

数据库技术报告

1 材料测试分析方法体系研究及材料基因数据库的构建

团队开展了原料与半成品材料及复合材料测试分析方法的论证与方法优化工作，建立了材料分析测试方法体系与设计准则，表征分析了多牌号、多批次 UHMWPE 纤维等的性能。在此基础上，结合原料、半成品材料、复合材料及终端产品的性能指标参量与测试方法，设计开发了包含纤维性能、微观结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能、抗高速冲击性能等的材料数据库，为进一步研究纤维及其复合材料性能关联规律奠定了基础。

1.1 材料数据库开发

本项目材料基因数据库的对象从成纤用树脂、纤维、基体树脂到防弹复合材料样件以及终端产品，性能数据包括物理性能、化学性能、表面特性、力学性能、防弹性能等多个方面，同时涵盖实验与模拟仿真结果，使得项目数据具有材料类型多、数据格式多样、数据量大等特点，对数据库开发提出了很高要求。该数据库需要具有查询方便、开放性、实用性强的特点。该数据库将包含纤维性能、微观结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能、文献与标准等数据。

1.1.1 数据库设计

材料基因数据库系统结构如图 1 所示，包含纤维性能、微观结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能、文献标准等数据，可实现材料信息和性能数据的检索，同时通过交互界面用户可以方便地对不同模块进行操作及管理。

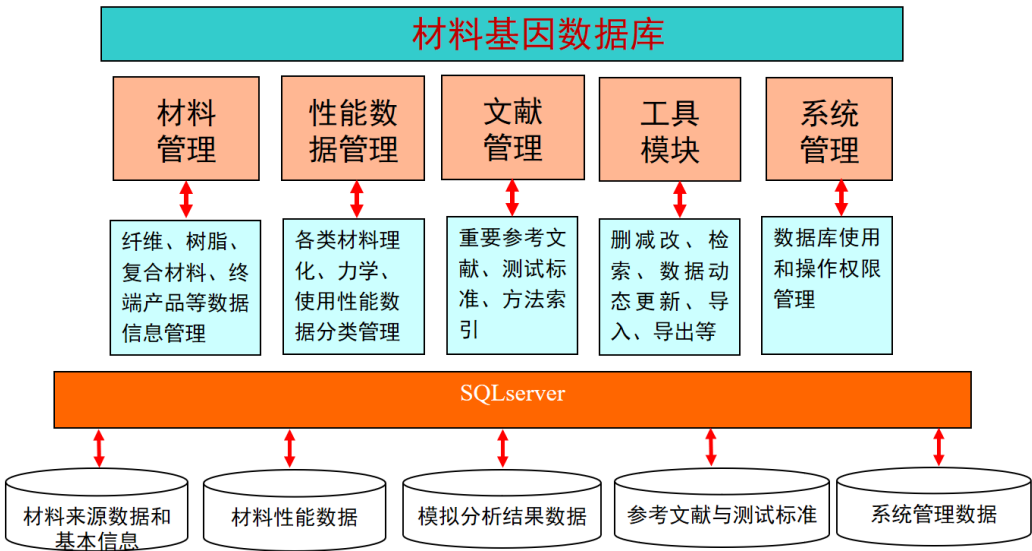


图 1 数据库系统结构

各个模块拟存储的信息分别为：

材料管理模块对纤维、树脂、复合材料、产品等基本信息进行分类管理，包括材料牌号、批号、生产日期、来源等。

性能数据管理模块负责对各种材料（纤维、树脂、纤维/树脂界面、复合材料、终端产品）的性能数据分类管理（见图 2），并可进行增删改等。为保证测试条件可追溯，同时包

含了试验类型、测试方法（标准等）、测试单位、测试时间、测试环境温度、湿度等详细信息。

工具模块具有增加、删除、编辑、查询等基本功能，同时可实现数据导入、导出等。用户管理模块通过用户权限管理，限定不同用户对数据库的使用权限。

系统功能架构如图 3 所示。

材料基因数据库的对象包括成纤用树脂、纤维、基体树脂、复合材料以及抗冲击制备等终端产品，项目组依据方法体系，详细梳理了收集到的数据，包括性能参数和具体的数据类型等。该数据库将包含纤维性能、微观结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能、抗冲击性能、文献库等数据。

