～14%，附着率较低，可进行较厚层的喷补；火法喷

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com