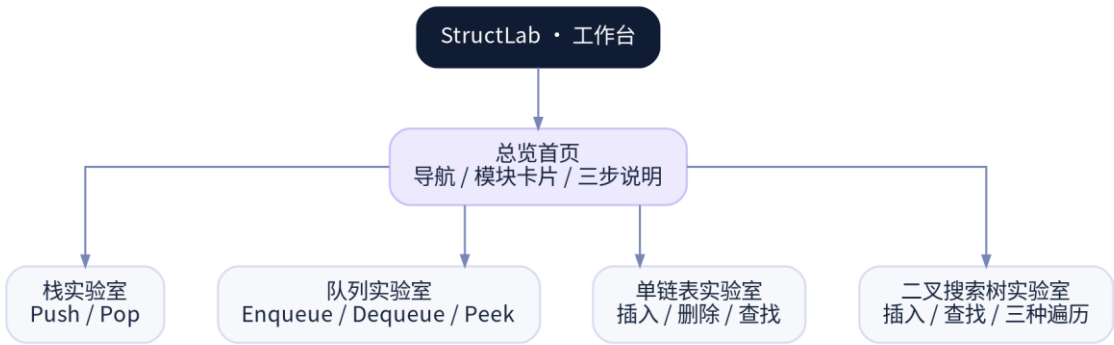


SOFTWARE REQUIREMENTS SPECIFICATION

数据结构可视化学习网站

软件需求规格说明书

STRUCTLAB · 让抽象的数据结构，变得看得见。



课程项目 / 产品基线 V1.0 / 评审稿

文档编号	编制单位	编制日期	密级
SL-SRS-001	NULL 小组	2026-10-14	课程内部

文档控制

字段	内容
文档名称	数据结构可视化学习网站——软件需求规格说明书
产品名称	StructLab
版本 / 状态	V1.0 / 课程评审稿
需求依据	需求分析报告（22 页）、原型设计报告（18 页）
目标读者	项目成员、课程教师、测试人员、初次接触该项目的读者
项目任务提出方	课程教学任务；具体教师姓名及正式审批信息待团队补充
软件开发方	NULL 小组
文档负责人	待项目组确认

修订记录

版本	日期	编写内容	状态
V1.0	2026-10-14	以两份课程项目报告为基础，整合范围、功能、类图、原型与验收要求	待小组评审

基线声明

本文件以原型设计报告明确呈现的五个页面、四类基础数据结构及其交互为 V1.0 核心范围；需求分析报告中出现、但未在现有原型落地的登录、习题、上传、真正的逐帧播放等内容，列入需求差异与后续迭代，不能直接视为已承诺交付。

证据等级说明 “来源已明确”表示报告直接写明；“本说明书细化”表示为使开发和测试可执行而提出的规范化细节；“待确认”表示缺少用户访谈或项目组决议，必须在基线评审时确认。

目录使用说明

下页为正文目录。各章节采用三级编号；需求以“FR / NFR / AC”标识，详细编号与测试记录可相互追溯。Word 中可通过“导航窗格”按标题层级跳转。

目录

1 引言 4

1.1 编写目的 4

1.2 项目背景 4

1.3 参考资料 4

1.4 术语与缩写 5

2 总体描述 6

2.1 目标 6

2.2 用户与场景 6

2.3 业务流程 7

2.4 范围约定与差异处置 7

3 具体要求 8

3.1 类图 8

3.2 属性 9

3.3 交互状态 10

4 界面原型 11

4.1 页面信息架构 11

4.2 首页与实验室通用布局 11

4.3 各实验室原型 12

5 功能描述及验收验证标准 15

5.1 具体功能描述 15

5.2 输入输出格式 18

5.3 界面验收标准 18

5.4 功能验收标准 19

附录 A 真实用户访谈计划与记录模板 21

附录 B 需求追踪与待确认事项 22

1. 引言

1.1 编写目的

本说明书描述 StructLab 数据结构可视化学习网站在 V1.0 中应实现的功能、数据、交互、界面与质量目标，形成开发人员的实现边界、测试人员的验收依据，以及教师和初学者理解产品的共同文本。文档按“项目目标 → 业务对象 → 页面组件 → 具体操作 → 验收用例”逐层细化。

1.2 项目背景

数据结构是计算机类专业的重要基础课程。传统教材和代码往往只能展示静态内容，初学者难以将语句执行与节点移动、指针连接、栈顶或队首变化对应起来。StructLab 希望提供无需安装的浏览器学习空间，让用户通过点击操作、观察结构变化、对照伪代码和查看历史记录理解基本算法。

项目要素	明确内容
软件名称	数据结构可视化学习网站（StructLab）
开发团队	NULL 小组（依据两份报告封面）
目标用户	零基础自学者、学习数据结构的学生及辅助授课教师
使用场景	课前预习、课下复盘、难点攻克与课堂演示
交付形态	浏览器可访问的网页，包含首页与四个独立实验室

1.3 参考资料

下表以 R（Reference，参考资料）加序号标记信息来源。GB/T 为推荐性国家标准编号前缀。

编号	资料	用途
R1	NULL 小组：《数据结构可视化学习网站——需求分析报告》，2026 年 10 月 16 日版，22 页	明确背景、目标、用户群体、非功能方向及部分验收主张
R2	NULL 小组：《数据结构可视化学习网站——原型设计报告》，2026 年 10 月 16 日版，18 页	明确五个页面、四种结构、UI 与交互边界
R3	GB/T 9385—2008 《计算机软件需求规格说明规范》	规范需求说明的清晰性、一致性、可验证性等质量要求
R4	GB/T 8567—2006 《计算机软件文档编制规范》	辅助组织文档结构、编号与版本信息