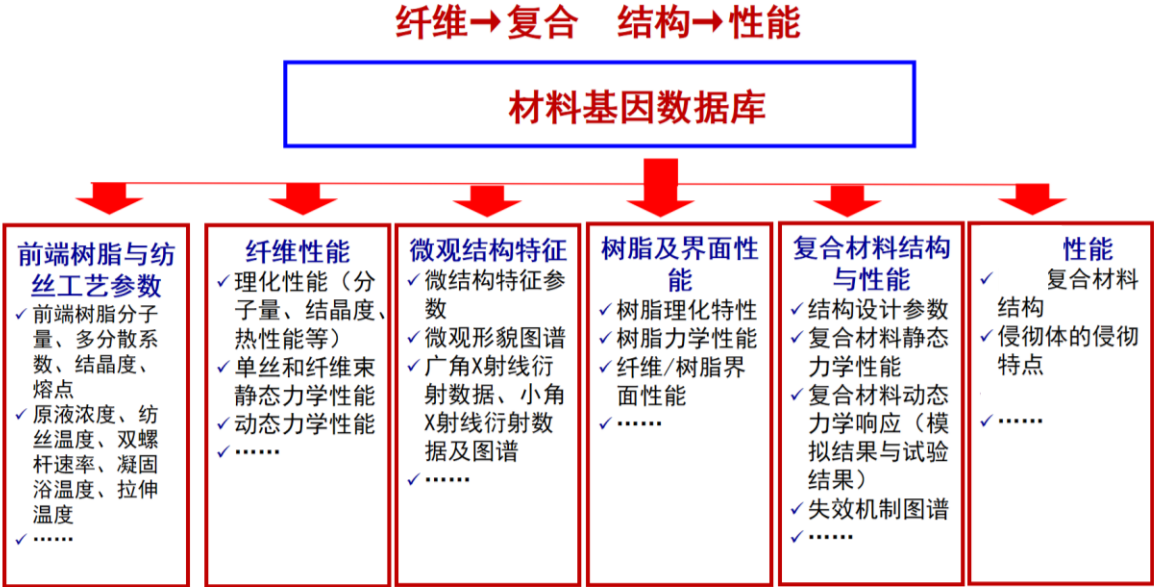


图 2 性能数据模块结构

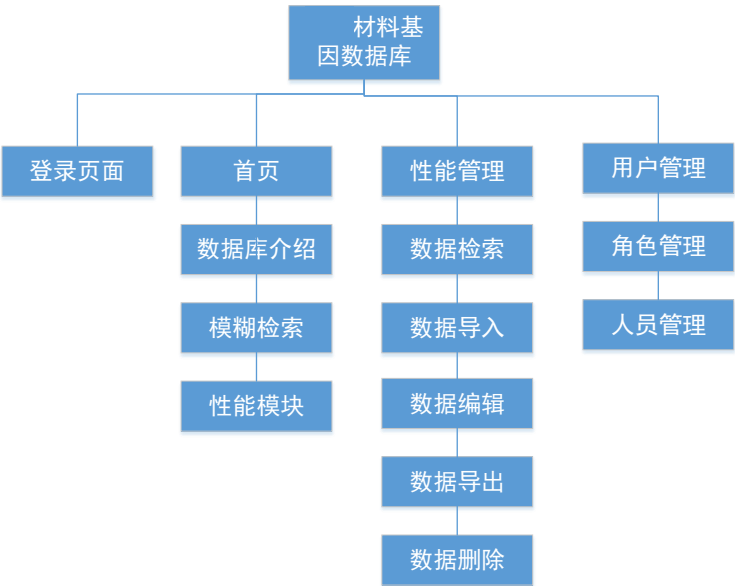


图 3 系统功能架构

(1) 纤维性能

纤维性能部分主要包括纤维样品基本信息、纤维的分子量、纤维力学性能、纤维热性能。
包含的典型数据内容和数据类型如图 4 -图 6。

纤维样品基本信息		纤维的分子量(粘均分子量)	
ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
样品来源	VARCHAR(200)	测试日期	DATETIME
样品名称	VARCHAR(200)	测试机构	VARCHAR(20)
生产日期	DATETIME	测试名称	VARCHAR(20)
线密度	DECIMAL(19,2)	测试设备	VARCHAR(20)
纤维根数	DECIMAL(19,2)	备注	VARCHAR(200)
图片附件	VARCHAR(2550)	测试样品质量	INT
备注	VARCHAR(200)	测试温度	INT
添加人	VARCHAR(200)	粘均分子量	INT
添加时间	DATETIME	结果图	VARCHAR(255)
		原始测试记录	VARCHAR(255)
		添加人	VARCHAR(200)
		添加时间	DATETIME

