

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI XXXX—XXXX

通信用复合材料格构塔制造规范

Manufacture Specification of Composite Lattice Tower for Telecommunication

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分类和标记	2
5 原材料	2
6 要求	2
7 试验方法	5
8 检验规则	7
9 标志、包装、运输和贮存	8
10 其它	9
参 考 文 献	10
索 引	14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国通信企业协会团体标准管理委员会提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨玻璃钢研究院有限公司、中国建筑材料科学研究总院有限公司、阿美远东（北京）商务服务有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、哈尔滨万佳联通信科技有限公司、

本文件主要起草人：孙云龙、丁新静、王恒、杨震、王宝瑞、汤昊旻、严东升、于柏峰、李金茹

本文件为首次发布。

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

通信用复合材料格构塔制造规范

1 范围

本文件规定了复合材料格构塔（以下简称格构塔）的产品分类、要求、质量保证规定及交货准备、贮存、运输等要求。

本文件适用于通信工程领域中使用的由复合材料型材与钢材结构件连接而成的自立式高耸结构的生产、制造与检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 41 六角螺母C级
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1184-1996 形状和位置公差未标注公差值
- GB/T 1462 纤维增强塑料吸水性试验方法
- 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 1450.1-2005 纤维增强塑料层间剪切强度试验方法
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T1804-2000 一般公差、未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 2573 玻璃纤维增强塑料老化性能试验方法
- 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 3098.1 紧固件机械性能螺栓螺钉和螺柱
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能螺母粗牙螺纹
- GB/T 3854 纤维增强塑料巴氏（巴柯尔）硬度试验方法
- GB/T 5780 六角头螺栓C级
- GB/T 5782 六角头螺栓
- GB/T 6170 1型六角螺母
- GB/T 10125-2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 13912 金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法
- GB/T 16422.3-2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分：荧光紫外灯
- GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱
- GB/T 22567-2008 电气绝缘材料 测定玻璃化转变温度的试验方法
- GB/T 29712 焊缝无损检测 超声检测 验收等级
- GB/T 30968.1-2014 聚合物基复合材料层合板开孔/受载孔性能试验方法 第1部分：挤压性能试验方法
- GB/T 31539-2015 结构用纤维增强复合材料拉挤型材
- GB/T 50082-2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- 2011/65/EU 关于在电子电器设备中禁止使用某些有害物质指令