标准状态查询来源：国家标准信息公共服务平台（<https://std.samr.gov.cn/>）。本说明书参考现行推荐性国标编写原则，并依据课程给定提纲组织章节，不声称逐条复制国标原文。

1.4 术语与缩写

术语 / 缩写	首次定义及含义
---------	---------

术语 / 缩写	首次定义及含义
StructLab	项目产品名称，表示数据结构可视化学习网站
SRS	Software Requirements Specification，软件需求规格说明书
GB/T	中华人民共和国推荐性国家标准编号前缀
UML	Unified Modeling Language，统一建模语言，用于系统类与关系建模
UI	User Interface，用户界面
BST	Binary Search Tree，二叉搜索树
LIFO	Last In, First Out，后进先出，即栈的访问规则
FIFO	First In, First Out，先进先出，即队列的访问规则
TOP	栈顶指针或栈顶标识
FR / NFR	Functional Requirement（功能需求）/ Non-Functional Requirement（非功能需求）的编号前缀
AC	Acceptance Criterion，验收准则
MR	Merge Request，代码合并请求（来源报告的版本管理流程）
O(1)	常数级时间复杂度，输入规模增大时操作步骤数量不随规模线性增长

1.5 表述及优先级规则

“应”表示 V1.0 可验收的必要条件；“建议”表示细化提案，待项目组与真实用户确认后纳入正式基线；“可”表示允许的实现方式。功能需求编号 FR-XX，非功能需求编号 NFR-XX，验收条款编号 AC-XX。图中实线箭头表示执行或对象关联，空心三角箭头表示 UML 泛化关系，虚线表示状态派生。

2. 总体描述

2.1 目标

2.1.1 开发意图

将栈、队列、单链表与二叉搜索树的抽象操作转化为可点击的图形实验。用户无需编译代码，通过可视化结构、同步的伪代码说明与操作记录，识别数据变化与算法规则。

2.1.2 应用目标和作用范围

V1.0 应包含五个导航页面：总览首页、栈实验室、队列实验室、单链表实验室、二叉搜索树实验室。四个实验室沿用“结构画布 + 操作控制台 + 伪代码与说明 + 操作记录”的统一布局。

功能域	V1.0 范围（来源已明确）	超出 V1.0 的内容
内容导航	首页分类卡片、左侧导航、面包屑	用户空间、个性化课程
学习交互	栈、队列、单链表、二叉搜索树的典型操作	排序、图等更多专题
学习反馈	节点及指针重绘、即时提示、操作历史、示例重置	逐帧动画播放、单步回放
身份与拓展	匿名进入实验室	登录、用户中心、习题、每日一题、排行榜、后台管理、上传

2.1.3 产品前景

产品可逐步扩展排序、图算法和更丰富的逐帧教学能力；若未来增加账号及学习记录持久化，需另立需求版本明确数据收集、安全与用户授权要求。V1.0 以可理解性和结构操作正确性为优先，不在本期预先设计未承诺的完整教学平台。

2.2 用户与场景

角色	已有困扰	典型任务	成功判定
数据结构初学者	无法根据静态代码想象结构变动	选择结构、输入整数、执行操作、观察高亮与提示	能指出本次操作改动了哪个节点及其原因
课堂学习者	难以逐步复习课上例题	重置示例、重复操作、查看历史	能据历史追溯操作次序
课程教师	解释指针和树遍历较费时	投屏操作、展示伪代码与复杂度	能在一个界面同步展示结构与讲解

2.3 业务流程

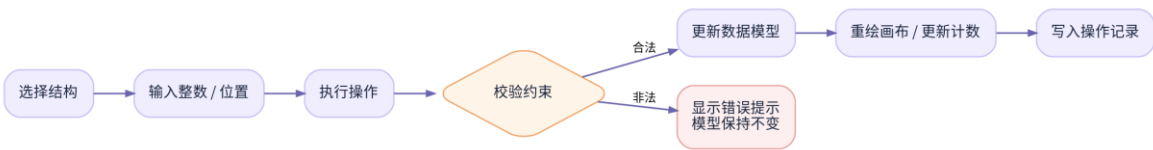


图 2-1 用户操作与系统响应流程（据 R2 第 17 页细化）

正常路径：进入首页并选择结构 → 系统载入示例 → 输入合法数据 → 发起算法操作 → 更新结构模型 → 重绘画布、同步计数和高亮 → 写入成功记录 → 对照伪代码。异常路径：当输入非法、结构为空或达到容量上限时，明确提示原因并保持原结构不变，同时记录失败事件。

2.4 范围约定与资料差异处置

冲突 / 缺口	R1 的表述	R2 的表述	本说明书处理
登录与练习	第 15-16、21 页列用例/验收	第 18 页列入后续迭代；当前仅五页	本期不验收，列待确认
动画与单步	第 12-13 页强调单步控制	第 18 页把单步回放列为后续增强	当前要求操作后即时重绘，不强制逐帧播放
数据上传	第 21 页验收含“数据上传”	五页面中无上传控件	不列当前功能
节点上限	未固定具体节点数	栈截图显示 4/8，第 17 页示例 0/8	栈按 8 个示例容量验收；其他模块容量待确认
位置索引与树重复值	未给出精确定义	链表位置字段、树插入存在但无完整边界规则	形成评审待确认项