图 4 纤维样品基本信息

纤维热性能（热重分析）		纤维热性能（差示扫描量热分析）		纤维热性能（热导率）	
ID	BIGINT	ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME
测试机构	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(20)
测试名称	VARCHAR(20)	测试名称	VARCHAR(20)	测试名称	VARCHAR(20)
测试设备	VARCHAR(20)	测试设备	VARCHAR(20)	测试设备	VARCHAR(20)
样品质量	DECIMAL(19,2)	样品质量	DECIMAL(19,2)	样品质量	DECIMAL(19,2)
测试坍塌	VARCHAR(20)	测试坍塌	VARCHAR(20)	测试坍塌	VARCHAR(20)
测试温度范围	VARCHAR(20)	测试温度范围	VARCHAR(20)	测试温度范围	VARCHAR(20)
升温速率	DECIMAL(19,1)	升温速率	DECIMAL(19,1)	升温速率	DECIMAL(19,1)
保护气	VARCHAR(10)	保护气	VARCHAR(10)	保护气	VARCHAR(10)
测试方法	VARCHAR(20)	测试方法	VARCHAR(20)	测试方法	VARCHAR(20)
备注	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)
组分含量描述	VARCHAR(20)	熔融焓	DECIMAL(19,2)	导热系数	DECIMAL(17,4)
结果图	VARCHAR(255)	熔融温度	DECIMAL(19,2)	结果图	VARCHAR(255)
原始测试记录	VARCHAR(255)	结晶度	DECIMAL(19,2)	原始测试记录	VARCHAR(255)
添加人	VARCHAR(200)	结果图	VARCHAR(255)	添加人	VARCHAR(200)
添加时间	DATETIME	原始测试记录	VARCHAR(255)	添加时间	DATETIME
		添加人	VARCHAR(200)		
		添加时间	DATETIME		

图 5 典型纤维热性能数据及类型

纤维力学性能(常温恒速-变温恒速拉伸)		纤维力学性能(动态拉伸)		纤维力学性能（蠕变）	
ID	BIGINT	ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME
测试机构	VARCHAR(200)	测试机构	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(20)
测试名称	VARCHAR(200)	测试名称	VARCHAR(20)	测试名称	VARCHAR(20)
测试设备	VARCHAR(200)	测试设备	VARCHAR(20)	测试设备	VARCHAR(20)
环境温度	DECIMAL(19,1)	环境温度	DECIMAL(19,1)	环境温度	DECIMAL(19,1)
环境湿度	DECIMAL(19,1)	环境湿度	DECIMAL(19,1)	环境湿度	DECIMAL(19,1)
拉伸速度	DECIMAL(19,2)	测试方法	VARCHAR(20)	测试方法	VARCHAR(20)
测试方法	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)
备注	VARCHAR(200)	初始弹性模量	DECIMAL(19,2)	强力	DECIMAL(19,2)
断裂强度	DECIMAL(19,2)	破坏应力	DECIMAL(19,2)	断裂强度	DECIMAL(19,2)
断裂强度偏差系数	DECIMAL(19,2)	失稳应变	DECIMAL(19,2)	断裂伸长率	DECIMAL(19,2)
初始模量	DECIMAL(19,2)	结果图	VARCHAR(255)	模量	DECIMAL(19,2)
初始模量偏差系数	DECIMAL(19,2)	原始测试记录	VARCHAR(255)	蠕变率	DECIMAL(19,2)
断裂伸长率	DECIMAL(19,2)	添加人	VARCHAR(200)	结果图	VARCHAR(255)
断裂伸长率偏差系数	DECIMAL(19,2)	添加时间	DATETIME	原始测试记录	VARCHAR(255)
断裂功	DECIMAL(19,2)			添加人	VARCHAR(200)
断裂功偏差系数	DECIMAL(19,2)			添加时间	DATETIME
结果图	VARCHAR(255)				
原始测试记录	VARCHAR(255)				
添加人	VARCHAR(200)				
添加时间	DATETIME				

