

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51352 – 2019

---

# 纤维增强塑料排烟筒工程技术标准

Engineering technical standard for fiber  
reinforced plastics chimney

2019 – 11 – 22 发布

2020 – 06 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布  
国家市场监督管理总局

中华人民共和国国家标准

纤维增强塑料排烟筒工程技术标准

Engineering technical standard for fiber  
reinforced plastics chimney

**GB 51352 - 2019**

主编部门：中国石油和化工勘察设计协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 0 年 6 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京

中华人民共和国国家标准  
纤维增强塑料排烟筒工程技术标准

GB 51352-2019



中国计划出版社出版发行

网址: [www.jhpress.com](http://www.jhpress.com)

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

北京市科星印刷有限责任公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 6.625 印张 166 千字

2020 年 5 月第 1 版 2020 年 5 月第 1 次印刷



统一书号: 155182·0611

定价: 40.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2019 年 第 323 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《纤维增强塑料排烟筒工程技术标准》的公告

现批准《纤维增强塑料排烟筒工程技术标准》为国家标准,编号为 GB 51352—2019,自 2020 年 6 月 1 日起实施。其中,第 4.2.12、4.2.13、6.2.1(1、2)、6.3.1(6)、6.4.11、7.3.1(7)、10.1.16、10.1.17 条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 11 月 22 日

## 前 言

本标准是根据住房和城乡建设部《关于印发 2015 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》(建标〔2014〕189 号)的要求,由华东理工大学和中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司会同有关单位共同完成。

本标准在编制过程中,编制组对国内一些燃煤电厂和相关化工冶金、有色等生产企业进行了深入的调查研究,总结了我国烟气和相关工业尾气排放等情况的实地考察,吸收了国内外相关工程建设规范、标准的成果,并在广泛征求意见的基础上,通过反复讨论、修改和完善,最后经审查定稿。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,基本规定,材料,结构设计,制造,安装,检验,现场监造,施工安全与绿色施工,工程验收等。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国石油和化工勘察设计协会负责日常工作,由华东理工大学负责具体技术内容的解释。执行过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和资料寄送给华东理工大学(地址:上海市徐汇区梅陇路 130 号,邮编:200237,电子邮箱:rg-hou@ecust.edu.cn)。

本标准主编单位:华东理工大学

中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司

本标准参编单位:金陵力联思树脂有限公司

上海富晨化工有限公司

福建路通管业科技股份有限公司  
连云港中复连众复合材料集团有限公司  
河南省第二建设集团有限公司  
江苏利保科技股份有限公司  
上海必立结构设计事务所有限公司  
上海电力建设有限责任公司  
长兴合成树脂(常熟)有限公司  
欧文斯科宁复合材料(中国)有限公司  
重庆国际复合材料有限公司  
上海迪夫格环境科技有限公司  
中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司  
中国五环工程有限公司  
中国恩菲工程技术有限公司  
恒天(江西)纺织设计院有限公司  
中油吉林化建工程有限公司  
隔而固(青岛)振动控制有限公司  
厦门鹭恒达建筑工程有限公司  
金川集团股份有限公司  
上海固瑞泰复合材料有限公司

本标准主要起草人员:侯锐钢 徐 勍 黎大胜 陆士平  
周 权 王 磊 葛 平 陈 飞  
刘 永 倪礼忠 张永举 余雪松  
牛春良 袁国龙 赵 方 陈平安  
彭周岗 杨 薇 倪 斌 戴永阳  
马骏骧 龙 健 宋 宁 陈 京  
韩利雄 谷朝红 陈 芳 李文发  
郭汉杰 赵 智 张诗光

本标准主要审查人员:陈 博 武一琦 李飒岩 朱四荣  
李兴利 高 标 周仕刚 马 绅  
王 逊 何志刚 赵思韬 王强华  
郭文强

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	基本规定 .....	( 5 )
3.1	一般规定 .....	( 5 )
3.2	腐蚀介质 .....	( 7 )
3.3	功能要求 .....	( 8 )
3.4	技术条件与文件 .....	( 8 )
4	材 料 .....	( 11 )
4.1	一般规定 .....	( 11 )
4.2	原材料 .....	( 11 )
4.3	筒节性能 .....	( 15 )
4.4	排烟筒材料性能参数 .....	( 18 )
5	结构设计 .....	( 32 )
5.1	一般规定 .....	( 32 )
5.2	作用和效应 .....	( 33 )
5.3	结构形式与结构模型 .....	( 37 )
5.4	承载能力极限状态计算 .....	( 38 )
5.5	正常使用极限状态计算 .....	( 46 )
5.6	铺层结构 .....	( 48 )
5.7	冷凝液收集 .....	( 50 )
5.8	构造及细部设计 .....	( 51 )
6	制 造 .....	( 54 )
6.1	一般规定 .....	( 54 )
6.2	场地与区域 .....	( 54 )

6.3	设备与工装	( 55 )
6.4	制造工艺	( 56 )
6.5	养护和贮存	( 59 )
6.6	制造过程质量控制	( 59 )
6.7	制造等级	( 64 )
7	安    装	( 66 )
7.1	一般规定	( 66 )
7.2	安装荷载	( 66 )
7.3	固定和连接	( 67 )
7.4	开孔和补强	( 68 )
7.5	贮存	( 68 )
7.6	运输	( 69 )
7.7	吊装	( 69 )
7.8	安装过程质量控制	( 70 )
8	检    验	( 71 )
8.1	一般规定	( 71 )
8.2	质量检验文件	( 71 )
8.3	原材料测试与检验	( 72 )
8.4	筒节及构配件质量检验	( 77 )
8.5	制造过程质量检验	( 83 )
8.6	安装过程质量检验	( 87 )
8.7	运行过程质量检查	( 89 )
9	现场监造	( 91 )
9.1	一般规定	( 91 )
9.2	现场监造方式	( 91 )
9.3	现场监造准备	( 92 )
9.4	现场监造实施	( 93 )
9.5	性能测试检验	( 93 )
9.6	监造记录与文件	( 93 )

10	施工安全与绿色施工 .....	( 94 )
10.1	施工安全 .....	( 94 )
10.2	绿色施工 .....	( 96 )
11	工程验收 .....	( 97 )
附录 A	气体腐蚀性分类及材料选用 .....	(105)
附录 B	排烟筒温度作用效应计算 .....	(112)
附录 C	缠绕工艺评定 .....	(119)
附录 D	排烟筒工艺等级评定 .....	(121)
附录 E	筒节平端对接手工糊工艺评定 .....	(122)
附录 F	工程质量验收记录表 .....	(124)
附录 G	层合板层间剪切强度测试 .....	(129)
附录 H	层合板搭接剪切强度测试 .....	(131)
附录 J	制造安装管理用表 .....	(133)
附录 K	现场监造管理用表 .....	(151)
	本标准用词说明 .....	(156)
	引用标准名录 .....	(157)
	附:条文说明 .....	(161)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Basic requirements .....	( 5 )
3.1	General requirements .....	( 5 )
3.2	Corrosive media classification .....	( 7 )
3.3	Functional requirements .....	( 8 )
3.4	Technical conditions and documentation .....	( 8 )
4	Materials .....	( 11 )
4.1	General requirements .....	( 11 )
4.2	Raw materials .....	( 11 )
4.3	Can performance .....	( 15 )
4.4	Fiber reinforced plastic chimney material properties .....	( 18 )
5	Structural design .....	( 32 )
5.1	General requirements .....	( 32 )
5.2	Effect .....	( 33 )
5.3	Structure type and model .....	( 37 )
5.4	Carrying capacity limit state calculation .....	( 38 )
5.5	Normal use limit state calculation .....	( 46 )
5.6	Laminate structure .....	( 48 )
5.7	Condensate collection .....	( 50 )
5.8	Structure and detail design .....	( 51 )
6	Manufacture .....	( 54 )
6.1	General requirements .....	( 54 )
6.2	Manufacturing site layout .....	( 54 )

6.3	Manufacturing equipment and tooling .....	( 55 )
6.4	Manufacturing process .....	( 56 )
6.5	Conservation and storage .....	( 59 )
6.6	Quality control .....	( 59 )
6.7	Can workmanship level .....	( 64 )
7	Installation .....	( 66 )
7.1	General requirements .....	( 66 )
7.2	Erection load .....	( 66 )
7.3	Fixed measures .....	( 67 )
7.4	Opening and reinforcing .....	( 68 )
7.5	Storage .....	( 68 )
7.6	Transport .....	( 69 )
7.7	Hoisting .....	( 69 )
7.8	Quality inspection .....	( 70 )
8	Inspection .....	( 71 )
8.1	General requirements .....	( 71 )
8.2	Quality inspection documents .....	( 71 )
8.3	Raw material testing and inspection .....	( 72 )
8.4	Quality inspection of tube section and structure parts .....	( 77 )
8.5	Manufacturing process quality inspection .....	( 83 )
8.6	Installation process quality inspection .....	( 87 )
8.7	Inspection after use of fiber reinforced plastics chimney .....	( 89 )
9	Quality-assurance surveillance .....	( 91 )
9.1	General requirements .....	( 91 )
9.2	Site supervision method .....	( 91 )
9.3	Work before the supervision .....	( 92 )
9.4	Site supervision and implementation .....	( 93 )
9.5	Performance testing .....	( 93 )
9.6	Site supervision records and documents .....	( 93 )

10	Construction safety and green construction	( 94 )
10.1	Construction safety	( 94 )
10.2	Green construction	( 96 )
11	Engineering acceptance	( 97 )
Appendix A	Classification of gas corrosion and materials selection	(105)
Appendix B	Calculation of temperature effect of chimney	(112)
Appendix C	Evaluation of winding process	(119)
Appendix D	Manufacturing evaluation level of fiber reinforced plastics chimney	(121)
Appendix E	Hand debris technology skills assessment	(122)
Appendix F	Engineering quality acceptance record	(124)
Appendix G	Measurement and test for inter laminar shear strength of laminates	(129)
Appendix H	Measurement and test for lap shear strength of bond between laminates	(131)
Appendix J	Manufacture the site supervisor record submitted by the installer	(133)
Appendix K	The supervisory record file submitted by the site supervisor	(151)
	Explanation of wording in this standard	(156)
	List of quoted standards	(157)
	Addition; Explanation of provisions	(161)

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高纤维增强塑料排烟筒工程设计与应用技术水平,加强设计、制造、安装过程的质量控制及运行过程中的维护,保证技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于烟气和工业尾气排放系统新建、改建和扩建工程的纤维增强塑料排烟筒设计、制造、安装、工程质量验收和维护运行。

**1.0.3** 纤维增强塑料排烟筒的制造、安装与设计文件出现差异时,应符合下列规定:

- 1 当需要修改设计时,应经原设计单位同意;
- 2 当材料需要代用时,材料性能应经过试验验证并应通过审查;
- 3 当采用其他成型工艺时,应经试验确定,其参数不得低于本标准的规定。

**1.0.4** 纤维增强塑料排烟筒工程除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准规范的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 烟囱 chimney

排放烟气或工业尾气的高耸构筑物。

### 2.0.2 纤维增强塑料 fiber reinforced plastics

以纤维及其制品作为增强体的树脂基复合材料。

### 2.0.3 筒节 can

在排烟筒模具上完成设计规定的铺层结构,已经脱模的产品是排烟筒的基本单元。

### 2.0.4 筒段 tube section

由一个筒节或采用刚性组装方式将若干筒节连接在一起,固定在支承结构上的排烟筒单元。

### 2.0.5 纤维增强塑料排烟筒 fiber reinforced plastics chimney

由一个或多个筒段安装完成的排烟通道及其附属装置,简称排烟筒。

### 2.0.6 悬挂式 suspension type

在重力荷载作用下,以承受拉应力为主的筒段或排烟筒形式。

### 2.0.7 塔架式 framed type

排烟筒主要承担自身竖向荷载,水平荷载主要由塔架承担的结构形式。

### 2.0.8 拉索式 guyed type

筒身与拉索共同组成稳定体系的排烟筒形式。

### 2.0.9 附着式 adhesion type

固定在建筑物、构筑物侧面的排烟筒形式。

### 2.0.10 自立式 self-standing type

在重力荷载作用下,以承受压应力为主的筒段或排烟筒形式。

**2.0.11 功能内衬层** functional lining layer

赋予排烟筒内表面耐腐蚀、阻燃、耐高温、导静电或耐磨耗等性能的铺层,通常由内表面层和次内层组成。

**2.0.12 露点腐蚀** dew point corrosion

露点附近的冷凝液滴因浓度高而呈现出与其他温度条件下完全不同强度和特征的腐蚀现象。

**2.0.13 排烟筒匠艺等级** workmanship

对排烟筒制造、安装质量水平的综合评价。

**2.0.14 持久态** running state

工艺系统正常持续运行时的烟气温度状态。

**2.0.15 短暂态** trouble state

工艺系统故障时的烟气温度状态,通常该状态持续时间不超过 2 小时。

**2.0.16 偶然态** break-down state

工艺系统出现了短时无法排除的故障或紧急停机,导致烟气温度比短暂态的更高,通常该状态持续时间不超过 30 分钟。

**2.0.17 现场监造** quality-assurance surveillance

受建设方委托、具有专业技术能力、独立的第三方,对纤维增强塑料排烟筒工程“制造和安装”进行过程质量控制。

**2.0.18 单元** unit

单层板的每单位纤维增强材料面积质量( $\text{kg}/\text{m}^2$ )和单位宽度( $\text{mm}$ )乘积的倒数,单位为  $1/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)$ ;或为层合板的单位宽度( $\text{mm}$ )的倒数,单位为  $1/\text{mm}$ 。

**2.0.19 单元拉伸强度** unit tensile strength

单层板的单位宽度、单位纤维增强材料面积质量下的极限拉伸荷载,单位为  $\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)$ 。

**2.0.20 单元拉伸模量** unit tensile modulus

单层板的单位宽度、单位纤维增强材料面积质量下的拉伸荷载与对应应变的比值,单位为  $\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)$ 。

**2.0.21** 层合板单元拉伸强力      tensile load carrying capacity  
of a laminate

单位宽度层合板的极限拉伸荷载,单位为 N/mm。

**2.0.22** 层合板单元拉伸刚度      laminate unit tensile stiffness

单位宽度层合板的拉伸荷载与对应应变的比值,单位为  
N/mm。

**2.0.23** 防腐蚀工作年限      anti-corrosion service life

设计规定的排烟筒在目标腐蚀环境中正常维护下,不需进行  
大修即可正常使用的年限。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 各相关参建单位应具备相应的专业资质,作业人员应持有相关专业上岗证或经过专业培训。

3.1.2 现场各参建单位应按法律法规建立相应的管理体系,制定相应的管理制度。

3.1.3 采用新技术、新工艺、新流程、新装备、新材料时,应经过技术鉴定或具有允许使用的证明;不得使用国家明令禁止或淘汰的设备、设施技术、工艺、材料及产品。

3.1.4 测试样本的选取应按本标准执行,当没有具体规定时,可按现行国家标准《计数抽样检验程序》GB/T 2828 的规定执行。

3.1.5 所涉及的计量器具和检测设备应经计量检定、校准,并应在有效期内。

3.1.6 制造与安装过程中,易燃易爆化学危险品的储存应符合现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 的规定。

3.1.7 纤维增强塑料排烟筒的防腐蚀工作年限可分为 Y1、Y2、Y3 类,并应符合表 3.1.7 的规定。

表 3.1.7 纤维增强塑料排烟筒的防腐蚀工作年限分类

防腐蚀工作年限	类别	排烟筒示例
5	Y1	临时性排烟筒
15	Y2	改建(扩建)工程的排烟筒
30	Y3	新建工程的排烟筒

3.1.8 排烟筒的安全等级应按现行国家标准《建筑结构可靠性设

计统一标准》GB 50068 的规定分为三级,并应符合表 3.1.8 的规定。

表 3.1.8 排烟筒的安全等级

型 式	机组特征/排烟筒自身规模	安全等级
套筒式、塔架式、 水平烟道	锅炉容量不小于 2000t/h	一级
	锅炉容量为 1000t/h~2000t/h	二级
	锅炉容量不大于 1000t/h	三级
自立式、拉索式、 附着式	排烟筒出口距离地面高度为 20m~30m	二级
	排烟筒出口距离地面高度不超过 20m	三级

- 注:1 套筒式、塔架式烟囱的排烟筒安全等级宜与烟囱整体的安全等级相同,且不应低于与之相连的水平烟道安全等级;
- 2 当 2 台或 2 台以上机组共用 1 根排烟筒,且按本表规定其安全等级小于一级时,排烟筒安全等级应提高一级;
- 3 防腐蚀工作年限为 Y1 类的排烟筒,安全等级可比本条有关规定降低一级,且不应低于三级;
- 4 自立式、拉索式、附着式排烟筒出口高度距离地面超过 30m 时,其适用性宜通过审查确定,其安全等级不应低于二级。

3.1.9 工程验收的组织程序及合格标准应符合现行国家标准《建筑工程质量验收统一标准》GB 50300 的规定。

3.1.10 纤维增强塑料排烟筒适用的烟气压力范围应满足各工况下烟气压力要求。

3.1.11 排烟筒筒体应由功能内衬层、结构层和外表面保护层组成,各层材料组成、厚度和铺层方式应由设计确定。

3.1.12 纤维增强塑料排烟筒的结构形式,可包括悬挂式、塔架式、拉索式、附着式、自立式等支承结构形式的竖向筒段和非埋地水平烟道。

3.1.13 纤维增强塑料排烟筒结构重要性系数最小值应符合表 3.1.13 的规定。

表 3.1.13 纤维增强塑料排烟筒的结构重要性系数最小值

结构重要性 系数	持久态和短暂态			偶然态和地震态
	安全等级			
	一级	二级	三级	
$\gamma_0$	1.1	1.0	0.9	1.0

**3.1.14** 排烟筒筒体、构件及其连接部位应采用相同的原材料与制成品。

**3.1.15** 排烟筒制造与安装环境应符合下列规定：

1 环境温度宜为  $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不应大于 80%，原材料使用时不宜超出该范围；

2 当环境温度低于  $10^{\circ}\text{C}$  时，应采取加热保温措施，但不得采用明火或蒸汽直接加热；

3 当环境温度高于  $35^{\circ}\text{C}$  时，应采取降温措施。

**3.1.16** 纤维增强塑料排烟筒应采用缠绕、喷射和手糊铺层工艺成型。

**3.1.17** 排烟筒的制造方式应根据直径、长度、现场及运输条件确定。当直径大于 4.0m 时，宜采用现场分段制造。

**3.1.18** 分段制造的排烟筒，筒节长度应根据加工模具能力和现场的起吊条件选择。

**3.1.19** 缠绕设备与模具等调试完成后，宜制作有效长度不小于 1.0m 的筒节试验段。

**3.1.20** 筒节及其构配件的检验应包括过程检验和力学性能检验。

**3.1.21** 纤维增强塑料排烟筒工程施工质量验收应按分部(子分部)工程、分项工程和检验批进行划分。

## **3.2 腐蚀介质**

**3.2.1** 烟气和工业尾气的腐蚀性可分为“化学介质 I 类、化学介质 II 类和化学介质 III 类”，其冷凝液的性质应符合本标准附录 A 表 A.0.1 的规定。

**3.2.2** 化学介质 I 类的确定应至少符合下列一项规定：

1 冷凝液组分含有 3 种以上氧化性酸；

2 冷凝液组分含有 2 种以上氧化性酸且浓度低于 0.5% 的有机酸或溶剂；

3 湿氨气；

- 4 火力发电厂潮湿烟气。
- 3.2.3 化学介质Ⅱ类的确定应至少符合下列一项规定：
  - 1 冷凝液组分含有不超过 3 种可形成氧化性酸的非金属氧化物；
  - 2 冷凝液组分含有 2 种以上的酸，且无有机物；
  - 3 火力发电厂干烟气。
- 3.2.4 化学介质Ⅲ类的确定应至少符合下列一项规定：
  - 1 干态气体；
  - 2 未形成冷凝液的湿态气体；
  - 3 水汽。
- 3.2.5 多种化学介质混合的工业尾气分类宜符合本标准附录 A 表 A.0.2 的规定，当无法确定化学介质类别时，应进行取样分析。

### 3.3 功能要求

- 3.3.1 纤维增强塑料排烟筒的耐腐蚀性能应符合各工况要求。
- 3.3.2 当纤维增强塑料排烟筒有阻燃性能要求时，应在功能内衬层采用反应型阻燃树脂。
- 3.3.3 纤维增强塑料排烟筒的耐温性能应符合工艺系统要求。
- 3.3.4 当纤维增强塑料排烟筒内表面有导静电性能要求时，应在功能内衬层采取增加导电纤维或导电填料等措施。
- 3.3.5 当纤维增强塑料排烟筒有防雷电性能要求时，应采取导电与避雷措施相应的技术方案。
- 3.3.6 当纤维增强塑料排烟筒有耐磨性能要求时，应采取耐磨铺层技术措施。
- 3.3.7 当纤维增强塑料排烟筒外表面有耐候、装饰性能要求时，宜采用树脂胶衣层。

### 3.4 技术条件与文件

- 3.4.1 纤维增强塑料排烟筒的设计技术条件应包括下列内容：

- 1 工艺系统描述；
- 2 排烟筒防腐蚀工作年限；
- 3 自然气象条件；
- 4 抗震设计参数；
- 5 烟气或工业尾气的组分、工作温度、流速范围、烟气压力等特性；
- 6 排烟筒筒体尺寸、出口高度、进口处与前序装置的接口参数等几何特征；
- 7 积灰荷载、气体监测设备荷载等工艺荷载及要求；
- 8 其他必要的资料和要求。

#### 3.4.2 纤维增强塑料排烟筒的设计文件应包括下列内容：

- 1 工程名称、工程建设地点、防腐蚀工作年限、自然气象条件、抗震设计参数、腐蚀介质分类等基本工程信息；
- 2 设计、制造、质量控制所依据的法规、规范和标准；
- 3 树脂的类型、规格，树脂浇铸体的力学性能、耐腐蚀性能、阻燃性能、耐温性能；
- 4 增强材料的类型、规格和性能要求；
- 5 筒节、筒段的布置及排烟筒的总体布置；
- 6 筒节的几何尺寸、加强筋、成型工艺、铺层结构、筒节制作质量等级、开孔及附件等具体要求；
- 7 支承节点、水平位移约束装置、膨胀节等排烟筒的固定、连接要求；
- 8 纤维增强塑料排烟筒的物理力学性能、耐腐蚀性能及其检测要求；
- 9 制作、运输、安装要求；
- 10 运行过程及维护要求。

#### 3.4.3 纤维增强塑料排烟筒的制造方、安装方，均应编制施工组织设计文件，并应通过审查。

#### 3.4.4 纤维增强塑料排烟筒的施工组织设计文件应包括下列内容：

- 1 施工专项计算书、施工工艺图、设计说明书等；
- 2 制造、安装工艺要求；
- 3 制造、安装过程中的质量控制要求；
- 4 制造、安装管理要求；
- 5 筒节质量验收的技术依据和检验点；
- 6 工程验收要求。

**3.4.5** 纤维增强塑料排烟筒制造、安装应编制质量检验验收工作大纲及检验验收工作细则等文件。

**3.4.6** 当排烟筒质量有特殊要求时应实施现场监造，现场监造方应编制现场监造大纲以及现场监造工作实施细则等技术文件。

## 4 材 料

### 4.1 一 般 规 定

- 4.1.1 纤维增强塑料排烟筒材料应符合下列规定：
- 1 选用的材料应适用于介质环境，并应符合设计功能要求；
  - 2 材料性能指标应经过计算、评估、试验或验证；
  - 3 力学性能与耐久性应保证运行安全，并应符合防腐蚀工作年限要求。
- 4.1.2 原材料与制成品应具有质量证明文件。
- 4.1.3 原材料质量证明文件应包括下列内容：
- 1 原材料质量技术指标及检测方法；
  - 2 材料性能说明书、质量合格证、性能测试与检测报告及材料安全数据说明文件；
  - 3 制造与安装现场抽检报告或技术鉴定文件等。
- 4.1.4 筒节及相关构件质量证明文件应包括下列内容：
- 1 筒节及相关构件力学性能等指标参数及检测方法；
  - 2 筒节及相关构件的质量检验记录；
  - 3 随机取样的筒节及相关构件性能测试或检测报告；
  - 4 质量有特殊要求时，可提供筒节及相关构件的技术鉴定文件。
- 4.1.5 增强材料的纤维表面应涂覆与树脂体系相匹配的增强型浸润剂。
- 4.1.6 裸露在阳光直射环境下的纤维增强塑料排烟筒部分，应采取防紫外线老化保护措施。

### 4.2 原 材 料

#### I 树 脂

- 4.2.1 树脂可选用乙烯基酯树脂、不饱和聚酯树脂或环氧树脂。

当选用其他类型树脂时,其性能应经试验确定。

#### 4.2.2 树脂的质量与性能应符合下列规定:

1 乙烯基酯树脂的质量应符合现行国家标准《乙烯基酯树脂防腐工程技术规范》GB/T 50590 的有关规定。

2 不饱和聚酯树脂的质量应符合现行国家标准《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》GB/T 8237 的有关规定。

3 环氧树脂的质量应符合现行国家标准《双酚 A 型环氧树脂》GB/T 13657 的有关规定。

4 树脂浇铸体的力学性能质量指标宜符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 树脂浇铸体的力学性能质量指标

力学性能	质量指标		
	乙烯基酯树脂	不饱和聚酯树脂	环氧树脂
弯曲模量(MPa)	≥3000	≥2700	≥3000
弯曲强度(MPa)	≥110	≥80	≥100
拉伸模量(MPa)	≥3000	≥2700	≥3000
拉伸强度(MPa)	≥65	≥55	≥60
拉伸断裂延伸率(%)	≥2.5	≥2.0	≥2.0

5 树脂浇铸体耐腐蚀性能可按树脂的耐腐蚀数据、已有的应用经验、现场挂片或实验室试验和验证等方法确定,其评估方法应符合现行国家标准《纤维增强塑料设备与管道工程技术规范》GB 51160 的有关规定。

6 排烟筒耐化学介质腐蚀树脂选用应符合本标准附录 A 表 A.0.3 的规定。

7 反应型阻燃树脂浇铸体的极限氧指数 LOI 应大于 25。

8 树脂浇铸体热变形温度 HDT 应大于持久态的设计温度( $T_{d1}$ )+20℃、也应大于短暂态的设计温度( $T_{d2}$ ),树脂浇铸体玻璃化转变温度  $T_g$  应大于偶然态的设计温度( $T_{d3}$ )。

## II 增强材料

4.2.3 增强材料可选用玻璃纤维及其制品、碳纤维及其制品、聚酯纤

维及其制品。当选用其他类型增强材料时,其性能应经试验确定。

**4.2.4 玻璃纤维增强材料的玻璃类型与性能指标应符合表 4.2.4 的规定。**

**表 4.2.4 玻璃纤维增强材料的玻璃类型与性能指标**

玻璃类型	性能指标							
	理化指标(%)					力学性能		
	碱金属氧化物含量	氧化钙含量	氧化硼含量	氟含量	耐酸性质量损失率	浸胶纱拉伸断裂强度(MPa)	浸胶纱拉伸弹性模量(GPa)	诺尔环层间剪切强度(MPa)
E	≤0.8	—			<5	≥1600	≥78	≥50
E-CR		—	<0.1	<0.1		≥2200	≥81	
C	6~12	—						
AR	—	≥15	—					

注:1 E代表无碱玻璃纤维,E-CR代表耐酸玻璃纤维,C代表耐化学玻璃纤维,AR代表耐碱玻璃纤维;

2 “—”表示不做规定。

**4.2.5 常用的玻璃纤维及制品可包括缠绕纱、喷射纱、单向布、无捻粗纱布、短切原丝毡、连续原丝毡、缝编织物、网格布和表面毡等。**

**4.2.6 玻璃纤维及其制品的质量与性能应符合下列规定:**

1 缠绕纱和喷射纱的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369 的有关规定,线密度宜选用 2400tex;

2 玻璃纤维单向布的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维机织单向布》GB/T 29754 的有关规定,单向布单位面积质量宜为 430g/m<sup>2</sup>;

3 玻璃纤维无捻粗纱布的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱布》GB/T 18370 的有关规定,无捻粗纱布单位面积质量宜在 350g/m<sup>2</sup>~600g/m<sup>2</sup>;

4 玻璃纤维短切原丝毡、连续原丝毡的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡》GB/T 17470 的有关规

定,其中单位面积质量宜在  $225\text{g}/\text{m}^2 \sim 450\text{g}/\text{m}^2$ ;

5 玻璃纤维缝编织物的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维缝编织物》GB/T 25040 的有关规定,其中缝编毡的单位面积质量宜为  $225\text{g}/\text{m}^2 \sim 450\text{g}/\text{m}^2$ ,多轴向缝编织物、缝编复合织物的单位面积质量宜为  $450\text{g}/\text{m}^2 \sim 600\text{g}/\text{m}^2$ ;

6 玻璃纤维网格布的质量应符合现行行业标准《增强用玻璃纤维网布 第2部分:聚合物基外墙保温用玻璃纤维网布》JC 561.2 的有关规定;

7 玻璃纤维表面毡的质量应符合现行国家标准《玻璃纤维湿法毡》GB/T 26733 的有关规定,拉伸断裂强力(纵向)不宜小于  $40\text{N}/50\text{mm}$ 。

4.2.7 碳纤维及其制品的质量应符合现行国家标准《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752 和《经编碳纤维增强材料》GB/T 30021 的有关规定。

4.2.8 聚酯纤维及其制品宜选用聚酯纤维表面毡,其性能应符合现行行业标准《纺粘热轧法非织造布》FZ/T 64033 的有关规定。

4.2.9 排烟筒耐化学介质腐蚀的纤维及制品选用应符合本标准附录 A 表 A.0.4 的规定。

### III 其他材料

4.2.10 乙烯基酯树脂、不饱和聚酯树脂常温固化体系应包括过氧化甲乙酮等引发剂和钴盐溶液等促进剂。

4.2.11 乙烯基酯树脂和不饱和聚酯树脂的引发剂、促进剂应配套使用。

4.2.12 乙烯基酯树脂和不饱和聚酯树脂的引发剂和促进剂应分开储存,严禁直接接触。仓储区域地面应做防渗处理。

4.2.13 环氧树脂固化剂应选用低毒固化剂,其性能应满足筒节及相关构件的质量要求。

4.2.14 环氧树脂稀释剂应选用活性稀释剂,其性能应满足筒节及相关构件的质量要求。

### 4.3 筒节性能

4.3.1 筒节外观质量等级应符合下列规定。

1 功能内衬层外观质量等级应符合表 4.3.1-1 的规定。

表 4.3.1-1 功能内衬层外观质量等级

检测项目		质量等级		
		一级	二级	三级
气泡	直径(mm)	≤1.5		
	个数	≤2	≤4	≤6
凹坑	直径(mm)	≤3		
	深度(mm)	≤0.5	≤0.8	≤1.0
	个数	≤1	≤2	≤3
缺口,裂纹		不允许		
干斑				
分层与杂质				
纤维外露				

注:气泡和凹坑个数为每任取 100mm×100mm 面积上,直径大于对应等级直径的个数。

2 结构层外观质量等级应符合表 4.3.1-2 的规定。

表 4.3.1-2 结构层外观质量等级

检测项目		质量等级		
		一级	二级	三级
气泡	直径(mm)	≤3.0		
	个数	≤2	≤4	≤6
缺口,裂纹		不允许		
干斑				
分层与杂质				
纤维外露				

注:气泡和凹坑个数为每任取 100mm×100mm 面积上,直径大于对应等级直径的个数。

3 外表面保护层外观质量等级应符合表 4.3.1-3 的规定。

表 4.3.1-3 外表面保护层外观质量等级

检测项目		质量等级		
		一级	二级	三级
气泡	直径(mm)	≤3		
	个数	≤4	≤6	≤8
缺口,裂纹		不允许		
干斑				
分层与杂质				
纤维外露				

注:气泡和凹坑个数为每任取 100mm×100mm 面积上,直径大于对应等级直径的个数。

4 手糊成型构件外观质量等级应符合表 4.3.1-4 的规定。

表 4.3.1-4 手糊成型构件外观质量等级

项 目		质量等级		
		I 级	II 级	III 级
裂纹		无		
分层		无		
干斑		无		
气泡	直径(mm)	<1.5	<2.5	<3.6
	个数	2	4	6
凹坑	直径(mm)	<2	<4	<6
	深度(mm)	<0.5	<1.0	<1.5
	个数	2	4	6

注:气泡和凹坑个数为每任取 100mm×100mm 面积上,直径大于对应等级直径的个数。

4.3.2 筒节及相关构件的固化度应符合下列规定。

1 筒节及相关构件常温固化后,表面巴柯尔硬度不应低于所使用树脂浇铸体表面巴柯尔硬度的 80%,加热运行后,表面巴柯尔硬度不应低于所使用树脂浇铸体表面巴柯尔硬度的 85%。

2 筒节试验段应进行树脂不可溶分含量检测,其固化度等级

应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 筒节的固化度等级

检测项目	固化度等级		
	一级	二级	三级
功能内衬层固化度(%)	≥95	≥90	≥80
结构层固化度(%)	≥95	≥90	≥80
外表面保护层固化度(%)	≥95	≥90	≥80

4.3.3 筒节的力学性能检测项目应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 筒节的力学性能检测项目

检测项目	力学性能			
	轴向/环向 拉伸性能	轴向/环向 弯曲性能	剪切性能	压缩模量
功能内衬层	×	×	×	×
结构层	√	√	√	√
总铺层	√	√	√	√

注：“√”表示检测，“×”表示不检测。

4.3.4 当筒节试验段需要进行耐腐蚀性能试验验证时，其试验和评估方法应符合现行国家标准《纤维增强塑料设备与管道工程技术规范》GB 51160 的有关规定。

4.3.5 筒节阻燃性能等级应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 筒节阻燃性能等级

检测项目	阻燃等级		
	B1	B2	B3
极限氧指数, LOI	≥32	≥28	无要求

4.3.6 当筒节试验段需要进行耐温性能试验验证时，其耐温度性能应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 筒节的耐温度性能

设计温度	保温时间(h)	弯曲性能保留率
持久态温度 $T_{d1}$	6.0	$\geq 95$
短暂态温度 $T_{d2}$	2.0	$\geq 90$
偶然态温度 $T_{d3}$	0.5	$\geq 50$