基线风险 文档内部确有冲突。原型可见功能优先作为本期开发与验收对象；如课程教师明确要求登录、练习或逐帧动画，应经小组评审将其追加进正式范围，并同步更新原型、需求编号与验收用例。

2.5 运行环境与约束

产品为基于浏览器的网页，用户无须本地下载安装；适用桌面端主流浏览器。实验室之间应独立维护会话状态，切换后不应把一种数据结构的数据误显示到另一模块。是否需要服务端、数据库和用户数据持久化，现有资料并未提出必要要求，均属于实现决策。

3. 具体要求

3.1 类图

3.1.1 领域对象与关系

为方便读者理解，下图以“会话—结构模型—可视状态—操作记录”定义业务对象。该图是从原型能力抽象出来的概念类图，供开发设计参考；它不要求必须使用面向对象语言或按类名逐一编码。

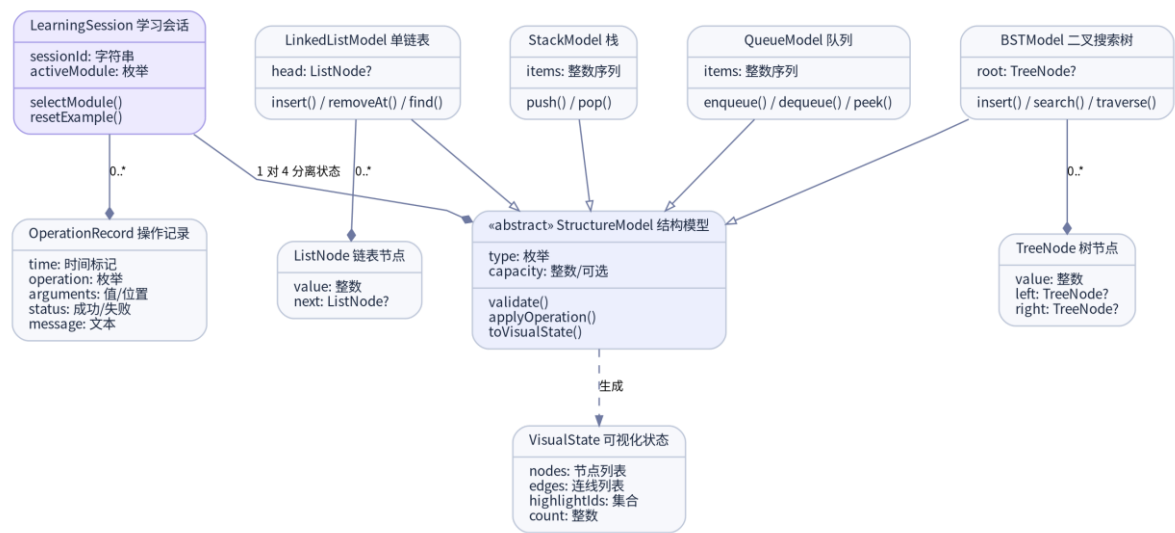


图 3-1 StructLab 领域概念类图（UML 风格，基于 R2 细化）

核心对象	职责及约束
LearningSession（学习会话）	持有当前选中页面；为各实验室维护相互隔离的数据和操作历史。
StructureModel（结构模型）	统一提供输入验证、执行操作及派生视图状态能力；派生四种具体结构。
VisualState（可视化状态）	承载节点、连接、当前高亮、计数信息；每次操作成功后重新计算。
OperationRecord（操作记录）	保存操作名称、参数、成功或失败、用户可读消息；支持查看与清空。
ListNode / TreeNode（节点）	表达单链表 next 连接关系与树节点左右子节点关系。

3.1.2 主要业务不变式

- 栈：最后入栈的元素优先出栈，TOP 始终指向最后一个元素；空栈无有效 TOP。
- 队列：先入队的元素优先出队，队首与队尾含义稳定。
- 单链表：除尾节点外，每个节点的 next 指向其后继节点；尾节点 next 为空。
- 二叉搜索树：任一节点左子树元素小于该节点、右子树元素大于该节点；相同值的处理策略待确认。
- 通用：失败操作应保持结构及元素计数不变；操作记录可以记录失败；重置示例后状态与预设示例一致。

3.2 属性

3.2.1 可用性

编号	要求	验收方法
NFR-01	进入网站不要求注册登录。首页能直接找到四个实验室。	初次使用者根据首页导航访问任一模块。
NFR-02	每次操作都应有可见反馈，错误提示指出如何修正。	抽测合法值、空值和越界值。
NFR-03	同类页面的按钮、图例、信息区布局保持一致，文字表达统一。	人工检查四实验室。
NFR-04	节点高亮与连接方向具有文字或图例解释，不依赖颜色作唯一提示。	检查高亮同时具备边框/说明标识。

3.2.2 安全性

编号	要求	验收方法
NFR-05	输入整数必须由统一校验逻辑拦截，用户输入不得被当作可执行脚本渲染。	输入脚本样式、特殊符号；不执行且不破坏页面。
NFR-06	当前版本不应要求用户提供身份信息；若无持久化需求，不保存可识别个人的数据。	检查页面与网络请求，无非必要个人信息采集。
NFR-07	页面异常提示不得展示服务器路径、堆栈或内部敏感信息。	构造错误并检查可见提示。