图 6 典型纤维力学性能数据及类型

（2）微观结构特征

微观结构特征主要包括纤维相结构、纤维取向及晶体结构、分子链构象、微观形貌等。包含的典型数据内容和数据类型如图 7-图 8。

纤维相结构（固态1H NMR）		纤维相结构（拉曼光谱）	
ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME
测试机构	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(20)
测试名称	VARCHAR(20)	测试名称	VARCHAR(20)
测试设备	VARCHAR(20)	测试设备	VARCHAR(20)
环境温度	DECIMAL(19,1)	环境温度	DECIMAL(19,1)
环境湿度	DECIMAL(19,1)	环境湿度	DECIMAL(19,1)
其他条件	VARCHAR(20)	其他条件	VARCHAR(20)
测试方法	VARCHAR(20)	测试方法	VARCHAR(20)
备注	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)
无定形区占比	DECIMAL(19,2)	结晶度	DECIMAL(19,2)
中间相占比	DECIMAL(19,2)	结果图	VARCHAR(255)
晶相占比	DECIMAL(19,2)	原始测试记录	VARCHAR(255)
残缺晶相占比	DECIMAL(19,2)	添加人	VARCHAR(200)
结果图	VARCHAR(255)	添加时间	DATETIME
原始测试记录	VARCHAR(255)		
添加人	VARCHAR(200)		
添加时间	DATETIME		

图 7 典型纤维相结构数据及类型

纤维表面特性（XPS测试）		纤维取向及晶体结构（声速模量）		微观形貌（SEM）	
ID	BIGINT	ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME	测试日期	DATETIME
测试机构	VARCHAR(200)	测试机构	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(20)
测试名称	VARCHAR(200)	测试名称	VARCHAR(20)	测试名称	VARCHAR(20)
测试设备	VARCHAR(200)	测试设备	VARCHAR(20)	测试设备	VARCHAR(20)
环境温度	DECIMAL(19,1)	环境温度	DECIMAL(19,1)	环境温度	DECIMAL(19,1)
环境湿度	DECIMAL(19,1)	环境湿度	DECIMAL(19,1)	环境湿度	DECIMAL(19,1)
其他条件	VARCHAR(200)	测试方法	VARCHAR(20)	其他条件	VARCHAR(30)
备注	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)	测试方法	VARCHAR(50)
C含量	DECIMAL(19,2)	声速	DECIMAL(19,2)	备注	VARCHAR(50)
O含量	DECIMAL(19,2)	取向因子	DECIMAL(19,2)	试样名称	VARCHAR(50)
N含量	DECIMAL(19,2)	模量	DECIMAL(19,2)	试样编号	VARCHAR(50)
结果图	VARCHAR(2550)	结果图	VARCHAR(255)	放大倍数	INT
原始测试记录	VARCHAR(2550)	原始测试记录	VARCHAR(255)	特殊形貌特征描述	VARCHAR(50)
添加人	VARCHAR(200)	添加人	VARCHAR(200)	结果图	VARCHAR(70)
添加时间	DATETIME	添加时间	DATETIME	添加人	VARCHAR(200)
				添加时间	DATETIME

