

中华人民共和国国家标准

GB/T 30812—2014

燃煤电厂用玻璃纤维增强塑料烟道

Glass fiber reinforced plastic flue for coal-fired units

2014-06-24 发布

2015-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会(SAC/TC 39)归口。

本标准起草单位:武汉理工大学。

本标准参加起草单位:中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司、北京玻璃钢院复合材料有限公司、河北可耐特玻璃钢有限公司、冀州中意复合材料有限公司、中复连众复合材料集团有限公司、吴华中意玻璃钢有限公司。

本标准主要起草人:王继辉、丁安心、倪爱清、冀运东、刘志刚。

燃煤电厂用玻璃纤维增强塑料烟道

1 范围

本标准规定了燃煤电厂用玻璃纤维增强塑料烟道(以下简称 FRP 烟道)的术语和定义、一般要求、要求、试验方法、检验规则、标志、支撑、运输、起吊移位及贮存等。

本标准适用于操作温度不大于 80 ℃、直径不小于 4.0 m、连接型式为平端对接、水平架空安装、非移动的输送脱硫烟气的燃煤电厂用 FRP 烟道。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法

GB/T 1448 纤维增强塑料压缩性能试验方法

GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法

GB/T 1462 纤维增强塑料吸水性试验方法

GB/T 1634.2—2004 塑料 负荷变形温度的测定 第 2 部分:塑料、硬橡胶和长纤维增强复合材料

GB/T 2576 纤维增强塑料树脂不可溶分含量试验方法

GB/T 2577 玻璃纤维增强塑料树脂含量试验方法

GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法

GB/T 3857—2005 玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法

GB/T 3961 纤维增强塑料术语

GB/T 17470 玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡

GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱

GB/T 18370 玻璃纤维无捻粗纱布

3 术语和定义

GB/T 3961 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玻璃纤维增强塑料烟道筒段 **glass fiber reinforced plastic fluecan**

以耐酸玻璃纤维及其制品为增强材料,以乙烯基树脂为基体材料,采用缠绕成型,具有一定长度的水平架空放置的圆筒状单元。

3.2

玻璃纤维增强塑料烟道 **glass fiber reinforced plastic flue**

由若干玻璃纤维增强塑料烟道筒段通过适当的形式连接而成,用于输送烟气的圆筒状制品。

4 一般要求

4.1 原材料

4.1.1 树脂

4.1.1.1 除非另有规定,应采用乙烯基酯树脂,所用的树脂应耐烟气的温度和腐蚀,其树脂浇铸体的性能应达到下列要求:

- a) 拉伸强度 ≥ 60 MPa;
- b) 拉伸弹性模量 ≥ 3.0 GPa;
- c) 断裂伸长率 $\geq 3.0\%$;
- d) 热变形温度 ≥ 100 °C。

热变形温度按 GB/T 1634.2—2004 中 A 法进行测试。

4.1.1.2 层合板按 GB/T 3857—2005 附录 B 制备,层合板在 82 °C、25% 的硫酸溶液中浸泡 1 年,其弯曲强度保留率应不低于 50%。

4.1.1.3 除非另有规定,树脂不应含有颜料、染料、着色剂或填料。

4.1.2 增强材料

4.1.2.1 采用的玻璃纤维毡应符合 GB/T 17470 的规定,玻璃纤维无捻粗纱应符合 GB/T 18369 的规定,玻璃纤维无捻粗纱布应符合 GB/T 18370 的规定。其他纤维及制品应符合相应的国家标准或行业标准。

4.1.2.2 防腐蚀层中的富树脂层应采用耐酸玻璃纤维表面毡和导电碳纤维表面毡,防腐蚀层中的次内层应采用耐酸玻璃纤维短切毡或喷射纱;结构层应采用耐酸玻璃纤维及其制品。耐酸玻璃纤维在 96 °C、10% 的硫酸溶液中浸泡 24 h,其质量损失率应不大于 10%。