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 分类和标记

4.1 分类

格构塔应按结构形式、应用环境风压系数、塔高、安装天线层数和安装天线数量进行分类。

4.1.1 格构塔按照结构形式类型分为三角形和四边形两种，分别用 GGT 和 KJT 表示。

4.1.2 格构塔按照应用环境风压系数分为 (0.35~1) Kpa。

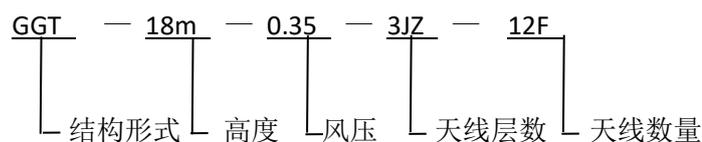
4.1.3 格构塔按照高度分为 6m、9m、12m、15m、18m、24m。

4.1.4 格构塔按照安装天线的层数分为 1 层 (1JZ)、2 层 (2JZ)、3 层 (3JZ)、4 层 (4JZ)。

4.1.5 格构塔按照安装天线的数量分为 1 副 (1F)~15 副 (15F)，每付天线面积不大于 0.6 平方米。

4.2 标记

格构塔的标记方法如下：



标记示例：GGT-18M-0.35-3JZ-12F 表示在 0.35 风压条件下，可挂载 3 层 12 付天线的 18 米三角格构塔。

5 原材料

5.1 增强材料

增强材料应采用无碱玻璃纤维无捻粗纱及其织物，所采用的无碱玻璃纤维无捻粗纱应符合 GB/T18369 的规定，织物应符合 GB/T18370 的规定。

5.2 树脂

基体树脂应采用聚氨酯树脂，所采用的聚氨酯树脂应符合相应标准。

5.3 耐候涂层材料

耐候涂层材料应采用丙烯酸聚氨酯磁漆，所采用的丙烯酸聚氨酯磁漆应符合相应标准。

5.4 钢材结构件材料

钢材的品种、规格、性能等应符合 GB/T 700 或 GB/T 1591 的规定和设计要求。进口钢材产品的质量应符合设计和合同规定的要求。

5.5 紧固标准件

5.4.1 螺栓、螺母机械性能应符合 GB/T3098.1 和 GB/T3098.2 的规定。

5.4.2 4.8 级螺栓应符合 GB/T5780 规定，螺母应符合 GB/T41 的规定；

5.4.3 6.8 级、8.8 级、10.9 级螺栓应符合 GB/T5782 规定，螺母应符合 GB/T6170 的规定。

6 要求

6.1 格构塔整体性能要求

6.1.1 外观要求

格构塔表面应光洁平整、颜色均匀，应无裂纹、气泡、毛刺、纤维裸露、纤维浸润不良等缺陷；切割面应平齐，无毛边和毛刺。

钢材结构件外观无缺陷、磕碰、划伤、表面变色、锈蚀等可视性缺陷。

6.1.2 性能要求

格构塔性能要求：

- a) 格构塔顶端变形小于塔体的 1/20；
- b) 格构塔身不破坏。

6.2 格构塔的复合材料型材要求

6.2.1 外观要求

复合材料表面应光洁平整、颜色均匀，应无裂纹、气泡、毛刺、纤维裸露、纤维浸润不良等缺陷；切割面应平齐，无毛边和毛刺。

6.2.2 尺寸和偏差

6.2.2.1 横断面尺寸及尺寸偏差

复合材料型材的横断面尺寸及允许偏差应符合表 1 规定。

表 1 复合材料型材的横断面尺寸允许偏差 单位为毫米

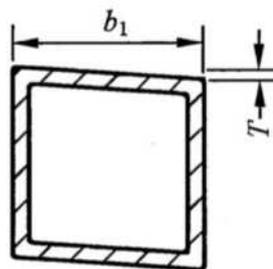
项目	允许偏差
高度	± 0.2
宽度	± 0.2
壁厚	± 0.2

6.2.2.2 长度偏差

长度偏差为 0~2mm。

6.2.2.3 外缘斜度

型材外缘斜度(T),允许偏差为 $\pm 1.0\%$ 。



6.2.3 物理性能

格构塔所用到的复合材料部件分为主梁、副梁、斜梁，其中副梁和斜梁为同一截面型材，因此可归为一种。复合材料型材的物理性能应符合表 1 的规定。

表 1 型材的物理性能

序号	项目	技术性能指标
1	巴柯尔硬度	≥ 50
2	纤维体积含量, %	≥ 65

3	树脂不可溶分含量, %	≥ 90
4	吸水率, %	≤ 0.6
5	玻璃化转变温度, $^{\circ}\text{C}$	≥ 80

6.2.4 力学性能

型材的力学性能应符合表 2 的规定。

表 2 型材的力学性能

序号	项目	技术性能指标
1	螺钉拔出承载力, MPa	≥ 2
2	横向螺栓挤压强度, MPa	≥ 120
3	纵向螺栓挤压强度, MPa	≥ 180
4	层间剪切强度, MPa	≥ 28
5	横向弯曲强度, MPa	≥ 80
6	纵向弯曲强度, MPa	≥ 400
7	横向压缩弹性模量, GPa	≥ 7
8	纵向压缩弹性模量, GPa	≥ 25
9	横向压缩强度, MPa	≥ 70
10	纵向压缩强度, MPa	≥ 300
11	横向拉伸弹性模量, GPa	≥ 7
12	横向拉伸强度, MPa	≥ 45
13	纵向拉伸弹性模量, GPa	≥ 30
14	纵向拉伸强度, MPa	≥ 400

6.2.5 耐久性能

按照复合材料型材铺层结构进行试样制作并做相应试验后, 力学性能的保留率均应不小于85%。耐久检验项目为:

- a) 耐水性能;
- b) 耐碱性能;
- c) 紫外线耐久性能;
- d) 冻融循环耐久性能;
- e) 耐盐雾性能。

表3耐久性能要求

序号	检测项目	技术性能指标
1	耐水性能	纵向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		横向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		纵向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
		横向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
2	耐碱性能	纵向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		横向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		纵向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
		横向压缩强度保留率 $\geq 85\%$

3	耐盐雾性能	纵向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		横向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		纵向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
		横向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
4	紫外线耐久性能	纵向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		横向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		纵向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
		横向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
5	冻融循环耐久性能	纵向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		横向拉伸强度保留率 $\geq 85\%$
		纵向压缩强度保留率 $\geq 85\%$
		横向压缩强度保留率 $\geq 85\%$

