



全国“星火计划”丛书

刘雄亚 赵建国
单松高 编

玻璃钢实用技术(七)

玻璃钢性能测试及产品检验

中国建筑工业出版社

本书是“玻璃钢实用技术”的第七分册,其他几个分册为:《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》。

本书介绍了玻璃钢的比重、容重、空隙率、吸水性等物理性能,拉、压、弯、剪、冲、持久、蠕变、疲劳等力学性能,热、电、光学性能,耐化学介质和耐水性能,耐候性能等检测方法,内容包括各种性能的特点、检测原理、试样制备、测试环境及仪器设备、测试步骤和结果计算,同时,还讨论了对性能的影响因素。最后介绍了产品性能测试方法和三种具体产品的检测实例。此外,还介绍了数据处理的基本知识。

本书可作中小玻璃钢厂培训工人教材,也可供玻璃钢有关专业人员参考。

本书第一至四章由刘雄亚编写,第六、七章由赵建国编写,第八章由单松高编写,第五章由赵建国、单松高编写。

全国“星火计划”丛书
玻璃钢实用技术(七)
玻璃钢性能测试及产品检验
刘雄亚、赵建国 单松高 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京昌平长城印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 5 1/8 字数: 131千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

印数: 1—3,340册 定价: 4.30元

ISBN7—112—00687—2/TU·480

(5807)

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员(以姓氏笔划为序)

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委员(以姓氏笔划为序)

王晓方 向华明 米景九 应日珽 张志强

张崇高 金耀明 赵汝霖 俞福良 柴淑敏

徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作用《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对于《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

前 言

玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢，它是以玻璃纤维为增强材料，合成树脂为基体的塑料基复合材料。除玻璃纤维外，用作塑料基复合材料的增强材料还有碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维及其他有机和无机纤维。用碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维制成的复合材料，具有比玻璃钢更高的技术性能，故称为先进复合材料。本丛书虽然介绍了先进复合材料的一些情况，但主要是介绍玻璃钢（玻璃钢占复合材料总产量的99%以上），故书名仍统称为“玻璃钢”。

玻璃钢在我国已有近30年的发展历史，从原材料的生产和选用、制品成型工艺、产品性能检测及设计、机械装备的设计和制造，直到产品的开发应用等，都取得了很大成绩。特别是十一届三中全会以后，中小玻璃钢厂像雨后春笋，发展十分迅速，据1986年统计，全国从事玻璃钢/复合材料的研究和生产单位已有二千余家，年产量达到6万吨，各种玻璃钢产品已广泛用于国民经济的各个领域，成为发展现代工业不可缺少的新材料。当然，我国与经济发达的国家相比，仍有相当的差距，如产量低，品种少、工艺落后、产品质量不够稳定等。为了振兴我国的玻璃钢工业，满足中小玻璃钢企业广大职工的学习要求，我们编写了这套玻璃钢实用技术，并列入全国“星火计划”丛书。

玻璃钢实用技术包括《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、

《玻璃钢成型机械》、《玻璃钢机械加工》、《玻璃钢性能测试及产品检验》共七个分册，由武汉工业大学刘雄亚教授主编。在编写过程中，我们尽量总结国内外的最新实践经验和研究成果。期望本套玻璃钢实用技术能对我国中小玻璃钢企业的发展有所贡献，但限于作者水平，书中难免有不妥之处，希望广大读者批评指正。

编者1987年8月

目 录

序

前言

第一章 绪论..... (1)

第二章 试验结果分析及数据处理..... (6)

第一节 抽样及有效数字..... (6)

第二节 误差理论简介..... (9)

第三节 数据处理..... (12)

第三章 玻璃钢物理性能检测..... (19)

第一节 比重和容重..... (19)

第二节 空隙率和吸水性..... (53)

第四章 玻璃钢基本力学性能检测..... (34)

第一节 玻璃钢的力学特性..... (34)

第二节 玻璃钢基本力学性能检测..... (42)

第三节 玻璃钢长期力学性能检测..... (67)

第五章 玻璃钢热、电、光性能检测..... (74)

第一节 玻璃钢热学性能检测..... (74)

第二节 玻璃钢电学性能检测..... (92)

第三节 玻璃钢光学性能检测..... (108)

第六章 玻璃钢化学性能检测..... (114)

第一节 玻璃钢的耐化学腐蚀性..... (115)

第二节 玻璃钢耐水性检测..... (117)

第七章 玻璃钢耐候性检测..... (139)

第一节 玻璃钢自然老化检测..... (139)

第二节	人工加速老化试验.....	(151)
第八章	玻璃钢产品性能检验.....	(155)
第一节	玻璃钢产品使用条件分析.....	(156)
第二节	玻璃钢产品检测方法的选择和设计.....	(161)
第三节	玻璃钢产品检验举例.....	(163)