注:弯曲性能保留率为(弯曲强度保留率+弯曲模量保留率)/2。

4.3.7 筒节的制造误差等级应符合表 4.3.7 的规定。

表 4.3.7 筒节的制造误差等级

检验项目		制造误差等级		
		一级	二级	三级
允许偏差 项目范围 (mm)	直径	$\min\{0.10\% \times D, 10\}$	$\min\{0.12\% \times D, 12\}$	$\min\{0.15\% \times D, 15\}$
	不圆度	$\min\{0.12\% \times D, 15\}$	$\min\{0.15\% \times D, 20\}$	$\min\{0.2\% \times D, 25\}$
	厚度	$0 \sim 10\%t$	$0 \sim 10\%t$	$-5\%t \sim 10\%t$
	端口平整度	10	12	15

注: $D$ 为筒体设计内径(mm), $t$ 为筒壁设计厚度。

4.3.8 筒节的树脂含胶量等级应符合表 4.3.8 的规定。

表 4.3.8 筒节树脂含胶量等级

检验项目		等级		
		一级	二级	三级
含胶量实测 值与设计值的 偏差(%)	功能内衬层	0~5	-2~5	-3~7
	结构层	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7$
	总铺层	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 7$

4.4 排烟筒材料性能参数

4.4.1 纤维增强塑料单层板力学性能可根据铺层实测法或铺层计算法确定,当单层板采用玻璃纤维增强时,其质量百分含量应符合下列规定:

- 1 短切原丝毡或喷射纱增强的单层板宜为 25%~35%;

2 纤维布增强的单层板宜为 45%~55%；

3 纤维缠绕纱增强的单层板宜为 60%~75%。

4.4.2 纤维增强塑料排烟筒单层板力学性能宜根据铺层实测法确定。

4.4.3 当采用铺层算法时,玻璃纤维增强的单层板力学性能应符合下列规定:

1 单层板力学性能应按表 4.4.3-1 取值。

表 4.4.3-1 单层板力学性能

增强材料类型	方向	适用条件	单元拉伸强度 $U_i$ [N/(mm·kg/m <sup>2</sup> )]	单元拉伸模量 $X_i$ [N/(mm·kg/m <sup>2</sup> )]	层间或搭接剪切强度 $\tau_{lap}$ (MPa)
短切原丝毡	各方向	—	200	14000	7.0
纤维布	经向	$\xi \geq 1/6$	$500 \times \xi$	$4000 + 24000 \times \xi$	6.0
		$\xi < 1/6$	60	4000	
	纬向	$\xi \leq 5/6$	$500 \times (1 - \xi)$	$4000 + 24000 \times (1 - \xi)$	
		$\xi > 5/6$	60	4000	
纤维缠绕纱	纤维方向	$85^\circ < \theta < 90^\circ$	500	28000	

注:1 “ $\xi$ ”为玻璃纤维布的经向占总纤维质量的比例;

2 “ $\theta$ ”为缠绕角,代表纤维缠绕方向与筒体轴向  $z$  的夹角。

2 缠绕角与纤维缠绕层的环向和轴向单元拉伸模量宜按表 4.4.3-2 取值。

表 4.4.3-2 缠绕角  $\theta$  与纤维缠绕层环向和轴向单元拉伸模量

缠绕角 $\theta$ (°)	环向单元拉伸模量 [N/(mm·kg/m <sup>2</sup> )]	轴向单元拉伸模量 [N/(mm·kg/m <sup>2</sup> )]
0	4000	28000
5	4000	27400
10	4200	26000

续表 4.4.3-2

缠绕角 $\theta(^{\circ})$	环向单元拉伸模量 [N/(mm · kg/m <sup>2</sup> )]	轴向单元拉伸模量 [N/(mm · kg/m <sup>2</sup> )]
15	4200	23800
20	4600	19800
25	4550	16000
30	4550	12800
35	4600	9800
40	5000	7500
45	5800	5800
50	7500	5000
55	9800	4600
60	12800	4550
65	16000	4550
70	19800	4600
75	23800	4200
80	26000	4200
85	27400	4000
90	28000	4000

3 缠绕角与纤维缠绕层泊松比宜按表 4.4.3-3 取值。

表 4.4.3-3 缠绕角与纤维缠绕层泊松比

缠绕角 $\alpha(^{\circ})$	泊松比 $\nu_{\theta z}$	泊松比 $\nu_{z\theta}$
0	0.075	0.26
5	0.075	0.27
10	0.10	0.32
15	0.14	0.38
20	0.18	0.47

续表 4.4.3-3

缠绕角 $\alpha(^{\circ})$	泊松比 $\nu_{\theta z}$	泊松比 $\nu_{z\theta}$
25	0.34	0.56
30	0.31	0.59
35	0.37	0.61
40	0.45	0.59
45	0.54	0.54
50	0.59	0.45
55	0.61	0.37
60	0.59	0.31
65	0.56	0.24
70	0.47	0.18
75	0.38	0.14
80	0.32	0.10
85	0.27	0.075
90	0.26	0.075

注:1 “z”为筒体轴向,“ $\theta$ ”为筒体环向;

2 泊松比  $\nu_{\theta z}$ 用于计算由  $\theta$  方向应力引起的  $z$  方向应变的泊松比,  $\nu_{z\theta}$ 用于计算由  $z$  方向应力引起的  $\theta$  方向应变的泊松比。

**4.4.4** 排烟筒层合板的力学性能可根据铺层实测法或铺层计算法确定。

**4.4.5** 排烟筒层合板力学性能宜根据铺层实测法确定。

**4.4.6** 铺层实测法确定单层板和层合板力学性能应符合下列规定:

1 试验样板应按设计铺层制作,每个检测项目试样不应少于15个;

2 单层板和层合板力学性能检测项目应符合表 4.4.6-1 的规定;

表 4.4.6-1 单层板和层合板力学性能检测项目

检测项目		单层板	层合板
拉伸性能	单元拉伸强度	√	—
	单元拉伸模量		
	拉伸强度	—	√
	单元拉伸强力		
	单元拉伸刚度		
弯曲性能	弯曲强度	—	√
压缩性能	压缩强度	—	√
弹性模量	拉伸模量	—	√
	弯曲模量		
	压缩模量		
剪切强度	层间剪切强度	○	○
	搭接剪切强度	√	√
	剪切强度	—	√

注：“√”表示应检项目，“○”表示宜检项目，“—”表示无需检测项目。

3 试样数据的置信度应分别按式(4.4.6-1)计算：

$$J_{\text{lam}} = \bar{J} - t \times s \quad (4.4.6-1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (J_i - \bar{J})^2}{N-1}} \quad (4.4.6-2)$$

式中： $J_{\text{lam}}$ ——预设铺层性能的标准值；

$\bar{J}$ ——预设铺层实测性能的平均值；

$t$ —— $t$ 分布临界值，可按表 4.4.6-2 取值；

$s$ ——标准偏差；

$J_i$ ——第  $i$  个样实测数值；

$N$ ——试样数量。

表 4.4.6-2  $t$  分布临界值(双侧 95%置信度)

试样数量 $N$	$t$ 分布临界值	试样数量 $N$	$t$ 分布临界值
15	2.145	24	2.069
16	2.131	25	2.064
17	2.120	26	2.060
18	2.110	27	2.056
19	2.101	28	2.052
20	2.093	29	2.048
21	2.086	30	2.045
22	2.080	31	2.042
23	2.074	32	2.040

4.4.7 当排烟筒层合板力学性能采用铺层算法或排烟筒的单层板采用铺层实测法而层合板采用铺层算法确定时,层合板的单元拉伸刚度和单元拉伸强力应分别按式(4.4.7-1)、式(4.4.7-2)计算:

$$X_{\text{lam}} = n_1 W_1 X_1 + n_2 W_2 X_2 + \cdots + n_i W_i X_i \quad (4.4.7-1)$$

$$U_{\text{lam}} = n_1 W_1 U_1 + n_2 W_2 U_2 + \cdots + n_i W_i U_i \quad (4.4.7-2)$$

式中: $X_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸刚度(N/mm);

$U_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸强力(N/mm);

$n_i$ ——第  $i$  单层板的层数;

$W_i$ ——第  $i$  单层板的纤维单位面积质量( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$X_i$ ——第  $i$  单层板的单元拉伸模量 $[\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)]$ ,采用铺层算法时,按表 4.4.3-1 取值,其中纤维缠绕单层板的  $X_i$ 按表 4.4.3-2 取值;当单层板采用铺层实测法而层合板采用铺层算法时, $X_i$ 按实测数据结果取值。

4.4.8 纤维增强塑料材料性能应按各向异性材料分别确定其轴向、环向的弹性模量和强度及层间剪切强度。

**4.4.9** 材料强度设计值应由强度标准值除以材料性能分项系数得到。

**4.4.10** 材料性能分项系数应按式(4.4.10-1)、式(4.4.10-2)计算:

$$\gamma_K = 1.6 \times \gamma_1 \times \gamma_2 \times \gamma_3 \times \gamma_4 \times \gamma_5 \quad (4.4.10-1)$$

$$\gamma_F = 1.6 \times \gamma_1 \times \gamma_2 \times \gamma_3 \times \sqrt{\gamma_4} \times \gamma_5 \quad (4.4.10-2)$$

式中: $\gamma_K$ ——用于强度计算的材料性能分项系数;

$\gamma_F$ ——用于屈曲计算的材料性能分项系数;

$\gamma_1$ ——层合板力学性能的试验和验证分项系数;

$\gamma_2$ ——化学环境对材料性能影响的分项系数;

$\gamma_3$ ——温度对材料性能影响的分项系数;

$\gamma_4$ ——层合板蠕变对材料性能影响的分项系数;

$\gamma_5$ ——排烟筒工艺等级对材料性能影响的分项系数。

**4.4.11** 层合板力学性能采用铺层实测法确定时,试验验证分项系数 $\gamma_1$ 取值应符合下列规定:

- 1 当每项性能检测样本数据不少于 15 个时, $\gamma_1$ 应取 1.1;
- 2 从筒节上取样,每项性能检测数据不少于 15 个时, $\gamma_1$ 应取 1.0。

**4.4.12** 层合板力学性能采用铺层计算法确定而单层板力学性能采用铺层实测法数据或采用历史实测数据确定时,应对该单层板的力学性能试验验证。验证采用 5 个数据为一组,取这 5 个数据的平均值和去掉最大值与最小值后的 3 个数据的平均值中较小值,当该较小值大于该单层板力学性能数据时,分项系数 $\gamma_1$ 应取 1.1。

**4.4.13** 层合板力学性能采用铺层计算法确定,单层板的力学性能按表 4.4.3-1 确定时,分项系数 $\gamma_1$ 的取值应符合下列规定:

- 1 当有 18 个月内制造同类层合板筒节业绩,并有可接受的筒节性能历史数据时, $\gamma_1$ 应取 2.0;
- 2 当有 12 个月内制造同类层合板筒节业绩,并有可接受的该排烟筒性能历史数据时, $\gamma_1$ 应取 1.5;
- 3 当有 12 个月内制造同类层合板筒节业绩,单层板力学性

能符合本标准第 4.4.12 条的规定,但两个平均值中的小者大于本标准表 4.4.3-1 中的性能值时,  $\gamma_1$  应取 1.3。

**4.4.14** 化学环境对材料性能影响的分项系数  $\gamma_2$  最小值的取值应符合表 4.4.14 的规定。

**表 4.4.14** 化学环境对材料性能影响的分项系数  $\gamma_2$  最小值的取值

化学环境	分项系数 $\gamma_2$
化学介质 I 类	1.4
化学介质 II 类	1.3
化学介质 III 类	1.1
其他	1.0

**4.4.15** 温度对材料性能影响的分项系数  $\gamma_3$  取值,应符合下列规定:

1  $\gamma_3$  取值范围宜为 1.0~1.4;

2 持久态设计温度对材料性能影响的分项系数,应按式 (4.4.15-1) 计算:

$$\gamma_3 = 1.0 + 0.4 \frac{T_{d1} - 20}{HDT - 30} \quad (4.4.15-1)$$

3 短暂态设计温度对材料性能影响的分项系数,应按式 (4.4.15-2) 计算:

$$\gamma_3 = 1.0 + 0.4 \frac{T_{d2} - 20}{HDT} \quad (4.4.15-2)$$

4 偶然态设计温度对材料性能影响的分项系数,应按式 (4.4.15-3) 计算:

$$\gamma_3 = 1.0 + 0.4 \frac{T_{d3} - 20}{T_g} \quad (4.4.15-3)$$

式中:  $T_{d1}$ ——持久态设计温度(°C);

$T_{d2}$ ——短暂态设计温度(°C);

$T_{d3}$ ——偶然态设计温度(°C);

$HDT$ ——树脂的热变形温度(°C)；

$T_g$ ——树脂的玻璃化转变温度(°C)。

**4.4.16** 层合板蠕变对材料性能影响的分项系数  $\gamma_4$  最小值的取值应符合表 4.4.16 的规定。

表 4.4.16 分项系数  $\gamma_4$  的取值

增强材料类型	短期作用	长期作用	
		拉伸和压缩荷载	弯曲荷载
纤维布	1.00	1.28	1.70
短切原丝毡	1.00	2.20	2.20
纤维缠绕(环向)	1.00	1.25	1.35
纤维缠绕(轴向)	1.00	1.55	1.65

注:1 同时采用多种纤维制品组合制造层合板, $\gamma_4$ 应按主要纤维组成形式取值;当无法区别主要织物组成形式时,应按最大值取值;

2 当材料性能分项系数  $\gamma_F$ 用于屈曲计算时, $\gamma_4$ 值应采用弯曲值;

3 当材料性能分项系数  $\gamma_K$ 用于强度计算,且荷载中同时具有拉伸和弯曲荷载时, $\gamma_4$ 值应取拉伸值。

**4.4.17** 排烟筒匠艺等级分类应符合本标准附录 E 的规定,其对材料性能影响的分项系数  $\gamma_5$  的取值应符合下列规定:

1 排烟筒匠艺等级为“W1级”时, $\gamma_5$ 不应小于 0.95;

2 排烟筒匠艺等级为“W2级”时, $\gamma_5$ 不应小于 1.15;

3 排烟筒匠艺等级为“W3级”时, $\gamma_5$ 不应小于 1.30。

**4.4.18** 层合板应变设计值的确定应符合下列规定:

1 层合板应变设计值应按式(4.4.18-1)计算且对于长期作用的应变设计值不应大于表 4.4.18-1 中的规定值,对于短期作用的应变设计值不应大于表 4.4.18-2 中的规定值:

$$\epsilon_{lam1} = 0.1 \times \epsilon_r \quad (4.4.18-1)$$

式中: $\epsilon_{lam1}$ ——应变设计值(%);

$\epsilon_r$ ——树脂浇铸体的断裂延伸率(%).

表 4.4.18-1 长期作用的应变设计值最大值

树脂种类	应变设计值(%)
乙烯基酯树脂	0.27
不饱和聚酯树脂	0.23
环氧树脂	0.20

表 4.4.18-2 短期作用的应变设计值最大值

树脂种类	应变设计值(%)
乙烯基酯树脂	0.34
不饱和聚酯树脂	0.29
环氧树脂	0.25

2 层合板的应变设计值应按式(4.4.18-2)计算；

$$\epsilon_{\text{lam}2} = \frac{U_{\text{lam}}}{\gamma_K \times X_{\text{lam}}} \quad (4.4.18-2)$$

式中： $\epsilon_{\text{lam}2}$ ——层合板应变设计值，应按持久设计状况、短暂设计状况和偶然设计状况的分项系数  $\gamma_K$  分别计算层合板应变设计值；

$X_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸刚度(N/mm)，可按式(4.4.7-1)计算；

$U_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸强力(N/mm)，可按式(4.4.7-2)计算；

$\gamma_K$ ——用于强度计算的材料性能分项系数，可按式(4.4.10-1)分别取材料持久设计状况、短暂设计状况和偶然设计状况的分项系数。

3 排烟筒层合板的应变设计值  $\epsilon_{\text{lam}}$  应分别按式(4.4.18-1)和式(4.4.18-2)计算，并取较小值。

4.4.19 当排烟筒层合板力学性能采用铺层计算法确定时，应符合下列规定：

1 层合板的拉伸模量应分别按式(4.4.19-1)~式(4.4.19-3)计算:

$$E_{\text{lam}} = X_{\text{lam}}/t_d \quad (4.4.19-1)$$

$$t_d = \sum_{i=1}^n t_i \quad (4.4.19-2)$$

$$t_i = \left[ \frac{1}{\rho_g} + \frac{(100 - m_g)}{m_g \times \rho_r} \right] \times W_i \times 10^3 \quad (4.4.19-3)$$

式中:  $E_{\text{lam}}$ ——层合板的拉伸模量(MPa);

$t_d$ ——层合板的结构层计算厚度(mm);

$t_i$ ——第  $i$  层单层板的结构计算厚度(mm);

$m_g$ ——第  $i$  层单层板的纤维质量百分含量值;

$W_i$ ——第  $i$  单层板的纤维单位面积质量( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$\rho_r$ ——树脂固化后的密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$\rho_g$ ——纤维的密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。

2 层合板的弯曲模量应分别按式(4.4.19-4)、式(4.4.19-5)计算:

$$E_b = \frac{1}{t_d^3} \sum_{i=1}^n W_i X_i [12(h_i - h_0)^2 + t_i^2] \quad (4.4.19-4)$$

$$h_0 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i h_i}{\sum_{i=1}^n W_i X_i} \quad (4.4.19-5)$$

式中:  $E_b$ ——层合板的弯曲模量(MPa);

$W_i$ ——第  $i$  单层板的纤维单位面积质量( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$X_i$ ——第  $i$  单层板的单元拉伸模量[ $\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)$ ];

$h_i$ ——第  $i$  层单层板的中心与层合板几何中面(图 4.4.19)的距离(mm);

$h_0$ ——层合板的中性面与层合板几何中面的距离(mm)。

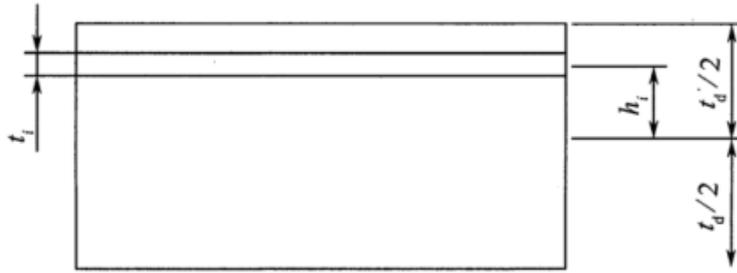


图 4.4.19  $t_d$ 、 $t_i$ 、 $h_i$  示意图

3 层合板的泊松比应按下列公式计算：

$$\nu_{\theta z} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i W_i X_i \nu_{\theta z i}}{\sum_{i=1}^n n_i W_i X_i} \quad (4.4.19-6)$$

$$\nu_{z\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i W_i X_i \nu_{z\theta i}}{\sum_{i=1}^n n_i W_i X_i} \quad (4.4.19-7)$$

式中： $\nu_{\theta z}$ ——层合板环向应力对轴向应变的泊松比；

$\nu_{z\theta}$ ——层合板轴向应力对环向应变的泊松比；

$n_i$ ——第  $i$  单层板的层数；

$W_i$ ——第  $i$  单层板的纤维单位面积质量( $\text{kg}/\text{m}^2$ )；

$X_i$ ——第  $i$  单层板的单元拉伸模量 $[\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)]$ ；

$\nu_{\theta z i}$ ——第  $i$  层单层板环向应力对轴向应变的泊松比，短切原丝毡或喷射纱或短切原丝毡与无捻粗纱布交替铺层的单层板取值为 0.32，单向布增强层取值为 0.075，纤维缠绕层泊松比宜按表 4.4.3-3 取值；

$\nu_{z\theta i}$ ——第  $i$  层单层板轴向应力对环向应变的泊松比，短切原丝毡或喷射纱或短切原丝毡与无捻粗纱布交替铺层的单层板取值为 0.32，单向布增强层取值为 0.26，纤维缠绕层泊松比宜按表 4.4.3-3 取值。

4 层合板的轴向和环向拉伸强度设计值应分别按式(4.4.19-8)~

式(4.4.19-9)计算:

$$f_{zt} = \epsilon_{lam} \times E_{z,lam} \quad (4.4.19-8)$$

$$f_{\theta t} = \epsilon_{lam} \times E_{\theta,lam} \quad (4.4.19-9)$$

式中: $f_{zt}, f_{\theta t}$ ——分别层合板为层合板轴向和环向拉伸强度设计值(MPa)。

$\epsilon_{lam}$ ——采用铺层算法时,层合板的应变设计值,应按本标准第4.4.18条确定。

$E_{z,lam}, E_{\theta,lam}$ ——分别层合板的轴向和环向拉伸模量值(MPa),按本标准式(4.4.19-1)确定。

**5** 层合板轴向和环向弯曲强度设计值应分别按式(4.4.19-10)式(4.4.19-11)计算:

$$f_{z,b} = 1.2 \times \epsilon_{lam} \times E_{z,b} \quad (4.4.19-10)$$

$$f_{\theta,b} = 1.2 \times \epsilon_{lam} \times E_{\theta,b} \quad (4.4.19-11)$$

式中: $f_{z,b}, f_{\theta,b}$ ——分别为层合板的轴向和环向弯曲强度设计值(MPa)。

$\epsilon_{lam}$ ——采用铺层算法时层合板的应变设计值,应按本标准第4.4.18条确定。

$E_{z,b}, E_{\theta,b}$ ——分别为层合板的轴向和环向弯曲模量值(MPa),按本标准式(4.4.19-4)确定。

**6** 层合板轴向压缩模量宜在16000MPa~18000MPa范围内取值,环向压缩模量宜在18000MPa~20000MPa范围内取值。

**4.4.20** 层合板的剪切强度取值应符合下列规定:

1 宜按现行国家标准《纤维增强塑料冲压式剪切强度试验方法》GB/T 1450.2 检测结果取值;

2 当无检测值时,可取50MPa。

**4.4.21** 层合板轴向和环向线性热膨胀系数的取值应符合下列规定:

1 宜按国家标准《纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法》GB/T 2572 检测结果取值;

2 当无检测数据时,层合板轴向线性热膨胀系数可在  $2.1 \times 10^{-5} \text{K}^{-1} \sim 3.0 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$  内取值;环向线性热膨胀系数可在  $1.2 \times 10^{-5} \text{K}^{-1} \sim 1.5 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$  内取值。

**4.4.22** 层合板轴向和环向导热系数的取值,应符合下列规定:

1 宜按现行国家标准《纤维增强塑料导热系数试验方法》GB/T 3139 检测结果取值;

2 当无检测数据时,层合板的导热系数可在  $0.23 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}) \sim 0.29 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  范围内取值。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 纤维增强塑料排烟筒的防火设计,除应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 高度超过 50m 的排烟筒,应采用反应型阻燃树脂;
- 2 筒节的阻燃性能等级应符合本标准表 4.3.5 的规定。

**5.1.2** 纤维增强塑料排烟筒结构设计应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

**5.1.3** 极限状态设计应符合现行国家标准《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068 的有关规定。

**5.1.4** 纤维增强塑料排烟筒的耐腐蚀性能除应符合本标准第 4.3.4 条的规定外,当出现下列情况时应采取防腐蚀加强措施:

- 1 工作温度波动范围涵盖介质露点温度;
- 2 发生气流路径急速改变;
- 3 检测孔、冷凝液收集槽、排水管接口等构件或附件部位;
- 4 取样分析无法确定排放物成分时。

**5.1.5** 纤维增强塑料排烟筒在气流突变部位宜采取下列一项或多项耐磨措施:

- 1 设置导流板;
- 2 在功能内衬层中添加耐磨填料;
- 3 增加功能内衬层厚度。

**5.1.6** 套筒式和塔架式烟囱的竖向排烟筒应设置水平位移约束装置,水平位移约束装置沿轴线的间距不应大于直径的 10 倍,且最大间距不应大于 40m。

5.1.7 竖向纤维增强塑料排烟筒应设置防雷电接地装置。

5.1.8 结构设计应根据排烟筒不同部位受力情况确定排烟筒工艺等级。

## 5.2 作用和效应

5.2.1 荷载和作用除应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定外,尚应符合本标准的规定。

5.2.2 纤维增强塑料排烟筒承受的作用分类宜符合下列规定:

1 结构及附件自重、积灰荷载、拉索式烟囱的拉索拉力宜为永久作用;

2 风荷载、持久态温度作用、短暂态温度作用、地震作用、检修附加荷载、裹冰荷载、积雪荷载、烟气或尾气压力、运输和安装荷载、操作荷载、局部荷载、振动和疲劳作用宜为可变作用;

3 拉索式烟囱的拉索断线和偶然态温度作用宜为偶然作用。

5.2.3 结构及附件重力荷载应包括所有筒壁结构、加强筋及附件的重量,计算筒壁结构重量时,筒体折算密度可取  $2250\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.2.4 纤维增强塑料排烟筒内部积灰荷载的设计值应符合下列规定:

1 排烟筒内部积灰厚度宜根据烟气净化系统的情况,结合类似机组实际调查结果确定,内部积灰厚度可按竖向筒体、水平烟道顶部、水平烟道底部(图 5.2.4)确定;

2 积灰的密度,干灰可取  $800\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1000\text{kg}/\text{m}^3$ ,湿灰可取  $1280\text{kg}/\text{m}^3$ ;

3 水平烟道倾斜时,积灰厚度可按式(5.2.4)折减:

$$h_{qx} = h_{sp}(1 - \sin\alpha) \quad (5.2.4)$$

式中: $\alpha$ ——烟道底面与水平面的倾角( $^\circ$ );

$h_{sp}$ ——烟道水平时( $\alpha=0^\circ$ )的积灰厚度(m);

$h_{qx}$ ——倾角为  $\alpha$  时的积灰厚度,不应小于  $0.5h_{sp}$ (m)。

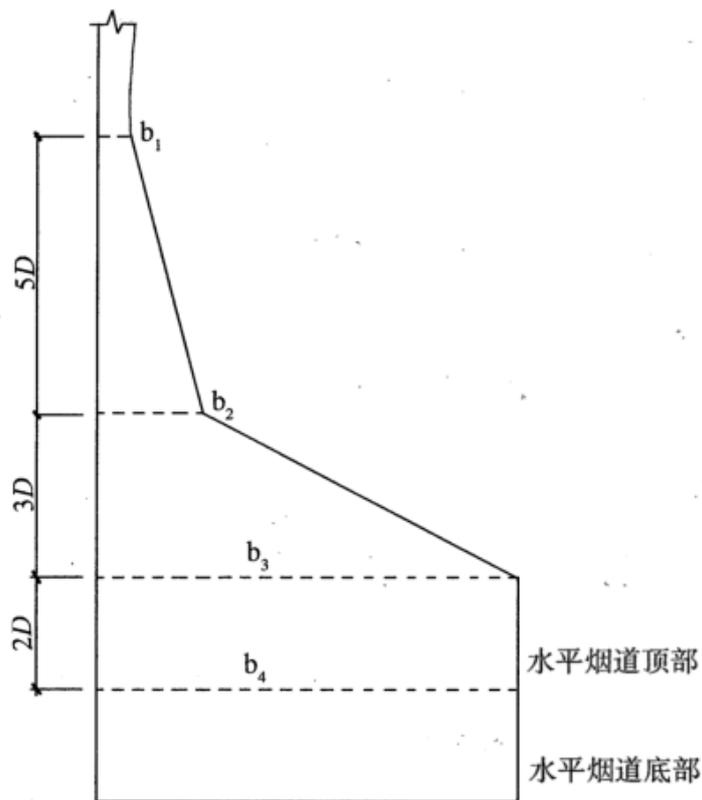


图 5.2.4 竖向排烟筒内部积灰厚度分布(mm)

$$b_1 = 6\text{mm}; b_2 = 19\text{mm}; b_3 = 76\text{mm}; b_4 = 76\text{mm}$$

**5.2.5** 纤维增强塑料排烟筒制造、运输和安装阶段脱模拉力、筒节起吊荷载、运输荷载、吊装荷载等应根据施工方案确定。

**5.2.6** 塔架式烟囱的纤维增强塑料排烟筒为两个及以上时,排烟筒的风荷载体型系数宜由风洞试验确定。

**5.2.7** 直接受风荷载作用的纤维增强塑料排烟筒,在径向局部风压作用下,轴向单位长度截面内、外侧最大环向风弯矩宜采用有限元方法整体建模计算。

**5.2.8** 直接受风荷载作用的纤维增强塑料排烟筒,在径向局部风压作用下,轴向截面的弯曲应力可采用有限元方法整体建模计算。

**5.2.9** 烟气或工业尾气压力应根据工艺参数确定,当缺乏工艺参数时,可分别按式(5.2.9-1)~式(5.2.9-3)计算:

$$P_g = 0.01(\rho_a - \rho_g)h \quad (5.2.9-1)$$

$$\rho_a = \rho_{ao} \frac{273}{273 + T_a} \quad (5.2.9-2)$$

$$\rho_g = \rho_{go} \frac{273}{273 + T_{gas}} \quad (5.2.9-3)$$

式中： $P_g$ ——烟气或工业尾气压力(kN/m<sup>2</sup>)；

$\rho_a$ ——排烟筒外部空气密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$\rho_g$ ——烟气或工业尾气密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$h$ ——烟道口中心标高到排烟筒出口处的距离(m)；

$\rho_{ao}$ ——标准状态下的大气密度(kg/m<sup>3</sup>)，按 1.285kg/m<sup>3</sup>采用；

$\rho_{go}$ ——标准状态下的烟气或工业尾气密度(kg/m<sup>3</sup>)，按燃烧计算结果采用；无计算数据时，湿式除尘(湿态烟气)取 1.28 kg/m<sup>3</sup>；

$T_a$ ——烟囱外部环境温度(°C)；

$T_{gas}$ ——烟气或工业尾气温(°C)。

**5.2.10** 烟气或工业尾气压力产生的环向正应力可按式(5.2.10)计算：

$$\sigma_{\theta} = \frac{P_g r_{in}}{t_d} \quad (5.2.10)$$

式中： $\sigma_{\theta}$ ——烟气或工业尾气压力产生的环向正应力(N/mm<sup>2</sup>)；

$P_g$ ——烟气或工业尾气压力(N/mm<sup>2</sup>)；

$r_{in}$ ——筒壁计算截面内表面半径(mm)；

$t_d$ ——筒壁结构层厚度(mm)。

**5.2.11** 排烟筒的温度作用效应宜采用有限元方法整体建模计算。当无温度场分布资料时，可按本标准附录 B 的规定计算。

**5.2.12** 对于竖向排烟筒，设计膨胀节时采用的轴向变形量应采用重力荷载长期效应与偶然态设计温度作用效应的叠加，重力荷载长期作用变形量与偶然态温度作用变形量可分别按式(5.2.12-1)～式(5.2.12-3)计算：

$$\delta_1 = 1.5 \frac{f_{zt}}{E_{zt}} H \quad (5.2.12-1)$$

或 
$$\delta_1 = 1.5 \frac{f_{zc}}{E_{zc}} H \quad (5.2.12-2)$$

$$\delta_2 = 1.2\alpha_z \cdot \Delta T \cdot H \quad (5.2.12-3)$$

式中： $\delta_1$ ——按排烟筒重力荷载长期作用计算的变形量(mm)，受拉按式(5.2.12-1)计算，受压按式(5.2.12-2)计算；

$\delta_2$ ——偶然态温度作用的变形量(mm)；

$f_{zt}$ ——排烟筒轴向拉应力，可取受拉段拉应力的平均值(MPa)；

$E_{zt}$ ——排烟筒轴向抗拉弹性模量(MPa)；

$f_{zc}$ ——排烟筒轴向压应力，可取受压段压应力的平均值(MPa)；

$E_{zc}$ ——排烟筒轴向抗压弹性模量(MPa)；

$\alpha_z$ ——轴向热膨胀系数(/°C)；

$\Delta T$ ——设计温度相对于室温的变化量，室温可取 20°C；

$H$ ——从固定支承位置到计算截面的距离(mm)。

**5.2.13** 水平烟道轴向变形可按式(5.2.13)计算：

$$\delta = 1.2\alpha_z \cdot \Delta T \cdot L \quad (5.2.13)$$

式中： $\delta$ ——水平烟道轴向变量(mn)；

$\alpha_z$ ——轴向热膨胀系数(/°C)；

$\Delta T$ ——设计温度相对于室温的变化量，室温可取 20°C；

$L$ ——从固定支承位置到计算截面的距离(mm)。

**5.2.14** 纤维增强塑料排烟筒地震作用应符合下列规定：

1 抗震设防烈度为 6 度时，竖向排烟筒的悬挂段可不计入地震作用；

2 抗震设防烈度为 6、7 度时，可不计入竖向地震作用，抗震设防烈度为 8、9 度时，应计算竖向地震作用；

3 抗震设防烈度为 6、7 度时，水平烟道筒段在轴向能够自由

变形时,可不计算该筒段的轴向地震作用。

### 5.3 结构形式与结构模型

5.3.1 纤维增强塑料排烟筒的结构体系布置应符合下列规定:

1 套筒式或塔架式烟囱,其排烟筒宜采用悬挂布置,并减少膨胀节数量;

2 无法采用悬挂布置的排烟筒可采用底部支承或分段支承布置;

3 附着式排烟筒宜倚靠所附属厂房或建(构)筑物墙壁布置。

5.3.2 筒体承载能力应根据纤维增强塑料排烟筒结构层的强度和刚度确定。

5.3.3 塔架式烟囱的风荷载作用效应,可分别计算塔架和排烟筒的风荷载,塔架与排烟筒的相互作用可不计入。

5.3.4 排烟筒采用有限元方法计算时,模拟排烟筒的有限单元宜选用壳单元或实体单元。对竖向排烟筒,当确有同类结构形式的成熟工程应用经验时,可采用梁柱单元。

5.3.5 纤维增强塑料排烟筒的地震作用效应计算应符合下列规定:

1 宜采用有限元方法整体建模,用振型分解反应谱法或时程分析法计算筒体的地震响应;

2 抗震设防烈度为 6、7 度时,套筒式、塔架式烟囱可采用排烟筒和外部支撑结构分离的计算模型,按位移协调的原则近似计算;

3 结构阻尼比可取 0.035;

4 计算水平地震作用效应时,可不计入扭转影响。

5.3.6 体型复杂的烟囱,当采用动力方法计算支撑结构及纤维增强塑料排烟筒的风致响应时,应采用排烟筒和外部支撑结构共同工作的整体模型。

5.3.7 结构模型应具有进行温度作用效应计算的功能。

5.3.8 纤维增强塑料水平烟道应根据烟道的布置、走向及烟气温度,设置烟道的支承点及补偿器。

5.3.9 拉索式纤维增强塑料排烟筒的结构形式应符合下列规定:

1 当排烟筒高度与直径之比小于 15 时,可设一层拉索,当排烟筒高度与直径之比大于 15 时,可设两层拉索,下层拉索的系结位置宜设置在上层拉索系结位置的 1/2 高度处;

2 拉索每层宜为 3 根,平面夹角 120°布置,拉索与排烟筒轴向夹角不宜小于 25°;

3 拉索系结位置距排烟筒顶部的距离不宜小于 3m,当排烟筒总高度大于 10m 时,该距离不应大于排烟筒总高度的 1/3;

4 出屋面的排烟筒,伸出屋面高度较高时,也可用拉索固定在屋面或周围建筑上。

#### 5.4 承载能力极限状态计算

5.4.1 承载能力极限状态设计应按式(5.4.1)进行设计:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.4.1)$$

式中: $\gamma_0$ ——结构重要性系数;

$S_d$ ——作用组合效应设计值;

$R_d$ ——排烟筒或构件抗力设计值。

5.4.2 作用组合效应设计值应按持久态、短暂态和偶然态进行组合,对于有抗震要求的排烟筒,还应进行地震设计状况组合。

5.4.3 持久态、短暂态基本组合效应设计值可按式(5.4.3)确定:

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} S_{G_{ik}} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{j=2}^n \gamma_{Q_j} \gamma_{L_j} \psi_{c_j} S_{Q_{jk}} \quad (5.4.3)$$

式中: $\gamma_{G_i}$ ——第  $i$  个永久作用分项系数;

$\gamma_{Q_1}$ ——第 1 个可变作用(主导可变作用)分项系数;

$\gamma_{Q_j}$ ——第  $j$  个可变作用分项系数;

$S_{G_{ik}}$ ——第  $i$  个永久作用标准值效应;

$S_{Q_{1k}}$ ——第 1 个可变作用标准值效应;

$S_{Q_{jk}}$ ——第  $j$  个可变作用标准值效应；  
 $\psi_{c_j}$ ——第  $j$  个可变作用组合值系数；  
 $\gamma_{L_1}、\gamma_{L_j}$ ——第 1 个和第  $j$  个可变作用考虑排烟筒防腐蚀工作年限的调整系数。

5.4.4 偶然态偶然组合效应设计值可按式(5.4.4)确定：

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{G_{ik}} + S_{A_d} + \psi_{f_1} S_{Q_{1k}} + \sum_{j=2}^n \psi_{q_j} S_{Q_{jk}} \quad (5.4.4)$$

式中： $S_{G_{ik}}$ ——第  $i$  个永久作用标准值效应；  
 $S_{A_d}$ ——偶然作用设计值效应；  
 $S_{Q_{1k}}$ ——第 1 个可变作用标准值效应；  
 $S_{Q_{jk}}$ ——第  $j$  个可变作用标准值效应；  
 $\psi_{f_1}$ ——第 1 个可变作用频遇值系数，对烟气压力可取 0.8；  
 $\psi_{q_j}$ ——第  $j$  个可变作用准永久值系数。

5.4.5 作用分项系数可按表 5.4.5 取值。

表 5.4.5 作用分项系数

作用	分项系数		备注
	符号	数值	
永久作用	$\gamma_G$	$1.30 \leq 1.0$	当永久作用效应对结构不利时，分项系数取 1.30，对结构有利时，分项系数取小于或等于 1.0
温度作用	$\gamma_T$	1.10	持久态
	$\gamma_{ST}$	1.10	短暂态
	$\gamma_{AT}$	1.10	偶然态
烟气压力	$\gamma_{cp}$	1.10	—
风荷载	$\gamma_w$	1.50	—
雪荷载	$\gamma_{SN}$	1.50	—
安装检修荷载	$\gamma_L$	1.50	—

5.4.6 可变作用下，排烟筒防腐蚀工作年限调整系数  $\gamma_L$  应符合表 5.4.6 的规定。

表 5.4.6 排烟筒防腐蚀工作年限调整系数  $\gamma_L$

调整系数	防腐蚀工作年限		
	Y1	Y2	Y3
$\gamma_L$	0.90	0.95	1.00

5.4.7 持久态、短暂态和偶然态参与组合的可变作用宜符合下列规定：

1 竖向排烟筒作用组合可变作用宜符合表 5.4.7-1 的规定。

表 5.4.7-1 竖向排烟筒作用组合可变作用

组合	设计状况	作用组合	偶然作用	第 1 个可变作用	其他可变作用
1	持久态	基本组合	—	T	CP
2	短暂态	基本组合	—	ST	W、CP
3	偶然态	偶然组合	AT	CP	—

注:1 “T”为持久态设计温度作用,“ST”为短暂态设计温度作用,“AT”为偶然态设计温度作用,“W”为风荷载,“CP”为烟气压力。

2 风荷载和烟气压力的组合值系数可取 1.0。

3 “—”表示不参与组合。

2 水平烟道作用组合可变作用宜符合表 5.4.7-2 的规定。

表 5.4.7-2 水平烟道作用组合可变作用

组合	设计状况	作用组合	偶然作用	第 1 个可变作用	其他可变作用
1	持久态	基本组合	—	T	CP
2	短暂态	基本组合	—	ST	W、max(SN,L)、CP
3	偶然态	偶然组合	AT	CP	—

注:1 “T”为持久态设计温度作用,“ST”为短暂态设计温度作用,“AT”为偶然态设计温度作用,“W”为风荷载,“CP”为烟气压力,“SN”为雪荷载,“L”为检修荷载,检修荷载可按水平投影面积  $1\text{kN}/\text{m}^2$  计入。

2 风荷载和烟气压力的组合值系数可取 1.0,雪荷载和检修荷载的组合值系数可取 0.7。

3 “—”表示不参与组合。

5.4.8 与承载能力极限状态抗力设计值对应的材料性能分项系数取值应符合下列规定：

- 1 持久态按长期作用取值；
- 2 短暂态、偶然态按短期作用取值。

5.4.9 纤维增强塑料排烟筒抗震设计应符合式(5.4.9-1)和式(5.4.9-2)的规定：

$$\gamma_{GE}S_{GE} + \gamma_{Eh}S_{Ehk} + \gamma_{Ev}S_{Evk} + \psi_{WE}\gamma_W S_{Wk} \leq R_d/\gamma_{RE} \quad (5.4.9-1)$$

$$\gamma_{GE}S_{GE} + \gamma_{Eh}S_{Ehk} + \gamma_{Ev}S_{Evk} + \psi_{WE}\gamma_W S_{Wk} + \psi_{cT}S_T \leq R_d/\gamma_{RE} \quad (5.4.9-2)$$

式中： $\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数，悬挂段应取 0.9，其他情况应取 1.0；

$\gamma_{GE}$ ——重力荷载分项系数，一般情况应取 1.2，当重力荷载作用效应对结构有利时，不应大于 1.0；

$\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数，应按表 5.4.9 取值；

$\gamma_{Ev}$ ——竖向地震作用分项系数，应按表 5.4.9 取值；

$\gamma_W$ ——风荷载分项系数；

$S_{Ehk}$ ——水平地震作用标准值效应；

$S_{Evk}$ ——竖向地震作用标准值效应；

$S_{GE}$ ——重力荷载代表值效应，重力荷载代表值应取排烟筒及附件自重标准值和积灰荷载组合值之和，积灰荷载的组合值系数应取 0.9；

$S_{Wk}$ ——风荷载标准值作用效应；

$S_T$ ——烟气或工业尾气持久态设计温度作用效应；

$\psi_{WE}$ ——风荷载组合值系数，应取 0.2；

$\psi_{cT}$ ——温度作用组合系数，应取 1.0；

$R_d$ ——排烟筒或构件承载力设计值。

表 5.4.9 地震作用分项系数

地震作用	分项系数	
	$\gamma_{Eh}$	$\gamma_{Ev}$
仅计算水平向	1.3	0

续表 5.4.9

地震作用		分项系数	
		$\gamma_{Eh}$	$\gamma_{Ev}$
仅计算竖向		0	1.3
同时计算水平向和竖向	水平向地震作用为主时	1.3	0.5
	竖向地震作用为主时	0.5	1.3

5.4.10 纤维增强塑料排烟筒筒壁、接头的轴向和环向强度及稳定性应进行设计验算。

5.4.11 纤维增强塑料排烟筒筒壁轴向拉应力、压应力和弯曲应力应符合式(5.4.11-1)~式(5.4.11-3)的规定:

受拉时:

$$\frac{\sigma_{zt}}{f_{zt}} + \frac{\sigma_{zb}}{f_{zb}} \leq 1 \quad (5.4.11-1)$$

受压时:

$$\frac{\sigma_{zc}}{f_z^{crt}} \leq 1 \quad (5.4.11-2)$$

$$\frac{\sigma_{zb}}{f_{zb}} \leq 1 \quad (5.4.11-3)$$

式中: $\sigma_{zt}$ 、 $\sigma_{zc}$ ——筒壁轴心作用产生的轴向拉、压应力(N/mm<sup>2</sup>),可按本标准第5.2节相关规定组合;

$\sigma_{zb}$ ——筒壁局部弯曲作用产生的轴向应力设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$f_z^{crt}$ ——筒壁轴向受压临界应力(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{zb}$ ——筒壁轴向弯曲强度设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{zt}$ ——筒壁轴向抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。

5.4.12 纤维增强塑料排烟筒筒壁轴向受压临界应力可按式(5.4.12)计算:

$$f_z^{crt} = f_{z,k}^{crt} / \gamma_F \quad (5.4.12)$$

式中: $f_z^{crt}$ ——筒壁轴向受压临界应力设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$\gamma_F$ ——用于屈曲计算的材料性能分项系数;

$f_{z,k}^{crt}$ ——筒壁轴向受压屈曲临界应力标准值。

**5.4.13** 筒壁轴向受压屈曲临界应力标准值,筒体侧向限位约束间距  $L$  不超过  $20r$  时,可按式(5.4.13-1)、式(5.4.13-2)计算:

$$f_{z,k}^{\text{crt}} = \frac{k_n t_d}{r} \sqrt{\frac{E_{zb} E_{\theta c}}{3(1 - \nu_{z\theta} \nu_{\theta z})}} \quad (5.4.13-1)$$

$$k_n = 1.00 - 0.91 \left( 1.0 - e^{-0.06 \sqrt{r/t_d}} \right) \quad (5.4.13-2)$$

式中:  $t_d$ ——筒壁结构层厚度(mm);

$r$ ——筒壁计算截面结构层中心半径(mm);

$E_{zb}$ ——筒壁轴向弯曲弹性模量(N/mm<sup>2</sup>);

$E_{\theta c}$ ——筒壁环向受压弹性模量(N/mm<sup>2</sup>);

$\nu_{z\theta}$ ——环纵向泊松比;

$\nu_{\theta z}$ ——纵环向泊松比。

**5.4.14** 纤维增强塑料排烟筒筒壁环向拉、压应力和弯曲应力应符合式(5.4.14-1)~式(5.4.14-3)的规定:

正压状态:

$$\frac{\sigma_{\theta t}}{f_{\theta t}} + \frac{\sigma_{\theta b}}{f_{\theta b}} \leq 1 \quad (5.4.14-1)$$

负压状态:

$$\frac{\sigma_{\theta c}}{f_{\theta}^{\text{crt}}} \leq 1 \quad (5.4.14-2)$$

$$\frac{\sigma_{\theta b}}{f_{\theta b}} \leq 1 \quad (5.4.14-3)$$

式中:  $\sigma_{\theta t}$ 、 $\sigma_{\theta c}$ ——筒壁轴心拉、压作用产生的环向应力(N/mm<sup>2</sup>),可按本标准第5.2节的规定组合;

$\sigma_{\theta b}$ ——筒壁局部弯曲作用产生的环向应力设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{\theta}^{\text{crt}}$ ——筒壁环向受压屈曲临界应力(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{\theta t}$ ——筒壁环向抗拉强度设计值(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{\theta b}$ ——筒壁环向抗弯强度设计值(N/mm<sup>2</sup>)。

**5.4.15** 纤维增强塑料排烟筒筒壁环向受压屈曲临界应力可按式(5.4.15)计算:

$$f_{\theta}^{\text{crt}} = f_{\theta,k}^{\text{crt}} / \gamma_F \quad (5.4.15)$$

式中： $f_{\theta}^{\text{crt}}$ ——筒壁环向受压屈曲临界应力设计值；

$\gamma_{\text{F}}$ ——用于屈曲计算的材料性能分项系数；

$f_{\theta, \text{k}}^{\text{crt}}$ ——筒壁环向受压屈曲临界应力标准值。

**5.4.16** 筒壁环向受压屈曲临界应力标准值，按式(5.4.16)计算。

$$f_{\theta, \text{k}}^{\text{crt}} = 0.765(E_{\theta\text{b}})^{3/4} \cdot (E_{\text{zc}})^{1/4} \cdot \frac{r}{L_{\text{s}}} \cdot \left(\frac{t_{\text{d}}}{r}\right) \quad (5.4.16)$$

式中： $L_{\text{s}}$ ——筒壁加筋肋间距(mm)；

$E_{\theta\text{b}}$ ——筒壁环向弯曲弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$E_{\text{zc}}$ ——筒壁轴向受压弹性模量(N/mm<sup>2</sup>)。

**5.4.17** 纤维增强塑料排烟筒筒壁环向及轴向同时受压时，除应符合第5.4.11条~第5.4.16条的规定外，还应符合式(5.4.17)的规定：

$$\frac{\sigma_{\text{zc}}}{f_{\text{z}}^{\text{crt}}} + \left(\frac{\sigma_{\theta\text{c}}}{f_{\theta}^{\text{crt}}}\right) \leq 1 \quad (5.4.17)$$

**5.4.18** 纤维增强塑料排烟筒筒段的连接采用平端对接时，其对接接口(图5.4.18)宜内外双面粘贴连接，粘贴连接应按持久态、短暂态和偶然态分别计算，并应符合下列规定：

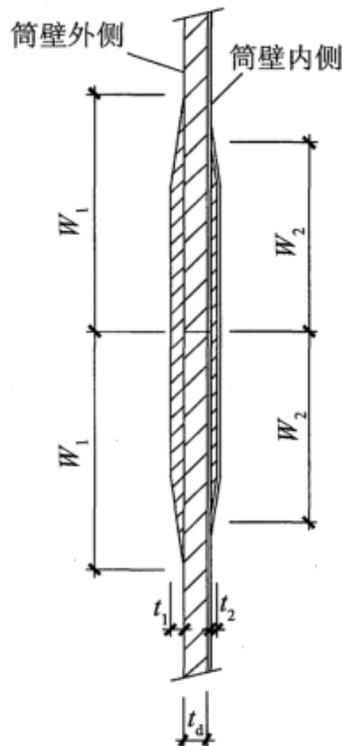


图 5.4.18 平端对接接口

1 粘贴连接的结构层厚度应符合式(5.4.18-1)、式(5.4.18-2)的规定:

受拉时:

$$t_i \geq \alpha \cdot \frac{f_{zt} t_d}{f'_{zt}} \quad (5.4.18-1)$$

受压时:

$$t_i \geq \alpha \cdot \frac{f_{zc} t_d}{f'_{zc}} \quad (5.4.18-2)$$

式中: $t_i$ ——平端对接接口的粘贴部分结构层厚度(mm),当采用内外侧双面粘贴时,外侧厚度为 $t_1$ ,内侧厚度为 $t_2$ ,当采用外侧单面粘贴时,为外侧厚度 $t_1$ ;

$f_{zt}$ ——筒壁轴向抗拉强度设计值(MPa);

$f_{zc}$ ——筒壁轴向抗压强度设计值(MPa);

$t_d$ ——筒壁结构层厚度(mm);

$f'_{zt}$ ——粘贴部分轴向抗拉强度设计值(MPa);

$f'_{zc}$ ——粘贴部分轴向抗压强度设计值(MPa);

$\alpha$ ——接口型式系数,当采用内外侧双面粘贴时,对外侧接口应取0.9,对内侧接口应取0.6,当采用外侧单面粘贴时,应取1.5。

2 粘贴连接的宽度应满足式(5.4.18-3)的规定:

$$W_i \geq \frac{f'_{zt} t_i}{f_{\tau}} \quad (5.4.18-3)$$

式中: $W_i$ ——外侧或内侧粘贴的搭接宽度(mm), $i=1$ 为外侧部分, $i=2$ 为内侧部分,当排烟筒直径大于6m时, $W_i$ 不宜小于300mm;

$f_{\tau}$ ——粘贴板与筒壁之间的层间剪切强度设计值(MPa),宜通过试验取得标准值,并除以用于强度计算的材料性能分项系数得到设计值,当无试验数据时,手糊板层间剪切强度标准值不应大于7MPa。

5.4.19 当筒壁开孔尺寸超过下列限定之一时,应增加开孔周围

筒壁厚度：

1 单个开孔直径大于 100mm；

2 同一横截面上所有开孔的累计削弱截面积大于筒体原始截面积的 2%。

**5.4.20** 当在筒壁内外侧双面补强时(图 5.4.20),补强部分的结构层总厚度  $t_1+t_2$  不宜小于原筒壁结构层厚度  $t_d$ ,补强部分的承载力应大于孔洞削弱部分的承载力 1.3 倍。

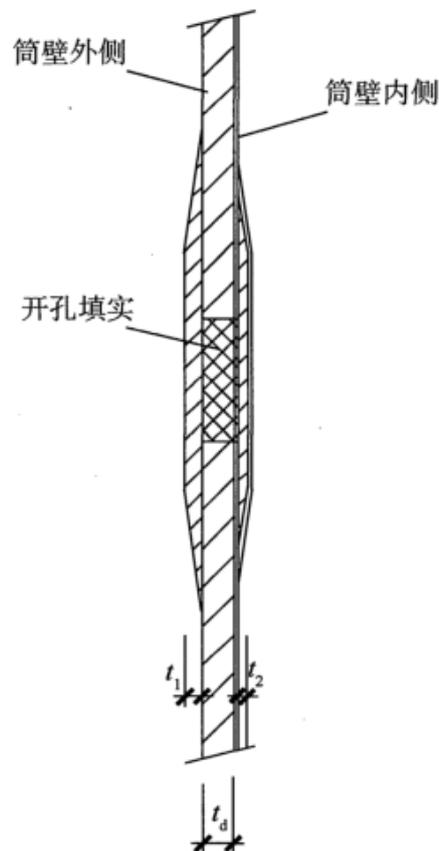


图 5.4.20 开孔内外侧双面补强

## 5.5 正常使用极限状态计算

**5.5.1** 纤维增强塑料排烟筒筒体轴向、横向变形及筒壁的应变应按正常使用极限状态计算。

**5.5.2** 筒壁的拉应变应符合式(5.5.2)的规定：

$$\epsilon \leq \epsilon_d \quad (5.5.2)$$

式中： $\epsilon$ ——按荷载效应标准组合计算的筒壁拉应变，可按持久态计算；

$\epsilon_d$ ——层合板的拉应变设计值，应按本标准第 4.4.18 条的规定取值。

**5.5.3** 拉索式和塔架式竖向排烟筒最大水平向变形不应大于水平位移约束装置支撑间距的 1/120，水平烟道的竖向变形不应大于相邻支承点之间距离的 1/400。

**5.5.4** 排烟筒椭圆振动频率应避开烟气或工业尾气压力波动的频率范围，当无烟气或工业尾气压力波动频率的数据时，该频率不宜低于 2Hz。

**5.5.5** 排烟筒椭圆振动频率可按式(5.5.5-1)~式(5.5.5-3)计算：

1 不设置加强筋的排烟筒：

$$f = 0.124 \frac{t_d}{\pi r^2} \sqrt{\frac{E_0^b \cdot g}{\gamma(1-\mu^2)}} \quad (5.5.5-1)$$

式中： $r$ ——内筒壁平均半径(m)；

$t_d$ ——内筒壁结构层厚度(m)；

$E_0^b$ ——环向弯曲弹性模量(Pa)；

$g$ ——重力加速度(m/s<sup>2</sup>)；

$\mu$ ——平均泊松比， $\mu = \sqrt{\mu_{z\theta} \cdot \mu_{\theta z}}$ ；

$\gamma$ ——内筒重力密度(kg/m<sup>3</sup>)。

2 设置加强筋的排烟筒：

$$f = \frac{0.428}{\pi R_c^2} \sqrt{\frac{E_0^b I_s g}{L_s \rho t_e (1-\mu^2)}} \quad (5.5.5-2)$$

$$t_e = \frac{W_L}{2\pi r L_L \gamma} \quad (5.5.5-3)$$

式中： $R_c$ ——到加强筋质心的半径(m)；

$t_e$ ——基于质量相等原则的等效筒壁厚度(m)；

$E_0^b$ ——环向弯曲弹性模量(Pa)；

- $g$ ——重力加速度( $m/s^2$ );  
 $I_s$ ——一条加强筋的惯性矩( $m^4$ );  
 $W_L$ ——一个筒段的总重量(kg);  
 $L_L$ ——一个筒段的总长度(m);  
 $L_s$ ——环向加强筋之间的间距(m);  
 $\gamma$ ——内筒重力密度( $kg/m^3$ )。

## 5.6 铺层结构

**5.6.1** 筒体的铺层结构设计应根据纤维增强塑料排烟筒功能要求、力学性能和成型工艺确定。

**5.6.2** 功能内衬层的铺层结构除应符合本标准 3.3 节的规定外,尚应符合下列规定:

1 功能内衬层的铺层类型宜根据烟气或工业尾气腐蚀性类别,按表 5.6.2 选用;

表 5.6.2 功能内衬层铺层类型

化学介质类型	铺层位置	最低含胶量 (%)	最小厚度 (mm)	增强材料形态
化学介质 I 类	内表面层	90	0.8	表面毡
	次内层	70	2.5	短切原丝毡或喷射纱网格布
化学介质 II 类	内表面层	90	0.7	表面毡
	次内层	70	2	短切原丝毡或喷射纱网格布
化学介质 III 类	内表面层	90	0.5	表面毡
	次内层	70	1.5	短切原丝毡或喷射纱网格布

2 功能内衬层有耐氢氟酸腐蚀要求时,内表面层增强材料可采用碳纤维毡或聚酯纤维毡;

3 功能内衬层有防静电要求时,内表面层可采用碳纤维表面毡或在树脂中添加导电填料;

4 功能内衬层有耐磨要求时,其厚度应在表 5.6.2 的基础上,再增加 0.5mm~1.0mm,或在树脂中添加耐磨填料。

### 5.6.3 结构层的铺层设计应符合下列规定:

1 结构层的增强材料宜选用玻璃纤维单向布、无捻粗纱布、缠绕纱、短切毡或喷射纱等;

2 结构层的铺层结构中宜含有短切毡或喷射纱层,短切毡或喷射纱层单层厚度不应小于 0.5mm,短切毡或喷射纱层之间的最大间距应符合表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 结构层短切毡或喷射纱层之间的最大间距(mm)

化学介质类型	短切毡或喷射纱层间距	
	缠绕部分	手糊部分
化学介质 I 类	2.8	1.0
化学介质 II 类	3.5	1.0
化学介质 III 类	4.3	1.0

### 5.6.4 外表面保护层铺层结构应符合下列规定:

1 当直接与大气接触时,可采用表 5.6.4 所列序号 1~5 的铺层结构,厚度不宜小于 0.5mm;

2 竖向排烟筒顶部受烟雨下洗影响的部分和水平烟道冷却塔内部部分的外表面保护层,可采用表 5.6.4 所列序号 6~9 的铺层结构,厚度不宜小于 2mm;

表 5.6.4 外表面保护层铺层结构

序号	铺层结构
1	短切毡+缠绕纱+胶衣层
2	短切毡+胶衣层

续表 5.6.4

序号	铺层结构
3	表面毡+胶衣层
4	表面毡+表面毡+缠绕纱+胶衣层
5	喷射纱+缠绕纱+胶衣层
6	短切毡+缠绕纱+短切毡+胶衣层
7	短切毡+缠绕纱+表面毡+表面毡+胶衣层
8	喷射纱+缠绕纱+短切毡+胶衣层
9	喷射纱+缠绕纱+表面毡+表面毡+胶衣层

3 筒首顶端外表面除符合表 5.6.4 规定外,还可缠绕厚度大于 20mm、宽度不小于 400mm 的保护层。

## 5.7 冷凝液收集

5.7.1 排烟筒排放的烟气或工业尾气有冷凝现象时,宜设置冷凝液收集系统。

5.7.2 冷凝液收集系统的设置范围应符合下列规定:

- 1 当有吸收塔时,应从吸收塔出口开始,至排烟筒顶部出口;
- 2 安装湿式静电除尘器的净烟道,宜从湿式静电除尘器出口烟道开始至整个排烟筒顶部出口。

5.7.3 纤维增强塑料排烟筒内部流体动力设计应符合下列规定:

- 1 控制排烟筒内烟气流速不得大于液滴二次进入气流的临界流速;
- 2 控制二次进入气流的液滴粒径不宜大于  $300\mu\text{m}$ 。

5.7.4 水平烟道内壁、竖向排烟筒内壁的冷凝液应进入装置收集,并排入回收系统。

5.7.5 冷凝液收集装置的形状、尺寸、位置、数量宜根据流体数值模拟及物理模型测试结果确定。

5.7.6 冷凝液收集系统装置应采用纤维增强塑料制作,原材料与

筒体材料应一致。

**5.7.7** 排烟筒内部收集装置应在筒体制作完成后,应采用手糊工艺与筒体连接。

## 5.8 构造及细部设计

**5.8.1** 直径大于 3m 或长度大于 30m 的排烟筒段支承应采用支承钢环梁(图 5.8.1),支承钢环梁可采用 3~4 段圆弧形结构通过螺栓拼接而成。

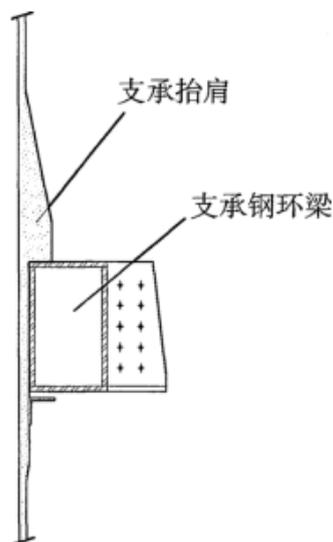


图 5.8.1 钢环梁支座

**5.8.2** 水平烟道的局部构造应符合下列规定：

- 1 支座部位应采取增加结构层厚度、增设加强筋等局部加固措施；
- 2 环向加强筋的间距、断面形式和尺寸应根据计算确定,间距不宜大于烟道直径；
- 3 有凝结水形成的水平烟道宜设置排水管和不少于 1% 的纵向坡度。

**5.8.3** 拉索式烟囱的拉索在排烟筒上的系结应通过钢结构环形箍连接(图 5.8.3),不得将拉索埋件直接埋置在筒壁上。

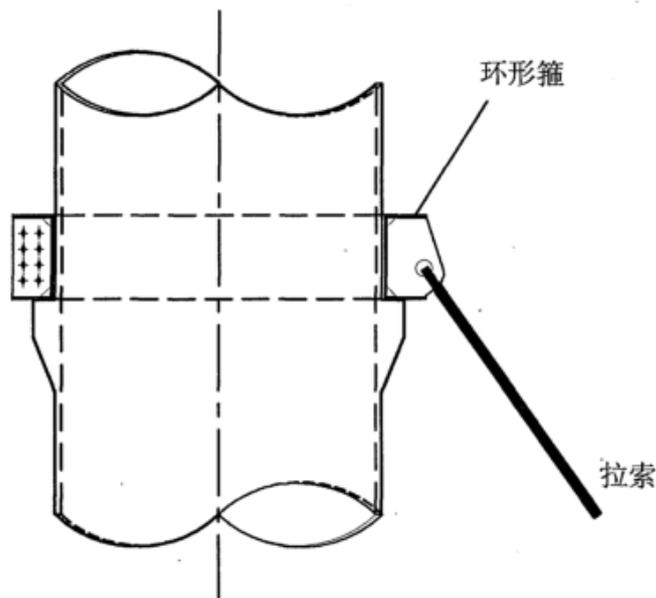


图 5.8.3 拉索与排烟筒的连接

5.8.4 纤维增强塑料排烟筒环向加强筋的设置应符合下列规定：

- 1 加强筋应采用整体缠绕成型；
- 2 加强筋间距不超过 1.5 倍筒体内径，且不应大于 8m；
- 3 加强筋到筒体端部的距离不宜小于 500mm；
- 4 加强筋的弯曲刚度应符合式(5.8.4)的规定：

$$E_s I_s \geq \gamma_F \cdot \frac{p L_s r^3}{1.6} \quad (5.8.4)$$

式中： $E_s$ ——环向加强筋环向弯曲模量(N/mm<sup>2</sup>)；

$I_s$ ——加强筋有效截面的惯性矩(mm<sup>4</sup>)，该有效截面包括加强筋截面和筒壁影响宽度范围内的截面，影响宽度可按  $1.56\sqrt{rt_0}$  计算，该影响宽度范围内的截面面积不应大于加强筋的截面面积；

$\gamma_F$ ——用于屈曲计算的材料性能分项系数，按短期工况条件取值。

$p$ ——烟气或工业尾气压力(N/mm<sup>2</sup>)；

$L_s$ ——筒壁加筋肋间距(mm)；

$r$ ——筒壁计算截面结构层中心半径(mm)；

$t_0$ ——筒壁结构层厚度(mm)。

**5.8.5** 竖向纤维增强塑料排烟筒筒首高出支撑结构的部分不宜少于3m,筒首以下3m范围筒体外侧应采取耐腐蚀外表面保护层加强措施。

**5.8.6** 竖向纤维增强塑料排烟筒筒首应加强环向承载力和环向刚度,并应符合本标准表5.6.4的规定。

**5.8.7** 筒壁开孔应符合下列规定:

- 1 开孔位置应选择筒体受力较小部位;
- 2 孔洞宜为圆形或椭圆形;
- 3 筒壁损伤截面应涂刷树脂封边。

**5.8.8** 当套筒式烟囱的顶层屋面与筒体留有间隙时,宜设置防雨罩。

**5.8.9** 自立式排烟筒直接固定在基础上时,固定要求应符合现行国家标准《纤维增强塑料设备和管道工程技术规范》GB 51160的有关规定。

## 6 制 造

### 6.1 一 般 规 定

6.1.1 排烟筒筒节制作场地除应符合现行行业标准《施工现场临时建筑物技术规范》JGJ/T 188 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 场地应按工艺流程、功能进行布置;
- 2 场地内应布设实时监控设备;
- 3 生产环境应符合本标准第 3.1.15 条的规定。

6.1.2 缠绕设备、模具与工艺应符合下列规定:

- 1 缠绕工艺的评定应符合本标准附录 C 的规定;
- 2 设备、模具应经过调试、检验合格;
- 3 设备、模具的检查、养护、调整周期应与筒节或部件的生产周期一致。

6.1.3 树脂的使用应符合下列规定:

- 1 制造前,应进行树脂凝胶试验,当制造和安装环境条件改变时,应重新试验;
- 2 配制好的树脂应在树脂凝胶前用完,已发生初凝的树脂不得使用。

6.1.4 施工前应编制试验检验、检测计划,制造过程和完工后,应对排烟筒及部件进行各项检验和试验。

### 6.2 场 地 与 区 域

6.2.1 制造现场平面布置除应符合现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 的规定,尚应符合下列规定:

- 1 缠绕区域,可燃、易燃易爆物储存区应远离明火作业区;
- 2 可燃、易燃易爆材料和一般物品应根据化学性质分别贮

存,严禁混存;

3 废料临时存放区应设置隔离、封闭装置。

6.2.2 场地应按办公、原材料贮存、材料配制、缠绕、配件加工、装配、产品存放、临时废料存放等功能设置和划分。

6.2.3 原材料贮存区应符合下列规定:

- 1 原材料分类、分区贮存应按材料燃烧性能等级确定;
- 2 库存物料应设置标签、材料安全数据表(MSDS)等醒目标识牌。

6.2.4 材料配制区应靠近缠绕、配件加工、装配等区域。

6.2.5 缠绕区空间最小尺寸应符合表 6.2.5 的规定。

表 6.2.5 缠绕区空间最小尺寸(m)

缠绕型式	宽度	长度	高度	长度方向的净间距	宽度方向的净间距
卧式缠绕主机空间	$DN+5$	$L+7$	$H+2$	2	1.5
卧式缠绕辅助空间	$DN+6$	$L+9$	$H+2$	2	1.5
立式缠绕主机空间	$DN+4$	$DN+6$	—	2	1.5
立式缠绕辅助空间	$DN+3$	$DN+10$	$H+1$	0.75	1.5

注:DN 为排烟筒内径,L 为最大筒节长度,H 为设备高度。

“—”表示不作规定。

6.2.6 配件加工区、装配区、产成品存放区各项布置应满足生产工艺要求。

### 6.3 设备与工装

6.3.1 排烟筒缠绕设备应符合下列规定:

- 1 缠绕主机应设置限速装置;
- 2 单向布、短切毡等织物铺设宜采用机械化铺设设备;
- 3 树脂混合设备应具有自动输送物料功能,并应具备计量、记录和输出数据功能;
- 4 缠绕设备应具有实时称重、记录和输出数据功能;

- 5 缠绕设备及生产车间宜采用防爆型电机、电器；
  - 6 加热装置使用现场不得产生粉尘颗粒、水分或有机挥发物。
- 6.3.2 模具应符合下列规定：
- 1 芯模宜采用金属材料制作，强度、刚度应符合缠绕荷载要求；
  - 2 芯模宜采用整体收缩结构，其直径偏差允许范围不应大于设计值的 $\pm 0.3\%$ 、且不得大于 30mm；
  - 3 芯模长度应大于最大设计筒节长度 1m；
  - 4 模具表面应平整洁净、干燥，并应无缺陷。
- 6.3.3 筒节翻转作业时，其工装吊点宜与产品吊点数量匹配。