3.2.3 性能

以下数值是为把“加载快、动画流畅、单步不卡顿”等定性要求转化为可测验收所提出的建议阈值，并非两份报告已经实测或用户确认的性能承诺。小组应在测试计划评审时确认环境和阈值。

编号	建议验收指标（待确认）	测试前提
NFR-08	桌面浏览器冷启动后，首页主要内容在 3 秒内可交互（P95）。	Chrome/Edge 当前稳定版，普通校园网络，20 次取第 95 百分位。
NFR-09	不超过 8 个节点的结构操作，点击到界面完成更新不超过 300 毫秒（P95）。	普通桌面设备，连续 30 次采样。
NFR-10	连续执行 100 次合法和非法操作，不出现白屏或不可恢复卡死。	四个实验室分别执行随机序列。

3.2.4 可靠性、兼容性与可维护性

编号	要求	验收方法
NFR-11	结构操作的最终结果应与教科书定义的基本算法规则一致。	对照标准测试输入，逐项核对节点序列、连接、遍历结果。

编号	要求	验收方法
NFR-12	Chrome、Edge 当前稳定版应展示核心页面且交互可用。	主要分辨率下检查无重大错位。
NFR-13	失败输入、空结构操作不应导致状态数据损坏。	失败后继续执行有效操作，校验结果。
NFR-14	交付源代码、类图、原型文档及可运行部署，代码进入项目仓库并经 MR 评审。	核查版本库与线上访问结果。

3.3 交互状态

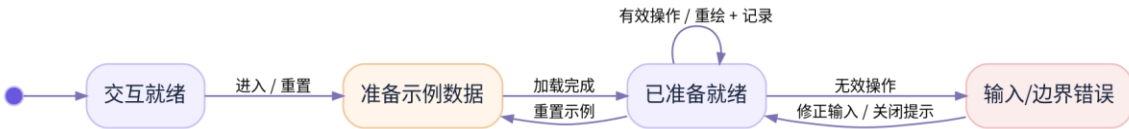


图 3-2 实验室页面状态机（依据 R2 第 8、17 页）

页面加载示例过程中展示“正在准备实验数据...”；加载成功后显示“已准备就绪”。用户进行合法操作时刷新画布与记录；非法操作仅显示警示并可继续纠正。图中“状态机”描述页面可见交互状态，与栈或树自身的数据结构状态区分。

4. 界面原型

4.1 页面信息架构

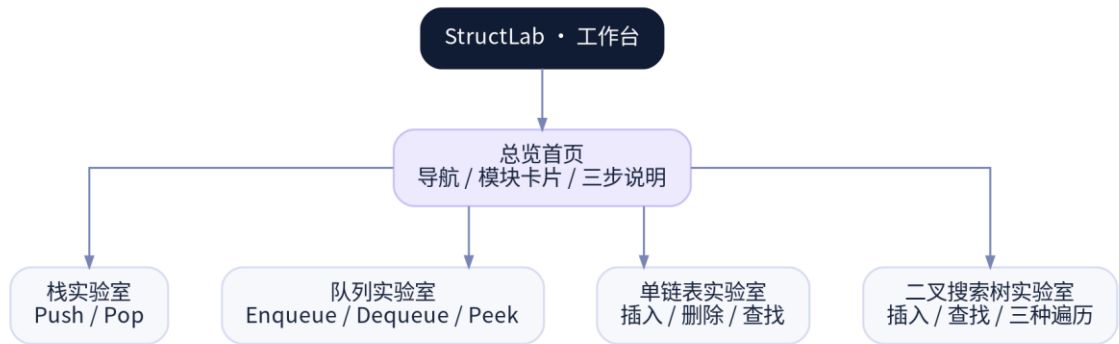


图 4-1 一页总览 + 四个实验室的导航信息架构

左侧分组导航为“工作台 / 线性数据结构 / 非线性数据结构”。工作台包含总览首页；线性结构包含栈、队列、单链表；非线性包含二叉搜索树。顶栏面包屑说明当前位置，切换导航后页面主体变化，四个实验室相互独立。