第一章 绪 论

随着玻璃钢工业的发展，玻璃钢及其制品的质量问题已提到日程上来，质量的好坏是能否保证玻璃钢工业迅速发展的关键。而质量又与材料的性能测试与产品检验息息相关。

一、玻璃钢的性能特点

玻璃钢是由合成树脂和纤维增强材料及填料所组成的非均质复合材料，各组分在复合后的材料中仍保留其原有的性能，但能协调发挥作用，因此，在同一类玻璃钢中，由于配方的变化，便可以获得性能完全不同的材料。玻璃钢具有比重小、强度高、耐冲击、耐疲劳、耐烧蚀、耐化学腐蚀、介电性能好、防水、隔声、防静电、自润滑、透光、保温等一系列优异性能，这就为其开发应用提供了有利条件。玻璃钢的这些性能之获得，主要是通过原材料选择、界面处理、配方和铺层设计来实现的。也就是说玻璃钢的性能，可以根据使用条件要求在很大范围内进行设计。正因为如此，玻璃钢能广泛地用于火箭、导弹、飞机、兵器、船艇、车辆、化工防腐、电气绝缘、石油管道、建筑构件、卫生设备、机械制造等各个工业领域。据不完全统计，全世界各个国家的玻璃钢产品品种已发展到4万多个，而且应用范围还在不断开拓。由此可见，要保证每个玻璃钢材料产品的性能合格，产品检验是一个多么庞大而又重要的工作。

二、玻璃钢性能测试及产品检验的意义

性能测试和产品检验是两个概念不同，但又密切相关的问题。前者主要是研究和测定玻璃钢材料本身固有的基本性能，如强度、密度等，后者则是检验由玻璃钢制成的产品的各项技术性能和质量优劣等。

(一) 性能测试

玻璃钢性能测试主要是研究和了解材料的基本性能和试验方法。根据对材料结构和性能要求了解的深度不同，性能测试又分为：微观结构分析和宏观性能试验两大类。

1. 微观结构分析是指用现代分析技术（如各种光谱、电子能谱、X射线、电子显微镜等测试方法）研究玻璃钢材料的内部结构、界面粘结状态、破坏机理及断口形貌等。使人们从微观或亚微观层次的深度，来了解玻璃钢材料内部结构与性能之间的关系。

2. 宏观性能测试是指用常规试验手段，对玻璃钢的力学性能、电学性能、热学性能、化学性能等进行测定、通过这种手段，使人们能够正确地认识和掌握各种玻璃钢材料本身固有的基本性能，以便进一步研究改进，使之在工程中得到合理的推广应用。

(二) 产品检验

玻璃钢产品检验是指根据设计要求或使用状况，对玻璃钢产品的性能和质量进行检验，以保证产品质量和使用安全。由于玻璃钢产品的种类繁多，使用环境对性能的要求又不相同。因此，对于不同玻璃钢产品，就需要制订出不同的试验方法和检验项目。

根据检验后产品的性能保留情况和破坏程度，玻璃钢产

品性能检验又分为破坏性检验和非破坏性检验两大类。

1. 破坏性检验是根据产品的实际使用要求，利用模拟试验手段，对产品进行模拟试验，要求各项技术指标达到产品使用条件或破坏为止。采用这种方法评价产品的质量优劣和使用价值，比较可靠，但代价较高。

2. 非破坏性检验是指用某种特殊试验方法，对产品的各个部位进行无损伤检查，从而判断产品的质量优劣和使用价值。非破坏性检验法的优点是方法简便，使用安全，代价低，但可靠性不如前者，目前正处在研究提高阶段。

综上所述，性能测试是研究和认识玻璃钢材料性能的主要手段。通过对其进行的性能检测，不仅可以判断和掌握任何一种玻璃钢材料的基本性能，正确地选择其使用范围，而且还可以帮助检验材料配方设计和成型工艺中存在的问题，提供进一步研究改进。因此，材料性能测试，对评价、研究和推广应用玻璃钢有着决定性的指导作用。产品检验则是检查产品设计正确与否的唯一办法，是控制产品质量、指导生产和保证使用安全的重要手段。总之，玻璃钢性能测试和产品检验是进行玻璃钢材料研究和发展生产的极其重要的组成部分，是保证玻璃钢行业顺利发展的必要手段。

三、国内外测试技术的发展概况

玻璃钢性能测试和产品质量检验技术的发展，是伴随着玻璃钢工业的发展同步前进的。我国玻璃钢性能测试和产品检验的发展过程大体上分为三个阶段：第一阶段是1974年以前，在这段时间内，我国的经验很少，一切测试工作都是围绕着军工新产品的研制进行，所用的试验方法都是按照苏联“ГОСТ”和美国“ASTM”标准进行。第二阶段是从1974