图 8 纤维表面特性、晶体结构与微观形貌典型数据及类型

（3）树脂及界面性能

树脂及界面性能部分主要包括树脂基本信息、树脂力学性能、树脂工艺特性、树脂表面特性以及纤维/树脂界面性能，包含的典型数据内容和数据类型如图 9 所示。

树脂基本信息		树脂力学性能(拉伸性能)		纤维/树脂界面性能	
ID	BIGINT	ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)	纤维批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)	纤维牌号	VARCHAR(200)
样品来源	VARCHAR(200)	测试日期	DATETIME	树脂批号	VARCHAR(200)
样品名称	VARCHAR(200)	测试机构	VARCHAR(200)	树脂牌号	VARCHAR(200)
生产日期	DATETIME	测试名称	VARCHAR(200)	测试日期	DATETIME
备注	VARCHAR(200)	测试设备	VARCHAR(20)	测试机构	VARCHAR(200)
添加人	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(200)	测试名称	VARCHAR(200)
添加时间	DATETIME	拉伸强度	DECIMAL(8,2)	测试设备	VARCHAR(200)
		拉伸强度偏差系数	DECIMAL(8,2)	环境温度	DECIMAL(19,1)
		拉伸模量	DECIMAL(8,2)	环境湿度	DECIMAL(19,1)
		拉伸模量偏差系数	DECIMAL(8,2)	其他条件	VARCHAR(200)
		断裂伸长率	DECIMAL(8,2)	备注	VARCHAR(200)
		断裂伸长率偏差系数	DECIMAL(8,2)	接触角	DECIMAL(19,2)
		添加人	VARCHAR(200)	粘结强度	DECIMAL(19,2)
		添加时间	DATETIME	结果图	VARCHAR(2550)
				原始测试记录	VARCHAR(2550)
				添加人	VARCHAR(200)
				添加时间	DATETIME

图 9 典型树脂及界面性能数据及其类型

（4）复合材料结构与性能

复合材料性能部分主要包括复合材料基本信息、基本力学性能和高应变率复合材料性能两部分，包含的典型数据内容和数据类型如图 10 所示。同时复合材料性能部分还包含相关性能的模拟仿真结果。

复合材料基本信息		复合材料力学性能(拉伸性能)	
ID	BIGINT	ID	BIGINT
批号	VARCHAR(200)	批号	VARCHAR(200)
牌号	VARCHAR(200)	牌号	VARCHAR(200)
复合材料名称	VARCHAR(200)	测试日期	DATETIME
样品来源	VARCHAR(200)	测试机构	VARCHAR(200)
生产日期	DATETIME	测试名称	VARCHAR(200)
纤维批号	VARCHAR(200)	测试设备	VARCHAR(200)
纤维牌号	VARCHAR(200)	环境温度	DECIMAL(19,1)
树脂批号	VARCHAR(200)	环境湿度	DECIMAL(19,1)
树脂牌号	VARCHAR(200)	测试方法	VARCHAR(50)
增强体类型	VARCHAR(200)	备注	VARCHAR(50)
其他描述	VARCHAR(30)	拉伸强度	DECIMAL(19,2)
添加人	VARCHAR(200)	拉伸强度偏差系数	DECIMAL(19,2)
添加时间	DATETIME	拉伸模量	DECIMAL(19,2)
		拉伸模量偏差系数	DECIMAL(19,2)
		断裂伸长率	DECIMAL(19,2)
		断裂伸长率偏差系数	DECIMAL(19,2)
		数	DECIMAL(19,2)
		结果图	VARCHAR(70)
		原始测试记录	VARCHAR(70)
		添加人	VARCHAR(200)
		添加时间	DATETIME

图 10 典型复合材料性能数据及其类型

(5) 终端产品防弹性能

终端产品性能部分主要包含了抗冲击头盔、服装等形式。

(6) 文献库

另外，针对性能测试中所涉及的测试方法、标准以及仿真分析中所引用的文献等设计了单独的文献库，见图 11。

参考文献		测试标准	
ID	BIGINT	ID	BIGINT
文献名称	VARCHAR (200)	标准号	VARCHAR(200)
文献类型	VARCHAR (200)	标准类型	VARCHAR(200)
第一作者	VARCHAR (30)	标准名称	VARCHAR(200)
文献原文	VARCHAR (200)	文献原文	VARCHAR(200)
添加人	VARCHAR (20)	添加人	VARCHAR(20)
添加时间	DATETIME	添加时间	DATETIME

图 11 文献库

1.1.2 数据库功能实现

所开发的防弹材料数据库具有以下特点：

- 该数据库包含纤维性能、微观结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能、文献库等数据信息。
- 灵活性，包括数据格式多元化，数据格式包括：整数、浮点数、离散数、字符、

文本、图片等。该数据库动态更新、查询方便，可进行数据录入、查询、输出等。

- 对用户权限进行分类管理，不同用户对数据的访问权限不同。

（1）登录页面和主页

材料基因数据库登录页面与主页如图 12 所示。录入系统网址，访问系统登录页面，填写用户名和密码，点击【登录】即可。登录后进入到系统首页。登录页面如图 13 所示：