6.2.6 环保

型材应通过具有资质的机构进行的RoHS认证。

6.3 钢材结构件技术要求

6.3.1 机械加工要求

6.3.1.1 机械加工表面不应有细缝、裂纹、起皱等严重疵病。

6.3.1.2 图样中未注公差尺寸的一般公差应符合GB/T1804-2000中m级规定,形状和位置公差未注公差应符合GB/T1184-1996中的H级。图样中未注明倒角且无特殊要求的零部件,一律去除毛刺、打钝锐边倒角R=1mm,内角为R=1mm。

6.3.2 焊接要求

6.3.2.1 焊缝应根据图样中规定的方式进行焊接,焊条除图样有要求的外,由工艺根据母材选取,焊条的机械性能不应低于母材。

6.3.2.2 焊接前后均应对焊件进行常规的清理工。

6.3.2.3 焊接件尺寸偏差在图上未注明或不影响装配时,长度小于3m的按GB/T1804-2000中c级(粗糙级)处理。

6.3.2.4 图样中未注明焊缝等级的焊缝应符合GB/T29712中III级焊缝要求。

6.3.3 热镀锌要求

6.3.3.1 外观要求为镀锌构件表面锌层应均匀完整、颜色一致,表面具有使用性光滑,不允许有流挂、滴流、鼓包、锌瘤或多余结块。镀件表面应无漏镀、露铁、磕碰掉锌等缺陷。

6.3.3.2 镀锌层厚度应符合 GB/T 13912 要求: 主材厚度 $<1.5\text{mm}$ $\geq 45\ \mu\text{m}$, $1.5\text{--}3\text{mm}$ $\geq 55\ \mu\text{m}$, $3\text{--}6\text{mm}$ $\geq 70\ \mu\text{m}$ 、 $>6\text{mm}$ $\geq 85\ \mu\text{m}$ 。

6.3.3.3 漏镀总面积不能超过构件总面积的0.5%。每个漏镀面若超过 10cm^2 ,构件重镀。

6.3.3.4 锌层附着性应满足GB/T 13912要求。

7 试验方法

7.1 格构塔整体性能

格构塔整体静力载荷试验按附录 A 的规定进行测定。

7.2 格构塔的复合材料型材性能

7.2.1 外观

在正常（光）照度下目测型材的内、外表面和两端面。

7.2.2 尺寸和偏差

测定截面尺寸选用精度不低于 0.1mm 的仪器（如游标卡尺、外径千分尺、超声波测厚仪或其他适当的仪器），测定长度应用精度为 1 mm 的钢卷尺。

7.2.3 物理性能

7.2.3.1 巴柯尔硬度

按 GB/T3854 进行测定。

7.2.3.2 纤维体积含量

按 GB/T 2577 进行测定。

7.2.3.3 树脂不可溶分含量

按 GB/T 2576 进行测定。

7.2.3.4 吸水率

按 GB/T 1462 进行测定。

7.2.3.5 玻璃化转变温度

按 GB/T22567-2008 中方法 C 进行测定。

7.2.4 力学性能

7.2.4.1 拉伸性能

拉伸强度和拉伸模量按 GB/T1447 进行测定。

7.2.4.2 压缩性能

压缩强度和压缩弹性模量按 GB/T1448 进行测定。

7.2.4.3 弯曲性能

弯曲强度和弯曲弹性模量按 GB/T1449 进行测定。

7.2.4.4 剪切强度

层间剪切强度按照 GB/T1450.1 进行测定。

7.2.4.5 螺栓挤压强度

螺栓挤压强度按照 GB/T30968.1 进行测定。

7.2.4.6 螺钉拔出承载力

螺钉拔出承载力按附录 B 进行测定。

7.2.5 耐久性能

7.2.5.1 试件包括耐久性试件和初始性能试件。耐久性试件与初始性能试件应在同一规格管材中取样。取样完成后，初始性能试件应以不影响待测性能的方式妥善保存。

7.2.5.2 耐水性能试验按 GB/T2573 进行，浸泡温度为 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，浸泡周期为 1000h。耐久性试验完成后，耐久性试件与初始性能试件按表 5 进行力学性能测试，并计算强度保留率。

7.2.5.3 紫外线耐久性能试验按 GB/T16422.3-2014 进行，采用方法 A，第一阶段紫外线暴露 8h；第二阶段凝露暴露 4h。周期为 1000h，或循环不少于 84 次。耐久性试验完成后，耐久性试件与初始性能试件按表 5 进行力学性能测试，并计算强度保留率。