4.2 首页与实验室通用布局

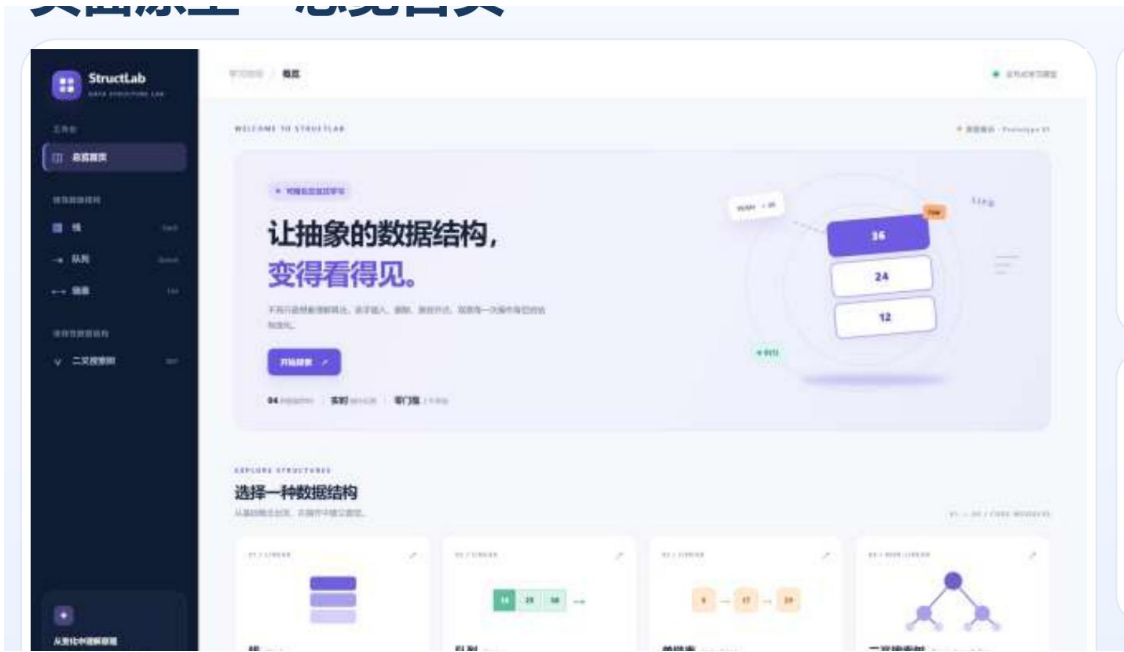


图 4-2 总览首页原型截取（来源：R2 第 11 页）

首页应说明平台价值，提供“开始探索”入口（直达栈实验室）、四个结构模块卡片，以及 HOW IT WORKS 三步操作指南。用户应在不阅读额外说明书的情况下找到实验室入口。

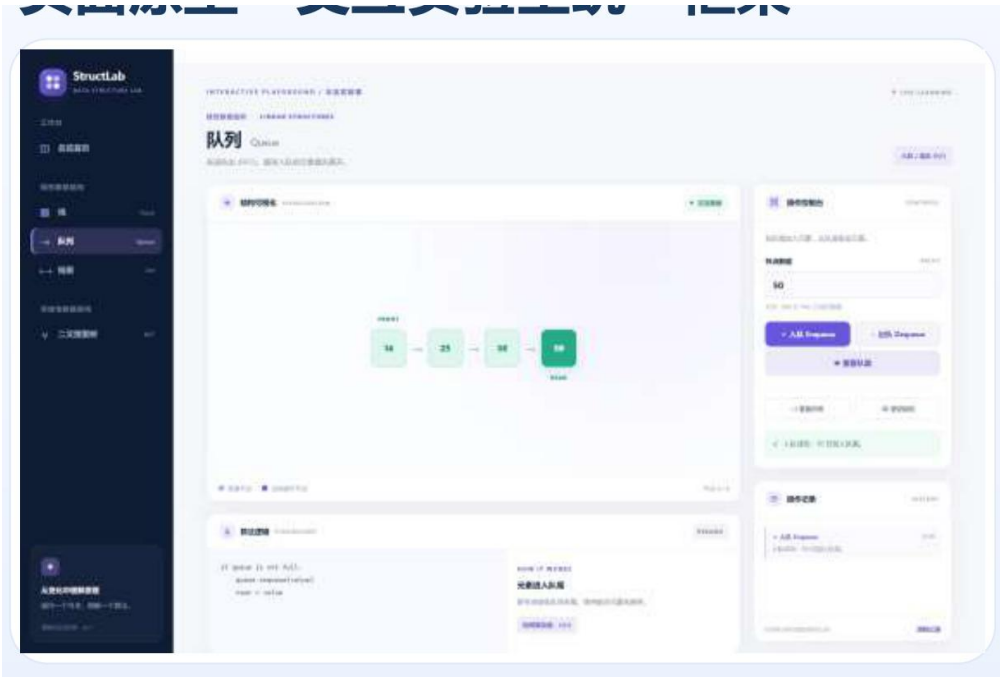


图 4-3 实验室通用布局原型截取（来源：R2 第 12 页，队列示例）

组件	显示内容	必要交互
结构画布	结构节点、连接/指针、图例、节点计数	操作完成自动重绘；高亮当前或命中节点
操作控制台	参数输入框、操作按钮、重置与清空按钮	校验参数，执行对应结构操作
伪代码与说明	算法伪代码、HOW IT WORKS 说明及复杂度标记	根据当前模块或操作展示对应信息
操作记录	操作类型、参数、结果、错误说明	按发生顺序追加；支持清除历史