## 6.4 制造工艺

### I 筒节缠绕

- 6.4.1 筒体缠绕应符合设计文件的规定。
- 6.4.2 表面毡层的制造应符合下列规定：
- 1 芯模旋转线速度不宜大于 0.8m/s；
  - 2 在模具表面或前道铺层表面应均匀喷涂树脂；
  - 3 缠绕角度和张力的调整，铺设应均匀，搭接宽度宜为 20mm；
  - 4 当出现干斑时，应补胶。
- 6.4.3 短切纤维层的制造应符合下列规定：
- 1 芯模旋转线速度不宜大于 1m/s；
  - 2 在前道铺层表面应均匀喷涂树脂；
  - 3 在前道铺层表面应均匀铺设短切毡，搭接宽度宜为 20mm；
  - 4 短切毡表面应辊压，树脂浸润不良处应补胶；
  - 5 当异型件采用湿糊工艺成型时，短切毡搭接宽度宜为 50mm。
- 6.4.4 当采用喷射工艺制造短切纤维层时应符合下列规定：
- 1 喷射前，应检查喷枪各系统，并进行试喷；
  - 2 喷射时，芯模旋转线速度不宜大于 0.8m/s；
  - 3 均匀喷射短切纤维，单次喷射面密度不宜大于  $380\text{g}/\text{m}^2$ ，

当面密度大于  $380\text{g}/\text{m}^2$  时,应分次喷射;

4 采用滚筒辊压喷射层表面;

5 当异型件采用喷射工艺成型时,转角处不得出现架空、漏喷等缺陷。

6.4.5 导静电层的制造应符合下列规定:

1 芯模旋转线速度不宜大于  $0.8\text{m}/\text{s}$ ;

2 在模具表面应均匀喷涂树脂;

3 增加导电填料时,宜在树脂中按比例加入并搅拌均匀;

4 调整缠绕角度和张力,均匀铺设碳纤维表面毡,搭接宽度宜为  $20\text{mm}$ ;

5 当出现干斑时,应补胶;

6 当异型件采用手糊工艺成型时,表面应辊压赶除气泡。

6.4.6 耐磨层的制造应符合下列规定:

1 芯模旋转线速度不宜大于  $0.6\text{m}/\text{s}$ ;

2 树脂应按比例加入耐磨填料,搅拌并均匀辊涂;

3 表面毡、短切毡层均应采用加入耐磨填料的树脂铺设;

4 表面毡、短切毡的搭接宽度应符合本标准第 6.4.2 条和第 6.4.3 条的规定;

5 当出现干斑时,应补胶;

6 耐磨层表面应辊压均匀。

6.4.7 筒体的后处理应符合下列规定:

1 升温固化宜使用热辐射加热源进行;

2 表面质量应进行检查,并应进行缺陷处理。

6.4.8 筒体各层之间的制造间隔时间应符合下列规定:

1 功能内衬层固化后应进行丙酮敏感性试验,发黏时可直接进行结构层的制造;

2 擦拭后表面不发黏,或表面有污染时,应打磨表面、去除光泽、清理干净后再进行结构层制造;

3 结构层与功能内衬层的制造间隔时间不宜超过  $48\text{h}$ 。

**6.4.9** 缠绕纱层的制造应符合下列规定：

- 1 芯模旋转线速度不宜大于 1.2m/s；
- 2 单束缠绕纱的张力宜采取控制措施；
- 3 纱片出现纱束断裂数不得大于 5%，当 2 根相邻纱束断裂时应停车续接；
- 4 断纱宜在 2 个纱片宽度内完成续接，并应在模具表面剔除凸起的接头；
- 5 每次连续缠绕层的厚度不宜超过 6mm，并应及时辊压；
- 6 缠绕过程中设备不得倒转，同一缠绕铺层停车次数不宜超过 2 次。

**6.4.10** 单向布层的制造应符合下列规定：

- 1 芯模旋转线速度不宜大于 1.2m/s；
- 2 单向布宜单层铺设；
- 3 铺设方向应与母线垂直；
- 4 搭接宽度宜为 40mm~80mm；
- 5 单向布各铺层间的搭接缝不宜重叠；
- 6 应及时对干斑进行补胶。

**6.4.11** 结构层制造过程中筒节温度超过环境温度 5℃ 时，应停止缠绕。

**6.4.12** 胶衣层的制造应符合下列规定：

- 1 胶衣层应在前序表面凝胶后或固化打磨后进行喷涂；
- 2 胶衣层的面密度应不低于 400g/m<sup>2</sup>。

## II 构配件及其他部件

**6.4.13** 加强筋的制造宜采用整体缠绕成型工艺，其间距应符合设计规定。

**6.4.14** 吊装抬肩及支承抬肩的制造应符合下列规定：

- 1 吊装抬肩的尺寸应经荷载计算确定，其位置应由安装方确定；
- 2 吊装抬肩及支承抬肩宜在筒节表面采用缠绕成型工艺制作；

- 3 吊装抬肩及支承抬肩的材质应与筒节结构层一致；
  - 4 抬肩与筒节的同轴度偏差应小于 10mm,厚度偏差不应大于 3mm；
  - 5 抬肩承载面平整度偏差不应大于 3mm。
- 6.4.15** 筒节平端对接、构配件连接等手糊工艺应符合本标准附录 D 的规定。
- 6.4.16** 异型件的制造宜采用手糊工艺成型,模具应便于拆装,工作面应平整光滑,其刚度符合设计要求。
- 6.4.17** 弯头的制造宜采用手糊或拼接工艺成型,当  $DN$  小于 600mm 时,也可采用缠绕成型工艺。拼接弯头宜采用排烟筒直接切割后粘接成型,其接口间隙不得大于 10mm。
- 6.4.18** 法兰的制造宜采用毡和编织织物交替手糊成型,也可通过纤维缠绕成型,或采用上述两种工艺组合成型。当采用手糊工艺成型时,法兰盘与法兰管基部增强应同步成型。
- 6.4.19** 导流板、防雨罩的制造宜采用手糊工艺成型。

## 6.5 养护和贮存

- 6.5.1** 筒节在安装之前应充分固化,常温下的固化时间应不低于 7d,表面巴柯尔硬度应大于 40。
- 6.5.2** 筒节及部件在贮存期间,应对裸露的端面进行封面处理。
- 6.5.3** 筒节及零部件存放应采取防止筒体变形的措施。
- 6.5.4** 当筒节从水平转到竖直放置时,应采取保护措施。
- 6.5.5** 贮存的筒节或其他零部件应采取锚固或保护措施。
- 6.5.6** 直径不大于 1.5m 的筒节贮存可采用水平堆放,每层筒节之间应采取支撑措施。
- 6.5.7** 筒节及部件室外贮存时应采取覆盖保护措施。

## 6.6 制造过程质量控制

- 6.6.1** 制造过程质量控制项目应符合表 6.6.1 的规定。

表 6.6.1 制造过程质量控制项目

序号	控制项目
1	缠绕设备、模具
2	原材料
3	功能内衬层
4	结构层
5	外表面保护层
6	切割修整
7	筒节连接
8	构配件
9	构配件装配

6.6.2 筒节芯模的质量过程控制指标应符合表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 筒节芯模质量过程控制指标

序号	项目	控制指标等级		
		M1 级	M2 级	M3 级
1	直径 $D(\text{mm})$	$\min\{0.10\% \times D, 12\}$	$\min\{0.12\% \times D, 12\}$	$\min\{0.15\% \times D, 15\}$
2	同心度 $\leq (\text{mm})$	10	12	15
3	不圆度 $\leq (\text{mm})$	$\min\{0.12\% \times D, 15\}$	$\min\{0.15\% \times D, 20\}$	$\min\{0.2\% \times D, 25\}$
4	表面平整度	平整, 无毛刺、凹陷和凸起不超过 $3\text{mm}/\text{m}^2$		
5	清洁度	表面洁净		

6.6.3 原材料质量控制标准应符合表 6.6.3 的规定。

表 6.6.3 原材料质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	外观、理化性能	符合本标准第 4.2 节的规定
2	标识、质量证明文件	无缺项、与实物对应
3	包装	无破损、污染或渗漏

6.6.4 功能内衬层质量控制标准应符合表 6.6.4 的规定。

表 6.6.4 功能内衬层质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	纤维用量	不低于设计要求
2	树脂用量	重量不小于设计值的 95%
3	固化体系配合比	符合配方比例指导单或经实验确定
4	铺层结构	符合设计要求
5	表面毡搭接宽度	搭接不小于 20mm
6	表面质量	符合本标准表 4.3.1-1 的规定
7	敏感性检测	符合本标准第 6.4.8 条的规定

6.6.5 结构层质量控制标准应符合表 6.6.5 的规定。

表 6.6.5 结构层质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	基面处理与过渡	对前序表面粗糙化处理或树脂过渡
2	树脂用量	重量不小于设计值的 95%
3	固化体系配合比	符合配方比例指导单或经实验确定
4	铺层结构	符合设计要求
5	性能检测	符合设计要求
6	排纱精度	纱片平整、断纱不超过 5%且无相邻纱线断裂
7	单向布搭接宽度	符合设计要求
8	表面质量	符合本标准表 4.3.1-2 的规定
9	敏感性检测	符合本标准第 6.4.8 条的规定

6.6.6 外表面保护层质量控制标准应符合表 6.6.6 的规定。

表 6.6.6 外表面保护层质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	基面处理与过渡	对前序表面粗糙化处理或树脂过渡
2	树脂用量	重量不小于设计值的 95%
3	固化体系配合比	符合配方比例指导单或经实验确定
4	铺层结构	符合设计要求
5	表面巴柯尔硬度	符合设计要求
6	耐候性能	符合设计要求
7	表面质量	符合本标准表 4.3.1-3 的规定

6.6.7 筒节切割修整质量控制标准应符合表 6.6.7 的规定。

表 6.6.7 筒节切割修整质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	端面垂直度	$\leq 8\text{mm}$
2	端口平整度	符合本标准表 4.3.8 的规定
3	筒体壁厚	符合设计要求
4	筒节长度	不超过设计要求的 $\pm 0.5\%$ , 且不超过 $\pm 60\text{mm}$

6.6.8 筒节连接质量控制标准应符合表 6.6.8 的规定。

表 6.6.8 筒节连接质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	工艺评定	符合设计要求
2	基面处理与过渡	打磨坡度不应大于 1:6, 宽度应大于粘接区域 100mm, 表面粗糙度处理; 清理后树脂过渡
3	固化体系配合比	符合配方比例指导单或经实验确定
4	铺层结构	符合设计要求

续表 6.6.8

序号	检验项目	质量标准
5	接口铺层厚度	符合设计要求
6	接口铺层宽度	符合设计要求
7	树脂含量	符合设计要求
8	外观质量	符合本标准表 4.3.1-4 的规定

6.6.9 构配件应包括:加强筋、法兰、防雨罩、管件、冷凝液回收装置等,其质量控制标准应符合表 6.6.9 的规定。

表 6.6.9 构配件质量控制标准

序号	项目	控制指标
1	工艺评定	符合设计要求
2	铺层结构	符合设计要求
3	外表面	符合表 4.3.1 的规定
4	树脂用量	重量不应小于设计值的 95%
5	外观质量	符合本标准表 4.3.1-4 的规定
6	性能检测	符合设计要求,偏差不影响结构功能

6.6.10 构配件装配质量控制标准应符合表 6.6.10 的规定。

表 6.6.10 构配件装配质量控制标准

序号	检验项目	质量标准
1	定位位置	符合设计要求
2	角度误差	符合设计要求
3	开孔补强	符合设计要求
4	外观	符合本标准表 4.3.1-4 的规定

6.6.11 筒节质量过程控制标准应符合表 6.6.11 的规定。

表 6.6.11 筒节质量过程控制标准

序号	项 目	控制 指 标
1	力学性能	符合设计要求
2	含胶量	符合设计要求
3	固化度	符合本标准第 4.3.2 条的规定
4	外观质量等级	符合设计要求

## 6.7 制造等级

6.7.1 筒节制造质量等级应符合表 6.7.1 的规定。

表 6.7.1 筒节制造质量等级

序号	项 目	筒节制造质量等级		
		C1 级	C2 级	C3 级
1	树脂	符合本标准第 4.2.2 条的规定		
2	增强材料	符合本标准第 4.2.6 条的规定		
3	功能内衬层外观质量	一级	二级	三级
4	结构层外观质量 $\geq$	二级	三级	
5	外保护层外观质量 $\geq$	二级		三级
6	表面巴柯尔硬度	符合本标准第 4.3.2 条的规定		
7	筒节力学性能	符合设计要求		
8	筒节耐腐蚀性能	符合本标准第 4.3.4 条的规定		
9	筒节耐温性能	符合本标准第 4.3.6 条的规定		
10	筒节的制造误差等级	一级	二级	三级
11	筒节树脂含胶量等级	一级	二级	三级
12	筒节芯模	M1 级	M2 级	M3 级
13	手糊成型件	I 级	II 级	III 级

6.7.2 排烟筒上下接口制造质量等级应符合表 6.7.2 的规定。

表 6.7.2 排烟筒上下接口制造质量等级

序号	项 目	上下接口制造质量等级		
		J1 级	J2 级	J3 级
1	树脂	符合本标准第 4.2.2 条的规定		
2	增强材料	符合本标准第 4.2.6 条的规定		
3	功能内衬层外观质量	一级	二级	三级
4	结构层外观质量 $\geq$	二级	三级	
5	外保护层外观质量 $\geq$	二级		三级
6	接口处表面巴柯尔硬度 $\geq$	二级		三级
7	接口样件力学性能	符合设计要求		
8	手糊成型件	I 级	II 级	III 级

6.7.3 纤维增强塑料排烟筒工艺等级评定应符合本标准附录 D 的规定。

## 7 安 装

### 7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 进入安装现场的筒节应具有完整的技术和质量证明文件。
- 7.1.2 技术和质量证明文件应包括下列内容：
- 1 出厂检验报告及产品合格证；
  - 2 筒节的标志应清晰、准确、完整，包括几何尺寸、制造单位、生产批号和制造日期等内容；
  - 3 运输、贮存和使用注意事项；
  - 4 安装及维修要求；
  - 5 安装所用材料的产品合格证、检测报告和使用说明书等。
- 7.1.3 排烟筒筒节在装卸、运输、储存过程中，应采取防风、防划伤和防止塑性变形等措施。
- 7.1.4 与排烟筒安装相关的承载结构应验收合格，并完成工序交接。
- 7.1.5 安装前应对筒节质量进行进场验收，其质量等级应符合本标准第 6.7.2 条的规定。
- 7.1.6 当前序脱硫工艺系统和设备中有易燃材料时，应在排烟筒入口处设置消防装置或采取其他防火隔离设施。
- 7.1.7 现场筒节平端对接时应进行对接手糊工艺评定，评价方法应符合本标准附录 E 的规定。

### 7.2 安 装 荷 载

- 7.2.1 安装荷载的确定应符合下列规定：
- 1 所需设备、机具的质量荷载设计值应按实际计取；
  - 2 施工荷载应计入作业人员的质量；

- 3 荷载不均匀受力系数应取 1.2。
- 7.2.2 风荷载应按建设场地基本风压计算。
- 7.2.3 当排烟筒既有平台作为吊装平台时,应对平台进行强度、刚度和稳定性验算、评估。

### 7.3 固定和连接

- 7.3.1 排烟筒的固定应符合下列规定:
  - 1 竖向排烟筒应设置承重装置和水平位移约束装置;
  - 2 水平排烟筒应设置承重支座或吊架进行固定;
  - 3 塔架式排烟筒的固定塔架的强度、刚度和稳定性应经过核算;
  - 4 沿塔架竖向布置的横隔平台应与排烟筒可靠连接;
  - 5 附着式排烟筒应固定在建筑物、构筑物的附着架上;
  - 6 附着架的设置应通过受力计算确定;
  - 7 烟囱平台上的钢制承重装置、水平位移约束装置应预制装配,严禁在安装现场施焊。
- 7.3.2 拉索式排烟筒的固定应符合本标准第 5.3.9 条的规定。
- 7.3.3 直径大于 1.0m 的排烟筒连接接口宜采用手糊对接,直径小于或等于 1.0m 的排烟筒连接接口宜采用承插粘接。
- 7.3.4 排烟筒对接接口外表面宜采用机械连续糊制;排烟筒对接接口内表面宜采用分段手糊法。
- 7.3.5 手糊对接接口连接工艺选用的材料和设施应符合下列规定:
  - 1 采用的树脂应与排烟筒相同;
  - 2 增强材料应采用表面毡、短切原丝毡和无捻粗纱布;
  - 3 对接拼缝可使用树脂增强纤维填实;
  - 4 相邻筒节定位宜采用夹具或其他等效工具。
- 7.3.6 排烟筒筒节连接除应符合本标准第 6.6.8 条的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 端头应打磨成斜切坡口；
  - 2 接缝两端表面打磨宽度应大于粘接宽度各 100mm,打磨至露出纤维,打磨后的连接区域表面应洁净、平整；
  - 3 打磨区域表面涂覆材料应与功能内衬层树脂材质一致；
  - 4 接缝部位应填充密实、表面平整。
- 7.3.7 当粘接采用分次施工时,间隔时间应符合本标准第 6.4.8 条的规定。
- 7.3.8 当采用承插粘接接口连接时,应符合下列规定：
- 1 承插口的表面应打磨至露出纤维,打磨后的连接区域表面应洁净、平整；
  - 2 承插粘接接口宜进行内缝粘接,粘接铺层宜采用短切原丝毡增强,并应采用表面毡和树脂封面。
- 7.3.9 排烟筒膨胀节宜采用纤维增强塑料法兰形式连接,连接点应严密,连接材料的防腐蚀和耐温性能应满足相关工况要求。

#### 7.4 开孔和补强

- 7.4.1 筒体上设置的检测、取样等工艺开孔及补强应经过计算并符合专项施工技术方案要求。
- 7.4.2 筒体上所有的临时性孔洞应采用手糊工艺封堵并做补强处理,封堵及补强应进行相关工艺评定,评定要求应符合本标准附录 E 的规定。
- 7.4.3 筒体的开孔位置应避免吊装抬肩、承重抬肩和加强筋等附件,其距离宜大于 100mm。

#### 7.5 贮存

- 7.5.1 安装现场排烟筒筒节贮存场地应平整,并设置有效的排水、防火设施。
- 7.5.2 当直径大于或等于 1.5m 时,筒节的贮存,应符合下列规定：
- 1 宜采用竖立放置；

- 2 两端应设置固定支撑；
  - 3 端口宜采取防水措施；
  - 4 应采取防倾覆措施。
- 7.5.3 当直径小于 1.5m 时,筒节宜采用卧式存放,其高度不宜大于 3m,并应采取加固措施。
- 7.5.4 筒节放置时宜采取覆盖措施。

## 7.6 运 输

- 7.6.1 筒节运输中应配备安全员和引导员,并应提前清除运输通道上的各类障碍物。
- 7.6.2 筒节立式装卸宜采用柔性吊索,且应在筒节上端设置刚性支撑吊点。
- 7.6.3 筒节运输应符合下列规定:
- 1 运输载体的强度、刚度和稳定性应经过核算；
  - 2 立式运输时,运输载体长度或直径应大于筒节直径 1m,宽度不应小于筒节直径的 2/3；
  - 3 运输载体与筒节的接触面 300mm 宽度范围内应铺衬柔性防滑垫。

## 7.7 吊 装

- 7.7.1 排烟筒吊装提升抬肩的位置、筒节数量、附件形式和连接方法应符合设计及专项施工技术方案的要求。
- 7.7.2 液压提升设备应支撑牢固。
- 7.7.3 吊装方法应根据排烟筒的结构形式选择。
- 7.7.4 每一筒节吊装前均应进行试吊。
- 7.7.5 液压提升倒装法吊装工艺应符合下列规定:
- 1 千斤顶宜采用同一生产厂家、同一规格型号,并应配置同步控制系统；
  - 2 单个千斤顶的额定起重量不应小于对应提升吊点所承受

荷载标准值的 1.25 倍,总额定起重量不应小于总提升荷载标准值的 1.25 倍,且不宜大于 2.00 倍;

- 3 钢绞索应检验合格,其起重安全系数不应小于 2.5;
- 4 作用于每个吊点处钢绞索的数量应相同且不少于 2 根;
- 5 提升吊点应通过受力计算确定。

7.7.6 排烟筒分段提升到位后应逐步分级卸载,并应及时安装承重装置和水平位移约束装置。

## 7.8 安装过程质量控制

7.8.1 安装过程质量控制项目应符合表 7.8.1 的规定。

表 7.8.1 安装过程质量控制项目

序号	控制项目	序号	控制项目
1	安装荷载	4	贮存
2	固定和连接	5	运输
3	开孔和补强	6	吊装

7.8.2 安装荷载计算书应符合本标准第 7.2 节的规定。

7.8.3 固定应符合本标准第 7.3.1 条和第 7.3.2 条的规定。

7.8.4 筒节连接质量控制应符合本标准第 7.3.6 条的规定。

7.8.5 开孔和补强质量控制应符合下列规定:

- 1 开孔和补强应有计算书;
- 2 补强应具备工艺评定报告。

7.8.6 贮存应符合本标准第 7.5 节规定。

7.8.7 运输应符合本标准第 7.6 节规定。

7.8.8 当采用液压提升倒装法吊装工艺时,吊装质量控制应包括下列内容:

- 1 千斤顶额定起重量核算及合格报告;
- 2 钢绞索检验合格报告;
- 3 提升吊点受力计算书。

## 8 检 验

### 8.1 一 般 规 定

8.1.1 纤维增强塑料排烟筒的检验包括原材料检验、制造和安装过程质量检验、制成品的产品验收以及投入使用后的定期检查。

8.1.2 计量器具应符合下列规定：

- 1 分度值不得大于相应被测部位的尺寸最小偏差；
- 2 被测项的数据应在有效量程范围内；
- 3 测量环境宜为标准温度和标准相对湿度。

8.1.3 制造和安装单位应执行三级自检制度,并做好检查记录。

### 8.2 质量检验文件

8.2.1 质量检验文件应包括下列内容：

- 1 原材料质量检验文件；
- 2 筒节制造过程质量检验文件；
- 3 安装过程检验文件；
- 4 运行过程检验文件；
- 5 文件清单。

8.2.2 原材料质量检验文件应包括下列内容：

- 1 材料性能说明书、质量合格证、性能测试与检测报告和材料安全数据说明文件；
- 2 质量技术指标及检测方法；
- 3 抽检或复检报告。

8.2.3 筒节制造过程检验文件应包括下列内容：

- 1 人员培训和考核记录；
- 2 操作过程质量控制记录；

- 3 制造过程中的检测记录。
- 8.2.4 筒节安装过程检验文件的内容应包括下列内容：
  - 1 人员培训和考核记录；
  - 2 操作过程质量控制记录；
  - 3 安装过程中的检测记录。
- 8.2.5 筒节及构配件质量检验文件应包括下列内容：
  - 1 构配件制造过程质量检验记录；
  - 2 力学性能检测记录；
  - 3 当直径小于 4.0m 且在工厂制造的排烟筒应提供型式检验记录；
  - 4 现场制造的筒节试验段的质量检测记录。
- 8.2.6 排烟筒运行过程维护检查文件应包括下列内容：
  - 1 排烟筒运行要求及记录；
  - 2 排烟筒维护要求及记录。

### 8.3 原材料测试与检验

- 8.3.1 原材料取样应从原始包装中取出,分成检验样和备查样。
- 8.3.2 乙烯基酯树脂性能检测应符合现行国家标准《乙烯基酯树脂防腐蚀工程技术规范》GB/T 50590 的有关规定。
- 8.3.3 液体不饱和聚酯树脂性能检测应符合现行国家标准《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》GB/T 8237 的有关规定。
- 8.3.4 环氧树脂性能检测应符合现行国家标准《双酚 A 型环氧树脂》GB/T 13657 的有关规定。
- 8.3.5 力学性能的检测符合现行国家标准《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567 的规定。
- 8.3.6 树脂浇铸体阻燃性能的检验应符合现行国家标准《塑料用氧指数法测定燃烧行为 第 2 部分:室温试验》GB/T 2406.2 的规定。
- 8.3.7 热变形温度的检测应符合现行国家标准《塑料 负荷变形

温度的测定 第2部分:塑料和硬橡胶》GB/T 1634.2的有关规定。

**8.3.8** 玻璃化转变温度的检测应符合现行国家标准《电气绝缘材料 测定玻璃化转变温度的试验方法》GB/T 22567的有关规定。

**8.3.9** 玻璃纤维增强材料理化指标的检测应符合现行国家标准《纤维玻璃化学分析方法》GB/T 1549的有关规定。

**8.3.10** 玻璃纤维增强材料在硫酸溶液中浸泡,质量损失率的检测除应采用现行国家标准《玻璃纤维湿法毡》GB/T 26733中第7.17节耐酸性测试方法外,实验条件应符合下列规定:

1 玻璃纤维取样质量为 $(20 \pm 3)$ g;

2 实验条件为 $96^{\circ}\text{C}$ 下10%质量浓度的硫酸溶液500mL中浸泡24h;

3 烘干条件为 $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ ,1h。

**8.3.11** 玻璃纤维浸胶纱拉伸强度和拉伸模量的检测应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱浸胶纱试样的制作和拉伸强度的测定》GB/T 20310的有关规定。

**8.3.12** 玻璃纤维增强材料在硫酸溶液中浸泡,质量损失率的检测除应采用现行国家标准《玻璃纤维湿法毡》GB/T 26733中第7.17条耐酸性测试方法外,实验条件应符合下列规定:

1 玻璃纤维取样质量为 $20 \pm 3$ g;

2 实验条件为 $96^{\circ}\text{C}$ 下10%质量浓度的硫酸溶液500ml中浸泡24h;

3 烘干条件为 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,1h。

**8.3.13** 玻璃缠绕纱、喷射纱的性能检测应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369的有关规定。

**8.3.14** 玻璃纤维单向布的性能检测应符合现行国家标准《玻璃纤维机织单向布》GB/T 29754的有关规定。

**8.3.15** 玻璃纤维无捻粗纱布的性能检测应符合现行国家标准《玻璃纤维无捻粗纱布》GB/T 18370的有关规定。

**8.3.16** 玻璃纤维短切原丝毡、连续原丝毡的性能检测应符合现

行国家标准《玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡》GB/T 17470 的有关规定。

**8.3.17** 玻璃纤维缝编织物的性能检测应符合现行国家标准《玻璃纤维缝编织物》GB/T 25040 的有关规定。

**8.3.18** 玻璃纤维网格布的性能检测应符合现行行业标准《增强用玻璃纤维网布 第2部分:聚合物基外墙保温用玻璃纤维网布》JC 561.2 的有关规定。

**8.3.19** 玻璃纤维表面毡的性能检测应符合现行国家标准《玻璃纤维湿法毡》GB/T 26733 中第6.3节的有关规定。

**8.3.20** 碳纤维及其制品的性能检测应符合现行国家标准《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752 和《经编碳纤维增强材料》GB/T 30021 的有关规定。

**8.3.21** 聚酯纤维及其制品的性能检测应符合现行行业标准《纺粘热轧法非织造布》FZ/T 64033 的有关规定。

**8.3.22** 纤维增强塑料单层板单元拉伸强度、单元拉伸模量检测和层合板单元拉伸强力、单元拉伸刚度检测应符合下列规定:

1 平面铺层试样的形状、尺寸、测试程序应符合现行国家标准《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447 的有关规定,管环等缠绕铺层试样的形状、尺寸、测试程序应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 第7.6节的有关规定;

2 采用铺层实测法时,检测试样数量每组不得少于15个,检测数据的置信度应按本标准式(4.4.6-1)和式(4.4.6-2)计算;

3 当采用铺层算法对单层板或层合板性能进行验证时,每组试样不得少于5个;

4 纤维增强塑料单层板的单元拉伸强度  $U_i$  应按下列公式计算,当已知  $T_s$  值时,且可按式(8.3.22-1)~式(8.3.22-2)计算:

$$U_i = \frac{P}{b \times W} \quad (8.3.22-1)$$

$$U_i = \frac{T_s \times H}{W} \quad (8.3.22-2)$$

式中： $U_i$ ——单层板单元拉伸强度 $[N/(mm \cdot kg/m^2)]$ ，计算结果取整数；

$P$ ——最大拉伸荷载(N)；

$b$ ——试样标距长度的初始平均宽度(mm)；管环等缠绕铺层试样可按现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 第 7.6.2.1 款 B 法和附录 B 的规定，取试样中间部位开半椭圆形槽缺口处的实际开口宽度；

$H$ ——试样标距长度的初始平均厚度(mm)；

$W$ ——单层板的纤维单位面积质量 $(kg/m^2)$ ；

$T_s$ ——单层板拉伸强度(MPa)。

5 纤维增强塑料单层板的单元拉伸模量  $X_i$  应按下列公式计算，当已知  $T_M$  值时，可按式(8.3.22-3)~式(8.3.22-4)式计算：

$$X_i = \frac{P_2 - P_1}{Z_2 - Z_1} \times \frac{L_0}{b \times W} \quad (8.3.22-3)$$

$$X_i = \frac{T_M \times H}{W} \quad (8.3.22-4)$$

式中： $X_i$ ——单层板单元拉伸模量 $[N/(mm \cdot kg/m^2)]$ ，计算结果取整数；

$P_2 - P_1$ ——对应于拉伸伸长量变化值(图 8.3.22)的拉伸荷载变化值(N)；

$Z_2 - Z_1$ ——拉伸伸长量的变化值(mm)；

$L_0$ ——试样标距长度(mm)，平面铺层试样取 50；

$b$ ——试样标距长度的初始平均宽度(mm)；

$H$ ——试样标距长度的初始平均厚度(mm)；

$W$ ——单层板的纤维单位面积质量 $(kg/m^2)$ ；

$T_M$ ——单层板拉伸模量(MPa)。

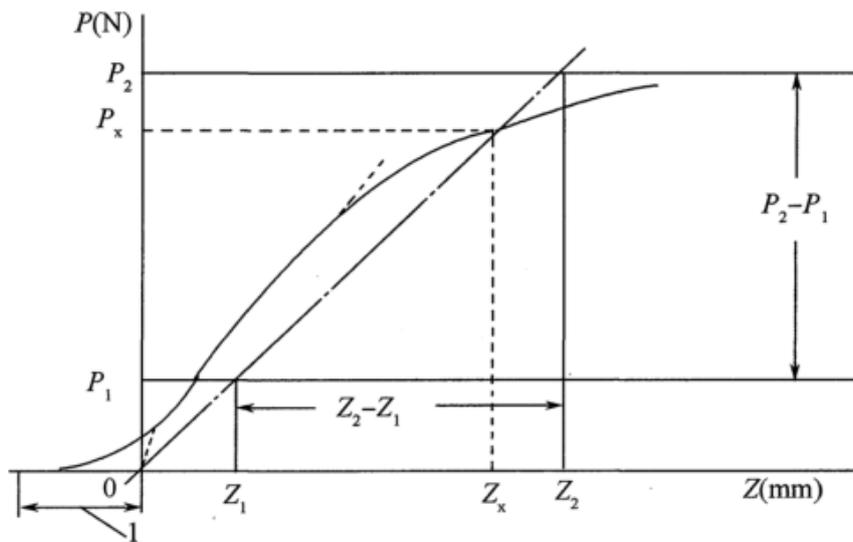


图 8.3.22 拉伸荷载  $P$  与拉伸伸长量  $Z$  的关系

1—起始位置的最终调整

6 纤维增强塑料层合板的单元拉伸强力  $U_{\text{lam}}$  应按式(8.3.22-5)计算:

$$U_{\text{lam}} = \frac{P}{b} \quad (8.3.22-5)$$

式中:  $U_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸强力(N/mm), 计算结果取整数;

$P$ ——最大拉伸荷载(N);

$b$ ——试样标距长度的初始平均宽度(mm), 环状缠绕铺层试样可按现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 第 7.6.2.1 款 B 法和附录 B 的规定, 取试样中间部位开半椭圆形槽缺口处的实际开口宽度。

7 纤维增强塑料层合板的单元拉伸刚度  $X_{\text{lam}}$  应按式(8.3.22-6)计算:

$$X_{\text{lam}} = \frac{P_2 - P_1}{Z_2 - Z_1} \times \frac{L_0}{b} = \frac{P_2 - P_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (8.3.22-6)$$

式中:  $X_{\text{lam}}$ ——层合板的单元拉伸刚度(N/mm), 计算结果取整数;

$P_2 - P_1$ ——对应于拉伸伸长量变化值(图 8.3.22)的拉伸荷载

变化值(N);

$Z_2 - Z_1$ ——拉伸伸长量的变化值(mm);

$L_0$ ——试样标距长度(mm),平面铺层试样取 50;

$b$ ——试样标距长度的初始平均宽度(mm);

$\epsilon_2$ ——对应拉伸荷载  $P_2$  的应变值;

$\epsilon_1$ ——对应拉伸荷载  $P_1$  的应变值。

**8.3.23** 纤维增强塑料层合板的拉伸模量应按本标准式(8.3.24-6)的计算值再除以层合板厚度获得。

**8.3.24** 纤维增强塑料层合板的弯曲模量检测应符合下列规定:

1 平面铺层试样的形状、尺寸、测试程序和弯曲模量计算应符合现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449 的有关规定;

2 环状缠绕铺层试样的形状、尺寸、测试程序应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 的有关规定;

3 环状缠绕铺层试样的弯曲模量计算应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 的有关规定。

**8.3.25** 纤维增强塑料层合板的剪切强度应符合现行国家标准《纤维增强塑料冲压式剪切强度试验方法》GB/T 1450.2 的有关规定。

**8.3.26** 纤维增强塑料单层板和层合板的层间剪切强度检测应符合本标准附录 G 规定。

**8.3.27** 纤维增强塑料单层板和层合板的搭接剪切强度检测应符合本标准附录 H 规定。

## 8.4 筒节及构配件质量检验

### I 性能

**8.4.1** 排烟筒内、外表面应平整光滑、色泽均匀,并应无破损、分层、杂质、纤维外露,允许缺陷应符合本标准第 4.3.1 条的规定。

**8.4.2** 尺寸偏差应符合设计要求,当设计无要求时,应符合下列规定:

1 直径、不圆度、厚度、平整度应符合本标准第 4.3.7 条的有关规定；

2 排烟筒筒节长度允许偏差应符合本标准表 6.6.7 的有关规定；

3 筒壁平均厚度不得小于设计值，最小筒壁厚度不应小于设计厚度的 90%；功能内衬层厚度不应小于本标准表 5.6.2 的规定值；

4 筒节端面垂直度控制值除应符合本标准表 6.6.7 的有关规定外，尚应符合表 8.4.2-1 的规定。

表 8.4.2-1 筒节端面垂直度控制值 (mm)