4.1.2.3 如供需双方协商一致,防腐蚀层进行防静电处理时,可采用导电碳填料代替导电碳纤维表面毡。

4.2 设计与制造

4.2.1 FRP 烟道的厚度由积灰载荷、支撑间距、外部载荷计算确定,常见的 FRP 烟道的布置形式参见附录 A。

4.2.2 FRP 烟道的设计过程中,仅考虑结构层提供的强度,FRP 烟道结构计算安全系数的取值应符合下列规定:

- a) 长期载荷条件下的稳定安全系数不低于 5;
- b) 风和地震等短期载荷条件下的稳定安全系数不低于 3;
- c) 结构强度安全系数不低于 8;
- d) FRP 烟道接口结构强度安全系数不低于 10。

4.2.3 为避免树脂开裂,FRP 烟道应进行应变校核,容许应变为树脂体系的 $0.1\epsilon_R$ 和 0.2% 应变两者之间较小值。

注: ϵ_R 为树脂体系的断裂应变。

4.2.4 FRP 烟道筒段之间采用平端对接形式,对接处用树脂腻子封堵,内、外表面双面补强,内接口防腐蚀层的要求和 FRP 烟道筒段防腐蚀层的要求相同,接口厚度及宽度应满足下列要求,接口设计参见附录 B。

- a) 接口宽度应不小于 400 mm;

b) 接口厚度应不小于接口处 FRP 烟道筒段的筒壁厚度。

4.2.5 FRP 烟道固定支撑处的烟道筒段设计厚度宜适当增大,降低该处烟道筒段所受的应力。

注: FRP 烟道筒段长度根据设备生产能力确定,其长度尽量长,以减少 FRP 烟道的接头数量。

4.2.6 制作 FRP 烟道加强筋等配件原材料应与 FRP 烟道筒段相同,其防腐层的要求与 FRP 烟道筒段防腐层的要求相同。

4.2.7 加强筋间距应根据烟道的稳定计算和应力计算结果确定,同时最大加强筋间距应不大于内筒 1.5D 或者 8 m 的较小者,每根 FRP 烟道筒段应至少设置一个加强筋,加强筋的设计参见附录 C。

4.2.8 制造 FRP 烟囱内筒的环境温度宜为 15℃~30℃,相对湿度应不大于 80%;当环境温度低于 10℃时,应采取加热保温措施。

4.2.9 FRP 烟道筒段在安装之前应充分固化,每根 FRP 烟道筒段制作完毕后在常温下的固化时间应不低于 15 d。

5 要求

5.1 FRP 烟道筒段外观质量

5.1.1 FRP 烟道筒段内、外表面应光滑平整,色泽均匀,无杂质、无纤维外露,无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。

5.1.2 FRP 烟道筒段内、外表面不允许有直径大于 3 mm、深或高大于 5 mm 的凹凸,任意 1 m² 范围内直径大于 4 mm 的气泡不应超过 3 个。

5.1.3 FRP 烟道筒段端面应平齐,边角无毛刺。

5.1.4 加强筋外形应符合设计要求,分段制作的加强筋拼接处无明显凹凸。

5.2 FRP 烟道筒段尺寸

5.2.1 总厚度

筒壁通常由防腐层、结构层和外表层组成,其总厚度为结构层厚度、防腐层厚度和外表层厚度之和,任一截面的筒壁平均厚度不应小于设计厚度,最小厚度不允许小于设计厚度的 90%。

5.2.2 结构层厚度

FRP 烟道结构层厚度根据工程设计确定。

5.2.3 防腐层、外表层厚度

防腐层中的富树脂层厚度应不小于 0.5 mm,防腐层中的次内层厚度应不小于 2.0 mm,外表层的厚度应不小于 0.5 mm。外表层有防腐性能要求时,外表层的厚度应不小于 1.5 mm。