4.3 各实验室原型

4.3.1 栈与队列

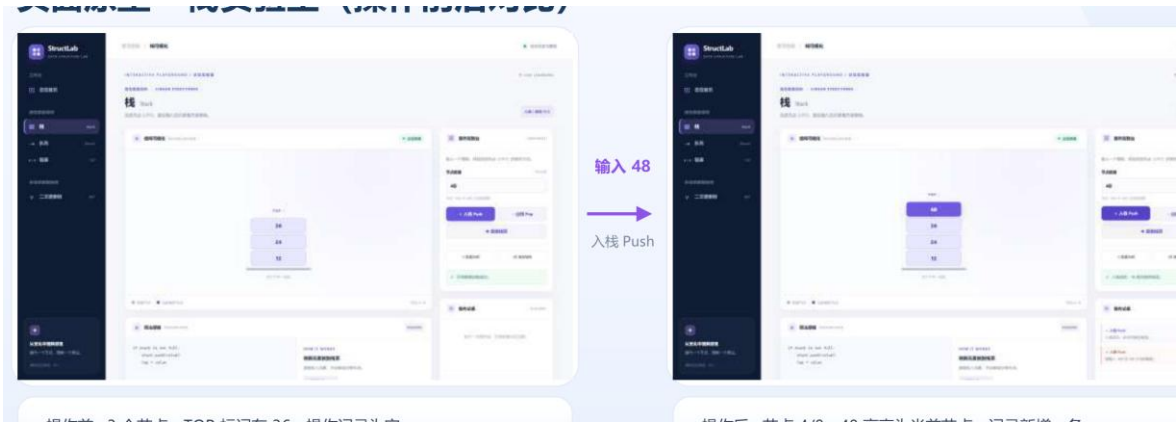


图 4-4 栈实验室操作前后对照（来源：R2 第 13 页）

栈页面显示 TOP 与节点计数。原型示例在初始 3 个节点的基础上输入 48 执行入栈，画布新增并高亮 48，计数显示 4/8，操作记录新增一条。队列页面突出队首、队尾和 FIFO 规则，提供入队、出队、查看队首。

4.3.2 单链表与二叉搜索树



图 4-5 单链表实验室原型截取（来源：R2 第 14 页）

单链表以顺序连接的节点和尾部空指针展示结构；控制台提供节点数值与位置输入，以及插入、删除指定位置、查找数值。删除后必须同步更新指向后继节点的连接。



图 4-6 二叉搜索树实验室原型截取（来源：R2 第 15 页）

树实验室以分层节点与连线显示左右子树；插入时遵循大小比较，查找时高亮比较路径，三种遍历（前序、中序、后序）应分别呈现访问顺序。原型中的树节点示例与文字演示输入不完全一致，因此验收以运行算法所得到的结构为准。

4.4 视觉与文案规范

元素	原型规范
主题颜色	主紫 #6758DE；深紫 #5545C8；侧栏 #101B34；背景 #F7F8FC
文字与边界	主文字 #17243C；次级文字 #7B879C；描边 #E8ECF3
状态反馈	成功绿 #189F7C；强调橙 #F1A365；错误需附中文说明
字体	中文优先微软雅黑（或等效中文无衬线字体）；英文字体 Inter；代码字体 Cascadia Code
按钮与组件	主操作按钮突出，辅助操作使用较弱样式；状态徽章、图例、历史记录样式统一

5. 功能描述及验收验证标准

5.1 具体功能描述

每项需求均给出输入、行为、输出或异常条件。下表是需求索引，随后对关键操作按结构展开。所有模块默认以匿名访客身份使用，无需登录。

编号	功能名	可观察的结果
FR-01	页面导航	通过侧栏或首页卡片切换至五个页面；高亮当前入口。
FR-02	首页引导	展示平台简介、四种结构入口及 HOW IT WORKS 三步说明。
FR-03	示例初始化	进入实验室显示示例结构和节点计数，准备中有加载提示。
FR-04	数值验证	须接受 -999 至 999 范围内整数，拒绝非整数、空值与超界值。
FR-05	栈入栈	将有效整数插入栈顶，更新 TOP、高亮、计数及操作历史。
FR-06	栈出栈	移除当前栈顶；空栈时拒绝并提示，不变更结构。
FR-07	队列入队	将有效整数插入队尾，更新队首/队尾、计数及历史。
FR-08	队列出队	移除队首元素；空队列时拒绝并提示。
FR-09	查看队首	显示队首元素；空队列时提示“队列为空”。
FR-10	链表插入	指定整数和位置插入单链表，更新连接及计数。
FR-11	链表删除	按指定位置删除节点并正确重连前后节点。
FR-12	链表查找	查找目标整数，在画布中高亮匹配节点或显示未找到。
FR-13	树节点插入	按二叉搜索树比较规则插入整数，更新树形画布。
FR-14	树节点查找	根据比较结果逐层定位，展示查找路径/目标状态。
FR-15	树遍历	中序、前序、后序分别展示节点访问顺序。
FR-16	图形同步	每次有效操作后同步刷新节点、连线、计数及高亮。
FR-17	学习说明	展示对应操作伪代码、HOW IT WORKS 与原型已有复杂度标识。
FR-18	操作记录	按发生顺序追加成功和失败操作；允许清空记录。
FR-19	重置/清空	支持重置示例和清空结构，效果区别于清除操作记录。
FR-20	会话隔离	四个实验室数据、显示与历史互不串用。
FR-21	异常容错	容量已满、空结构、非法索引等情形给出提示且保持可操作。

5.1.1 通用交互规则

- 进入模块：按该模块预设示例生成结构画面与计数，必要时出现短暂加载状态；页面准备完成后允许操作。
- 提交操作：验证输入类型、数值范围及特定结构前置条件，再执行算法。
- 成功反馈：画布反映新结构，节点计数一致，高亮受影响节点，向操作记录新增条目并显示用户可理解的成功信息。

- 失败反馈：显示错误原因，记录失败条目；原有结构、节点数、连接关系均不得改变。
- 重置与清空：重置示例加载固定初始数据；清空结构使计数归零；清除记录只清空历史列表，彼此功能独立。