年到1980年，在这一阶段中我国有了一定的实践经验。在国家建材局的领导下，成立了玻璃钢性能测试专业领导小组，首次在国内形成了专业技术队伍，使性能测试和产品检验的研究工作走上了正规道路。1977年国家建材局在总结过去工作的基础上，根据国内对玻璃钢的研究和生产实践，颁发了第一个玻璃钢性能测试方法部颁标准。1978年在修订部颁标准的基础上，颁发了适合我国国情的第一个玻璃钢性能测试方法国家标准。至此，才把全国和建材系统的部分玻璃钢性能试验方法和标准统一起来，为鉴别同类产品质量和进一步发展玻璃钢工业打下了科学基础，对指导生产起到了良好作用。1980年到现在，属第三阶段。在此阶段内，首先是1980年成立了全国性的“纤维增强塑料（即玻璃钢）标准化分技术委员会”，由国家标准局和国家建材局直接领导。在该分技术委员会的主持下，审议了29项国家标准和三项部级标准。1984年该分技术委员会正名为“全国纤维增强塑料标准化技术委员会”，并定于每年9月召开一次全体委员会议，审议、修改和通过新旧标准。全国纤维增强塑料标准化技术委员会的成立对促进我国玻璃钢标准化工作的迅速发展，调动各部门及广大专业技术人员的积极性，起到了推动作用。到目前为止，我国已颁发的国家标准（GB）和部级标准（JC）共88项，其中基础标准1项，方法标准76项，产品标准9项。这些标准无疑对保证玻璃钢产品质量，起到了重要作用，但距我国玻璃钢工业发展需要，仍相差甚远，特别是产品标准差距更大。

国外玻璃钢性能测试及产品检验工作虽然比我国发展得快，但迄今为止，国际间还没有一个统一标准，仍处在不断研究、不断完善的发展阶段。从本国实际工作需要出发，各

国都制定了自己的国家级标准。如美国的ASTM, 英国的BS, 联邦德国的DIN, 苏联的ГОСТ, 日本的JIS等国家标准中, 都对玻璃钢材料的机械性能、介电性能、热性能、耐介质性能及其它物理性能等的测试方法, 制定了严格的标准。为了保证玻璃钢产品的质量, 各国都还制定了国家级、地方级及企业级产品质量标准。由于各国的实际情况不同, 因此, 所制定的国家标准都或多或少的有些差异。

随着玻璃钢产品应用范围的不断开拓, 用户对质量要求越来越高, 性能参数也越来越多, 为了适应这个发展趋势, 目前世界各国在性能测试和产品检验方面, 都在进行如下工作: (1) 进一步开展对玻璃钢及复合材料基本性能测试方法的研究和改进, 要求更准确、更精细地反映玻璃钢本身结构的客观规律。例如美国国家标准局, 材料年会等每年都花大量的人力和物力研究测试方法, 所以ASTM标准每隔几年就要修改一次。我国纤维增强塑料标准委员会每年都要召开一次全体委员会, 审议和修改新旧国家标准, 使之不断完善; (2) 不断扩大对性能测试项目的研究, 对不同条件下玻璃钢及复合材料性能变化的研究; (3) 开展玻璃钢及复合材料微观结构的研究, 如研究复合机理、界面结构、动态行为等。

四、玻璃钢性能测试及产品检验内容概述

与传统材料相比, 玻璃钢材料的特点很多, 如: (1) 材料本身构造的不均匀性和各向异性; (2) 环境条件对材料性能影响很大, 尤其是对温度、湿度及使用时间等更为敏感; (3) 试样的代表性和试验数据的离散性。由于玻璃钢本身的各向异性, 要求在取样和数据处理时, 必需充分考虑到这些特点。

第二章 试验结果分析及数据处理

玻璃钢性能及产品试验，一般都包括以下几个内容：

1. 试验内容及方法制定；2. 抽样；3. 试验记录及有效数字的确定；4. 数据分析处理；5. 撰写试验报告等。本章主要介绍第2、3、4项内容。

第一节 抽样及有效数字

一、抽 样

材料性能测试和产品检验，常常是从一大批材料或产品中抽取少部分作为试样，然后再通过试验检测，推断出整批产品的性能和质量。怎样使抽取的试样能准确地反映出这批材料或产品的总体情况，确实是一个非常重要的问题。因此，只有采取正确的抽样方法，才能使抽取的试样组成能代表全部产品的样品，对该批产品做出正确的推断。所谓正确的抽样方法，就是要使每个产品都有被抽作样品的相同机会。例如，对一批玻璃钢管进行质量检验，需要从这一大批玻璃钢管中，抽取少量管进行耐压试验。如果抽样方法不正确，只简单的从堆垛上面取样，则堆放在下面的玻璃钢管就没有机会被抽取，这样的检验结果，就不可能代表全部产品的质量，为了克服这些人为了有意识的偏差，建议按下列三种抽样方法的任意一种进行取样。