5.2.4 长度

长度偏差为设计长度的 $\pm 0.5\%$,且不超过 ± 13 mm。

5.2.5 内径

内径偏差为设计内径的 $\pm 0.5\%$ 。

5.2.6 椭圆度

端部的椭圆度应不大于壁厚的 $\frac{1}{2}$,其他部位的椭圆度应不大于设计内径的 1%。

5.2.7 端面垂直度

端面垂直度应不大于 8 mm。

5.2.8 加强筋间距

两加强筋间的距离应不大于设计间距,加强筋距 FRP 烟道筒段端面的距离应符合设计规定。

5.3 FRP 烟道筒段物理性能

5.3.1 巴柯尔硬度

内、外表面的巴柯尔硬度应不小于 40。

5.3.2 树脂含量

防腐蚀层中的富树脂层树脂含量应不小于 90%,防腐蚀层中的次内层树脂含量应为 70%~80%;结构层树脂含量应为 35%±5%。

5.3.3 树脂不可溶分含量

树脂不可溶分含量应不小于 88%。

5.3.4 吸水率

吸水率应不大于 0.3%。

5.3.5 重量

重量应不小于设计值的 95%,且不大于设计值的 110%。

5.4 FRP 烟道筒段力学性能

FRP 烟道筒段的力学性能应根据工程设计来确定,但结构层力学性能应不低于表 1 规定。

表 1 FRP 烟道筒段力学性能

性 能	指 标
环向拉伸强度/MPa	240
轴向拉伸强度/MPa	140
轴向压缩强度/MPa	120
环向弯曲模量/GPa	16
轴向弯曲模量/GPa	12

5.5 FRP 烟道尺寸

5.5.1 椭圆度

组装完毕的 FRP 烟道沿其横截面的方向的椭圆度的变化 $\Delta_b \leq 0.02D$ 。

注: D 为 FRP 烟道内径,单位为毫米。

5.5.2 挠度

组装完毕的 FRP 烟道沿其轴向的挠度值 $\Delta_a \leq L/1\ 500$ 。

注：L 为 FRP 烟道的支撑跨距，单位为毫米。

6 试验方法

6.1 FRP 烟道筒段外观质量

用精度为 0.02 mm 游标卡尺、精度为 1 mm 钢卷尺检验，目测 FRP 烟道筒段的内、外表面和两端面。

6.2 FRP 烟道筒段尺寸

6.2.1 筒壁厚度

6.2.1.1 总厚度

垂直切割 FRP 烟道筒段端部，用精度为 0.02 mm 的游标卡尺，沿圆周均布测量至少 7 次，取最小值和所有测量结果的算术平均值。

6.2.1.2 防腐蚀层厚度和外表层厚度

垂直切割 FRP 烟道筒段端部，用砂度为 0.074 mm(或更细)的砂纸把端口打磨光滑，用水除去粉尘，将打磨处完全洗净后，用精度 0.02 mm 的游标卡尺测量防腐蚀层厚度和外表层厚度，至少测量 4 次，测量点均布，取所有测量结果的算术平均值。