7.2.5.4 冻融循环耐久性能试验按 GB/T50082 混凝土快冻试验进行，循环 100 次。耐久性试验完成后，耐久性试件与初始性能试件按表 5 进行力学性能测试，并计算强度保留率。

7.2.5.5 耐盐雾性能试验按 GB/T12000 进行，暴露周期为 1000h。耐久性试验完成后，耐久性试件与初始性能试件按表 5 进行力学性能测试，并计算强度保留率。

7.2.5.6 耐碱性能试验按 GB/T31539-2015 中 7.6.3 的规定进行。耐久性试验完成后，耐久性试件与初始性能试件按表 5 进行力学性能测试，并计算强度保留率。

表 5 耐久性能测试方法

序号	检测项目	检测方法	要求值
----	------	------	-----

1	耐水性能	GB/T2573 浸泡温度 (80±2) °C, 浸泡周期 1000h GB/T 1447	纵向拉伸强度保留率≥85%
			横向拉伸强度保留率≥85%
		GB/T2573 浸泡温度 (80±2) °C, 浸泡周期 1000h GB/T 1448	纵向压缩强度保留率≥85%
			横向压缩强度保留率≥85%
2	耐碱性能	GB/T31539-2015 GB/T 1447	纵向拉伸强度保留率≥85%
			横向拉伸强度保留率≥85%
		GB/T31539-2015 GB/T 1448	纵向压缩强度保留率≥85%
			横向压缩强度保留率≥85%
3	耐盐雾性能	GB/T 10125-2012 中性盐雾, 1000h GB/T 1447	纵向拉伸强度保留率≥85%
			横向拉伸强度保留率≥85%
		GB/T 10125-2012 中性盐雾, 1000h GB/T 1448	纵向压缩强度保留率≥85%
			横向压缩强度保留率≥85%
4	紫外线耐久性能	GB/T16422.3-2014 暴露方式 1, 1000h GB/T 1447	纵向拉伸强度保留率≥85%
			横向拉伸强度保留率≥85%
		GB/T16422.3-2014 暴露方式 1, 1000h GB/T 1448	纵向压缩强度保留率≥85%
			横向压缩强度保留率≥85%
5	冻融循环耐久性能	GB/T50082-2009 快冻试验, 循环 100 次 GB/T 1447	纵向拉伸强度保留率≥85%
			横向拉伸强度保留率≥85%
		GB/T50082-2009 快冻试验, 循环 100 次 GB/T 1448	纵向压缩强度保留率≥85%
			横向压缩强度保留率≥85%

7.2.6 环保认证

RoHS 认证按 (2011/65/EU) 《关于在电子电器设备中禁止使用某些有害物质指令》进行。

8 检验规则

检验分出厂检验和型式检验。

8.1 钢材结构件出厂检验

8.1.1 检验项目

钢材结构件每批产品均应进行外观、尺寸检验。

热镀锌加工件每批次产品应进行镀层外观、镀层厚度、镀层附着力检验。

焊接加工件每批次产品应进行焊缝等级检测。

8.1.2 检验方案

8.1.2.1 以相同规格、相同材料、相同工艺加工生产的 100 件产品为一批，不足此数时视为一批。

8.1.2.2 外观质量、尺寸、镀层外观、镀层厚度、镀层附着力、焊缝等级检验采用二次抽样，每一个批次不少于2%的数量进行检验。

8.1.3 判定规则

8.1.3.1 采用二次抽样时，第一次所抽样本全部符合 6.3.1-6.3.3 中相应要求则判该批产品合格；如果有 2 项不符合要求，则判该批产品不合格。当有一项不符合要求时，进行第二次抽样，如第二次抽样全部项目合格，判该批产品合格，否则判该批产品不合格。

8.2 复合材料型材出厂检验

8.2.1 检验项目

每批型材均应进行外观、尺寸和偏差、巴柯尔硬度、纤维体积分含量的检验。

8.2.2 检验方案

8.2.2.1 以相同规格、相同材料、相同工艺生产的 1000 根产品为一批，不足此数时视为一批。

8.2.2.2 外观、尺寸和偏差检验采用一次抽样，每批随机抽取不少于 2%进行检验。

8.2.2.3 巴柯尔硬度、纤维体积分含量检验采用二次抽样，每批随机抽取不少于 3 件产品进行检验。

8.2.3 判定规则

8.2.3.1 采用一次抽样时，所抽样本全部符合 6.2 的要求或有 1 项不符合 6.2 的要求，则判该批产品合格。如果有 2 项及 2 项以上项目不符合 6.2 的要求，则判该批产品不合格。