公称直径 $DN$	端面垂直度控制值
$DN < 600$	4.0
$600 \leq DN < 1000$	6.0
$DN \geq 1000$	$\min\{0.6\% \times DN, 8\text{mm}\}$

5 筒节连接尺寸应符合本标准第 6.6.8 条的有关规定。

6 两加强筋间的距离不应大于设计间距，加强筋距排烟筒端面的距离应符合设计规定；

7 直线度、垂直度和法兰表面的平整度应在设计尺寸的公差范围内；

8 法兰接管的轴线对排烟筒径向或轴向基准线位置的允许偏差宜为  $\pm 6\text{mm}$ ；

9 法兰接管安装角度偏差不应大于表 8.4.2-2 的规定。

表 8.4.2-2 法兰接管安装角度偏差

法兰接管公称直径 $DN(\text{mm})$	角度偏差 ( $^\circ$ )
$< 250$	1
$\geq 250$	0.5

10 法兰接管端面与接管轴线的垂直度偏差不应大于表 8.4.2-3 的规定。

表 8.4.2-3 法兰接管端面与接管轴线的垂直度偏差(mm)

法兰接管公称直径 DN	$DN \leq 100$	$100 < DN \leq 250$	$250 < DN \leq 500$	$500 < DN \leq 1000$
垂直度偏差	1.5	2.5	3.5	4.5
法兰接管公称直径 DN	$1000 < DN \leq 1800$	$1800 < DN \leq 2500$	$2500 < DN \leq 3500$	$3500 < DN \leq 4000$
垂直度偏差	6.0	8.0	10.0	13.0

11 加强筋外形尺寸和厚度、管口补强宽度和厚度、吊装构件和地锚等部件的粘接尺寸应符合设计规定,当设计无偏差要求时,上述尺寸应大于或等于设计尺寸。

8.4.3 筒节及相关构件的固化度检验应符合本标准第 4.3.2 条的有关规定。

8.4.4 树脂含量应符合设计规定。当设计无规定时,功能内衬层、外表面保护层的树脂含量应符合本标准第 5.6.2 条的规定。各层树脂含量偏差值应符合本标准第 6.6.4 条~第 6.6.6 条的有关规定。

8.4.5 排烟筒有阻燃性能要求时应符合设计规定。

8.4.6 排烟筒有导电性能要求时应符合设计规定。

8.4.7 排烟筒的力学性能不应低于设计文件规定的材料性能标准值。

8.4.8 排烟筒的耐腐蚀性能检测应符合本标准第 4.3.4 条的规定。

8.4.9 排烟筒的耐温度性能检测应符合本标准第 4.3.6 条的规定。

## II 方 法

8.4.10 排烟筒外观质量检测可采用目测、触摸、敲击和仪器检测等方法。

8.4.11 尺寸的测量方法应符合下列规定:

1 DN 大于或等于 600mm 的排烟筒,外直径可采用分度值 1mm 的  $\pi$  尺或钢卷尺测量,不应少于 5 处,测点应均匀布置,并应取算术平均值。

2 DN 大于或等于 600mm 的排烟筒,外直径可采用分度值

0.02mm 的游标卡尺直接测出筒节截面的两个垂直方向的数值,应取平均值;测试不应少于 5 处,测点均布,并应取算术平均值。

3 内直径可采用分度值 0.1mm 内径测量尺,测试同一截面垂直和水平方向的内直径数值,应测 2 次,取算术平均值。

4 排烟筒椭圆度测量可在拟测量的排烟筒横截面内,用精度为 0.1mm 的内径测量尺测量 4 个内径,测点应均匀布置,并应以最大值和最小值的差值作为椭圆度;

5 功能内衬层厚度应采用分度值为 0.02mm 的游标卡尺测量,测量点不得少于 4 个,测点应均匀布置,并应取算术平均值;

6 长度可采用分度值为 1mm 的钢卷尺沿排烟筒筒节的母线进行测量,应取 4 条母线长度的算术平均值;

7 排烟筒筒壁厚度应采用分度值为 0.02mm 的游标卡尺在排烟筒截面处沿圆周测量,每根排烟筒测量点不得少于 7 个,测点应均匀布置,并应记录最大、最小和平均壁厚;

8 端面垂直度可采用直角尺和分度值为 1mm 的钢板尺测定;

9 直线度可采用直尺法或重力法检测。

10 垂直度可采用垂直度测量仪检测。

11 平整度可采用百分表进行检测。

12 角度偏差可采用角度尺测量。

**8.4.12** 表面巴柯尔硬度检测应符合现行国家标准《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》GB/T 3854 的有关规定,且应在不同部位至少选取 10 处,每处不得少于 3 个测点。

**8.4.13** 树脂不可溶分含量检测应符合现行国家标准《纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法》GB/T 2576 的有关规定。

**8.4.14** 树脂含量检测应符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法》GB/T 2577 的有关规定。

**8.4.15** 力学性能检测方法应符合下列规定:

1 拉伸强度应符合现行国家标准《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447 的规定;

2 弯曲强度应符合现行国家标准《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449 的规定；

3 压缩强度应符合现行国家标准《纤维增强塑料压缩性能试验方法》GB/T 1448 的规定。

8.4.16 耐腐蚀试验应符合现行国家标准《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857 的有关规定。

8.4.17 阻燃性能应符合下列规定：

1 阻燃性能采用氧指数表征的，应按现行国家标准《纤维增强塑料燃烧性能实验方法 氧指数法》GB/T 8924 的规定进行；

2 筒节的阻燃性能分级应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 的规定；

3 阻燃性能采用其他参数表征的，应按设计规定进行。

8.4.18 排烟筒的耐温度性能检测应符合现行国家标准《纤维增强塑料高低温力学性能试验准则》GB/T 9979 的有关规定。

8.4.19 导电性能应符合下列规定：

1 导电性能采用表面电阻率表征的，应按现行国家标准《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》GB/T 1410 的规定进行；

2 采用其他参数表征的，按照设计要求进行。

8.4.20 层合板的剪切强度检测方法应符合现行国家标准《纤维增强塑料冲压式剪切强度试验方法》GB/T 1450.2 的有关规定。

8.4.21 层合板轴向和环向线性热膨胀系数检测方法应符合现行国家标准《纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法》GB/T 2572 的有关规定。

8.4.22 层合板轴向和环向导热系数检测方法应符合现行国家标准《纤维增强塑料导热系数试验方法》GB/T 3139 的有关规定。

### III 检 验

8.4.23 筒节及构配件制造质量检验和判断应符合下列规定：

1 检验的范围宜符合本标准第 6.6.1 条的有关规定；

- 2 检验项目应符合本标准第 6.6.11 条的有关规定；
- 3 检验项目全部合格，应判定该产品合格；
- 4 原材料、制造工艺、厚度、高度、直径、力学性能中有 1 项不符合设计要求，应判定为不合格；

5 仅外观、巴柯尔硬度不符合要求时，可处理 2 次，经复验合格，应判定为合格。

**8.4.24** 试验段筒节及构配件制造质量检验和判断除应符合本标准第 8.4.23 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 检验项目应符合本标准第 4.3.3 条～第 4.3.8 条的有关规定；

2 筒节材料性能参数应符合本标准第 4.4 节的有关规定；

3 检验各项指标均合格时，应判定该试验段筒节合格；

4 力学性能检测、耐腐蚀性能、阻燃性能、耐温性能、制造误差等级、固化度检测中有不合格项时，可二次抽样检验，仍不合格，应判定为不合格；

5 当设计有导电性能、层合板轴向和环向线性热膨胀系数、层合板轴向和环向导热系数要求时，试验段检验应符合设计性能要求。

**8.4.25** 筒节及构配件质量，抽检应符合下列规定：

1 检验的范围宜符合本标准第 6.6.1 条的有关规定；

2 检验项目应符合本标准第 6.6.11 条的有关规定；

3 检验项目全部合格，应判定该产品合格；

4 外观质量、尺寸、巴柯尔硬度均达到要求，判定该产品外观质量、尺寸、巴氏硬度为合格；

5 固化度、树脂含量、力学性能、阻燃性能、导电性能、耐腐蚀性能和耐温度性能检验时，第一次所抽 2 根全部合格，应判定该批产品为合格；当两根均为不合格时，判该批产品为不合格。当第一次所抽 2 根中有 1 根不合格时，应进行第二次抽样，当第二次所抽的 2 根全部合格，应判定该批产品为合格。

## IV 型式检验

**8.4.26** 在工厂制造的排烟筒及构配件有下列情况之一时,应进行型式检验:

- 1 新产品或老产品的转产、试制、定型鉴定;
- 2 正式投产后,当结构、材料和工艺改变时;
- 3 正常生产后,每 12 个月检验一次时;
- 4 停产 3 个月以上,恢复生产时;
- 5 过程检验结果与上次型式检验有差异;
- 6 质量监督机构提出要求时。

**8.4.27** 工厂制造的排烟筒及构配件的型式检验应符合下列规定:

1 排烟筒型式检验样本应从过程检验合格产品中按 10% 随机抽检,并不得少于 1 根;

2 型式检验项目为外观质量、尺寸、巴柯尔硬度、固化度、树脂含量、力学性能、阻燃性能、导电性能、耐腐蚀性能和耐温度性能。

**8.4.28** 工厂制造的排烟筒及构配件的质量判定应符合下列规定:

1 型式检验各项指标均合格时,应判定该型式检验产品为合格;

2 外观质量、尺寸和巴柯尔硬度中任一项不符合要求时,应判定该产品为不合格;

3 固化度、树脂含量、力学性能、阻燃性能、导电性能、耐腐蚀性能和耐温度性能,检测中有不合格项时,可第二次抽样检验,仍不合格时,应判定为不合格。

**8.4.29** 工厂制造的排烟筒及构配件的型式检验判定不合格时,应停止生产进行检查,并重新进行型式检验合格后方可恢复生产。

## 8.5 制造过程质量检验

**8.5.1** 排烟筒制造过程检验内容应符合本标准第 6.6.1 条的规定。

**8.5.2** 筒节及构配件制作过程质量检验方法应符合表 8.5.2 的规定。

表 8.5.2 筒节及构配件制作过程质量检验方法

检验部位	序号	项 目	质量标准	检 验 方 法
筒节芯模	1	直径	符合本标准 第 4.3.1 条的 规定	量具检查
	2	同心度		量具检查
	3	不圆度		量具检查
	4	表面平整度		目测检查,现场测量
	5	清洁度		目测检查
原材料质量	6	理化性能	符合本标准 表 6.6.3 的规定	符合本标准第 4.2.2 条、第 4.2.6 条的规定
	7	标识、质量证明文件		
	8	外观		
	9	包装		
功能内衬层	10	纤维用量	符合本标准 表 6.6.4 的规定	称量,检查施工记录
	11	树脂用量		称量,检查施工记录
	12	固化体系配合比		检查施工记录
	13	铺层结构		抽检、实测,检查施工 记录
	14	表面毡搭接宽度		目测
	15	表面质量		目测检查、钢尺、粗糙 度仪检查
	16	敏感性检测		指触法
结构层	17	基面处理与过渡	符合本标准 表 6.6.5 的规定	目测、指触
	18	树脂用量		称量,检查施工记录
	19	固化体系配合比		检查施工记录
	20	铺层结构		抽检、实测,检查施工 记录
	21	性能检测		抽检、实测
	22	排纱精度		目测,抽检、实测
	23	单向布搭接宽度		目测
	24	表面质量		目测检查、钢尺、粗糙 度仪检查
	25	敏感性检测		指触法

续表 8.5.2

检验部位	序号	项 目	质量标准	检 验 方 法
外表面 保护层	26	基面处理与过渡	符合本标准 表 6.6.6 的规定	目测、指触
	27	树脂用量		称量,检查施工记录
	28	固化体系配合比		检查施工记录
	29	铺层结构		抽检、实测,检查施工记录
	30	表面硬度		符合本标准第 8.4.11 条的规定
	31	紫外线吸收剂		检查施工记录
	32	表面质量		目测检查、钢尺、粗糙度仪检查
构配件 制作	33	工艺评定	符合本标准 表 6.6.10 的 规定	检查文件、记录;抽检、实测
	34	铺层结构		抽检、实测,检查施工记录
	35	外表面		目测
	36	树脂用量		称量,检查施工记录
	37	外观质量		目测检查、钢尺、粗糙度仪检查
	38	性能检测		抽检、实测

8.5.3 排烟筒切割修整质量检验方法应符合表 8.5.3 的规定。

表 8.5.3 排烟筒切割修整质量检验方法

序号	项 目	质 量 标 准	检 验 方 法
1	端面垂直度	≤8mm	量具测量
2	端口平整度	符合本标准表 4.3.7 的规定	目测,量具测量
3	筒体壁厚	符合设计要求	游标卡尺
4	筒节长度	不超过设计要求的±5%,且不超过±13mm	量具测量

8.5.4 排烟筒配件装配质量检验方法应符合表 8.5.4 的规定。

表 8.5.4 排烟筒配件装配质量检验方法

序号	项目	质量标准	检验方法
1	定位位置	符合本标准第 6.6.9 条的规定	量具测量
2	角度误差		实测
3	开孔补强		检查记录,抽检、实测
4	外观	符合本标准表 4.3.1-4 的规定	目测

8.5.5 排烟筒对接口质量检验方法应符合表 8.5.5 的规定。

表 8.5.5 排烟筒对接口质量检验方法

序号	项目	质量标准	检验方法
1	工艺评定	符合设计要求	符合本标准附录 D
2	基面处理与过渡	打磨坡度不应大于 1:6,宽度应大于粘接区域 50mm,表面粗糙度处理;清理后树脂过渡	目测、指触
3	固化体系配合比	符合配方比例指导单或经实验确定	检查施工记录
4	铺层结构	符合本标准第 6.6.8 条的规定	抽检、实测,检查施工记录
5	接口铺层厚度		量具测量
6	接口铺层宽度		量具测量
7	树脂含量		称量,检查施工记录
8	外观质量	符合本标准表 4.3.1-4 的规定	目测

8.5.6 排烟筒质量检验方法应符合表 8.5.6 的规定。

表 8.5.6 排烟筒质量检验方法

序号	项目	质量标准	检验方法
1	力学性能	符合本标准第 6.6.11 条的规定	符合本标准第 8.4.16 条的规定
2	含胶量		符合本标准第 8.4.13 条的规定
3	外观质量等级		符合本标准表 4.3.1-1~表 4.3.1-3 的规定
4	表面巴柯尔硬度	符合本标准第 4.3.2 条的规定	符合本标准第 8.4.12 条的规定

8.5.7 检验批工程质量验收记录应符合本标准附录 F 的规定。

## 8.6 安装过程质量检验

8.6.1 排烟筒安装过程质量检验应符合本标准第 7.8.1 条的规定。

8.6.2 筒节安装过程质量检验内容应符合表 8.6.2 的规定。

表 8.6.2 筒节安装过程质量检验内容

序号	检验项目	质量标准	检验方法
1	材料的质量	应符合现行国家产品标准和设计要求	检查出厂试验报告
2	外观表面	<p>不应有杂质、纤维外露、对使用性能有影响的龟裂、分层、针孔、贫胶区和纤维浸润不良现象。</p> <p>不允许有直径 &gt; 3mm、深或高 &gt; 5mm 的凹凸,任意 1m<sup>2</sup> 范围内直径 &gt; 4mm 的气泡不应超过 3 个。</p> <p>应光滑平整,色泽均匀</p>	目测
3	标记	基准线、点、标高标记及编号完备、清楚	目测
4	不圆度	$\leq 50\%$ 壁厚, $\leq 10\%$ 设计内径	量具测量
5	手糊	手糊层数符合设计要求,湿糊巴柯尔硬度 $\geq 40$	抽检、实测,检查施工记录; 符合本标准第 8.4.11 条的规定
6	外径周长偏差	0~6mm	量具测量
7	对口错边	$\leq 1\text{mm}$	量具测量

续表 8.6.2

序号	检验项目	质量标准	检验方法
8	两端面与轴线的垂直度	$\leq 8\text{mm}$	水准仪等仪器、量具检查
9	接口宽度	$\geq 400\text{mm}$	量具测量
10	接口厚度	$\geq$ 纤维增强排烟筒厚度	游标卡尺
11	直线度	$\leq 1\text{mm}$	量具测量
12	弧圆度	$\leq 2\text{mm}$	量具测量
13	表面平整度	$\leq 1.5\text{mm}$	目测检查、钢尺、粗糙度仪检查
14	高度偏差	$\pm 0.5H/100$ , 且 $\leq \pm 10\text{mm}$	全站仪等仪器、量具检查

### 8.6.3 排烟筒安装过程检验应符合下列规定：

- 1 排烟筒安装前应制定安装过程检验文件；
- 2 应确定排烟筒的固定和连接、开口和补强、运输和吊装等安装过程规定检验项目、要求和检验方法。

### 8.6.4 排烟筒的固定和连接的检验项目应包括下列项目：

- 1 排烟筒筒体与基础以及其他附件和构筑物的连接固定是否符合设计文件要求；
- 2 法兰接管方位是否符合设计文件要求；
- 3 尺寸测量：高程、轴向偏差等；
- 4 拉索式排烟筒应检查拉索的连接可靠性；
- 5 塔架式排烟筒应检查塔架与排烟筒之间的间隙是否在设计范围内；
- 6 承插粘接接口应检查承口和插口粘接表面、接口外观、插入长度是否满足设计要求；
- 7 手糊对接接口应检查接口粘接表面、接口外观、包覆宽度和厚度是否满足设计要求，宜对接口的铺层规格和数量进行记录；

8 法兰接口应检查法兰密封面及密封垫片的表面质量、螺栓连接后法兰是否有裂纹、螺栓上紧扭矩是否均匀；

9 手糊对接接口应进行手糊工艺评定。

8.6.5 排烟筒开口和补强的检验项目应包括下列项目：

1 开口位置和尺寸；

2 开口边缘外观是否符合设计要求；

3 补强外观、宽度和厚度是否满足设计要求，宜对补强的铺层规格和数量进行记录；

8.6.6 外观质量验收加权综合评分法应符合本标准附录 F 表 F.0.5 的规定。

8.6.7 外观质量分级宜分为三级，其得分率为：一级 85%~100%；二级 70%~85%；三级 70%以下。

8.6.8 排烟筒安装质量等级应符合本标准第 6.7 节的规定。

## 8.7 运行过程质量检查

8.7.1 排烟筒在投入使用后应进行相关检查应符合下列规定：

1 排烟筒在投入使用后应对排烟筒的运行参数(如温度、压力、排烟筒的纵向热膨胀位移和横向位移、烟气或工业尾气流量、积灰和冷凝液等)和配件维修事件等进行记录；

2 排烟筒应根据气运行周期和运行记录的分析，制定定期或不定期的排烟筒检查；

3 排烟筒检查应包括排烟筒的外表面、排烟筒内部、排烟筒的支撑和拉索、排烟筒地锚地脚、爬梯平台等配件、排烟筒接口、阀门、膨胀节等附件；

4 在检查前应制定详细的检查计划和方案，检查方案包括检查部位确定、检查项目、检查方法和检查过程人身和设备安全注意事项和措施等；

5 排烟筒的检查部位宜为如下位置：排烟筒横截面变化处、弯头、集合管等流速变化处，可能超过预期荷载、温度、热位移等部

位、排烟筒的支撑部位、跟排烟筒相连的有关的支撑、拉索、地锚地脚等部位。

**8.7.2** 排烟筒检查项目可包括内外表面外观、壁厚、内外表面巴柯尔硬度、外表面温度、钢制部件无损检测、排烟筒部件实验室力学性能等。

**8.7.3** 排烟筒检验方法根据检验项目可为目测、钻孔测厚、无损测厚、硬度计测量硬度、红外测温、X射线或超声探伤、万能试验机实验室检测等。

**8.7.4** 排烟筒使用后的检查应留有检查记录。

## 9 现场监造

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 排烟筒工程开工前,监造单位应编制现场监造工作大纲。
- 9.1.2 现场监造实施细则应符合现场监造大纲的要求,并应标明控制点。
- 9.1.3 监造单位应编制动态监造报告。
- 9.1.4 现场监造大纲应包括下列内容:
  - 1 工程概况、工作范围、内容和目标;
  - 2 现场监造工作的技术依据和执行的标准等;
  - 3 现场监造组织形式与人员岗位职责;
  - 4 现场监造计划与工作制度;
  - 5 质量检验、工程验收技术要点;
  - 6 安全生产管理相关的工作;
  - 7 现场原材料、制造、安装质量控制和管理措施;
  - 8 全过程旁站及重要部位的现场监督、取证、记录工作。
- 9.1.5 现场监造工作实施细则应包括下列内容:
  - 1 实施细则的编制应包括工程执行标准、工程设计文件等;
  - 2 现场监造工作流程与工作要点;
  - 3 现场监造工作方法及措施;
  - 4 实施细则可根据实际情况进行补充、修改、升版;
  - 5 涉及原材料、筒节制作、运输、安装的全过程现场监造。

### 9.2 现场监造方式

- 9.2.1 现场监造方式应包括文件见证、现场见证和停工待检。
- 9.2.2 文件见证应包括下列内容:

- 1 试验记录、试验报告；
  - 2 施工记录、检查记录；
  - 3 其他文字记录等。
- 9.2.3 现场见证应包括下列内容：
- 1 监造代表参加的现场检验；
  - 2 监造代表参加的现场试验项目；
  - 3 其他试验或验证项目等。
- 9.2.4 停工待检应符合下列规定：
- 1 项目进行过程中，应停工等待监造方参加的检验项目；
  - 2 项目进行过程中，应停工等待监造方参加的试验项目。
- 9.2.5 见证方式的变动应符合下列规定：
- 1 当监造方不能到达时，现场见证应自动转为文件见证；
  - 2 当停工待检没有监造方书面通知同意转为文件见证时，不得自行转入下道工序；
  - 3 当经变更见证时间，监造方仍不能按时到达时，则停工待检应自动转为文件见证。

### 9.3 现场监造准备

- 9.3.1 开工前，现场监造方应组织对制造、安装施工组织方案进行评审。
- 9.3.2 现场监造方应对纤维增强塑料排烟筒制造、安装开工文件进行审核批准。
- 9.3.3 开工文件应包括下列内容：
- 1 企业营业执照、法人委托书；
  - 2 承包合同复印件与相关法定资质文件；
  - 3 项目负责人和企业主要人员介绍；
  - 4 主要工程业绩介绍；
  - 5 已经批准的施工组织方案。

## 9.4 现场监造实施

- 9.4.1 进入现场的原材料应经过复核,并应符合下列规定:
- 1 数量准确,包装完好,质量证明文件应完整;
  - 2 应进行现场抽样验证;
  - 3 当对质量有疑问时,应送第三方检测;
  - 4 对质量计划的控制点应进行见证。
- 9.4.2 检查纤维增强塑料排烟筒铺层顺序并应做好记录。
- 9.4.3 手糊对接尺寸、铺层结构等应进行旁站并应做好记录。

## 9.5 性能测试检验

- 9.5.1 筒节及构配件应采用随机抽样的方式,测定相关性能。
- 9.5.2 筒段安装前,应按预定工艺方案制作试样,并应进行工艺评价。
- 9.5.3 性能检验全部合格,应确认产品合格;当全部不合格应判定为废品。

## 9.6 监造记录与文件

- 9.6.1 现场监造记录和文件应包括下列内容:
- 1 排烟筒生产计划和工艺方案;
  - 2 排烟筒检验计划和检验要求;
  - 3 原材料、构配件等的质量证明文件和检验报告;
  - 4 检验记录及试验报告;
  - 5 质量事故处理文件;
  - 6 现场监造工作日记、月报、总结等;
  - 7 各类表格以及来往文件。
- 9.6.2 由制造、安装单位统一分类、连续编号的施工管理资料常用表格,应符合本标准附录 J 的规定。
- 9.6.3 由现场监造方统一分类、连续编号的现场监造常用表格,应符合本标准附录 K 的规定。

## 10 施工安全与绿色施工

### 10.1 施工安全

**10.1.1** 应明确各级岗位职责,落实安全生产责任,建立安全事故隐患排查制度。

**10.1.2** 安全技术和劳动保护除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

**10.1.3** 施工前应进行危险源辨识和风险评估,对重大危险作业、职业病危害因素制定应急预案(现场处置方案)和预防监控措施,并应按规定针对可能发生的生产安全、职业危害事件进行应急预案培训和演练。

**10.1.4** 施工前应对作业人员进行安全生产和职业卫生教育、培训,并应做好记录。

**10.1.5** 根据施工特点,应配备劳动防护用品。劳动保护个人装备品的选用应符合现行国家标准《个体防护装备选用规程》GB/T 11651 的有关规定。

**10.1.6** 施工所用的起重机械等特种设备应通过法定检测机构检验,起重机械的装、拆和使用应符合国家相关法规的规定。

**10.1.7** 采用液压提升、顶升装置应有自动行程偏差和重量均衡偏差调整控制系统。

**10.1.8** 吊篮等施工装备应具有安全保护装置,并应符合国家现行有关标准的规定,吊篮的装拆和使用应符合相关法规的要求。

**10.1.9** 施工现场应通风良好,现场有害气体、粉尘最高允许浓度不得超过现行国家标准《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212 的有关规定。

**10.1.10** 施工作业采取的安全措施应符合下列规定:

1 现场应办理作业批准手续,并应划出禁火区,设置警戒线和悬挂“严禁烟火”等安全警示标志;

2 现场应分离或隔绝非作业系统,并应清除内部和周围易燃物;

3 现场应配置相应的消防灭火器具,并应由专人负责管理;

**10.1.11** 施工用电除应符合现行国家有关标准的规定外,尚应符合下列规定:

1 施工临时用电系统应采取防静电保护措施;用电设备必须接地;

2 在防爆区域内施工,必须采用防爆型电气设备和照明器具,电源线不得有接口,应采用防爆型接线盒或分线盒连接;

3 高处作业的照明、信号灯及电铃用电应采用 36V 安全电压。

**10.1.12** 化学危险品的储存和辨识应符合现行国家有关标准和下列规定:

1 易燃、易爆和有毒材料应存放在专用库房内,并设有专人管理,余料应及时归库;

2 施工现场和库房,必须设置消防器材;

3 含有易燃易爆的材料存放处严禁明火。

**10.1.13** 施工作业人员应按国家现行职业健康的规定进行定期体检。

**10.1.14** 纤维增强塑料排烟筒现场不得使用国家明令淘汰的安全技术、工艺、设备、设施和材料;排烟筒制造和安装时,操作人员应佩戴防毒面具等防护用品,并应设专人监护。

**10.1.15** 所用物料均应堆放平稳;工具应随手放入工具袋,较大的工具应系保险绳。

**10.1.16** 涉及易燃易爆品时,严禁携带火种及其他易产生火花、静电的物品,不得穿带钉鞋和化纤工作服。

**10.1.17** 作业现场应先行清除或固定所有易坠落的物件,传递物件严禁抛掷。

**10.1.18** 拆下的物件、余料和废料均应及时清理运走,不得随意抛弃。

**10.1.19** 涉及电工作业、封闭空间作业、有毒有害气体作业时应设置双人监控。

**10.1.20** 高度 2m 以上区域作业必须系好安全带,扣好保险挂钩,安全带应高挂低用。

**10.1.21** 作业区域应采取有效的隔离措施,并设专人进行监护,无关人员不得进入作业区域。

## **10.2 绿色施工**

**10.2.1** 施工前应制定绿色施工专项方案,确定量化指标。

**10.2.2** 施工前应制定合理的施工计划和配套的仓库、场地使用计划。

**10.2.3** 筒节的加工和进场顺序应与现场安装顺序一致,不宜二次倒运。

**10.2.4** 施工前应对筒节进行安装顺序试排。

**10.2.5** 筒节的存放和运输应采取防止变形和损坏的措施。

**10.2.6** 施工设备和机具应节能环保。

**10.2.7** 施工扬尘不得扩散到工作区域以外。

**10.2.8** 施工现场宜对噪声进行实时监测。

**10.2.9** 夜间施工光照方向应集中在施工范围内。

**10.2.10** 污水排放应符合现行国家标准《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962 的规定。

**10.2.11** 作业区域的纤维增强塑料粉尘应及时处理。

**10.2.12** 树脂应计量使用,随用随配。

**10.2.13** 垃圾应分类并及时清除回收,废弃的溶剂及其他化学品盛器应交具备资质的单位进行处理。

**10.2.14** 强化绿色施工的过程管理,绿色施工过程技术资料应及时收集归档。

## 11 工程验收

**11.0.1** 纤维增强塑料排烟筒工程质量验收的划分应符合下列规定：

1 排烟筒工程质量的验收应划分为检验批、分项工程和分部(子分部)工程；

2 检验批的划分宜按采用相同材料、相同工艺、具有相同铺层结构的筒节及其连接构件，划分为一个检验批；

3 分项工程可划分为筒节制造、筒段组装、现场粘接和筒段安装。分项工程可由一个或若干个检验批组成；

4 纤维增强塑料排烟筒可作为一个分部(子分部)工程。

**11.0.2** 纤维增强塑料排烟筒工程质量验收应在施工单位自检的基础上按检验批、分项工程和分部(子分部)工程的顺序进行。

**11.0.3** 施工单位应制定纤维增强塑料排烟筒工程中分项工程和检验批的划分方案，并应交监造单位或建设单位审核。

**11.0.4** 纤维增强塑料排烟筒筒节的工程质量检验应符合表 11.0.4 的规定。

表 11.0.4 纤维增强塑料排烟筒筒节的工程质量检验

类别	序号	项 目	质量标准	检 验 结 果
主控 项目	1	原材料的品种、规格和性能	应符合设计要求和本标准第 6.6.3 节的有关规定	检查合格证和检验报告
	2	排烟筒筒节的铺层顺序、规格和数量	符合本标准表 6.6.4 条的规定	检查制造过程铺层记录
	3	排烟筒筒节的力学性能	应符合本标准第 8.4.4 条的要求	检查试验报告

续表 11.0.4

类别	序号	项 目	质量标准	检 验 结 果	
主控项目	4	排烟筒筒节的耐腐蚀性能	应符合本标准第8.4.5条的要求	检查试验报告	
	5	排烟筒筒节的阻燃性能	应符合本标准第8.4.6条的要求	检查试验报告	
	6	排烟筒筒节的耐温性能	应符合本标准第8.4.7条的要求	检查试验报告	
	7	排烟筒筒节的抗静电性能	应符合设计要求	检查试验报告	
一般项目	1	外观	符合本标准第4.3.1条的规定	目测、触摸、敲击等方法	抽查数不小于10处
	2	内径偏差	设计内径的±0.5%	量具测量	
	3	不圆度	符合本标准第4.3.1条的规定	量具测量	
	4	有效长度和允许偏差	应符合本标准表第6.6.7条的要求	量具测量	
	5	筒节厚度	应符合本标准第8.4.2条的要求	游标卡尺	
	6	直线度、垂直度和法兰表面的平整度	应符合本标准第8.4.2条的要求	直尺法或重力法、垂直度测量仪、百分表检查	
	7	筒节端面垂直度控制值	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	
	8	加强筋间的距离	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	

续表 11.0.4

类别	序号	项 目	质量标准	检 验 结 果	
一般 项目	9	法兰接管的轴线对设备径向或轴向基准线位置的允许偏差	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	抽查数不小于10处
	10	法兰接管安装角度偏差	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	
	11	法兰接管端面与接口轴线的垂直度偏差	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	
	12	组装粘接尺寸和厚度、加强筋外形尺寸和厚度、管口补强宽度和厚度、吊装构件和地锚等部件的粘接尺寸	应符合本标准第8.4.2条的要求	量具测量	
	13	筒节表面巴柯尔硬度	应符合本标准第8.4.3条的要求	符合本标准第8.4.12条的规定	
	14	筒节树脂不可溶分含量	应符合本标准第8.4.3条的要求	符合本标准第8.4.13条的规定	
	15	筒节树脂含量	应符合本标准第8.4.8条的要求	符合本标准第8.4.14条的规定	

**11.0.5 纤维增强塑料排烟筒筒段组装的质量标准和检验方法应符合表 11.0.5 的规定。**

**表 11.0.5 纤维增强塑料排烟筒筒段组装的质量标准和检验方法**

类别	序号	检验项目	质量标准	检验方法	
主控项目	1	排烟筒筒节或筒段的品种、规格和性能	应符合设计要求和本标准第 8 章出厂检验要求	检查合格证明文件或检验报告和产品标识	
	2	外观	符合本标准第 4.3.1 条的规定	目测	
	3	不圆度	符合本标准第 4.3.1 条的规定	量具测量	
	4	对接接口工艺评定	应符合本标准附录 D 的要求	查看评定表	
一般项目	1	两端面与轴线的垂直度	$\leq 8\text{mm}$	水准仪等仪器、量具测量	抽查数不小于 10 处
	2	对口错边	$\leq 6.5\text{mm}$	量具测量	
	3	中心偏差	$H/1000$ 和 100 的小者	量具测量	
	4	高度偏差	$\pm H/200$ , 且不大于 50mm	全站仪等仪器、量具测量	

**11.0.6 纤维增强塑料排烟筒现场对接质量标准和检验方法应符合表 11.0.6 的规定。**

**表 11.0.6 纤维增强塑料排烟筒现场对接质量标准和检验方法**

类别	序号	检验项目	质量标准	检验方法
主控项目	1	原材料的品种、规格和性能	应符合设计要求和本标准第 4.2 节的规定	检查合格证明文件或检验报告和产品标识
	2	工艺评定文件	工艺评定文件和评定报告	检查工艺评定记录

续表 11.0.6

类别	序号	检验项目	质量标准	检验方法	
主控项目	3	内外表面工艺质量	符合本标准第 4.3.1 条的规定	目测	
	4	表面打磨质量	无光滑表面,玻璃纤维暴露	目测	
	5	铺层和尺寸	符合本标准表 6.6.4 的规定	目测和量具测量	
一般项目	1	纤维及其织物外观质量	干燥,无污染	目测	抽查数不小于 10 处
	2	表面打磨范围	符合本标准第 7.3.6 条的规定	量具测量	
		表面巴柯尔硬度	满足工艺要求	符合本标准第 8.4.12 条的规定	

11.0.7 纤维增强塑料排烟筒筒段安装的质量标准和检验方法应符合表 11.0.7 的规定。

表 11.0.7 纤维增强塑料排烟筒筒段安装质量标准和检验方法

类别	序号	检验项目	质量标准	检验方法
主控项目	1	排烟筒筒节或筒段的品种、规格和性能	符合设计要求和本标准第 4.3 节的规定	检查合格证明文件或检验报告和产品标识
	2	外观	符合本标准第 4.3.1 条的规定	目测
	3	排烟筒筒体与基础以及其他附件和构筑物的连接固定	符合设计文件要求	目测