5.1.2 栈与队列详细规则

操作	前置条件	成功结果	失败条件与提示
栈 · Push	整数合法且未达到容量	新值成为 TOP，节点数+1；高亮栈顶	满栈→“容量已满”，原栈不变
栈 · Pop	栈非空	移除 TOP，节点数-1，TOP指向下一个节点	空栈→“栈为空，无法出栈”
队列 · Enqueue	整数合法且未达到实现设定容量	新值位于队尾；若此前为空则也为队首	已满→“容量已满”
队列 · Dequeue	队列非空	移除队首，后继成为新队首	空队列→“队列为空，无法出队”
队列 · Peek	队列非空	显示队首值，不修改队列	空队列→“队列为空”

5.1.3 单链表详细规则

单链表控制台提供“值”和“位置”字段。为形成可执行测试，本稿建议位置采用从 0 开始的索引：插入允许位置 0 至当前长度，删除允许位置 0 至当前长度减 1；最终以原型实现和教师评审确认。

操作	处理约束	预期界面结果
插入节点	在给定位置插入整数；头部插入更新 head，中间插入更新相邻 next，末尾插入使新尾节点 next 为空。	新节点加入并高亮，所有箭头链路正确，计数+1。
删除位置	位置必须有效且链表非空；删除首节点、尾节点、中间节点分别处理连接。	目标节点消失，其他节点相对顺序不变，计数-1。
查找数值	从表头逐节点比较；值允许重复时，优先返回首次匹配位置（建议）。	找到则高亮，未找到则不改变链表并提示。

5.1.4 二叉搜索树详细规则

节点插入按照“小于向左，大于向右”的规则进行。重复值是否允许、以及重复时插向何处，R2 未规定；本稿建议采用“不插入重复值并提示”，正式验收前需确认。删除节点操作未在 R2 中明确列出，不作为 V1.0 必须实现的功能。

操作	逻辑	可视化结果
插入	从根比较到空子节点位置，将新值作为左/右子节点。	新节点与父节点之间连线正确，画布更新。

操作	逻辑	可视化结果
查找	沿比较方向逐层查找目标，至找到或遇空子节点。	展示查找路径与命中/未命中结果，节点总数不变。
前序遍历	根 → 左子树 → 右子树	输出各节点访问顺序。
中序遍历	左子树 → 根 → 右子树	输出升序值序列（值互不重复前提）。
后序遍历	左子树 → 右子树 → 根	输出各节点访问顺序。

5.2 输入输出格式

项目	输入/输出规范	异常处理 / 备注
通用数值字段	输入为十进制整数，允许 -999 至 999（含边界）； 示例：48、0、-12。	空值、小数、字母、超界值应拒绝，提示“-999 至 999 之间的整数”。
链表位置字段	建议为十进制非负整数索引，界限与当前链表长度相关。	空、负数、非整数、超出索引范围应拒绝。
操作命令	用户通过界面按钮触发，按当前结构上下文解释。	不允许操作含义跨结构串用。
结构画布输出	节点图形、连线、指针标记、元素计数、当前操作高亮。	必须与操作后模型一致。
结果反馈输出	操作成功/失败、返回值或被移除的元素、当前结构计数。	每个提示可直接让初学者理解发生了什么。
历史记录输出	人可读条目：操作名称、参数、状态和文字描述；顺序由发生次序决定。	支持清除；是否跨刷新保存未约定。
导入导出文件	V1.0 无文件输入输出需求。	R1 个别条目提到上传，与 R2 当前原型不一致。

5.3 界面验收标准

验收编号	检查项	合格判据
AC-UI-01	五页面布局与导航	首页及四实验室均可通过左侧导航进入；当前页面突出显示；无无效跳转。
AC-UI-02	首页功能	“开始探索”进入栈实验室；四张卡片正确导航；操作指南文本完整。
AC-UI-03	通用实验室组件	画布、控制台、伪代码说明、历史记录同时存在，彼此不遮挡。
AC-UI-04	图形说明完整	栈有 TOP；队列有头尾；链表有连线/末尾标记；树有父子关系；计数可见。
AC-UI-05	交互视觉一致	主按钮、次按钮、标签、高亮、状态反馈采用统一颜色和间距。

验收编号	检查项	合格判据
AC-UI-06	错误与空状态	输入非法、空结构时给出明确提示，画布无空白崩溃。
AC-UI-07	屏幕尺寸与浏览器	1920×1080 / 1366×768 桌面端正常使用；Chrome、Edge 不出现核心按钮遮挡。