6.2.1.3 结构层厚度

总厚度减去防腐蚀层厚度和外表层厚度计算得到。

6.2.2 长度

将 FRP 烟道筒段放在平面上，用精度为 1 mm 的钢卷尺沿 FRP 烟道筒段的母线测量其长度，测量 4 次，测点均布，取 4 次测量结果的算术平均值。

6.2.3 内径

在 FRP 烟道筒段两个端面 and 中心部位，用精度为 0.1 mm 内径测量尺测量内径，测量 4 次，测点均布，取 4 次测量结果的算术平均值。

6.2.4 椭圆度

在 FRP 烟道筒段两个端面，用精度为 0.1 mm 内径测量尺测量 4 个内径，测点均布，以最大值和最小值的差值作为椭圆度。

6.2.5 端面垂直度

用直角尺和精度为 1 mm 的钢板尺测量 FRP 烟道筒段的端面垂直度。

6.2.6 加强筋间距

用精度为 1 mm 的钢卷尺沿 FRP 烟道筒段的母线，测量两相邻加强筋间的距离以及加强筋距 FRP

烟道筒段端面的距离,测量 4 次,测量点均布,取 4 次测量结果的算术平均值。

6.3 FRP 烟道筒段物理性能

6.3.1 巴柯尔硬度

在 FRP 烟道筒段端部取样,按 GB/T 3854 的规定进行。

6.3.2 树脂含量

按 GB/T 2577 的规定进行。

6.3.3 树脂不可溶分含量

按 GB/T 2576 的规定进行。

6.3.4 吸水率

按 GB/T 1462 的规定进行。

6.3.5 重量

用汽车衡器或其他合适衡器测量。

6.4 FRP 烟道筒段力学性能

6.4.1 适当延长 FRP 烟道筒段的制作长度,力学性能测试所需的试样在 FRP 烟道筒段端部或在 FRP 烟道筒段开孔处切取。

6.4.2 环向拉伸强度、轴向拉伸强度按 GB/T 1447 的规定进行。

6.4.3 轴向压缩强度按 GB/T 1448 的规定进行。

6.4.4 环向弯曲模量、轴向弯曲模量按 GB/T 1449 的规定进行。

6.5 FRP 烟道尺寸

6.5.1 椭圆度

在位于 FRP 烟道开孔处和受力最大的两个部位,用精度值为 0.1 mm 内径测量尺测量 4 个内直径,测点均布,以最大值和最小值的差值作为椭圆度。

6.5.2 挠度

在 FRP 烟道两端选取高度相同的 A 点和 B 点,用线或绳连接两点。标出 FRP 烟道挠度最大部位垂直对应的线或绳的 C 点,用精度为 1 mm 的钢卷尺测量 C 点的高度,取 C 点与 A 点、B 点的高度差值为挠度或用经纬仪测量各点标高,计算得到挠度。

7 检验规则

7.1 检验项目

7.1.1 FRP 烟道筒段

外观质量、尺寸、物理性能和力学性能。

7.1.2 FRP 烟道

椭圆度、挠度。

7.2 组批

7.2.1 FRP 烟道筒段

以相同材料、相同工艺生产的一根 FRP 烟道所需的 FRP 烟道筒段为一批。

7.2.2 FRP 烟道

以组装后的一座电厂所需 FRP 烟道为一批。

7.3 抽样

7.3.1 FRP 烟道筒段

7.3.1.1 每一根 FRP 烟道筒段均应进行外观质量、尺寸和巴柯尔硬度检验。

7.3.1.2 树脂含量、树脂不可溶分含量、吸水率、FRP 烟道筒段重量和力学性能,采取两次取样法,样本数均为 2。

7.3.2 FRP 烟道

组装后的 FRP 烟道应进行椭圆度和挠度检验。

7.4 判定规则

7.4.1 FRP 烟道筒段

7.4.1.1 外观质量、尺寸、巴柯尔硬度分别达到 5.1、5.2、5.3.1 的要求,判该产品外观质量、尺寸、巴柯尔硬度合格,否则判该产品不合格。

7.4.1.2 树脂含量、树脂不可溶分含量、吸水率、FRP 烟道筒段重量和力学性能检验时,第一次所抽 2 根全部合格,判该批产品合格;若 2 根均不合格,判该批产品不合格。若第一次所抽 2 根中有 1 根不合格,进行第二次抽样,若第二次所抽的 2 根全部合格,判该批产品合格;否则判该批产品不合格。

7.4.2 FRP 烟道

椭圆度、挠度分别达到 5.5.1、5.5.2 的要求,判该产品合格,否则判该产品不合格。

8 标志、支撑、运输、起吊及移位和贮存

8.1 标志

每根 FRP 烟道筒段上至少应在一处做上耐久标志。标志不应损伤筒壁,在正常的装卸和安装中字迹仍应保持清楚。标志最少包括以下内容:

- a) 产品名称;
- b) 生产企业名称、商标和地址;
- c) 生产日期。

8.2 支撑

每根 FRP 烟道筒段应设不少于 3 处的内部支撑,其中,离端部 500 mm 处至少设一个,以确保筒段在贮存、运输、吊装时的椭圆度。这些临时支撑应当在 FRP 烟道吊装完成后拆除。