续表 11.0.7

类别	序号	检验项目	质量标准	检验方法	
主控项目	4	管口方位	符合设计要求	量具测量	
	5	不圆度	符合本标准第 4.3.1 条的规定	内径尺检查	
	6	标记	基准线、点、标高标记及编号完备、清楚	目测	
	7	组装接口粘接	应符合本标准表 6.6.8 的要求	查看粘接评定表	
一般项目	1	与支座间隙	3mm	塞尺检查	抽查数不小于 10 处
	2	水平位移约束点标高偏差	±10mm	钢尺检查	
	3	中心偏差	≤H/1000,且≤100mm	吊锤法	
	4	总高度偏差	±100mm	钢卷尺或测距仪检查	
	5	烟道口中心偏差	≤15mm	经纬仪检查	
	6	烟道口标高偏差	±20mm	钢尺检查	
	7	烟道口高和宽偏差	±20mm	钢尺检查	

**11.0.8 检验批工程质量验收合格应符合下列规定：**

- 1 主控项目的质量经抽样检验合格；
- 2 一般项目的质量经抽样检验合格，其中允许有偏差的项目，除有特殊要求外，每项均应有 80% 及以上的检查点符合要求，且其余的检查点不得有严重缺陷，缺陷处检查点的最大偏差不得超过允许偏差值的 1.5 倍；

3 检验批的质量验收记录应完整。

**11.0.9 分项工程质量验收合格应符合下列规定：**

- 1 分项工程所含的检验批均应合格；
- 2 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。

**11.0.10** 分部(子分部)工程质量验收合格应符合下列规定:

- 1 分部(子分部)工程所含分项工程的质量均应合格;
- 2 质量控制资料应完整;
- 3 有关安全及使用功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定。

**11.0.11** 当施工质量不符合本标准时,应按下列规定进行处理:

- 1 经返工或返修的检验批,应重新进行验收;
- 2 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批,应予以验收;
- 3 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求,但经原设计单位核算后认可能够满足结构安全和使用功能的检验批,可予以验收;
- 4 经返修或加固处理的分项、分部工程虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求,可按技术处理方案和协商文件的要求予以验收;
- 5 通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或重要使用功能要求的分部工程,严禁验收;
- 6 凡现场抽样的性能检验及复验报告,均应由具有资质的质量检测部门出具。

**11.0.12** 检验批质量验收的程序及组织应符合下列规定:

- 1 检验批质量验收应由施工单位分项工程技术负责人组织作业班组自检,在自检合格的基础上,由施工单位项目专业质量检查员应按本标准附录 F 表 F.0.2 填写检验批质量验收记录;
- 2 专业监理工程师或建设单位项目专业技术负责人组织施工单位项目专业质量检查员、专业工长等进行验收。

**11.0.13** 分项工程质量验收的程序及组织应符合下列规定:

- 1 分项工程质量验收应由施工单位工程技术负责人组织检验,在自检合格的基础上,由项目专业质量检验员按本标准附录 F 表 F.0.3 填写分项工程质量验收记录。

2 专业监造工程师或建设单位项目专业技术负责人组织施工单位项目质量(技术)负责人等进行验收。

**11.0.14** 分部(子分部)工程质量验收的程序及组织应符合下列规定:

1 分部(子分部)工程质量验收应由施工单位项目负责人自行组织有关人员进行检验,在自检合格的基础上,由施工单位项目专业质量(技术)负责人按本标准附录 F 表 F.0.3-1 填写分部(子分部)工程质量验收记录,按本标准附录 F 表 F.0.3-2 填写分部(子分部)工程观感质量评分表。

2 总监造工程师或建设单位项目专业负责人组织施工单位项目经理和技术、质量负责人等进行验收。

**11.0.15** 纤维增强塑料排烟筒工程质量验收时,应提交下列文件:

- 1 计算书、设计图、设计说明书;
- 2 制成品质量检验文件;
- 3 安装检验文件;
- 4 现场监造文件;
- 5 工序交接记录;
- 6 隐蔽工程记录;
- 7 修补或返工记录;
- 8 竣工图;
- 9 完工报告;
- 10 使用说明书。

**11.0.16** 工程为分包单位施工时,由总包单位组织验收合格后按上述条款申请验收。

**11.0.17** 当参加验收各方对工程质量验收意见不一致时,可请当地建设行政主管部门或其委托的工程质量监督机构协调处理。

## 附录 A 气体腐蚀性分类及材料选用

**A.0.1** 烟气和工业尾气冷凝液性质应符合表 A.0.1 的规定。

**表 A.0.1** 烟气和工业尾气冷凝液性质

序号	化学成分	冷凝液性质			
		氧化性酸	非氧化性酸	碱	有机酸
1	氯气	次氯酸	盐酸	—	—
2	氯化氢	—	盐酸	—	—
3	氮氧化物	硝酸	—	—	—
4	硫化氢	—	氢硫酸	—	—
5	氟化氢	—	氢氟酸	—	—
6	二氧化硫	—	亚硫酸	—	—
7	氨	—	—	氨水	—
8	醋酸酸雾	—	—	—	醋酸
9	硫酸酸雾	硫酸	—	—	—
10	三氧化硫	硫酸	—	—	—
11	铬酸雾	铬酸	—	—	—
12	二氧化碳	—	碳酸	—	—
13	溴化氢	—	氢溴酸	—	—

**A.0.2** 含有多种化学介质混合的工业尾气分类宜符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 多种化学介质混合的工业尾气分类示例

序号	排放气体	腐蚀性化学介质	状态	冷凝液组成			有机物	介质类型
				多种酸	氧化性	非氧化		
1	火力发电厂	氨、氮氧化物	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳、氟化氢、氯化氢	湿态	√	√	√	—	
		氮氧化物	湿态	√	√	√	—	
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳	湿态	—	—	—	—	
2	化工	二氧化硫、三氧化硫	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类
		氨、硫化氢、二氧化硫、氢气、二氧化碳	湿态	√	√	√	—	
		氨、氯化氢	湿态	—	—	√	—	化学介质 II 类
		氟化氢、硫酸酸雾	湿态	√	√	√	—	
		氨、氟化氢	湿态	—	—	√	—	
		氨	干态	—	—	√	—	化学介质 III 类
		甲醇、二氧化碳、二氧化硫、硫化氢	干态	√	√	√	—	
氨气、二氧化碳	干态	—	—	√	—			
3	有色冶金	二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾	湿态	√	√	√	√	化学介质 I 类
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳	湿态	√	√	√	√	
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳	湿态	√	√	√	√	

表 A.0.2

序号	排放气体	腐蚀性化学介质	状态	冷凝液组成			有机物	介质类型
				多种酸	氧化性	非氧化		
3	有色冶金	二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳	湿态	√	√	√	√	化学介质 I 类
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾	湿态	√	√	√	√	
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾	湿态	√	√	√	√	
4	钢铁	二氧化硫、氮氧化物	湿态	—	—	—	—	化学介质 I 类
5	垃圾焚烧	氮氧化物、二氧化硫、氯化氢	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类
		二噁英类、呋喃等	干态	—	—	—	—	化学介质 III 类
6	纺织行业	二氧化硫、三氧化硫、硫化氢、二氧化碳、硫化物	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类
7	石油炼制	二氧化硫、氯化氢	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类
8	石油化工	二氧化硫、氯化氢、氟化氢、溴化氢、氯气、氮氧化物	湿态	√	√	√	—	化学介质 I 类

A.0.3 排烟筒耐化学介质腐蚀的树脂选用应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 排烟筒耐化学介质腐蚀的树脂选用

序号	行业	腐蚀性化学介质	介质类型	耐腐蚀性能要求			
				酸	碱	溶剂	
1	火力发电厂	氨、氮氧化物	化学介质 I 类	—	✓	—	
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳、氟化氢、氯化氢		✓	—		
		氮氧化物		✓			
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳		✓			
2	化工	二氧化硫、三氧化硫	化学介质 I 类	✓	—	—	
		氨、硫化氢、二氧化硫、二氧化碳		✓	✓		
		氨、氯化氢	化学介质 II 类	✓	✓		
		氟化氢、硫酸酸雾		✓	—		
		氨、氟化氢		✓	✓		
		氨	化学介质 III 类	—	✓		
		甲醇、二氧化碳、二氧化硫、硫化氢		✓	—		✓
		氨气、二氧化碳		—	✓		—
3	有色冶金	二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾	化学介质 I 类	✓	—	—	
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳		✓			
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳		✓			
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳		✓			
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾		✓			
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾		✓			

续表 A.0.3

序号	行业	腐蚀性化学介质	介质类型	耐腐蚀性能要求		
				酸	碱	溶剂
4	钢铁	二氧化硫、氮氧化物	化学介质 I 类	√	—	—
5	垃圾焚烧	氮氧化物、二氧化硫、氯化氢	化学介质 I 类	√	—	—
		二噁英类、呋喃等	化学介质 III 类	—	—	√
6	纺织	二氧化硫、三氧化硫、硫化氢、二氧化碳、硫化物	化学介质 I 类	√	—	—
7	石油炼制	二氧化硫、氯化氢	化学介质 I 类	√	—	—
8	石油化工	二氧化硫、氯化氢、氟化氢、溴化氢、氯气、氮氧化物	化学介质 I 类	√	—	—

注：“√”表示应满足，“—”表示不做规定。

A.0.4 排烟筒耐化学介质腐蚀的纤维及制品选用应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 排烟筒耐化学介质腐蚀的纤维及制品选用

序号	行业	主要排放气体成分	介质类型	氟化氢	功能内衬层						结构层	
					E	ECR	C	AR	聚酯纤维	碳纤	E	ECR
1	火力发电厂	氨、氮氧化物	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳、氟化氢、氯化氢		<1%	×	√	√	√	√	√	×	√
		氮氧化物		无	×	√	√	√	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、二氧化碳		无	×	√	√	√	√	√	×	√

续表 A.0.4

序号	行业	主要排放气体成分	介质类型	氟化氢	功能内衬层						结构层	
					E	ECR	C	AR	聚酯纤维	碳纤	E	ECR
2	化工	二氧化硫、三氧化硫	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
		氨、硫化氢、二氧化硫、二氧化碳			×	√	√	√	√	√	×	√
		氨、氯化氢	化学介质 II 类	有	×	√	×	√	√	√	×	√
		氟化氢、硫酸酸雾			×	×	×	×	√	√	×	√
		氨、氟化氢	化学介质 III 类	无	×	×	×	×	√	√	×	√
		氨			√	√	×	√	√	√	√	√
		甲醇、二氧化碳、二氧化硫、硫化氢			√	√	√	√	√	√	√	√
		氨气、二氧化碳				√	√	√	√	√	√	√
3	有色冶金	二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾	化学介质 I 类	有	×	×	×	×	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳			×	√	√	√	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳		无	×	√	√	√	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、氯气、硫化氢、硫酸酸雾、氯化氢、二氧化碳			×	√	√	√	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾		有	×	×	×	×	√	√	×	√
		二氧化硫、三氧化硫、氟化氢、二氧化碳、硫酸酸雾			×	×	×	×	√	√	×	√

续表 A.0.4

序号	行业	主要排放气体成分	介质类型	氟化氢	功能内衬层						结构层	
					E	ECR	C	AR	聚酯纤维	碳纤	E	ECR
4	钢铁	二氧化硫、氮氧化物	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
5	垃圾焚烧	氮氧化物、二氧化硫、氯化氢	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
		二噁英类、呋喃等	化学介质 III 类		√	√	√	√	√	√	√	√
6	纺织行业	二氧化硫、三氧化硫、硫化氢、二氧化碳、硫化物	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
7	石油炼制	二氧化硫、氯化氢	化学介质 I 类	无	×	√	√	√	√	√	×	√
8	石油化工	二氧化硫、氯化氢、氟化氢、溴化氢、氯气、氮氧化物	化学介质 I 类	有	×	×	×	×	√	√	×	√

注:1 “√”表示适用,“×”表示不适用。

2 外表面保护层常用的纤维类型有 C、ECR 和聚酯纤维表面毡等。

3 氟化氢的冷凝液浓度大于 1% 时,宜选用聚酯纤维毡。

## 附录 B 排烟筒温度作用效应计算

**B.0.1** 排烟筒内部的烟气或工业尾气温度,应根据设计目标分别选用持久态、短暂态、偶然态温度。

**B.0.2** 烟囱内部的烟气温度,应符合下列规定:

1 计算烟囱最高受热温度和确定材料在温度作用下的折减系数时,应采用烟囱使用时的最高温度。

2 确定烟气露点温度和防腐蚀措施时,应采用烟气温度变化范围下限值。

**B.0.3** 烟囱外部的环境温度,应按下列规定采用:

1 计算烟囱最高受热温度和确定材料在温度作用下的折减系数时,应采用当地气象资料极端最高温度。

2 计算筒壁温度差时,应采用当地气象资料极端最低温度。

**B.0.4** 筒壁计算出的各点受热温度,均应符合本标准第 4.3.6 条的规定。

**B.0.5** 排烟筒各点的受热温度(图 B.0.5-1 和图 B.0.5-2),可按式(B.0.5)计算:

$$T_{cj} = T_g - \frac{T_g - T_a}{R_{\text{tot}}} \left( R_{\text{in}} + \sum_{i=1}^j R_i \right) \quad (\text{B.0.5})$$

式中: $T_{cj}$ ——计算点  $j$  的受热温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_g$ ——烟气或工业尾气温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_a$ ——空气温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$R_{\text{tot}}$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁、空气层、钢筋混凝土外筒壁等总热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$R_{\text{in}}$ ——内衬内表面的热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$R_i$ ——第  $i$  层热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ 。

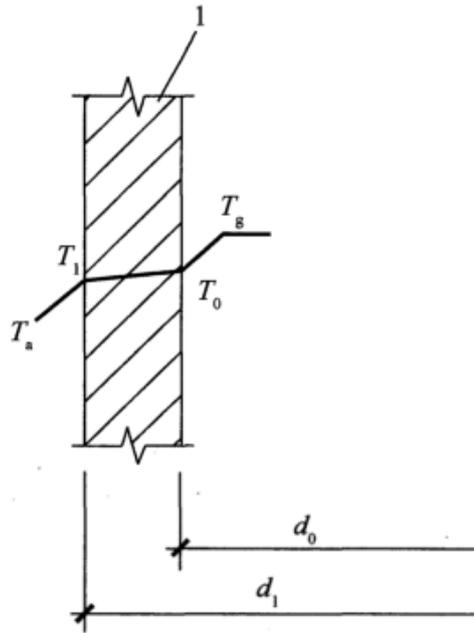


图 B.0.5-1 单筒式纤维增强塑料排烟筒温度计算

1—纤维增强塑料排烟筒筒壁

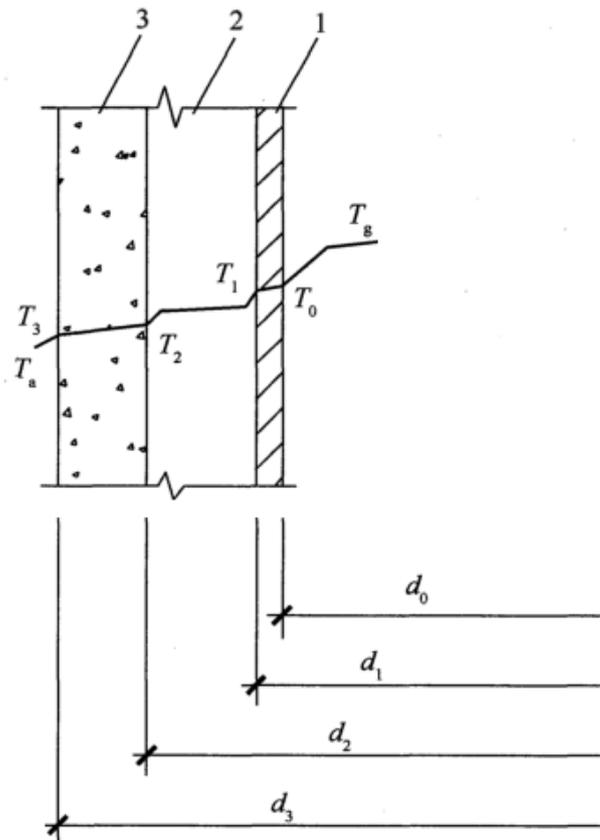


图 B.0.5-2 套筒式纤维增强塑料排烟筒温度计算

1—纤维增强塑料排烟筒筒壁；2—空气层；3—钢筋混凝土外筒壁

**B. 0. 6** 单筒式纤维增强塑料排烟筒筒壁热阻以及烟囱总热阻, 可分别按式(B. 0. 6-1)~式(B. 0. 6-4)计算:

$$R_{\text{tot}}^{\text{F}} = R_{\text{in}}^{\text{F}} + R_1 + R_{\text{ex}}^{\text{F}} \quad (\text{B. 0. 6-1})$$

$$R_{\text{in}}^{\text{F}} = \frac{1}{\alpha_{\text{in}}^{\text{F}} d_0} \quad (\text{B. 0. 6-2})$$

$$R_1 = \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_1}{d_0} \quad (\text{B. 0. 6-3})$$

$$R_{\text{ex}}^{\text{F}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ex}}^{\text{F}} d_1} \quad (\text{B. 0. 6-4})$$

式中:  $R_{\text{tot}}^{\text{F}}$ ——单筒式纤维增强塑料排烟筒烟囱总热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$R_{\text{in}}^{\text{F}}$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁内表面的热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$R_1$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁的热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$R_{\text{ex}}^{\text{F}}$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁外表面的热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ;

$\lambda_1$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ ;

$\alpha_{\text{in}}^{\text{F}}$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁内表面传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$\alpha_{\text{ex}}^{\text{F}}$ ——纤维增强塑料排烟筒筒壁外表面传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ;

$d_0$ ——纤维增强塑料排烟筒内直径(m);

$d_1$ ——纤维增强塑料排烟筒外直径(m)。

**B. 0. 7** 有钢筋混凝土外筒的套筒式烟囱, 各层热阻以及总热阻可分别按式(B. 0. 7-1)~式(B. 0. 7-7)进行计算:

$$R_{\text{tot}}^{\text{s}} = R_{\text{in}}^{\text{F}} + \sum_{i=1}^3 R_i + R_{\text{ex}}^{\text{c}} \quad (\text{B. 0. 7-1})$$

$$R_{\text{in}}^{\text{F}} = \frac{1}{\beta \alpha_{\text{in}}^{\text{F}} d_0} \quad (\text{B. 0. 7-2})$$

$$R_1 = \frac{1}{2\beta \lambda_1} \ln \frac{d_1}{d_0} \quad (\text{B. 0. 7-3})$$

$$R_2 = \frac{1}{\alpha_s d_1} \quad (\text{B. 0. 7-4})$$

$$R_3 = \frac{1}{2\lambda_3} \ln \frac{d_3}{d_2} \quad (\text{B. 0. 7-5})$$

$$R_{\text{ex}}^{\text{c}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ex}}^{\text{c}} d_3} \quad (\text{B. 0. 7-6})$$

$$\alpha_s = 1.211 + 0.0681T_g \quad (\text{B. 0. 7-7})$$

式中： $R_{\text{tot}}^{\text{s}}$ ——套筒式烟囱总热阻；

$R_2$ ——空气层热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ；

$R_3$ ——钢筋混凝土外筒壁热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ；

$R_{\text{ex}}^{\text{c}}$ ——钢筋混凝土外筒壁外表面的热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ；

$\alpha_{\text{ex}}^{\text{c}}$ ——钢筋混凝土外筒壁外表面传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ；

$\beta$ ——有通风条件时的外筒与内筒传热比，外筒与内筒间距不应小于 100mm，并取  $\beta=0.5$ ；

$\alpha_s$ ——有通风条件时，外筒内表面与内筒外表面的传热系数。

$d_0$ ——排烟筒内直径(m)；

$d_1$ ——排烟筒外直径(m)；

$d_2$ ——钢筋混凝土外筒壁的内直径(m)；

$d_3$ ——钢筋混凝土外筒壁的外直径(m)。

**B. 0. 8** 纤维增强塑料排烟筒筒壁内表面的传热系数和钢筋混凝土外筒筒壁外表面的传热系数，可分别按表 B. 0. 8-1 及表 B. 0. 8-2 采用。

**表 B. 0. 8-1** 纤维增强塑料排烟筒筒壁内表面的传热系数  $\alpha_{\text{in}}^{\text{f}}$

烟气或工业尾气温(°C)	传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
50~100	33
101~300	38
>300	58

**表 B. 0. 8-2** 钢筋混凝土外筒筒壁外表面的传热系数  $\alpha_{\text{ex}}^{\text{c}}$

季节	传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
夏季	12
冬季	23

**B. 0. 9** 烟道口上部烟气温差可按式(B. 0. 9-1)、式(B. 0. 9-2)进行计算：

$$\Delta T_g = A \cdot \Delta T_0 \cdot e^{-(B \cdot C \cdot K \cdot z/d)} \quad (\text{B. 0. 9-1})$$

$$\Delta T_0 = T_A - T_B \quad (\text{B. 0. 9-2})$$

式中  $\Delta T_g$ ——距离烟道口顶部  $z$  高度处的横跨内筒直径两端烟气不均匀分布温差( $^{\circ}\text{C}$ )；

$A$ ——热量传递修正系数,按表 B. 0. 9-1 选取；

$\Delta T_0$ ——烟道顶部位置处的横跨内筒直径两端烟气不均匀分布温差( $^{\circ}\text{C}$ ),单个烟道及  $\Delta T_0 = 0$  时,取  $\Delta T_0 = 15^{\circ}\text{C}$ ；

$T_A$ ——温度较高烟道的烟气温度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$T_B$ ——温度较低烟道的烟气温度( $^{\circ}\text{C}$ )；

$B$ ——烟气流量修正系数,按表 B. 0. 9-2 选取；

$K$ ——烟道宽度修正系数,按表 B. 0. 9-3 选取；

$C$ ——隔烟墙或倒流平台修正系数,当无隔烟墙或倒流平台时取  $C = 1. 0$ ；当有隔烟墙或倒流平台时取  $C = 0. 375$ ；

$z$ ——距离烟道口顶部计算点的距离(m)；

$d$ ——内筒内直径(m)。

表 B. 0. 9-1 热量传递修正系数  $A$

$\Delta T_0(^{\circ}\text{C})$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$A$	1. 0	0. 96	0. 92	0. 86	0. 79	0. 74	0. 69	0. 65	0. 62

表 B. 0. 9-2 烟气流量修正系数  $B$

烟气流量比	1. 0	0. 8	0. 6	0. 4
$B$	0. 40	0. 48	0. 57	0. 65

注:单个烟道时,取  $B = 0. 40$ 。

表 B. 0. 9-3 烟道宽度修正系  $K$

$d/W$	1. 0	1. 2	1. 4	1. 6	1. 8	2. 0	2. 2
$K$	1. 00	1. 03	1. 07	1. 10	1. 13	1. 17	1. 20

注: $W$  为烟道口宽度。

**B. 0. 10** 排烟筒沿直径两端,纤维增强塑料排烟筒结构层中心处温度差可按式(B. 0. 10)计算:

$$\Delta T_m = \Delta T_g \left( 1 - \frac{R_{\text{tot}}^c}{R_{\text{tot}}^F} \right) \quad (\text{B. 0. 10})$$

式中： $R_{\text{tot}}^c$ ——从纤维增强塑料排烟筒内表面到结构层中心的总热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ ；

$R_{\text{tot}}^F$ ——单筒式纤维增强塑料排烟筒烟囱总热阻 $[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$ 。

**B. 0. 11** 横跨内筒直径两端烟气不均匀分布温差对内筒产生的水平位移按式(B. 0. 11-1)~式(B. 0. 11-5)计算：

1 横跨内筒直径两端烟气不均匀分布温差对内筒产生的水平位移：

$$u_x = u_{x1} + u_{x2} \quad (\text{B. 0. 11-1})$$

2 烟道口区域温差产生的水平位移：

$$u_{x1} = \theta_0 H_B \left( z + \frac{1}{2} H_B \right) \quad (\text{B. 0. 11-2})$$

$$\theta_0 = 0.811 \times \frac{\alpha_z \Delta T_{m0}}{d} \quad (\text{B. 0. 11-3})$$

3 烟道口以上截面温差引起的水平位移：

$$u_{x2} = \frac{\theta_0}{V} \left[ z - \frac{1}{V} (1 - e^{-Vz}) \right] \quad (\text{B. 0. 11-4})$$

$$V = (B \cdot C \cdot K) / d \quad (\text{B. 0. 11-5})$$

式中： $u_x$ 、 $u_{x1}$ 、 $u_{x2}$ ——距离烟道口顶部 $z$ 处筒壁截面的水平位移(m)；

$\theta_0$ ——在烟道口范围内的截面转角变位(弧度/m)；

$H_B$ ——烟道口高度(m)；

$\alpha_z$ ——筒壁材料的纵向膨胀系数(mm/mm/°C)；

$\Delta T_{m0}$ ——为 $z=0$ 时 $\Delta T_m$ 值。

**B. 0. 12** 在不计算支承平台水平约束和重力影响的情况下，排烟筒悬挂段由筒壁温差产生的水平位移可按式(B. 0. 12)计算：

$$\mu_x = \frac{\theta_0}{V} \left[ z - \frac{1}{V} (1 - e^{-Vz}) \right] \quad (\text{B. 0. 12})$$

**B. 0. 13** 纤维增强塑料排烟筒筒壁轴向拉、压温度应力应根据各层支承平台约束情况确定。内筒可按梁柱计算模型处理，并令各层支

承平台位置的位移与按第 B. 0. 11 条或第 B. 0. 12 条计算的相应位置处的位移相等计算梁柱应力,该应力可近似为内筒的轴向温度应力。内筒轴向温度应力也可按式(B. 0. 13-1)、式(B. 0. 13-2)近似计算:

$$\sigma_{z,m}^T = 0.4 \cdot E_{zc} \cdot \alpha_z \cdot \Delta T_m \quad (\text{B. 0. 13-1})$$

$$\sigma_{z,sec}^T = 0.1 \cdot E_{zc} \cdot \alpha_z \cdot \Delta T_g \quad (\text{B. 0. 13-2})$$

式中: $\sigma_{z,m}^T$ ——筒身弯曲温度应力(MPa);

$\sigma_{z,sec}^T$ ——温度次应力(MPa);

$\alpha_z$ ——筒壁材料的轴向热膨胀系数(mm/mm/°C);

$E_{zc}$ ——筒壁轴向受压或受拉弹性模量(MPa)。

**B. 0. 14** 纤维增强塑料排烟筒筒壁弯曲温度应力可分别按式(B. 0. 14-1)、式(B. 0. 14-2)计算。

$$\sigma_{z,b}^T = 0.5 \cdot E_{zb} \cdot \alpha_z \cdot \Delta T_w \quad (\text{B. 0. 14-1})$$

$$\sigma_{\theta,b}^T = 0.5 \cdot E_{\theta b} \cdot \alpha_{\theta b} \cdot \Delta T_w \quad (\text{B. 0. 14-2})$$

式中: $\sigma_{z,b}^T$ 、 $\sigma_{\theta,b}^T$ ——筒壁内外温差引起的轴向、环向弯曲温度应力(MPa);

$\alpha_{\theta}$ ——筒壁材料环向膨胀系数(mm/mm/°C);

$E_{zb}$ ——筒壁轴向弯曲弹性模量(MPa);

$E_{\theta b}$ ——筒壁环向弯曲弹性模量(MPa);

$\Delta T_w$ ——筒壁内外温差(°C)。

## 附录 C 缠绕工艺评定

### C.0.1 缠绕工的技能评定应符合下列规定：

- 1 评定应由监造在制作现场组织制造方完成试验段；
- 2 试样理化性能应经第三方检验机构检验，并出具检验报告；
- 3 缠绕所用的设备、工具、材料等生产要素应与项目要求一致；
- 4 参加评定者应由监造在缠绕工艺操作人员中随机抽取 1 个班组。

### C.0.2 试验段应符合下列规定：

- 1 长度不应小于 1000mm，内径与项目要求一致；
- 2 短管的铺层应按设计要求进行。

### C.0.3 评定应包括下列内容：

- 1 外观；
- 2 样品管树脂含量；
- 3 样品管厚度、力学性能(含环向拉伸强度、轴向拉伸强度)。

### C.0.4 评定步骤应符合下列规定：

- 1 监造检查缠绕工的身份，使用的材料、设备和工艺；
- 2 在监造在场且配足辅助工种的情况下，缠绕工展示实际技能，按照相关的铺层程序，完成样品管的制作；缠绕工应展示缠绕参数的输入、固化剂调节、搭纱接纱、张力调节的相关知识；
- 3 监造详细记录缠绕工的信息、缠绕工艺和测试情况；如缠绕条件不满足工艺要求，应中止测试。

### C.0.5 试样应符合下列规定：

- 1 所有制作试样的树脂应不含色素；

- 2 试样模具表面应涂脱模剂或缠聚酯薄膜；
  - 3 试样应由检查人员标上依据记号和日期；
  - 4 试样在测试前应后固化处理；
  - 5 试样的尺寸应符合要求。
- C.0.6** 评定项目应包括下列内容：
- 1 外观检查；
  - 2 巴柯尔硬度；
  - 3 物理力学性能；
  - 4 树脂含量。
- C.0.7** 通过测试的最低要求应符合下列规定：
- 1 外观检查发现的缺陷不超过本标准表 4.3.1-2 限定的范围；
  - 2 机械性能应不低于设计值；
  - 3 巴柯尔硬度应达到制造单位规定的最小值；
  - 4 玻璃纤维的含量应在设计要求的规定范围内。

## 附录 D 排烟筒匠艺等级评定

**D.0.1** 排烟筒匠艺等级评定应由建设单位或其委托的相关机构组织,设计单位和监造单位共同参与,评定小组宜由相关专业技术人员组成。

**D.0.2** 制造和安装单位应自行组织并完成评定工作,不应将其关键工作外委。

**D.0.3** 制造和安装单位的工艺操作人员应经过工艺技能评定并合格。

**D.0.4** 排烟筒匠艺等级评定应由制造和安装单位提交完整、有效的申报材料。

**D.0.5** 纤维增强塑料排烟筒匠艺等级评定应符合表 D.0.5 的规定。

表 D.0.5 纤维增强塑料排烟筒匠艺等级评定

项 目	排烟筒匠艺等级		
	W1	W2	W3
筒节制造质量等级	C1	C2	C3
上下接口制造质量等级	J1	J2	J3
安装质量	1 主控项目的质量经检验全部合格; 2 一般项目的质量经抽样检验合格,其中允许有偏差的项目,除有特殊要求外,每项均应有 80% 及以上的检查点符合要求; 3 其余的检查点不得有严重缺陷或最大偏差不得超过允许偏差值的 1.5 倍		

## 附录 E 筒节平端对接手糊工艺评定

### E.0.1 手糊工工艺技能评定应符合下列规定：

- 1 评定应由监造在制作现场组织制造方完成；
- 2 试样理化性能应经第三方检验机构检验，并出具检验报告；
- 3 技能评定所用的工具、材料等生产要素应与项目要求一致；
- 4 参加评定者应由监造在手糊工艺操作人员中随机抽取 5 人；
- 5 监造应对随机抽取的 5 人分别进行工艺技能评定，并应确定等级；
- 6 随机抽取的 5 人中最低等级确定为手糊工艺操作人员的等级。

### E.0.2 手糊工艺评定步骤应符合下列规定：

- 1 监造检查手糊工的身份，使用的材料、设备和工艺；
- 2 在监造在场的情况下，手糊工展示实际技能，按照相关的铺层程序，完成手糊样块的制作；
- 3 监造详细记录手糊工的信息、手糊工艺和测试情况。如手糊条件不满足工艺要求，应中止测试。

### E.0.3 试样制备应符合下列规定：

- 1 所有制作试样的树脂应不含色素；
- 2 试样制作应在易脱离表面，如玻璃或热塑性塑料；
- 3 试样应由监造注明标记和日期；
- 4 试样在测试前应进行后固化处理；
- 5 试样尺寸宜为 500mm×500mm，铺层应至少包含交替的

4 层短切原丝毡和 6 层无捻粗纱布；

6 短切原丝毡面密度应为  $450\text{g}/\text{m}^2$ ，无捻粗纱布面密度应为  $400\text{g}/\text{m}^2$ 。

**E.0.4** 试样的评定项目应包括下列内容：

- 1 外观检查；
- 2 巴柯尔硬度；
- 3 拉伸强度；
- 4 弯曲强度；
- 5 弯曲模量。

**E.0.5** 通过测试的最低要求应符合下列规定：

- 1 外观检查允许缺陷应符合本标准第 4.3.1 条的规定；
- 2 拉伸强度不应小于  $160\text{MPa}$ ；
- 3 巴柯尔硬度应达到设计值。

## 附录 F 工程质量验收记录表

**F.0.1** 检验批质量验收记录表应符合表 F.0.1 的规定。

**表 F.0.1** \_\_\_\_\_ 检验批质量验收记录

编号：

单位(子单位)		分部(子分部)	
工程名称		工程名称	
分项工程名称		验收部位	
施工单位		项目经理	
施工执行标准 名称及编号		专业工长 (施工员)	
分包单位		分包项目经理	
验收项目		设计要求及标准规定	施工单位自检记录
主控项目	1		
	2		
	3		
	4		
一般项目	1		
	2		
	3		
	4		
施工单位 检查结果		项目专业质量检查员：                      年 月 日	
监造(建设) 单位验收结论		监造工程师：                                      年 月 日	



**F.0.3** 分部(子分部)工程质量验收记录应符合下列规定；

1 分部(子分部)工程质量验收记录表应符合表 F.0.3-1 的规定；

表 F.0.3-1 \_\_\_\_\_ 分部(子分部)工程质量验收记录

编号：

单位(子单位)工程名称							
施工单位				技术部门负责人		质量部门负责人	
分包单位				分包单位负责人		分包技术负责人	
序号	分项工程名称	检验批数	施工单位检查结果			监造(建设)单位 验收意见	
1							
2							
3							
质量控制资料							
安全和功能检验(检测)报告							
观感质量验收(综合评价)							
验收结论							
监造(建设)单位： 总监造工程师(建设单 位项目负责人)：  年 月 日		设计单位项目负 责人：  年 月 日		施工单位技术质量 部门负责人：  年 月 日		分包单位项目 负责人：  年 月 日	