5.4 功能验收标准

以下用例给出明确输入和预期结果。团队应在部署后的目标版本上实际执行，记录通过/失败及截图证据。示例初始数据可按原型设定，但测试时应先清空结构以获得确定状态。

验收号	关联需求	测试输入 / 操作	预期结果
AC-01	FR-01/02	从首页单击“开始探索”	成功进入栈实验室，侧栏对应入口选中。
AC-02	FR-04/21	依次输入 -999、999、1000、3.5、空字符串	前两项允许；其余被拒绝，出现可理解提示，节点数不变。
AC-03	FR-05/06	清空栈，Push(12)，Push(48)，Pop	输出/移除 48，栈剩 [12]，TOP=12，记录顺序正确。
AC-04	FR-06/21	清空栈，直接 Pop	提示空栈，无崩溃，计数仍为 0。
AC-05	FR-07/08/09	清空队列，入队 5、9；查看队首；出队	查看队首为 5；出队删除 5，剩 [9]；保持 FIFO。
AC-06	FR-10/11	清空链表，依次在位置 0 插入 10、在位置 1 插入 20、在位置 1 插入 15；删除位置 1	最终链表为 10→20→空，节点数为 2。
AC-07	FR-12	链表含 [10,20]，查找 20 与 77	20 被高亮；77 显示未找到；数据不改变。
AC-08	FR-13/14	清空树，插入 50、30、70、20；查找 20	构成根 50、左 30（其左 20）、右 70；命中 20 并显示路径。
AC-09	FR-15	上述树执行前序、中序、后序	前序 50,30,20,70；中序 20,30,50,70；后序 20,30,70,50。
AC-10	FR-16/18	执行任一成功操作、再输入越界整数	成功操作后画布、计数与记录同步；错误写入记录且结构不变。
AC-11	FR-19	操作后依次执行“清除记录”“清空结构”“重置示例”	三按钮分别清历史、清节点、恢复示例；效果可辨。
AC-12	FR-20	栈存入 12 后切至队列操作，再返回栈	队列与栈数据不混用；离开/返回保持方式按评审决定且一致。
AC-13	FR-05/21	向已满的示例容量 8 栈再次 Push(1)	拦截满栈操作，计数保持 8/8 并显示提示。
AC-14	NFR-11	执行覆盖空、单节点、多节点结构的全部功能	每一步与数据结构标准语义相符，无计数/连线错误。

验收号	关联需求	测试输入 / 操作	预期结果
AC-15	NFR-08~10	性能测试及连续 100 次操作	满足第 3.2 节经评审确认的量化阈值。

5.4.1 交付物与签收要求

正式验收需提供：可访问的线上网站、可运行源代码、需求规格说明书、可浏览原型、UML 类图及主要测试记录。版本管理应保留代码提交历史和团队成员 MR 评审记录。对“待确认”项，应以评审纪要明确决定后再签署通过，未确认事项不应默认为已完成。

5.4.2 建议的现场演示路线

总览首页 → 栈 Push/Pop → 队列入队/出队/查看队首 → 链表指定位置插入与删除 → BST 插入与三种遍历 → 故意输入非法值 → 重置并清空历史 → 切换模块核对状态独立性。该流程可在一次答辩中覆盖全部主要需求。

附录 A 真实用户访谈计划与记录模板

课程要求访问真实用户，但当前上传的两份报告只给出了用户画像，未提供实际受访者名单、访谈时间、原始回答或确认签字。本说明书因此不虚构访谈已经完成；以下表格可用于后续实访，并作为 V1.0 基线评审的必要补充。

访谈项目	建议执行方法
访谈对象	至少覆盖数据结构课程初学者与任课/助教两类角色；人数由课程要求决定。
任务设计	让受访者无引导完成：找到栈、输入 48 入栈、清空后复原、查找链表节点、解释树的中序结果。
核心提问	哪个页面最难理解？节点高亮够明显吗？是否需要逐步回退？错误提示能否指导改正？记录能否用于复习？
观测与记录	记录完成与否、操作耗时、失败次数、原话反馈、建议优先级；取得受访者同意。
问题闭环	将真实反馈转成新 FR/NFR/AC 或记录“不采纳原因”，由团队签字确认。

用户访谈原始记录表（待填写）

编号/角色	访谈日期	实测任务与结果	反馈摘要	确认人
U-01 / 初学者	待填写	待填写	待填写	待填写
U-02 / 初学者	待填写	待填写	待填写	待填写
U-03 / 教师/助教	待填写	待填写	待填写	待填写

附录 B 需求追踪与待确认事项

B.1 来源与验收追踪

来源页	原始主张	本文落点	验收
R1 第 8-13 页	产品定位、核心模块、单步构想	2.1、2.4、5.1	AC-01~15
R1 第 18-21 页	可用性、性能、兼容与交付	3.2、5.3、5.4	AC-14/15
R2 第 10-12 页	五页架构、统一实验室	4.1-4.2、FR-01~03、FR-16~18	AC-01/02/10
R2 第 13-15 页	栈、链表、二叉搜索树及复杂度	4.3、FR-05~15	AC-03~09
R2 第 17-18 页	整数限制、边界处理、迭代范围	2.4、FR-04/19~21	AC-02/11~13

B.2 尚待业务方 / 课程教师确认

编号	待确认问题	建议默认处理	影响
Q-01	V1.0 是否必须含登录、习题及上传？	不含；以五页原型为准	功能范围与工期
Q-02	单步播放/回放是否属于本次硬性验收？	不含，仅要求操作后实时可视化	动画实现工作量
Q-03	链表位置从 0 还是 1 开始？	建议 0 开始并在 UI 标明	链表边界及测试
Q-04	BST 是否允许重复值？	建议拒绝重复值并提示	树插入与遍历
Q-05	队列、链表和树是否有统一容量上限？	仅确定栈原型示例 8；其他待明确	边界约束
Q-06	切换实验室回来应保留当前数据到何时？	至少模块内独立；刷新后是否保留待确认	状态管理
Q-07	性能量化门槛是否采用第 3.2 节建议？	待教师/团队确认测试条件	验收结果
Q-08	真实用户访谈结果是否改变优先级？	实访后更新需求版本	需求真实性