8.3 运输

FRP 烟道筒段与支撑之间用软质材料隔开,FRP 烟道筒段在运输及装卸过程中不应受到剧烈撞击、碰撞。

8.4 起吊及移位

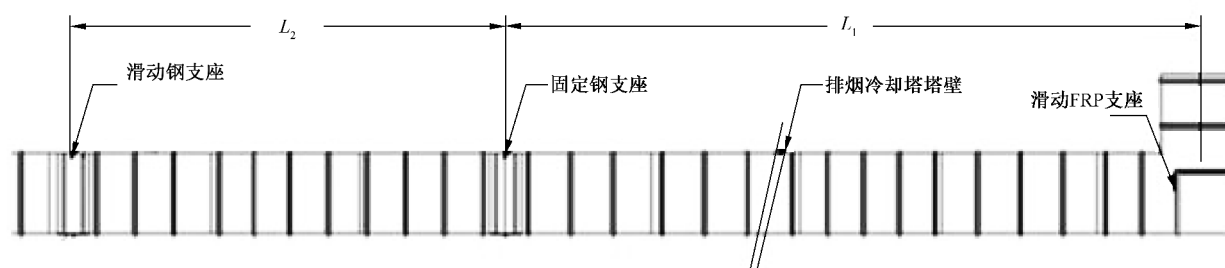
FRP 烟道筒段的起吊宜用柔性绳索,或用软质绳索包裹的钢丝绳。起吊时应系牵引绳,以防止 FRP 烟道筒段摆动失位。FRP 烟道筒段不应在粗糙的地面上滚动或滑动。

8.5 贮存

FRP 烟道筒段应在平整处竖立放置,远离火源。如应采用卧式存放时,应采取措施,防止 FRP 烟道筒段因风力或地面倾斜而滚动。FRP 烟道筒段不应堆放。

附 录 A
(资料性附录)
FRP 烟道布置形式

FRP 烟道常见布置形式见图 A.1。



说明：

L_1 ——中央竖井至固定支座的距离；

L_2 ——塔外固定支座至滑动支座的距离。

图 A.1 布置示意图

附 录 B
(资料性附录)
接口设计

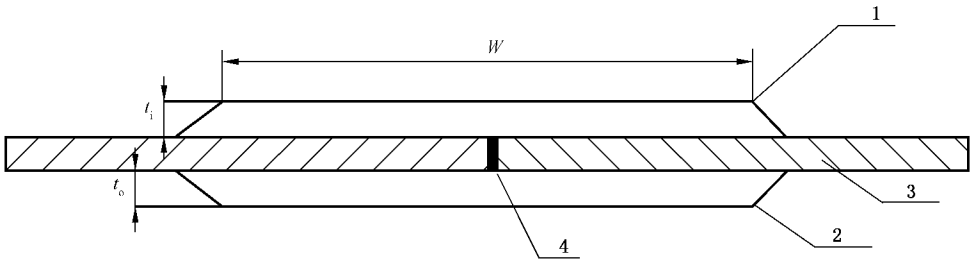
B.1 范围

本附录适用于 FRP 烟道筒段平端对接,内、外表面双面补强的连接方式。

B.2 接口设计

B.2.1 接口

接口的示意图见图 B.1。



说明:

- 1 —— 外接口;
- 2 —— 内接口;
- 3 —— 结构层;
- 4 —— 树脂腻子;
- W —— 接口宽度;
- t_i —— 内接口厚度;
- t_o —— 外接口厚度。

图 B.1 接口

B.2.2 接口宽度

接口宽度(W)应满足式(B.1)要求:

$$W \geq \left(\frac{N_i}{2\pi r} + \frac{M_i}{\pi r^2} \right) \times \frac{\gamma_\tau}{f_\tau} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- W —— 接口宽度,单位为毫米(mm);
- N_i —— 接口处轴向拉力或轴向应力设计值,单位为牛顿(N);
- M_i —— 接口处弯矩设计值,单位为牛顿·毫米(N·mm);
- f_τ —— 层间剪切强度,单位为兆帕(MPa),如无实测数据,取 $f_\tau = 7$;
- γ_τ —— 层间剪切强度分项系数,取 $\gamma_\tau = 10$;
- r —— FRP 烟道计算截面结构层中心半径,单位为毫米(mm)。

B.2.3 接口厚度

接口结构层厚度 t 应满足式(B.2)要求:

$$t \geq \left(\frac{N_i}{2\pi r} + \frac{M_i}{\pi r^2} \right) \times \frac{\gamma_z}{f_z} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

t ——接口结构层厚度,单位为毫米(mm);

f_z ——接口轴向拉伸强度或压缩强度,应不低于接口两端内筒的轴向拉伸强度或压缩强度,单位为兆帕(MPa);

γ_z ——接口轴向拉伸强度或压缩强度分项系数,取 $\gamma_z=1.0$;