图 11 数据库登录页面和主页

该页面介绍了该材料基因数据库的主要功能，其涵盖从纤维到典型样件的各阶段综合性性能数据，主要包括防弹纤维性能、微结构特征、树脂及界面性能、复合材料结构与性能等数据，为材料和制品研发、制造、质量监控提供有力支撑。

搜索功能：用户输入纤维、树脂、复合材料等材料基本信息，点击搜索可直接检索相关材料的基本信息。

材料与制品性能：包括前端树脂、纤维、微结构、树脂及界面性能、复合材料、模拟仿真等，主页中显示相应模块的数据条目，系统上传数据后每间隔 3 小时进行自动更新。点击数据模块，可自动进入相应模块的数据界面。

系统使用说明：用户可在此查看系统说明文档，便于操作系统。

点击右上角退出按钮可退出数据库。

（2）用户管理

为便于数据管理和赋予不同用户不同的权限，管理员在首页点击“用户管理”可进行角色设置和人员设置；点击角色设置，管理员可按照知悉范围选择相应的数据模块，根据不同的人员权限可进行单选或多选，根据需要设置系列用户角色。通过用户密码和角色管理等实现数据的加密功能。

点击人员设置，管理员可根据人员知悉范围赋予用户不同角色，用户可通过管理员添加的账号在系统首页进行登录，该用户只能看到权限范围内的数据库模块和信息。管理员可在角色设置和人员设置界面下编辑角色和用户信息，或者删除角色或用户。普通用户不具备用户管理使用权限。

添加角色

成员信息

* 角色名称

备注

角色功能权限(该角色享有的后台模块及功能权限)

* 角色功能权限

- + 材料性质
 - ☐ 前期预成型组
 - ☒ 纤维性能
 - ☐ 纤维样品基本信息
 - ☒ 纤维力学性能(常温恒速、变温恒速拉伸)
 - ☐ 纤维的分子量（粘度分子量）
 - ☐ 纤维的分子量（GPC测试）
 - ☐ 纤维力学性能（动态拉伸-分离式霍普金森杆件）
 - ☐ 纤维热性能（热重分析）
 - ☐ 纤维热性能（差示扫描量热分析）
 - ☐ 纤维力学性能(蠕变)
 - ☐ 纤维力学性能(疲劳)
 - ☐ 纤维热性能(热导率)
 - ☐ 纤维表面特性(XPS测试)
 - ☐ 纤维力学性能(动态机械性能)
 - ☒ 微观结构特征
 - ☐ 纤维取向及晶体结构(2D-WAXD/XDSADX)
 - ☐ 纤维横切面图（姿态1H-NMR）
 - ☐ 纤维取向及晶体结构（高速摄影）
 - ☐ 分子链构象
 - ☐ 微观形貌（SEM）
 - ☒ 微观光谱（TEM）
 - ☐ 纤维横切面图（姿态13C-NMR）
 - ☐ 纤维横切面拉曼光谱
 - ☐ 纤维横切面自旋探针电子自旋共振
 - ☐ 纤维取向及晶体结构(红外二色性)
 - ☐ 纤维取向及晶体结构(双折射)
 - +☐ 截面及界面性能
 - +☐ 复合材料结构与性能

☐ 模拟仿真库

- > 宏观尺度

图 12 角色管理

控制面板 / 用户管理 / 人员设置

用户名: 重置 查询

+ 添加用户

用户名	人员名称	人员手机号	人员角色	备注	添加人	添加时间	操作
唐睿祺	唐睿祺		树胶及界面性能研究人员			2022-10-12 16:56:37	编辑 删除
王和凯	王和凯		防弹纤维性能研究人员			2022-10-12 16:57:26	编辑 删除
石一	石一		微结构研究人员			2022-10-12 16:58:24	编辑 删除
秦德洋	秦德洋		橡胶仿真人员			2022-10-12 16:58:43	编辑 删除
叶红利	叶红利		微结构研究人员			2022-10-12 16:59:44	编辑 删除