2 分部(子分部)工程观感质量评分表应符合表 F.0.3-2 的规定。

表 F.0.3-2 \_\_\_\_\_分部(子分部)工程观感质量评分表

单位工程名称		施工单位		
序号	项目名称	标准分	检查情况	评分
1	平整度	10		
2	色泽	8		
3	纤维外露现象	10		
4	龟裂程度	10		
5	分层现象	10		
6	针孔及气泡	8		
7	贫胶区和纤维浸润不良现象	8		
8	标识	5		
合 计		应得 分， 实得 分， 得分率 %		
核查意见				
核查结论				
建设单位： 项目负责人(项目技术负责人)：  年 月 日		监造单位： 总(副总)监造工程师：  年 月 日		施工单位： 项目经理(项目技术负责人)：  年 月 日
其他参加检查人员 签字		年 月 日		

**F.0.4** 分部(子分部)工程外观质量加权综合评分应符合表 F.0.4 的规定。

**表 F.0.4** \_\_\_\_\_分部(子分部)工程外观质量加权综合评分

编号:

单位工程名称		施工单位		
序号	项目名称	标准分	检查情况	评分
1	平整度	10		
2	色泽	8		
3	纤维外露现象	10		
4	龟裂程度	10		
5	分层现象	10		
6	针孔及气泡	8		
7	贫胶区和纤维浸润不良现象	8		
8	标识	5		
合 计		应得	分，实得	分，得分率 %
核查意见				
核查结论				
建设单位： 项目负责人(项目技术负责人)：		监造单位： 总(副总)监造工程师：	施工单位： 项目经理(项目技术负责人)：	
年 月 日		年 月 日	年 月 日	
其他参加检查人员 签字		年 月 日		

## 附录 G 层合板层间剪切强度测试

**G.0.1** 纤维增强塑料层合板层间剪切强度检测试样和尺寸(图 G.0.1)应符合下列规定:

- 1 试样的边缘应光滑;
- 2 试样宽度  $b$  应为  $(25.0 \pm 1.0)$ mm, 厚度不应小于 3.0mm; 长度  $L$  宜为 200mm;
- 3 试样宜采用平行切割;
- 4 切割处两边间距  $a$  应为  $(12.0 \pm 0.5)$ mm;
- 5 切割口的宽度应小于 0.8mm;
- 6 单面切割口的深度应为层合板厚度的一半加 0~0.1mm。

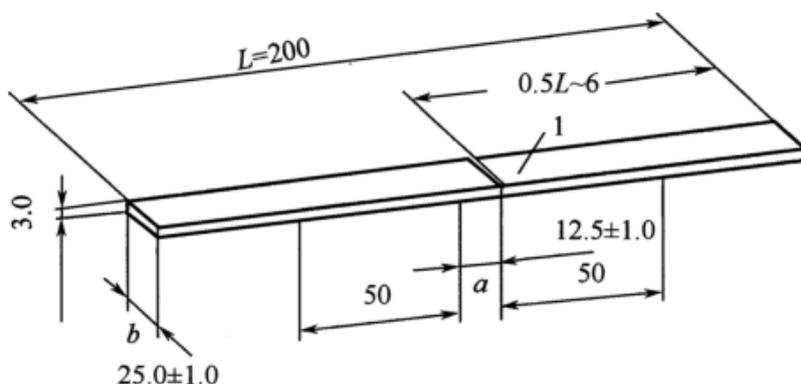


图 G.0.1 层间剪切强度检测试样和尺寸(mm)

1—薄锯形切割口

**G.0.2** 每组检测试样数量不应少于 15 个。

**G.0.3** 试样的状态和处理应符合现行国家标准《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》GB/T 2918 的有关规定。

**G.0.4** 将试样置于拉伸试验机的夹具上, 加载相对速度应为 5.0mm/min。

**G.0.5** 层间剪切强度  $\tau_{\text{lap}}$  应按下式计算。

$$\tau_{\text{lap}} = \frac{P}{a \times b} \quad (\text{G.0.5})$$

式中： $\tau_{\text{lap}}$ ——层间剪切强度(MPa)，计算结果应保留小数点后一位有效数字；

$P$ ——最大拉伸荷载(N)；

$a$ ——平行的两个切割锯口间的距离(mm)；

$b$ ——试样宽度(mm)。

## 附录 H 层合板搭接剪切强度测试

**H.0.1** 从被搭接的两块纤维增强塑料层合板上切割取样,试样的边缘应光滑,试样和尺寸(图 H.0.1)应符合下列规定:

1 试样宽度  $b$  应为  $(20.0 \pm 1.0)$ mm;长度  $L$  宜为 200mm,也可根据测试仪器的要求进行变化;

2 切割口应垂直于长度方向,两切割口间距  $a$  应为  $(10.0 \pm 0.5)$ mm,切割口的宽度应小于 0.8mm;

3 单面切割口的深度应为被搭接各自层合板的厚度加一层纤维增强塑料的厚度,或各层合板厚度加 0~0.1mm。

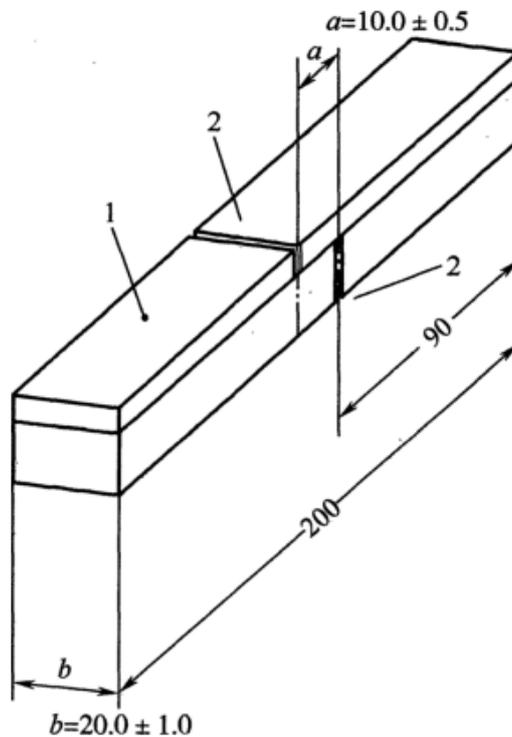


图 H.0.1 搭接剪切强度检测试样和尺寸(mm)

1—层合板材料;2—薄锯形切割口

**H.0.2** 每组检测试样数量不应少于 15 个。

**H.0.3** 试样的状态和处理应符合现行国家标准《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》GB/T 2918 的有关规定。

**H.0.4** 在拉力试验机上夹持试样,沿试样轴向拉伸,锯形断面与拉伸方向垂直。加载相对速度应为 5.0mm/min。

**H.0.5** 搭接剪切强度  $\tau_{\text{lap}}$  应按式(H.0.5)计算:

$$\tau_{\text{lap}} = \frac{P}{a \times b} \quad (\text{H.0.5})$$

式中: $\tau_{\text{lap}}$ ——搭接剪切强度(MPa),计算结果应保留小数点后一位有效数字;

$P$ ——最大拉伸荷载(N);

$a$ ——平行的两个切割锯口间的距离(mm);

$b$ ——试样宽度(mm)。

## 附录 J 制造安装管理用表

**J.0.1** 制造安装单位报审的资质证明文件应符合表 J.0.1 的规定。

**表 J.0.1 制造安装单位资质报审文件**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致 _____ 项目现场监造：</p> <p>根据需要，经审查，制造单位： _____ 法人代表： _____ 具备承包 _____ 的资格，承担 _____ 纤维增强塑料排烟筒工程的 _____ 制造安装任务，能保证履行合同文件的全部条款，请予以审批。</p> <p>附件：</p> <p>1. 制造单位营业文件 _____ 份 _____ 张。(1)营业执照(复印件)；(2)企业资质证书(复印件)；(3)有关许可证(复印件)。</p> <p>2. 制造单位企业介绍 _____ 份 _____ 张。(1)企业介绍；(2)历年承包的主要工程介绍；(3)本项目负责人和制造单位主要人员履历介绍</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)： 项目经理： _____ 年 月 日</p>			
<p>现场监造审查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)： 现场监造工程师： _____ 年 月 日</p>			
<p>审批意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)： 代表： _____ 年 月 日</p>			

注：本表一式六份，制造方一份，建设方两份，现场监造三份。





**J.0.4 制造安装方报审的纤维增强塑料排烟筒筒节/报验申请表**  
应符合表 J.0.4 的规定。

**表 J.0.4 制造安装方纤维增强塑料排烟筒筒节/报验申请表**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>我单位已完成了_____工作，现报上该工程报审表，请予以审查和验收。</p> <p>附件：自检记录</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：                      项目经理/分管项目副经理：        年  月  日                      技术负责人：                            年  月  日</p>			
<p>现场监造审查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造单位(章)：                      现场监造工程师：                        年  月  日</p>			
<p>建设单位审批意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)：                      项目技术负责人：                        年  月  日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.5** 制造安装方报审的现场监造工作联系回复单应符合表 J.0.5 的规定。

**表 J.0.5 制造安装方报审的现场监造工作联系回复单**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>我方接到编号为_____的现场监造工作联系单后，已按要求完成了工作，现报上，请予以复查。</p> <p>详细内容：</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：</p> <p style="text-align: right;">项目经理/分管项目副经理：      年 月 日</p> <p style="text-align: right;">技术负责人：                              年 月 日</p>			
<p>现场监造复查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)：</p> <p style="text-align: right;">现场监造工程师：                              年 月 日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.6** 制造安装方报审的工程材料/构配件报审表应符合表 J.0.6 的规定。

**表 J.0.6 制造安装方报审的工程材料/构配件报审表**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造： 我方于_____年_____月_____日进场的工程材料/构配件/设备数量如下(见附件)。现将质量证明文件及自检记录报上，拟用于下述部位：</p>			
<p>请予以审核。 附件：1. 数量清单 2. 质量证明文件 3. 自检记录</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)： 项目经理/分管项目副经理：        年  月  日 技术负责人：                                年  月  日</p>			
<p>现场监造审查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)： 现场监造工程师：                        年  月  日</p>			
<p>建设单位意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)： 代表：  年  月  日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。



**J.0.8 制造安装单位专业施工组织设计/重大施工技术方案报审表**应符合表 J.0.8 的规定。

**表 J.0.8 制造安装单位专业施工组织设计/重大施工技术方案报审表**  
编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造： 现提出“_____”专业施工组织设计/重大施工技术方案，请予以审批。 附件：</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)： 项目经理/分管项目副经理：        年  月  日 技术负责人：                          年  月  日</p>			
<p>现场监造审查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)： 现场监造工程师：                      年  月  日</p>			
<p>建设单位审批意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)： 代表：                                  年  月  日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.9 制造安装单位报审的主要材料及构(配)件供应方资质报审应符合表 J.0.9 的规定。**

**表 J.0.9 制造安装方主要材料及构(配)件供应方资质报审表**

编号:

工程名称	合同编号
<p>致_____现场监造:</p> <p>根据本工程要求,经我方审查,_____单位生产的_____产品,符合设计要求,现将有关该企业的资质文件报上,请审批。</p> <p>附件:营业执照、企业资质证书、有关许可证等资料(复印件)</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章):</p> <p style="text-align: right;">项目经理/分管项目副经理:      年 月 日</p> <p style="text-align: right;">技术负责人:                            年 月 日</p>	
<p>现场监造审查意见:</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章):</p> <p style="text-align: right;">现场监造工程师:                      年 月 日</p>	
<p>建设单位审批意见:</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章):</p> <p style="text-align: right;">技术负责人:                            年 月 日</p>	

注:本表一式六份,制造单位一份,建设单位两份,现场监造三份。

**J.0.10** 制造安装单位报审的主要工程材料/构配件报审文件应符合表 J.0.10 的规定。

**表 J.0.10 制造安装方主要工程材料/构配件报审表**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>我方于_____年_____月_____日进场的工程材料/构配件/设备数量如下(见附件)。现将质量证明文件及自检记录报上,拟用于下述部位：</p> <hr/> <p>请予以审核。</p> <p>附件：1. 数量清单 2. 质量证明文件 3. 自检记录</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)： 项目经理/分管项目副经理：        年  月  日 技术负责人：                            年  月  日</p>			
<p>主要施工计量器具、检测仪表检验统计：</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.11 制造安装方报审的主要施工计量器具、检测仪表检验统计文件应符合表 J.0.11 的规定。**

**表 J.0.11 制造安装单位主要施工计量器具、检测仪表报审表**

编号：

工程名称				合同编号	
致_____现场监造： 现报上本工程使用的主要施工计量器具、检测仪表检验结果统计表，以供查对。 附件：检验合格证(复印件)					
制造单位(章)： 项目经理/分管项目副经理：      年 月 日 技术负责人：                      年 月 日					
仪器、仪表名称及规格	编号	检验单位	受检日期	检验结论	
监造核查意见：					
现场监造(章)： 现场监造工程师：                      年 月 日					

注：本表一式六份，由制造单位填报，建设单位两份，制造单位一份，现场监造三份。

**J.0.12** 制造安装单位报审的工程质量报验文件应符合表 J.0.12 的规定。

**表 J.0.12 制造安装单位工程质量报审表**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：            _____(检验批、分项、分部或单位)工程已完成施工任务，并按工程检验划分规定和有关标准、规范要求进行了自检，质量等级为_____级(I、II、III)，现报请查验。</p> <p>附件：自检资料(隐蔽工程、施工和自检记录、质量检验评定及质量保证资料)</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：            项目经理/分管项目副经理：      年 月 日            技术负责人：                      年 月 日</p>			
<p>现场监造查验意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)：            现场监造工程师：                      年 月 日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.13** 制造安装单位报审的工程款支付报审文件应符合表 J.0.13 的规定。

**表 J.0.13 制造安装单位工程款支付申请表**

编号：

工程名称	标段	合同号
致_____现场监造： 兹申请支付_____年_____月完成工程项目的进度款_____万元，请予以审核。 附件：1. 编制说明 2. 进度款申报表 3. 施工情况报告 <div style="text-align: right;">             制造单位(章)：              项目经理：                    年  月  日           </div>		
现场监造审核意见： 根据施工合同的规定，经审核制造方的付款申请和报表，并扣除有关款项，同意本期支付工程款共(小写)：_____万元(大写)：_____。请按合同规定及时付款。 <div style="text-align: right;">             现场监造(章)：              现场监造工程师：                    年  月  日           </div>		
工程管理部门： <div style="text-align: right;">             工程管理部门(章)：              负责人：                            年  月  日           </div>		
造价部门意见： <div style="text-align: right;">             造价部门(章)：              负责人：                            年  月  日           </div>		
物资计划部门： <div style="text-align: right;">             物资计划部门(章)：              负责人：                            年  月  日           </div>		

注：本表由制造方填报，建设单位两份，制造单位一份，造价部门一份，现场监造三份。



**J.0.15** 制造安装方报审的工程联系文件应符合表 J.0.15 的规定。

**表 J.0.15** 制造安装方报审的工程联系单

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>事由：</p> <p>内容：</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：</p> <p style="text-align: right;">项目经理/分管项目副经理：      年 月 日</p> <p style="text-align: right;">技术负责人：                              年 月 日</p>			
<p>现场监造意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)：</p> <p style="text-align: right;">现场监造工程师：                      年 月 日</p>			
<p>设计单位意见：</p> <p style="text-align: right;">设计单位(章)：</p> <p style="text-align: right;">现场代表：                              年 月 日</p>			
<p>建设单位意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)：</p> <p style="text-align: right;">技术负责人：                              年 月 日</p>			

注：本表由制造方填报，建设单位两份，制造单位、设计单位各一份，现场监造三份。

**J.0.16** 制造安装方报审的现场监造工程师通知回复文件应符合表 J.0.16 的规定。

**表 J.0.16** 制造安装方报审的现场监造工程师通知回复单

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>我方接到编号为_____的现场监造工程师通知后，已按要求完成了工作，现报上，请予以复查。</p> <p>详细内容：</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：</p> <p style="text-align: right;">项目经理/分管项目副经理：        年  月  日</p> <p style="text-align: right;">技术负责人：                                年  月  日</p>			
<p>现场监造复查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)：</p> <p style="text-align: right;">现场监造工程师：                                年  月  日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。

**J.0.17** 制造安装方报审的工程结算申请文件应符合表 J.0.17 的规定。

**表 J.0.17 制造安装方报审的工程结算申请表**

编号：

工程名称		标段		合同号	
致 _____ 现场监造： 根据合同约定，我公司已完成以下工作： 兹申请支付工程结算款 _____ 万元，请予以审核。  <div style="text-align: right;">             制造单位(章)：              项目经理： _____ 年 月 日           </div>					
现场监造审核意见： 根据施工合同的规定，经审核制造方的付款申请和报表，并扣除有关款项，同意本期支付工程款共(小写)： _____ 万元(大写)： _____。  <div style="text-align: right;">             现场监造(章)：              现场监造工程师： _____ 年 月 日           </div>					
工程管理部门意见：   <div style="text-align: right;">             工程管理部门(章)：              负责人： _____ 年 月 日           </div>					
造价部门意见：   <div style="text-align: right;">             造价部门(章)：              负责人： _____ 年 月 日           </div>					
物资计划部门意见：   <div style="text-align: right;">             物资计划部门(章)：              负责人： _____ 年 月 日           </div>					

注：本表由制造方填报，建设单位、制造单位各两份，现场监造三份。

**J.0.18 制造安装方报审的其他文件应符合表 J.0.18 的规定。**

**表 J.0.18 制造安装单位其他文件报审表**

编号：

工程名称		合同编号	
<p>致_____现场监造：</p> <p>我单位已完成了_____工作，现报上该工程报审表，请予以审查和验收。</p> <p>附件：</p> <p style="text-align: right;">制造单位(章)：                      项目经理/分管项目副经理：        年  月  日                      技术负责人：                        年  月  日</p>			
<p>现场监造审查意见：</p> <p style="text-align: right;">现场监造(章)：                      现场监造工程师：                        年  月  日</p>			
<p>建设单位审批意见：</p> <p style="text-align: right;">建设单位(章)：                      代表：  年  月  日</p>			

注：本表一式六份，制造单位一份，建设单位两份，现场监造三份。





**K.0.3 现场暂停通知单应符合表 K.0.3 的规定。**

**表 K.0.3 现场暂停通知单**

编号：

工程名称		合同编号	
致_____ (制造方): _____工程_____部位, 由于_____原因, 现通知你自___年___月___日时起暂停施工。			
现场监造(章): 现场监造工程师: _____ 年 月 日			
建设单位审批意见:			
建设单位(章): 代表: _____ 年 月 日			
制造单位签收:			
制造单位(章): 制造方项目经理: _____ 年 月 日			

注:本表一式六份,由现场监造填写,建设单位两份,制造单位一份,现场监造三份。



**K.0.5** 现场会议纪要文件应符合表 K.0.5 的规定。

**表 K.0.5 纤维增强塑料排烟筒现场监造会议纪要**

编号：

会议主题		会议地点	
会议时间		主持人	
序号	参加会议单位	参加会议代表名单	
会议纪要：			
备注：(当内容较多时详细内容另附)			
建设方	签字： 盖章：	设计	签字： 盖章：
监理	签字： 盖章：	监造	签字： 盖章：
制造安装 签字： 盖章：			

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009  
《建筑抗震设计规范》GB 50011  
《建筑设计防火规范》GB 50016  
《建筑结构可靠性设计统一标准》GB 50068  
《建筑防腐蚀工程施工规范》GB 50212  
《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229  
《建筑工程质量验收统一标准》GB 50300  
《乙烯基酯树脂防腐蚀工程技术规范》GB/T 50590  
《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720  
《纤维增强塑料设备和管道工程技术规范》GB 51160  
《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》GB/T 1410  
《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447  
《纤维增强塑料压缩性能试验方法》GB/T 1448  
《纤维缠绕增强塑料环形试样力学性能试验方法》GB/T 1458  
《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》GB/T 1449  
《纤维增强塑料冲压式剪切强度试验方法》GB/T 1450.2  
《纤维玻璃化学分析方法》GB/T 1549  
《塑料 负荷变形温度的测定 第2部分:塑料和硬橡胶》GB/T 1634.2  
《塑料 用氧指数法测定燃烧行为 第2部分:室温试验》GB/T 2406.2  
《树脂浇铸体性能试验方法》GB/T 2567  
《纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法》GB/T 2572

- 《纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法》GB/T 2576
- 《玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法》GB/T 2577
- 《计数抽样检验程序》GB/T 2828
- 《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》GB/T 2918
- 《纤维增强塑料导热系数试验方法》GB/T 3139
- 《增强塑料巴柯尔硬度试验方法》GB/T 3854
- 《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857
- 《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》GB/T 8237
- 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
- 《纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法》GB/T 8924
- 《纤维增强塑料高低温力学性能试验准则》GB/T 9979
- 《个体防护装备选用规程》GB/T 11651
- 《双酚 A 型环氧树脂》GB/T 13657
- 《玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡》GB/T 17470
- 《玻璃纤维无捻粗纱》GB/T 18369
- 《玻璃纤维无捻粗纱布》GB/T 18370
- 《玻璃纤维无捻粗纱浸胶纱试样的制作和拉伸强度的测定》GB/T 20310
- 《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238
- 《电气绝缘材料 测定玻璃化转变温度的试验方法》GB/T 22567
- 《玻璃纤维缝编织物》GB/T 25040
- 《玻璃纤维湿法毡》GB/T 26733
- 《聚丙烯腈基碳纤维》GB/T 26752
- 《玻璃纤维机织单向布》GB/T 29754
- 《经编碳纤维增强材料》GB/T 30021
- 《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962
- 《增强用玻璃纤维网布 第 2 部分:聚合物基外墙保温用玻璃纤

维网布》JC 561.2

《施工现场临时建筑物技术规范》JGJ/T 188

《纺粘热轧法非织造布》FZ/T 64033



中华人民共和国国家标准

纤维增强塑料排烟筒工程技术标准

**GB 51352 - 2019**

条文说明



## 编制说明

《纤维增强塑料排烟筒工程技术标准》GB 51352—2019,经中华人民共和国住房和城乡建设部 2019 年 11 月 22 日以第 323 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组对国内一些火力发电厂和化工、冶金、有色等相关生产企业进行了广泛、深入的调查研究,总结了我国烟气和相关工业尾气排放等情况、排烟筒工程建设的实践经验,同时吸收、参考了国外相关工程建设先进技术法规、技术标准规范及其科研成果。

为使广大工程设计、制造、安装、现场监造、科研、教学等单位有关人员在使用本标准时能准确理解和正确执行条文规定,本标准编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了介绍,同时还重点对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。



# 目 次

1	总 则 .....	(167)
2	术 语 .....	(169)
3	基本规定 .....	(173)
3.1	一般规定 .....	(173)
3.2	腐蚀介质 .....	(173)
4	材 料 .....	(175)
4.1	一般规定 .....	(175)
4.2	原材料 .....	(176)
4.3	筒节性能 .....	(177)
4.4	排烟筒材料性能参数 .....	(178)
5	结构设计 .....	(180)
5.1	一般规定 .....	(180)
5.2	作用和效应 .....	(180)
5.3	结构形式与结构模型 .....	(181)
5.4	承载能力极限状态计算 .....	(181)
5.6	铺层结构 .....	(182)
5.7	冷凝液收集 .....	(184)
6	制 造 .....	(186)
6.2	场地与区域 .....	(186)
6.3	设备与工装 .....	(187)
6.4	制造工艺 .....	(187)
6.5	养护和贮存 .....	(189)
7	安 装 .....	(190)
7.2	安装荷载 .....	(190)

7.3	固定和连接	(190)
7.4	开孔和补强	(191)
7.5	贮存	(191)
7.6	运输	(191)
7.7	吊装	(192)
8	检 验	(193)
8.1	一般规定	(193)
8.3	原材料测试与检验	(193)
8.4	筒节及构配件质量检验	(193)
9	现场监造	(194)
9.5	性能测试检验	(194)
10	施工安全与绿色施工	(195)
10.1	施工安全	(195)

# 1 总 则

**1.0.1、1.0.2** 本标准制定的目的是严格“规范和指导”纤维增强塑料排烟筒设计、制造、安装、质量控制、工程验收和日常维护等科学程序,在排烟筒工程制造、安装施工前从原材料选择、“玻璃纤维增强复合材料”铺层与功能设计等确保技术上的先进性,同时保证在排烟筒工程制造、安装施工全过程技术先进合理、操作安全适用,并使“质量控制检验”在排烟筒工程制造、安装、运行、维护等工程全生命周期得到保证。

本标准的编制过程注意对诸多“关键工程技术参数”进行实验验证,并注重有关工程应用中相关细部结构科学研究。因此本工程技术标准具有科学性、先进性和广泛的适应性。

纤维增强塑料排烟筒排放的“烟气”,包括燃煤火力发电厂,燃煤锅炉供暖,垃圾焚烧发电与供热,生物质发电与供热等,“工业尾气”包括化工、有色冶炼、钢铁、纺织、医药、环保等相关行业排放的化学尾气。

纤维增强塑料排烟筒首先适用于火力发电厂排放湿法脱硫烟气的排放系统,同时还适用于化工、有色冶炼、钢铁、纺织、医药、环保等相关行业“化学尾气和工业尾气”的排放系统。电力行业习惯上把排放烟气的装置称为“排烟筒”,其他行业将尾气排放的装置称为“排气筒”,本标准不细分排烟与排气,把电力行业的“排烟筒”与其他行业的“排气筒”统称为本标准的“排烟筒”。

玻璃纤维增强塑料排烟筒适合排放温度不高、有腐蚀性的介质,具有这种特质的介质,在化工、冶金行业,可能是烟、尾气或尾汽;在火力发电行业,是经洗涤脱硫的烟。就排烟筒而言,排烟和排气没有本质的区别。因此本标准对通过排烟筒排放的介质,统

一称为“化学介质”，并对“化学介质”的腐蚀性进行了分类。

**1.0.3** 纤维增强排烟筒制造、安装过程中的原材料主要有树脂和纤维。由于生产工艺技术的差别，即使同类树脂在微观结构、工艺性能和制成品性能均存在较大差异；同理，因生产工艺及其表面处理技术的差别，即使同类纤维在微观结构、工艺性能、界面性能及其纤维织物也会存在较大差异。因此本条规定材料代用要进行实验验证，同时通过审查。

**1.0.4** 本标准涉及的内容非常广泛，不仅有设计、制造、安装，也有质量控制、工程验收、安全环保等相关领域。本标准与国家许多现行有关规范标准相关联，比如施工技术标准规范、质量控制检验技术标准规范，包括国家标准、行业标准和企业标准，都是对施工现场质量管理控制的技术依据、工作依据。

## 2 术 语

**2.0.2** 纤维增强塑料是指由合成树脂和纤维经复合工艺制成具有某些“功能性”的材料,俗称“玻璃钢”,国际公认的缩写符号为GFRP或FRP,一般采用玻璃纤维增强乙烯基酯树脂、不饱和聚酯、环氧树脂基体。以玻璃纤维或其制品作增强材料的增强塑料,称为玻璃纤维增强塑料。

**2.0.11** 纤维增强塑料排烟筒与发电厂烟气、工业尾气直接接触的内表面是重要的构造层。根据相关行业排放的化学介质分析得知,其成分非常复杂。以往仅对排烟筒内表面的防腐蚀效果关注较多,对其他功能关注很少。

本标准通过调研分析认为排烟筒内表面层有不同的功能要求,可归纳为防腐蚀、阻燃、耐温度、导静电和耐磨耗等。结合复合材料可设计的特点,通过差异化的选材、铺层、制造,形成了功能内衬层。

功能内衬层设计、制造经验表明,选用不同增强材料、填料、制作工序等可以形成内表面层(表面毡、填料)、次内层(短切原丝毡、喷射纱、网格布、填料等)。

**2.0.14~2.0.16** 纤维增强塑料对高温的耐受能力与温度作用的持续时间密切相关。烟气的温度与持续时间的关系由于行业不同、机组类型各异而千变万化,本标准以燃煤电厂为代表,对可能出现的烟气温度与持续时间情况加以归纳后,给出三种状态作为设计条件,以此来包络实际可能出现的各种情况,这种方法在实际设计中较容易控制和实施,也可以作为排烟筒安全运行的温度控制要求。

(1)持久态,工艺系统正常持续运行时的烟气温度状态,对应的烟气温度用  $T_{d1}$  表示。

(2)短暂态,工艺系统故障时的烟气温度状态,但系统仍在运行并可控,对应的烟气温度用  $T_{d2}$  表示。通常,在本状态下采取措施使烟气温度恢复正常的时间不超过 2 小时,如果超过 2 小时还不能排除故障,则进行停机检修。

(3)偶然态,工艺系统出现了短时无法排除的故障或紧急停机,导致烟气温度比短暂态更高的状态。偶然态对应的烟气温度用  $T_{d3}$  表示。

上述三个状态的温度高低次序为  $T_{d1} < T_{d2} < T_{d3}$ ,与纤维增强塑料的材料性能对应。

**2.0.17** 排烟筒工程通常由制造、安装、质量检验、工程验收等环节组成,涉及树脂和增强材料等原材料性能检验、制作过程的材料配比与配制、铺层工艺顺序与固化过程等复杂化学过程的控制和管理。为了生产高质量的排烟筒,使其达到设计规定的防腐蚀工作年限,有必要对上述过程实施监控。从已有工程实践看,现场监造工作者有必要具备足够化学知识、复合材料知识和实践经验。

现场监造与土建工程监理、设备制造过程监造具有本质区别。在已有大中型火力发电厂排烟筒建设项目中,工程建设方曾邀请具有相关知识和能力的专家指导并参与纤维增强塑料排烟筒工程现场监造,取得了成功经验,实践证明现场监造行之有效。

**2.0.18** 这个术语是本标准的基础,层合板的模量和强度等性能数据的表征均建立在此之上。

该单位的实质是相当于用增强材料的单位面积质量参数替换了常规的壁厚参数。我们通常接触到材料力学中的应力和弹性模量等概念,都是基于材料的单位截面积(图 1),比如应力、强度、弹性模量的单位均为 MPa(即  $N/mm^2$ )。但纤维增强塑料由于是层合板复合材料,承载结构为纤维,其大部分的力学性能特别是拉伸性能是与纤维量成正比的,从某种程度上说设计纤维增强塑料的承力结构就是设计纤维的用量多少和形态及铺设顺序。因此采用单位纤维面积质量作为力学性能的变量便于设计计算。

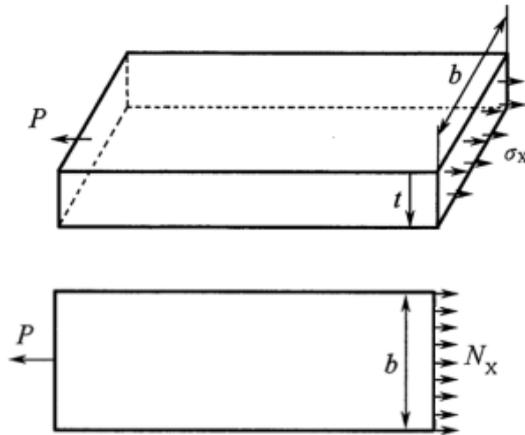


图1 应力 $\sigma_x$ 、单位宽度荷载 $N_x$ 、壁厚 $t$ 的关系

从图1可以看出,应力 $\sigma_x$ 、单位宽度荷载 $N_x$ 和壁厚 $t$ 的关系为 $N_x = t \times \sigma_x$ 。

采用单位宽度作为力学性能的代表也是基于力学性能主要取决于纤维量的基础,这是因为树脂含量基于环境温度、树脂黏度、操作手法以及其他工艺参数等的变化而变化,造成相同纤维含量下的制品厚度不同,这样在表象上造成制品的强度不同,而实际上其折算成单位宽度承载力是一样的。可通过下列例子说明:

例1:采用5层450g/m<sup>2</sup>的短切毡、宽度50mm;采用邻苯型不饱和和聚酯树脂,铺层中纤维质量含量:25%~35%(对应的树脂含量为65%~75%),根据不同的操作手法(如滚压办法和次数)、环境温度等的变化,计算壁厚:25%(纤维质量含量,下同)时,6.75mm;30%时,5.44mm;35%时,4.51mm。壁厚计算方法如下:

$$t_i = \left[ \frac{1}{\rho_g} + \frac{(100 - m_g)}{m_g \times \rho_r} \right] \times W_i \times 10^3 \quad (1)$$

式中: $\rho_g$ ——纤维的密度(kg/m<sup>3</sup>),取2540;

$m_g$ ——纤维质量百分含量值,分别按25、30、35取值;

$\rho_r$ ——固化后树脂的密度(kg/m<sup>3</sup>),通常取1150;

$W_i$ ——玻璃纤维的面密度(kg/m<sup>2</sup>),按每层450g/m<sup>2</sup>短切毡,5层计算。

由于层合板强度主要为玻璃纤维承担,树脂含量的差异对层合板整体承载的影响较小,假设最后破坏荷载均为 30kN 左右,折算成截面强度则为:25%时,89MPa;30%时,110MPa;35%时,133MPa;看似强度离散很大,但若采用单位宽度的力学性能计算则数据稳定。

例 2:采用每层 810g/m<sup>2</sup>的玻璃布共 5 层、宽度 50mm,用邻苯型不饱和聚酯树脂,纤维质量含量:45%~55%(对应的树脂含量为 45%~55%),根据不同的操作手法(滚压办法和次数)、环境温度等,壁厚计算方法同上,计算壁厚为:45%(纤维质量含量,下同)时,5.88mm;50%时,5.1mm;55%时,4.46mm。

层合板的强度主要由玻璃纤维布所贡献,树脂含量的差异对层合板整体承载的影响较小,设最后破坏荷载均为 60kN 左右,折算成截面强度则为:45%时,204MPa;50%时,235MPa;55%时,269MPa;看似强度离散性很大,但若采用单位宽度的力学性能计算则数据稳定。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.10** 通常排烟筒运行时烟气压力不大,燃煤电厂脱硫系统之后的水平烟道和竖向排烟筒运行烟气压力一般不超过 1kPa。电力行业标准中,烟道对烟气压力的承载能力有不小于±2kPa 的规定,通过计算可知,纤维增强塑料排烟筒对烟气压力的承载能力±2kPa是能够满足的。

**3.1.14** 纤维增强塑料排烟筒在制造、安装、对接过程中,如使用化学成分不一致的原材料,容易导致结构分层等缺陷。因此本条规定了原材料与制成品化学成分一致的原则,如接口部位的功能内衬层、结构层、外表面保护层采用的树脂与筒体或构件的树脂相同,其增强材料为与筒体或构件相同的纤维及其织物。