N_i 、 M_i 、 r 同公式(B.1)。

附录 C
(资料性附录)
加强筋

C.1 范围

本附录适用于以玻璃纤维及其制品为增强材料,以不饱和聚酯树脂、乙烯基树脂等为基体材料,采用缠绕或手糊工艺制作的加强筋。

C.2 加强筋设计

C.2.1 加强筋截面可以为矩形、圆形、半圆形、三角形等,被包覆材料可用玻璃钢纤维木材、泡沫塑料等。具体的加强筋间距、横截面形式和尺寸应根据计算确定。

C.2.2 筒壁加强筋影响截面抗弯刚度应满足式(C.1)要求:

$$(E_s I_s) \geq \frac{P L_1 r^3 F}{3} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

- E_s ——加强筋环向模量,单位为兆帕(MPa);
- I_s ——筒壁起加强作用的有效段与加强筋的组合截面对通过与筒壁轴线平行的该截面形心轴的惯性矩(mm⁴);
- P ——烟气压力,单位为兆帕(MPa);
- L_1 ——加强筋间距,单位为毫米(mm);
- r ——FRP 烟道计算截面结构层中心半径,单位为毫米(mm);
- F ——加强筋的屈曲安全系数,取 $F=5$ 。

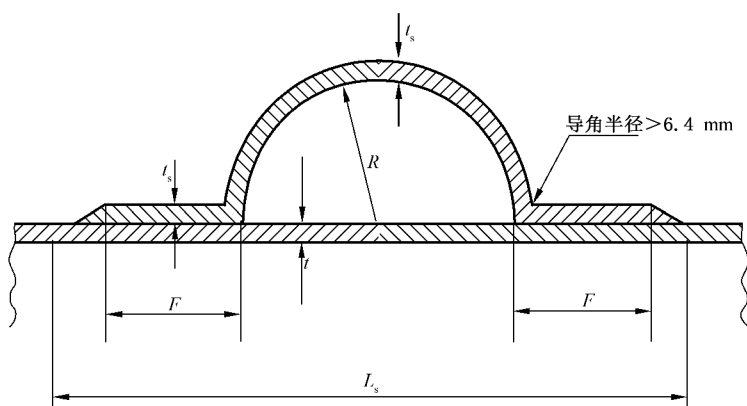
C.2.3 筒壁影响截面有效段宽度可采用 $L_s=1.56 \sqrt{rt}$,同时应满足下列条件:

- a) 计算影响面积不大于加强筋截面面积;
- b) 若加强筋中心两侧筒壁有效宽度与相邻加强筋的筒壁有效宽度相重叠,则该筒壁的有效宽度中相叠加部分每侧按一半计算。

注 1: r 同式(C.1)。

注 2: t 为 FRP 烟道筒壁结构层厚度(mm)。

C.2.4 FRP 烟道常见的加强筋有半圆形和梯形,见图 C.1 和图 C.2,对于采用梯形加强筋,筒壁影响截面有效宽度可采用图 C.2 所示的方法。



说明：

R ——加强筋内半径；

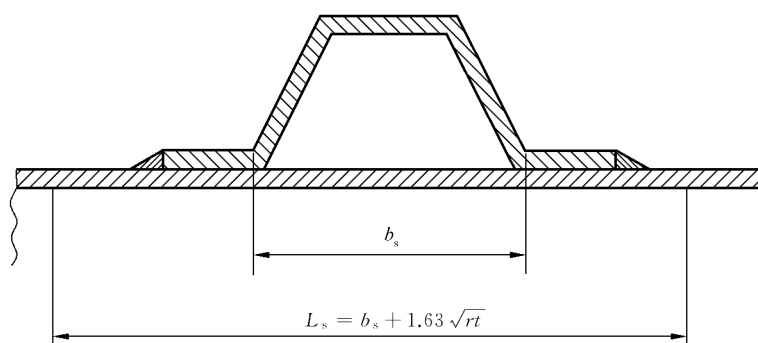
F ——加强筋侧边宽度, $F = R$ ；

t_s ——加强筋厚度；

t ——FRP 烟道筒壁结构层厚度；

L_s ——筒壁影响截面有效段宽度。

图 C.1 半圆形加强筋



说明：

b_s ——梯形加强筋下边宽度；

L_s ——筒壁影响截面有效段宽度。

图 C.2 梯形加强筋