10条/页 < 1 > 前往 1 页

图 13 人员管理

(3) 数据管理

用户登录系统后点击左侧边栏性能模块，点击【添加】进入数据添加页面，依次输入相应材料与性能数据后点击保存完成数据录入。

编号: 编号: 测试日期: 测试日期: 测试名称: 测试名称:

环境温度(℃)测试值: 环境温度(℃)测试值: 环境温度(℃)测试值: 环境温度(℃)测试值: 拉伸强度(MPa)测试值: 拉伸强度(MPa)测试值: 测试方法: 备注:

重置 查询 保存 批量导入 添加新条件

+ 添加

当前共查询到29个信息

图号	牌号	测试日期	测试名称	测试设备名称	环境温度(℃)	拉伸强度(MPa)	测试方法	操作
20200805	JXS-LH-MWPE (1)-1s	2020-10-20	北京航空航天大学 单轴拉伸性能测试	Instron3344	21	65	100	GB/T 19975-2005 编辑 删除 查看
20200805	JXS-LH-MWPE (1)-2s	2020-10-20	北京航空航天大学 单轴拉伸性能测试	Instron3344	21	65	100	GB/T 19975-2005 编辑 删除 查看
20200805	JXS-LH-MWPE (1)-3s	2020-10-20	北京航空航天大学 单轴拉伸性能测试	Instron3344	21	65	100	GB/T 19975-2005 编辑 删除 查看
20200805	JXS-LH-MWPE (1)-4s	2020-10-20	北京航空航天大学 单轴拉伸性能测试	Instron3344	21	65	100	GB/T 19975-2005 编辑 删除 查看

图 14 数据添加功能

数据批量导入时，点击【批量导入】，进入批量导入页面。第一步点击【下载模板】，可下载各个性能模块的数据模板 Excel 文件。在数据模板 Excel 文件中逐条填写数据，对于重要的图片格式、PDF 格式、Excel 格式数据文件，在相应内容下填写文件路径，如“/DSC/***.jpg”，文件名“***.jpg”与 DSC 文件夹中的文件名称应完全一致。点击批量导入第二步【选择文件】上传填写完整的 Excel 数据文件，如存在重要的图片格式、PDF 格式、Excel 格式数据文件，同时点击第三步【选择文件】，上传 Excel 数据文件中所涉及的数据文件。点击【确定导入】，将已上传的数据导入数据库中；点击【取消】将取消本次操作。

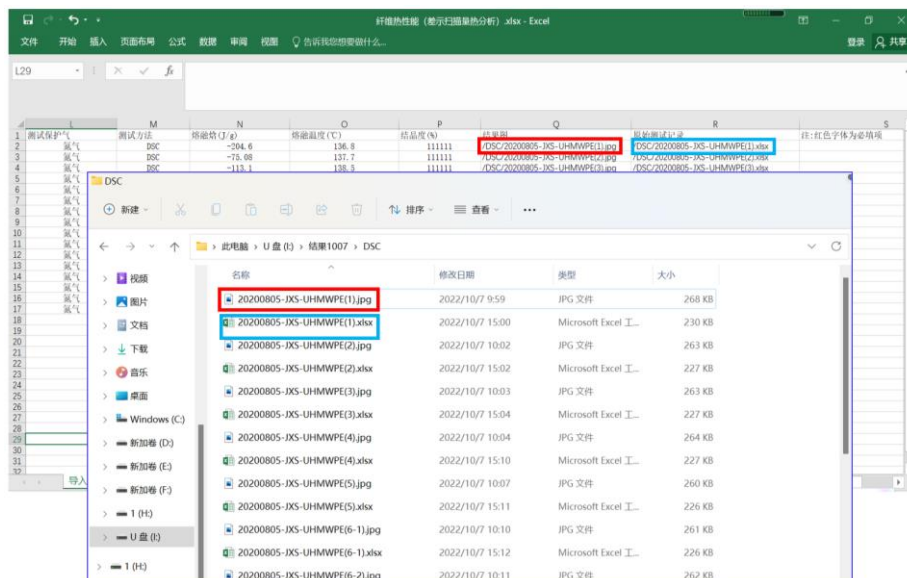
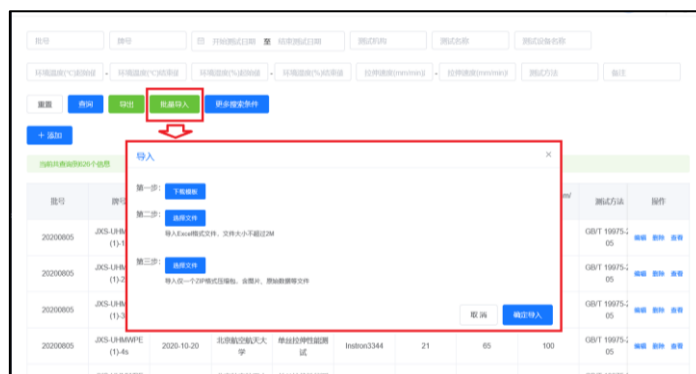