**3.1.17、3.1.18** 为了减少拼接接口的数量,现场制造的筒节尽可能选用较大的分段长度。

### 3.2 腐蚀介质

**3.2.1** 对于烟气和工业尾气排放系统,不同的技术资料 and 标准对其排放的物质分类有不同的称谓。一般根据介质形态称为干态气体、潮湿气体、湿态气体、冷凝液、粉尘颗粒及其混合物。由于纤维增强排烟筒的燃煤烟气和工业尾气的组成成分会存在偏差,其对应的腐蚀性也会存在差异。由于烟气的腐蚀能力不同,也为了给实际工程提供便捷,本标准主要以冷凝液特征结合其他状态将化学介质分为三类。

**3.2.2** 化学介质I类的腐蚀性最强,工业尾气有时情况复杂,属于这种类型,比如有色冶炼中的尾气排放、有机化工行业尾气排放。

**3.2.3** 化学介质Ⅱ类的腐蚀性较强,正常情况下燃煤电厂尾气属于这种情况。

**3.2.4** 化学介质Ⅲ类的腐蚀性一般。

**3.2.5** 当气体化学成分复杂,难于通过上述规定判定其腐蚀性类别时,应通过取样分析确定烟气的腐蚀性类别,当确有类似工程的成功经验时,可参照成功经验。本标准附录 A 的相关数据是基于燃煤发电厂实际案例中测试得到的实验结果。

## 4 材 料

### 4.1 一 般 规 定

**4.1.3** 制定本条的目的是规范相关质量文件的基本格式、内容和要求。

材料性能说明书及材料安全数据说明文件由材料供应方提供,是指导用户正确使用的基础文件。

材料性能说明书反映了材料的组成、表征方法(例如红外光谱图、分子量分布图或者材料的离子色谱图)、物理性能、机械力学性能、化学反应特性、耐腐蚀特性、耐热特性、阻燃特性、耐久特性及用户关心的其他问题。

材料安全数据说明文件明确了材料主要化学组分及其含量,对人类和动物的生理安全特性、环境的影响、材料自身的使用、储存和运输要求及用户关心的其他问题。

**4.1.4** 制定本条的目的是规范制造方制成品质量控制。

制成品质量证明文件由制造方提供,是指导制造过程质量控制和最终产品质量验收的技术文件。

随机取样的目的是加强制作过程质量控制,通常由用户指定样本,由制造方送检,由第三方检测。实际工程中,检测项目可以是一项、多项或全部。

**4.1.5** 编制本条的目的是强调纤维表面涂覆层与树脂体系相匹配的重要性。材料科学中,匹配性通常采用浸胶纱和诺尔环层间剪切性能来表征。

纤维增强材料与树脂的界面特性对制成品复合材料的性能有显著影响,如果纤维表面浸润剂、纤维织物制品引入的黏结剂与树脂不匹配,就会导致纤维与树脂界面结合能力下降,甚至降低树脂固化度。

**4.1.6** 增强外表面保护层防紫外线性能是提高纤维增强塑料排烟筒防紫外线能力的有效技术措施,工程中常用的方法有外表面保护层中添加紫外光吸收剂、使用耐紫外光型胶衣、使用聚酯纤维表面毡等。

## 4.2 原 材 料

### II 增强材料

**4.2.3** 纤维增强塑料排烟筒的增强材料主要是玻璃纤维及其制品;碳纤维及其制品对于改善功能内衬层耐腐蚀、导静电功能等有显著作用;对于含有较高浓度氢氟酸的场合,合成纤维及其制品对于改善排烟筒的耐腐蚀性作用明显。

碳纤维的使用有效提升了功能内衬层耐偶然态温度能力。

**4.2.4** E 玻璃纤维习惯上称为无碱玻璃纤维,其碱金属含量一般小于 0.8%。E 玻璃纤维具有绝缘性好、强度高、耐水性显著等特点,但耐酸性较差。

ECR 玻璃纤维是指无硼无氟的耐腐蚀性玻璃纤维,是针对 E 玻璃耐酸性不佳而改进的一种无碱玻璃纤维,耐腐蚀性能和力学性能良好。

C 玻璃纤维又称为耐化学玻璃纤维,一般碱金属氧化物含量为 6%~12%,比无碱玻璃纤维有更好的耐酸性、耐水性,但力学性能不及无碱玻璃纤维,通常不用于结构层。

AR 玻璃纤维又称耐碱玻璃纤维,具有质量轻、强度高和抗冲击性能良好。

**4.2.6** 缠绕和喷射工艺采用的玻璃纤维无捻粗纱有多种线密度。

**1** 工程实践表明,纤维增强塑料排烟筒制造过程采用 2400tex 线密度,其制品的表观质量及生产效率较佳。因此本标准优先推荐该线密度玻璃纤维无捻粗纱。

**2** 单向布主要用于排烟筒轴向加强,工程实践表明,纤维增

强塑料排烟筒制造过程采用单位面积质量  $430\text{g}/\text{m}^2$  单项布,其浸润效果良好。

3 在排烟筒制作过程中,无捻粗纱布主要用于手糊成型工艺,从构件制作、物理力学性能、施工效率和质量综合评价,选用单位面积质量  $350\text{g}/\text{m}^2 \sim 600\text{g}/\text{m}^2$  无捻粗纱布较合适。

### III 其他材料

4.2.12 本条为强制性条文,必须严格执行。乙烯基酯树脂和不饱和聚酯树脂常温固化所用的引发剂大多数为有机过氧化物(如过氧化甲乙酮、过氧化苯甲酰),具有很强的反应活性,引发剂(如氧化甲乙酮)渗透性很强,与金属或金属离子等还原性物质接触会引发剧烈反应,甚至会产生爆炸(曾经发生过现场人员伤害事故,过氧化物的渗透还会导致水源污染)。

与引发剂配套的常用促进剂(如环烷酸钴等)具有很强的还原性,可以促进引发剂快速分解产生自由基,引起树脂交联共聚反应,形成不溶不熔的体型结构固化物。但是两者直接接触将会发生氧化还原反应,产生的热量足以引起燃烧甚至爆炸事故,危及生命和财产安全。同时,引发剂是强氧化剂,其蒸气比空气重,如果泄漏会引起集聚,达到爆炸极限,极易发生燃烧、爆炸,特别需要注意与促进剂等化学品分开存放。

4.2.13 本条为强制性条文,必须严格执行。环氧树脂常用固化剂有脂肪胺、脂环胺、芳香胺、聚酰胺、酸酐、叔胺,常温或低温固化一般选用胺类固化剂,加温固化则常用酸酐、芳香类固化剂。常用的芳胺、杂环胺类固化剂以及联苯芳香胺具有毒性。固化剂的毒性表现在以下几个方面:急性毒性,对皮肤、黏膜的刺激作用,固化剂的其他毒害作用。长时间与之接触的操作人员会产生呼吸障碍、消化系统障碍、内脏器官障碍等疾病,危及生命安全。

## 4.3 筒节性能

4.3.2 纤维增强塑料排烟筒等制品的固化度直接影响制品的力

学性能、耐热性能、耐腐蚀性能和耐久性等,从而直接影响设计时各项系数的取值。

#### 4.4 排烟筒材料性能参数

4.4.1、4.4.2 纤维增强材料单层板的性能可以通过铺层计算法得出,也可根据铺层实测法得出。

由于影响纤维增强材料性能的因素较多,如增强材料的种类和规格、基体树脂材料的种类、纤维材料和基体树脂的匹配性、铺层工艺、操作方法,甚至操作的温度和湿度等都会对其性能产生影响,因此本标准推荐采用铺层实测法来确定单层板的性能。

当单层板力学性能采用铺层计算法计算时,单层板纤维含量是在本条款范围内取值,当纤维含量不在此范围时,单层板力学性能会与本标准的规定不一致。

4.4.4~4.4.6 通常采用铺层实测法或铺层计算法获得层合板的力学性能。铺层实测法的特点是结果准确、可靠,对铺层设计的限制少,适应性广泛,较大型、重要的工程中采用这种方法的优势更加明显。但对于直径规格多、壁厚变化大,铺层结构简单的层合板性能采用层合板理论进行铺层计算较为实用,其特点是设计周期短、计算,对一般的较小的工程应用较多。

铺层实测法进行单层板和层合板性能检测和验证时,采用  $t$  分布来计算总体均值,按单侧 97.5%,双侧 95% 置信度的临界值来确定。

4.4.10 本标准表 4.4.16 对长期作用的分项系数  $\gamma_4$  的取值进行了规定,同时引入了排烟筒工艺等级分项系数  $\gamma_5$ ,旨在根据不同的应用需求,有针对性地设计不同的质量等级,推动业主、设计和生产制造单位更关注提高产品制作质量。

4.4.16  $\gamma_4$  是体现长期荷载使层合板蠕变而对材料性能造成影响的系数,习惯上纤维增强塑料设备通过使用层合板样条三点弯曲测试,施加在样条上 20% 的层合板极限弯曲强度的荷载,分别

测试其在施加 0.1h(6min),1h,24h(1d),96h(4d),168h(1周),336h(2周),672h(4周)和1008h(6周)的挠度变形量。蠕变因子  $f_{c,200000}$  是由 0.1 和 1000h 内的蠕变曲线得到的  $\log\epsilon/\log t$  曲线图,最小二乘法线性外推至  $2 \times 10^5$  h 的曲线。计算长期变形量  $c$  和 0.1h 变形量  $a$  得出。

**4.4.18** 层合板的设计应变指标的控制既要不大于基体树脂允许应变控制值,也要考虑层合板允许应变的控制指标,本条对这两个指标分别进行验算,取较小的值来确定拉伸强度设计值。

**4.4.19** 材料弯曲强度通常采用“三点弯曲”测试方法确定,试样受力既包含压应力、也包含拉应力,还包含面内剪切应力。对这种复杂应力状态,经典层合板理论一般不考虑层间的剪切,不适用于由单层板性质计算层合板的弯曲强度。为了简化,一般使用拉伸强度来预测弯曲强度。根据弯曲强度实际测试结果的经验来看,层合板的弯曲强度为拉伸强度的 1.2 倍~1.4 倍左右,所以本条第 5 款取 1.2。

## 5 结构设计

### 5.1 一般规定

**5.1.4、5.1.5** 气流突变部位包括纤维增强塑料排烟筒截面形状突变形成的突出部位、截面变小的部位和弯头部位。这种突变导致出现较严重的磨蚀作用,局部产生结构破坏和腐蚀现象,因此需要采取加强措施。

**5.1.6** 水平位移约束装置能有效应对大风、地震等恶劣环境因素。工程实践表明,一般情况下,水平位移约束装置沿轴线的间距在排烟筒直径的10倍以内,最大间距为40m是有效的。

**5.1.7** 竖向纤维增强塑料排烟筒一般为高耸结构构筑物,存在被雷击的可能。防雷接地设施能够有效地避免雷击,目前国内各行业均有相应的技术标准,本条规定的目的在于提示设计人员根据不同的条件采取相应的技术措施。

### 5.2 作用和效应

**5.2.2** 局部荷载包括支座荷载、水平位移约束位置的荷载和施工吊装过程中受力点的荷载等。

**5.2.3** 筒体折算密度取 $2250\text{kg}/\text{m}^3$ 是综合了所有筒壁结构、加强筋及附件重量的总和。

**5.2.4** 排烟筒内部积灰量与烟气净化系统的形式和效率密切相关,越来越多的调查结果显示,对于“超净排放”的烟气,其排烟筒内部积灰很少,积灰荷载几乎可以忽略不计,这样的情况显然与人们以往的认识有很大差异。我国推行“超净排放”的时间还不长,积累的数据尚无法全面、准确覆盖所有行业,鉴于此,本条未对积灰荷载做出统一规定。

实际设计中,设计人员结合类似机组的实际积灰调查结果确定荷载是可行的方法,如果能配合一定的监测手段进行实时监测将更可靠。

### 5.3 结构形式与结构模型

**5.3.7** 温度作用效应对纤维增强塑料排烟筒筒体设计很重要,它是影响排烟筒功能的主要因素之一。习惯上设计人员采用排烟筒筒体结构层中心位置的温度来计算筒体弯曲温度应力和温度次应力;采用排烟筒筒体内、外表面温度差来计算筒壁内外温差引起的温度应力。

### 5.4 承载能力极限状态计算

**5.4.7** 本条所给出的作用效应组合是基于排烟筒投入工作以后的状态。因为排烟筒均为端部开敞结构,不计入烟气压力在轴向的效应。

**5.4.9** 悬挂结构具有较好的抗震性能,对悬挂段的抗震调整系数取 0.9。

**5.4.13** 竖向排烟筒筒体截面应力分布均匀,受压屈曲的临界应力公式来源于均匀受压的圆柱壳屈曲理论。水平烟道的截面应力分布与竖向排烟筒不同,其临界应力应该与竖向排烟筒有差异。但是目前像水平烟道这种薄弱壳受弯稳定的研究还不是很充分,理论研究和试验数据不多,也未见国外标准中有相关计算方法和公式。在《钢结构稳定设计指南(第三版)》(陈绍蕃,2013年7月)中有如下论述:当圆柱壳既承受轴力又承受弯矩,或单纯承受弯矩时,压应力的临界值受应力变化的影响不大,可以偏于安全地按均匀受压的计算公式验算。鉴于此,本标准对水平烟道采用了与竖向排烟筒相同的计算公式。

**5.4.19、5.4.20** 习惯上,开孔是指开孔总尺寸不超过筒体周长约 5%的孔洞,不包括水平烟道进入竖向排烟筒的烟道开洞,通常开

孔的尺寸对圆形指圆的直径,对椭圆形指长轴长度,工程实践中,同一横截面两侧各 10 倍筒壁厚度范围内的开孔均计入对该截面的削弱,都应进行补强。

## 5.6 铺层结构

**5.6.1** 烟气或工业尾气化学成分复杂,其冷凝液可能存在颗粒物,纤维增强塑料排烟筒长期在湿热环境、腐蚀性介质、颗粒物冲刷和高速气流条件下运行,需要具有良好的耐腐蚀性能和一定的耐温度性能;纤维增强塑料排烟筒大部分采用竖向布置,在使用过程中,筒体处于“功能性与结构性”并举状态,功能性主要体现在功能内衬层的设计制作,结构的长期稳定性需要良好的力学性能保证;成型工艺能够有效实现筒体铺层结构设计。因此筒体功能内衬层设计、力学性能要求以及成型工艺确定是根据纤维增强塑料排烟筒铺层结构设计的关键。

纤维增强塑料本身绝热性能良好,且一般不用于排放高温烟气,所以一般不需要设置保温层。相对于金属等其他传统材料制作的排烟筒,纤维增强塑料排烟筒具有耐久性好、轻质高强和无需设置保温层等优点。

**5.6.2** 功能内衬层是玻璃纤维增强塑料排烟筒“终期性能”的第一道防线,同时能赋予排烟筒导静电、耐磨蚀等功能,对排烟筒长期运行至关重要。

**1** 筒体内衬层树脂含量与筒体耐腐蚀性能密切相关,含量越高,耐腐蚀性能越好;本款的意义在于帮助设计人员根据排烟筒所处环境介质类型,选用合适的纤维种类及其织物类型、树脂含量、铺层组合与厚度。

**2** 根据本标准附录 A 表 A.0.2,当含氢氟酸浓度小于 1% 时,采用 ECR 玻璃纤维能基本满足耐腐蚀要求;碳纤维和聚酯纤维具有较好的耐氢氟酸性能,当含氢氟酸浓度较大、缺乏经验数据时,比较有利的做法是采用碳纤维或聚酯纤维内表面层结构。

3 碳纤维本质是微晶石墨材料,具有良好的导电性;添加导电填料也可以使筒体具有导电能力。本款的目的在于指导设计人员通过在内表面层采用碳纤维表面毡、在树脂中添加导电填料或者采用两者结合的方法,使功能内衬层的导电性能能够满足工艺要求。

4 在一定范围内,功能内衬层铺层越厚,其耐磨性能越好;添加耐磨填料也能提高耐磨性,本款的目的在于帮助设计、技术人员通过增加铺层厚度或添加耐磨填料改善功能内衬层的耐磨性能。

由于功能内衬层可选材料较多,本条规定用语中多采用“宜”“可”等程度词,其目的是允许设计、技术人员在纤维增强塑料排烟筒设计、制作过程中除执行本条表 5.6.2 的基本规定外,有较多更优的材料组合或根据已有的工程经验进行自主设计。

**5.6.3** 纤维增强塑料排烟筒是由树脂和纤维复合而成的材料,具有很强的可设计性。排烟筒结构层的强度和刚度决定了筒体承载能力,本条对结构层可以使用的纤维增强材料织物类型做出了规定,同时结构层作为内衬层以外的第二道耐腐蚀防线,具有重要作用。因此关于结构层铺层设计的主要理由如下:

(1)重视“终期性能”,由于材料的力学性能随时间而衰退,要求材料在达到防腐工作年限时仍具有足够的“终期性能”,这就涉及材料的“性能保留率”问题;

(2)注重材料各向性能的均衡,纤维增强塑料是各向异性材料,不能简单以抗拉强度来衡量力学性能的好坏;

(3)结构层有必要具有一定的耐腐蚀能力,结构层增加喷射层,提高了树脂含量,在内衬层局部出现缺陷或损伤时,应能阻止缺陷扩散,为正常停机检修提供必要的时间和条件。

这些要求都涉及纤维与基体界面结合的问题,任何材料缺陷都会影响纤维与基体的界面性能,降低材料抗剪切能力,因此要求铺层结构的设计更有利于减少材料缺陷;有利于优化工艺性能;有利于加工制作,形成理想结构。从经验看,当纤维含量过高,树脂

含量不足时,纤维浸胶困难,缺陷很难控制,试验数据也表明,含有大量缺陷的材料性能衰减迅速。

纤维增强材料制作的实践和试验结果都表明,在铺层中适当增加一定厚度的富树脂层,有利于提升材料抗剪切能力;有利于提高材料综合性能保留率和耐腐蚀性能。实验表明,良好的界面结合有利于控制材料的长期蠕变。鉴于此,本条规定了结构层的铺层中适当添加含胶量较高的单层,即短切毡或喷射纱层单层厚度不应小于 0.5mm,同时规定了间距的最小值。

## 5.7 冷凝液收集

**5.7.1** 湿法脱硫的烟气富含水分,经排烟筒向大气排放时,在特定条件下排烟筒下风向存在液滴飘落现象,通常称为“烟囱雨”。“烟囱雨”对周边环境有危害,抑制“烟囱雨”常用手段有设置冷凝液收集系统、烟气加温等。

本条的目的是在具备条件的情况下,推荐采用冷凝液收集装置,有利于环境改善。

**5.7.2** 烟气夹带液和筒壁冷凝液会在排烟筒内表面形成液膜,由于排烟筒内部气流不均匀,存在较多紊流区域,局部烟气流速可能会超过液滴二次进入气流的临界流速,同时烟道也存在凸凹等壁面不连续情况,导致液滴二次进入气流的现象经常发生。基于此,冷凝液收集系统设计范围宜从吸收塔出口烟道开始至排烟筒出口,在发生液滴二次进入气流之前将排烟筒内壁面液膜收集,前端的收集也可减少后端排烟筒冷凝液收集负荷。如果设置湿式除尘器,则冷凝液收集系统宜从湿式除尘器出口开始至排烟筒出口。

**5.7.3** 纤维增强塑料排烟筒内部流体的流动行为源于流体动力的产生与发展,其动力设计是至关重要的,了解这些问题需要从“烟囱雨”的基本知识展开。

(1)液滴产生原理。飘落的液滴主要来源包括:烟气夹带液:从吸收塔出来的烟气,夹带有一定数量小颗粒液滴;冷凝液:烟气

在排烟筒内流动过程中通过传热冷凝和绝热冷凝生成数量可观的冷凝液；二次进入液：排烟筒内壁的液膜，当烟气流速超过液滴二次进入气流的临界流速筒壁内表面几何形状突变时，液膜汇聚成液滴并被吹离筒壁表面进入气流，形成二次进入现象。

相关研究结果表明， $300\mu\text{m}$  以下的液滴在落到地面前已经蒸发殆尽，在地面不会感知液滴飘落。因此抑制“烟囱雨”时，主要抑制与捕集  $300\mu\text{m}$  以上的大颗粒液滴。二次进入液粒径通常大于  $300\mu\text{m}$ ，是飘落液滴的主要来源。

(2)控制烟气流速是冷凝液收集系统有效工作的基本条件。二次进入液是“烟囱雨”液滴的主要来源，而导致二次进入最主要的原因是烟气流速过高。另外，二次进入现象还与排烟筒内壁表面粗糙度、连续性、烟囱及烟道的结构有关。相关的行业标准规定纤维增强塑料排烟筒推荐设计流速上限约为  $16.8\text{m/s}$ 。

**5.7.4、5.7.5** 排烟筒内部潮湿气流的夹带、冷凝、二次进入等现象定量分析很困难。冷凝液收集系统的设计研究工作包括计算流体动力学、流体模拟及物理模型模拟研究、必要的流场优化设计等，具有时间周期长、资金投入大等特点。

## 6 制 造

### 6.2 场地与区域

**6.2.1** 排烟筒制造与生产有的在工厂标准化车间完成,也有些在施工现场临时厂房内完成,所有这些过程对安全生产、环境保护提出了更高的要求。现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》GB 50720 对施工现场有明确的规定,相关行业标准如《施工现场临时建筑物技术规范》JGJ/T 188 对临时设施、用房也有许多规定。但是纤维增强塑料排烟筒制造过程涉及诸多化学反应及多种化学品。针对制造过程的复杂性、特殊性,本条第 1 款、第 2 款进行了强制性规定,必须严格执行。

现场制造与生产过程,如燃煤发电厂排烟筒制作会涉及较多的临时用房以及临时设施,其特点是人员相对集中,一旦遇到各类灾害,所有人员需要快速疏散。而缠绕区域,可燃、易燃易爆物储存区域与明火接触,极易引起燃爆发生,并迅速扩散,危害不言而喻。火灾中产生大量的烟气和热量会直接影响人员的安全疏散和扑救工作的进行。调查表明,在火灾伤亡中,由火灾烟气造成的次生伤害又占相当的比例。为防止该类紧急情况,避免制造现场相关区域与明火接触可燃材料,易燃易爆材料在室温常压下,若有摩擦、撞击、火源、热源等条件存在,经常发生自燃、剧烈燃烧甚至爆炸。这些物质的结构和组成以及当时的环境状况决定了其燃烧爆炸的危害性。氧化性材料和还原性材料的直接接触会引起剧烈氧化还原反应(如引发剂、促进剂等),甚至燃烧、爆炸,这类事故经常在很短时间内甚至是瞬间发生,威力大且没有先兆,猝不及防的事故会加重对人员和财产的伤害。产生的有害化学物质溢出之后,会向周围环境扩散,可燃性气体在空气中扩散非常迅速,其与空气

形成的混合物,随着气流飘荡各处,会使危害蔓延扩大。

围挡装置是为了将废料存放区与外部环境隔离开来,废料存放区成为一个相对封闭的空间所采取的措施,保证废料不污染环境。围挡装置安装完毕后将废料存放区与制作区域隔离,除了保护环境,也能保证施工现场整洁美观。

## 6.3 设备与工装

**6.3.1** 缠绕设备自动化程度的高低,纤维及其织物能否连续自动化操作,原材料配置是否实时计量,对提高排烟筒的质量非常关键。目前国内现场制作水平还不能达到三位一体,因此带来诸多产品质量缺陷。本条规定的目的在于引导、提升现场制作水平,提高装备的自动化程度,使其从劳动力密集型向技术密集型转化。依靠多种自动化手段,科学计量提高制作精度,提高生产效率,尽可能选择防爆型电机、电器,有利于确保工艺安全。

对制品进行加热后固化处理,是保证排烟筒最终质量的有效手段。现场可以加热的手段有很多种,常用的方法有电加热等,而这种方法对环境要求较高。

本条第6款为强制性条款,必须严格执行。加热装置的使用是提高树脂类产品质量的重要措施,它要求装置温度分布均匀、制品固化过程中不流胶。使用加热装置对纤维增强塑料排烟筒进行加热后固化处理,提高了材料交联密度、筒体固化度和硬度,方便筒体脱模并减少表面损伤,从而提高了制作质量。在加热后固化处理过程中,制品或环境中粉尘颗粒、有机挥发物质易受热引起爆炸或产生污染,因此在加热装置使用前,排除粉尘颗粒、水分或有机挥发物质,对保障安全十分重要。

## 6.4 制造工艺

### I 筒节缠绕

**6.4.7** 热辐射加热源通过红外线的热效应对玻璃钢制品表面进

行加热,常用的加热源为石英加热器。

**6.4.9** 张力测量可以使用弹簧拉力计进行简易测量,也可以使用张力测量仪测量。

本标准规定的停车次数的限制针对正常缠绕情况。正常缠绕过程中,缠绕工要及时清理与导纱梳摩擦起毛的缠绕纱,以防止聚集使后续缠绕纱在通过导纱梳时断裂。

**6.4.10** 当采用环向连续缠绕、轴向加衬单向布的交替成型方法时,单向布采用间歇式单层铺设,能较好地保证纤维的浸润性,轴向纤维的排列。采用连续多层铺设存在诸多弊端,如错缝位置重叠、搭接宽度不可控、无法保证轴向纤维的排列、现场质量难以控制等。在纤维增强排烟筒的制造、安装和对接过程中推荐采用间歇式单层铺设。

**6.4.11** 结构层是排烟筒筒体的重要组成部分,一般来说,其厚度约为20mm~30mm,有的甚至更高。结构层制作过程中,树脂在引发剂、促进剂的作用下,发生放热高分子聚合反应。聚合过程中随着反应的进行,聚合速率逐渐增加,体系黏度增大,发生自动加速现象。

本条为强制性条文,必须严格执行。本强制性条文编制的原因是:随着自动加速现象出现,结构层树脂快速发生交联,极易发生暴聚导致集中放热,筒节温度迅速升高,导致结构层树脂开裂,增强材料破损,甚至引起燃烧。及时导出热量可以有效避免暴聚现象产生。工程实践表明,筒体表面温度高于环境温度5℃以下,热量可以有效导出,缠绕设备可以正常运行。一旦大于5℃,热量导出比较困难,容易出现质量事故,停止缠绕并保持设备运转能够有效消除热量的增加,避免事故发生。

此外,缠绕过程中交联反应程度过高,固化度过高,此时若继续进行缠绕,固化程度较高的结构层与新缠绕的层之间的交联反应程度就会下降,影响层间粘接性能,容易引起界面不良反应,产生制品结构分层,力学性能下降。所以温度升高时,对结构层缠绕不利,对制成品质量有害。

## 6.5 养护和贮存

**6.5.1** 固化可分为硬化及熟化两段时间。制品从凝胶到具有一定硬度,以致能从模具上将制品取下来,这时制品的固化度一般可达50%~70%,这称为硬化时间;制品脱模后在大于15℃的环境中自然固化1周~2周,使制品具有一定的力学性能、比较稳定的物理和化学性能可供使用,这称为熟化时间。这时固化度一般可达85%以上,熟化通常是在室温进行,亦可用加热后处理的方法来加速,如在80℃下加热3h。

为了缩短玻璃钢制品的生产周期,提高模具的利用率,加速硬化时间,常常采用加热后处理措施。

**6.5.5** 存放时筒节容易受到风力或地面倾斜产生滚动从而造成筒节变形或者损坏,所以应采取相应的稳定措施。

**6.5.6** 筒节堆放时,应按规格分类堆放,每层筒节之间应至少用三根方木支撑,中间一根支撑在管长的1/2处,支撑方木与管子接触面宽度不能小于100mm,厚度以两层筒节不发生顶撞为宜,不得小于80mm。

## 7 安 装

### 7.2 安 装 荷 载

**7.2.3** 为了保证吊装的安全,本条对排烟筒吊装平台的承载能力设计提出了需要考虑的安装荷载规定。所要进行吊装的荷载应该在吊装平台能够承载的安全范围内。

### 7.3 固 定 和 连 接

**7.3.1** 支座和吊架的形式应根据排烟筒的外形确定。支座宜为弹簧式支座或整体式支座,固定点均应设置在受力平台上。

排烟筒的固定和连接是一个重要阶段,方法和形式有多种,其中采用钢制承重装置、水平位移约束装置是最常用、最有效的方法。

第7款为强制性条款,必须严格执行。本强制性条款编制原因是:由于纤维增强塑料排烟筒所用的部分材料易燃易爆,且烟囱施工区域为受限空间,一旦遇到各类灾害,人员疏散相对比较困难,其中消防问题是最重要的。国内曾经发生过多起火灾事故,造成人员伤亡和财产损失,为从源头上杜绝此类事故发生,避免引起火灾,所以规定烟囱平台上制作钢质承重装置、水平位移约束装置现场安装严禁施焊。工程实践表明,采用预制装配、螺栓固定可以有效避免此类问题。

**7.3.9** 本条对排烟筒膨胀节采用的连接材料、方式及质量要求进行的规定。膨胀节处的连接应紧密,如果存在漏缝会导致筒体内部的冷凝液外泄,对筒体的安全使用及使用寿命造成损害;由于膨胀节直接与排烟筒内部环境进行接触,因此连接材料需要满足防腐蚀和耐温性的相关要求。

## 7.4 开孔和补强

**7.4.1** 根据施工荷载,通过计算确定开孔的位置、尺寸及补强措施,并通过详细的方案、措施来保证筒体安全,防止撕裂筒口,造成排烟筒整体损毁。

**7.4.2** 本条对临时开孔、封堵和补强的实施条件进行了约定,通常在施工过程中执行本标准附录 D 的规定。

**7.4.3** 本条对开孔位置进行了约定,避免因开孔与附件位置间距太小而减弱筒体承重能力、稳定性。

## 7.5 贮 存

**7.5.2** 排烟筒筒节在场地平整处竖立放置是防止筒节节口损坏及变形;同时也考虑其摆放的稳定性,避免因为摆放不稳定而造成的不良后果;远离火源是因为筒节是易燃品,如果有火源靠近,很可能导致筒节发生高温形变甚至是燃烧,造成损失,延误工期。

**7.5.3** 卧式存放时筒节容易受到风力或地面倾斜产生滚动从而造成筒节变形或者损坏,应采取相应的稳定措施,保证筒节在卧放时不会产生位移。

## 7.6 运 输

**7.6.1** 为防止在运输途中由于路况的原因造成车辆无法通行,所以运输前要有安全员和引导员提前进行检查摸底,对运输路线上的各类障碍物进行清除,确保运输路线畅通无阻。

**7.6.2** 装卸时在其上口设置刚性支撑,要求吊点设置在支撑上是为了保证筒节不变形。同时建议采用柔性吊索,以防筒节表面损伤。

**7.6.3** 本条明确运输车辆的结构强度、外形尺寸以及筒节与车辆接触面的衬垫处理要求。排烟筒筒节采用立式运输是考虑运输途中筒节的稳定性,也是为了防止筒节变形。

## 7.7 吊 装

**7.7.4** 在试吊过程中检查确认其工件、所有机具的受力情况正常后方可正式吊装。如发现问题,要将工件放回地面,等故障排除后再重新试吊。

**7.7.6** 排烟筒吊装就位后逐步分级卸载吊装设备是考虑到均匀受力的要求,为防止晃动造成筒节损坏所以要求及时安装水平位移约束装置,确保吊装过程能够平稳顺利进行。本条要求在排烟筒分段提升到位后及时安装承重装置,及时安装承重装置会提高对排烟筒的整体受力及稳定性。

## 8 检 验

### 8.1 一 般 规 定

**8.1.1~8.1.3** 在实际工程中,如果定时对排烟筒使用过程维护检查并进行相关检查并记录,对于排烟筒的安全运行和长寿命使用有重大意义,改变目前部分工程重建设轻维护保养的现状。也为日后相关工程建设规程包括设计、制造和安装及运行积累数据和经验。

三级自检制度通常指施工单位在工程建设中执行班组自检、项目部复检、公司专检的质量控制活动。

### 8.3 原 材 料 测 试 与 检 验

**8.3.24** 单层板单元拉伸强度、单元拉伸模量检测和层合板单元拉伸强力、单元拉伸刚度检测要符合现行国家标准《玻璃纤维增强塑料夹砂管》GB/T 21238 的有关规定。

### 8.4 筒 节 及 构 配 件 质 量 检 验

#### II 方 法

**8.4.15** 排烟筒的力学性能检测一般包括轴向与环向拉伸强度、轴向与环向弯曲弹性模量、轴向压缩强度等,设计计算时采用的是该材料性能的标准值,因此设计文件中通常规定其设计计算的材料性能标准值,用于检验实际加工的材料性能是否与设计相符。

## 9 现场监造

### 9.5 性能测试检验

**9.5.1~9.5.3** 检验所抽样本,若全部合格则判该批为合格。每种试样的有效数量不低于5个。

判定规则:检验所抽样本,若全部合格则判该批为合格;若有不合格项,则重新做试样进行检测。如仍有不合格项,则需修改工艺方案,并重新做试样进行检测。

## 10 施工安全与绿色施工

### 10.1 施工安全

**10.1.16** 本条为强制性条文,必须严格执行。易燃易爆品通常具有闪点低、挥发快的特点,其存储和使用区域都有一定挥发性有机化合物存在,一段时间后会产生产生有机物集聚,甚至达到爆炸极限。此时如果有火种引入,极易产生燃烧爆炸。现场火种的来源有自身携带(打火机、火柴等)、静电产生等,钉鞋与地面摩擦极易产生火花,由于化纤是绝缘体,会导致局部有大量电荷堆积,与导电物触及时会产生静电火花。

**10.1.17** 纤维增强塑料排烟筒筒节制造、筒段安装、固定连接等过程作业高度大都在十几米、几十米甚至数百米,属于典型的高空作业。

本条为强制性条文,必须严格执行。本强制性条文编制的理由是:筒节制造现场人员比较密集,安装阶段有可能在不同平台作业。各作业平台有不同的作业工具、材料、临时构件等没有采取固定措施的物件,易发生坠落事故,在作业过程中抛掷工具、材料等物件、临时构件坠落等都会直接危害产品质量、设备运行及人身安全,甚至还会引起环境污染及其他次生灾害。对作业现场所有易坠落物件进行清除或加固十分必要。

S/N:155182·0611



9 155182 061101



统一书号: 155182·0611

定 价: 40.00 元