8.2.3.2 采用二次抽样时，第一次所抽样本全部符合 6.2.3 中相应要求则判该批产品合格；如果有 2 项不符合要求，则判该批产品不合格。当有一项不符合要求时，进行第二次抽样，如第二次抽样全部项目合格，判该批产品合格，否则判该批产品不合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验条件

有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 正式投产前的试制定型检验；
- b) 正式投产后，如材料、结构、工艺有明显改变可能影响产品性能时；
- c) 连续停产半年及以上后恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构要求进行型式检验时。

8.3.2 检验项目

8.3.2.1 检验项目包括第 6 章的全部项目。

8.3.2.2 所检项目均符合第 6 章的规定，判型式检验合格，否则判型式检验不合格。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

每个格构塔都应贴有出厂标识，出厂标识应贴在组件外表面的一端，标识内容包括：

- a) 产品标记；
- b) 制造商名称（或商标），地址；
- d) 生产日期、批号。

9.2 包装

9.2.1 出厂产品每批应附有合格证，安装使用说明及备用附件清单。合格证内容包括：编号、生产日期和批号，产品规格，检验结果，制造商的名称、地址，检验人员签章。

9.2.2 运输前应用纸板、气泡膜、软木等软物垫衬，并栓紧扎牢。

9.3 运输

复合材料格构塔在运输及装卸过程中不应受到剧烈的撞击,抛掷。

9.4 贮存

堆放场地应平整,每种复合材料型材存放间距不小于 10 mm,码放高度不大于 12 层并有防止滚动的措施。长期存放时,应置于无阳光照射、干燥通风的场所。

9.5 维护

5年免维护,之后进行正常巡检,巡检周期半年。

10 其它

10.1 紧固件安装扭紧力矩为 $30\text{N}\cdot\text{m}$ 。

附录 A (规范性附录)

复合材料格构塔整体静力载荷试验方法

A.1 范围

本附录规定了复合材料格构塔静力载荷试验的试验原理、试件、试验设备、试验环境条件和试验步骤。本附录适用于复合材料格构塔工作风速小偏转角以及验证设计风速下塔体能否破坏试验测试。

A.2 试验原理

试件为复合材料格构塔等比例样塔, 将其固定在试验平台上, 对塔体顶端施加单轴拉伸载荷, 直至施加到工作风速下的传递载荷 a_1 , 测试其位移, 继续施加单轴拉伸载荷, 直至施加到设计风速下的载荷 a_2 , 观察塔体是否有屈曲变形或破坏。

A.3 试件

应采用与实物同等比例的样塔作为测试试件。

A.4 测试设备

拉压传感器 (5t)、双向作用液压油缸、数字放大器。

A.5 实验步骤

1. 塔体与地基型钢连接固定, 确定连接牢固。
2. 在塔顶端部向下 200mm 处, 设置绑带一端与两根主梁连接, 另一端与施加载荷油缸相连, 起到传递拉伸载荷作用。
3. 再施加载荷相反方向设置位移标尺, 试验前测量初始位置并记录, 作为塔体位移的原点。
4. 试验采用间歇式加载的方式, 每加载 1000KN 为一级, 同时测量一次端部位移, 直至加载至工作载荷后, 测量记录每级载荷对应的端部位移。
5. 采购工作载荷后, 试验可采用连续加载的方式, 直至加载至设计载荷, 观察塔体表征。

A.6 结果与报告

试验报告中应包含以下内容:

- a) 塔体在工作载荷下, 段位的位移变量数值;
- b) 塔体在设计载荷下, 塔体结构表征现象 (是否有部件损坏等现象)。

附录 B (规范性附录)