图 15 批量导入功能

点击数据栏右侧【编辑】，可进入数据编辑窗口，用户可修改数据信息，点击【保存】可保存修改内容，点击【取消】可取消本次修改操作，修改完成后添加人和添加时间自动更新。点击数据栏右侧【删除】可删除相应条目数据；点击【查看】可进入数据查看窗口，查看数据内容，此时不能对数据进行编辑。

(4) 数据检索与导出

数据界面右栏可输入搜索一个或多个搜索条件进行数据检索，数值参量（如断裂强度、初始模量等）可输入检索数值范围，点击查询即可获得检索结果。

如检索条件较多时，点击【更多搜索条件】可展开所有搜索选项。点击【导出】可将检索出的数据导出至 Excel 文档。

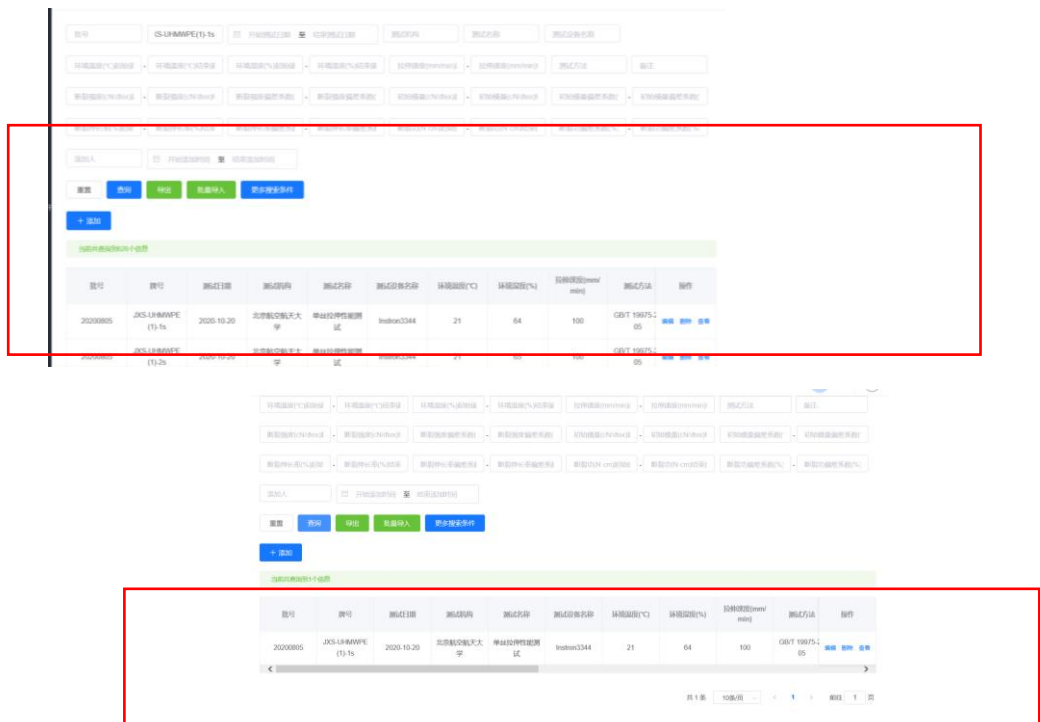


图 16 数据检索

图片及其他类型数据文档，可在数据列表中点击【查看数据】，显示相应图片和数据，在该页面点击【下载源文件】下载相应图片和数据文件。