(一) 纯随机抽样

纯随机抽样法是先将产品编号，并制作一套与产品编号相对应的码签，然后将码签充分混合均匀，从中任意抽取部分码签，组成试样码签，再从产品堆中取出与码签相对应的产品，组成产品检验样本。当产品数量过于庞大时，此方法不适用。

（二）机械抽样

此法是按预先制定的规则，抽取一定数量的产品组成样本。其具体方法是先将被检验的产品编号，然后每隔一定数目抽取一个样品，并将被抽出的样品组成样本。此法适用于数量较大的产品，但在产品编号时，要注意将产品充分混合。

（三）整群抽样

当产品数量很多时，可以采用群体取样。整群抽样方法是以一群产品作一组，然后用纯随机取样或机械取样的方法抽出若干组产品组成样本，或者用纯随机抽样或机械抽样方法抽取这些组中的部分产品组成样本。例如对玻璃钢管进行抗渗透试验时，可以从每班生产的产品中抽出3根作为一组，再把1个月中抽取的90根玻璃钢管按纯随机取样方法抽出5至10根管组成样本，然后再对这个样本进行试验。

二、有效数字的确定

记录测量数值时，应当不多不少地记下能够确定读得的全部数字，这些表示测试值的确定大小的数字称为有效数字。有效数字不仅能够反映测量的结果，而且还能反映测量所进行的精密程度。为了计算方便，用有效数字记录测量结果时，应写成标准形式，即保留一位整数，其余的记成小数，再乘以10的适当次幂，例如0.24毫米，可记成 2.4×10^{-1}

毫米, 31400毫米, 可记成 3.14×10^4 毫米。

在数据处理中, 需要对不同精度的测试值进行运算, 如果能按下列规则进行, 即能获得节省时间, 避免错误的效果。

1. 记录测试结果时, 保留一位可疑数字,

2. 一般可疑数字只允许有 ± 1 个单位的误差, 特殊情况除外。

3. 有效数字位数确定以后, 其余数字一律舍去。舍弃办法采用四舍五入, 如果末位数恰好是5, 看最后第二位数字, 是奇数者进1, 是偶数者弃去不计, 如将29.045与24.055, 采用四舍五入取四位有效数字时, 分别可记录为29.04和24.06。

4. 运算过程中, 当第一位数字大于或等于8时, 有效数字可多记一位, 例如8.36, 可看作四位有效数字参加运算。

5. 加减运算时, 各数字保留的小数点后面的位数, 应与所给各数中小数点后面位数最少的相同。例如18.07, 0.0074, 2.382三个数相加时, 因为18.07数后面的小数只有两位, 所以其余两数应改写成0.01和2.38, 然后相加, 即:

$$18.07 + 0.01 + 2.38 = 20.46$$

6. 乘除运算时, 各数值保留的位数, 以百分误差最大或有效数字位数最少者为准, 所得积或商的精确度, 不应大于精度最小的那个数值。例如运算 $0.0321 \times 24.57 \times 1.38421$ 时, 其中0.0321的有效数字位数最少, 所以其余两数应改写成24.6和1.38与之相乘, 即:

$$0.0321 \times 24.6 \times 1.38 = 1.09$$

7. 应用对数进行乘除运算时, 保留各数值的对数尾位中的位数, 与6中乘除规则相同。

例如上例中的乘法用对数运算时, 即:

$$\log 0.0321 = -1.494$$

$$\log 24.57 = 1.390$$

$$\log 1.38421 = 0.141$$

$$\log 1.09 = 0.037$$

8. 计算平均值时, 若为四个数或超过四个数相平均, 则平均值的有效数字位数可增加一位。

9. 表示准确度的标准差 (或其他误差), 在大多数情况下, 只取两位有效数字, 甚至只取一位有效数字。

第二节 误差理论简介

一、什么叫误差

玻璃钢材料的各种工艺参数和物化性能, 绝大多数最终可以通过试验定量地反映出来。但由于测试仪器、测试方法、环境条件、实验者的试验水平及材料本身的不均匀性等, 都不可能做到完美无缺, 所以虽然测试条件相同, 各次或各大测试的数值之间, 总是会有不同程度的偏离, 不能完全反映测试量的真值。这种测试结果与真值的偏差就称为误差。

二、测试的种类

一般试验中的测试分类方法有三种:

1. 按测试量与未知量之间的关系, 测试可分为直接测试和间接测试。所谓间接测试, 就是所测的未知量是直测量的函数, 未知量必须通过计算才能得到。例如测试玻璃钢的拉伸破坏强度 σ 时, 必须先测试出试样的有效工作截面积 S 和相应的破坏荷载 P , 然后通过公式 $\sigma = P/S$ 求出破坏时的拉伸强度。所谓直接测试, 就是未知量可以通过测试直接确定下