FRP 型材螺钉拔出承载力试验方法

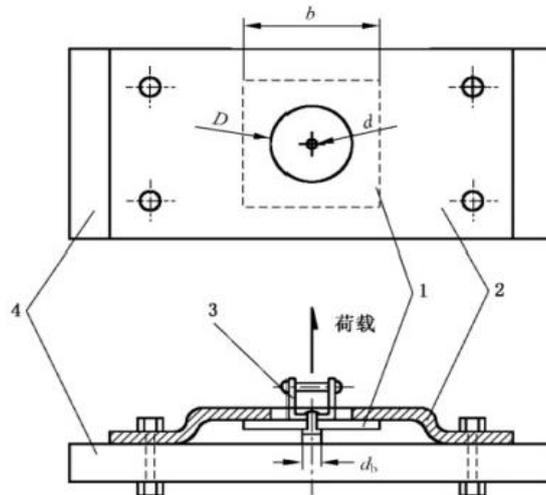
A.1 范围

本附录规定了螺钉拔出承载力试验的试验原理、试件、试验设备、试验环境条件和试验步骤。本附录适用于螺钉拔出承载力测试。

A.2 试验原理

试件为中央开一圆形销孔的正方形 FRP 板, 将其放置在组合夹具之中, 对耳叉施加单轴拉伸荷载, 使 FRP 板受到螺钉传递的局部荷载, 直至复合材料试件、螺钉或两者都发生破坏为止。试件尺寸与夹持装置见图 B.1 所示。

单位为毫米



说明:

b—试件边长;	1—FRP 板试件;
d—销孔直径;	2—夹具顶板;
D—间隙孔直径;	3—耳叉;
d_0 —螺钉帽直径;	4—夹具底板。

图 A.1 试件尺寸示意图

A.3 试件

A.3.1 试件应从批量生产的产品中随机选取, 每批试件数量不少于 5 个。每批试件应包含腹板处试件和翼缘处试件。当 FRP 型材外形不能满足试件尺寸时, 应从随炉平板上取样。

A.3.2 试件厚度 $t \leq 4\text{mm}$ 时, 试件边长 b 为 80mm, 销孔直径 d 为 6mm, 螺钉帽直径 d_0 为 12mm; 当试件厚度 $t > 4\text{mm}$ 时, 试件的边长与打孔尺寸由试件厚度决定, 应满足 $b/t=20$, $d/t=1.5$, $d_0/t=3$ 。试件打孔直径误差应控制在 $\pm 0.2\text{mm}$ 之内。试件打孔位置在之间中心。

A.3.3 试件切取应满足 GB/T1446 规定。

A.4 试验设备

A.4.1 试验机应符合 GB/T1446 规定。

A.4.2 夹具顶板和顶板之间应能够用螺栓紧固, 且应有足够的刚度和强度, 在试验过程中不破坏, 不发

生过大的变形。夹具顶板上有一间隙孔，以便耳叉与销杆伸出。当试件厚度 $t \leq 4\text{mm}$ 时，间隙孔直径 D 为 50mm ；当试件厚度 $t > 4\text{mm}$ 时，间隙孔直径由试件厚度决定，应满足 $D/t=12.5$ 。

A. 4.3 螺钉与销杆应有足够的刚度和强度，在试验过程中不破坏，不发生过大的变形。当试件厚度 $t \leq 4\text{mm}$ 时， d_b 为 12mm ；当试件厚度 $t > 4\text{mm}$ 时，应满足 $d_b/t=3$ 。

A. 4.4 耳叉应能在两个正交方向自由旋转，调整荷载垂直于试件平面，且应有足够的强度。

A. 5 试验环境条件

按 GB/T1446 的规定。

A. 6 试验步骤

A. 6.1 用符合精度要求的量具测量试件截面几何尺寸，每组数据测量 3 次，取算术平均值。

A. 6.2 安装试件，将试件销孔与夹具顶板间隙孔对中，不对螺钉施加紧固力。

A. 6.3 试验开始前应对试件进行预拉，排除试验装置中的松弛变形，同时检查试验系统是否正常。

A. 6.4 试验采用连续加荷的方式，加载速度应控制在 $(1 \pm 0.2)\text{mm/min}$ ，对试样加载直至最大载荷，并且载荷从最大载荷下降 30% 为止。在作用载荷第一次明显下降（大于 10%）以前，载荷-位移曲线上观察到的第一个峰值载荷定义为结构的破坏载荷 P_u 。

A. 6.5 非螺钉压挤而造成试件损坏的测试结果无效，包括销杆、螺钉出现不可恢复的损坏，试件在开孔远端损坏，耳叉损坏等。记录出现无效结果的总数及样品型号，同批有效试样不足 5 个时，应在同批次产品中重新随机选取试件进行试验。

A. 7 结果计算与报告

A. 7.1 同型试件测得螺钉挤压强度变异系数不应超过 15%，否则应视为无效结果，对试验过程进行检查后，重新随机抽取一组 5 个试件进行试验，直至得到有效的试验数据。

A. 7.2 试验报告中应包含以下内容：

- a) 试件、销杆和螺钉的尺寸；
- b) 各个试件的破坏荷载、破坏荷载的平均值以及标准差。

参 考 文 献

索 引