

实验耗材及设备物资管理系统

软件需求说明书 (SRS)

项目组：实验室信息化建设团队

2025 年 8 月 28 日

摘要

本文档详细给出“实验耗材及设备物资管理系统”的用户需求、功能模块与业务流程说明，以及数据库表结构设计（23 张表，满足不超过 25 张的约束）。旨在支撑实验室对耗材与设备物资的全生命周期管理，包括：用户与权限管理、组织与实验室管理、物资主数据、仓储与库位、采购与入库、库存与批次、借用与归还、设备预约、设备维护保养、盘点、审批与通知、审计与合规、统计与可视化等模块。文档着重以“表格式说明”的方式描述数据表结构，并以“详细业务语言与流程图”描述各模块业务流程。可直接用于 Overleaf，中文可正常呈现。

目录

1	引言	1
1.1	编写目的	1
1.2	目标与范围	1
1.3	术语与定义	1
1.4	参考资料	1
2	总体描述	2
2.1	用户角色	2
2.2	使用场景（举例）	2
3	功能模块概述	2
4	数据库设计（23 张表，表格式说明）	3
4.1	设计原则	3
4.2	表清单	3
4.3	各表结构（表格式说明，不提供 SQL）	3

5	详细功能与业务流程说明	11
5.1	模块 A: 用户与权限管理	12
5.2	模块 B: 组织与实验室管理	12
5.3	模块 C: 物资主数据管理	12
5.4	模块 D: 仓储与库位管理	13
5.5	模块 E: 采购与入库管理	13
5.6	模块 F: 库存批次与出入库管理	14
5.7	模块 G: 借用与归还管理	14
5.8	模块 H: 设备预约管理	15
5.9	模块 I: 设备维护与保养管理	16
5.10	模块 J: 盘点管理	16
5.11	模块 K: 审批流与通知管理	16
5.12	模块 L: 日志审计与合规	17
5.13	模块 M: 统计分析与可视化	17
6	权限与职责矩阵 (概述)	19
7	非功能需求	19
7.1	性能	19
7.2	安全	19
7.3	可用性与合规	19
8	状态与枚举说明 (附录)	20
8.1	单据状态机约定	20
8.2	事务类型约定	20
9	数据质量与校验规则 (要点)	20
10	实施与扩展建议	20

1 引言

1.1 编写目的

本软件需求说明书用于明确“实验耗材及设备物资管理系统”（以下简称“本系统”）的功能与非功能需求，定义数据库结构与各业务模块的详细流程，以指导后续的系统设计、开发、测试与运维。

1.2 目标与范围

本系统面向院系/研究所/企业研发中心的实验室场景，覆盖以下范围：

- 耗材与设备的主数据管理、分级分类与合规属性管理；
- 仓储库位、批次有效期、入出库流水与库存管控；
- 借用、预约、归还与超期管理（含审批与通知）；
- 采购申请、采购订单、到货验收入库；
- 设备维护/保养/检定（含停机、恢复等状态管理）；
- 盘点差异核对与调整；
- 统计报表与可视化分析；
- 全程审计日志与可追溯。

1.3 术语与定义

- 耗材：在实验过程中被消耗的物资，如试剂、手套、滤膜等。
- 设备：可反复使用的资产，如显微镜、离心机、色谱仪等。
- 批次：同一物资的同批号/生产批/有效期的集合单位。
- 库位：仓库中具体的存放位置（如库区/货架/层位）。
- 借用单：实验人员借用设备或可借用物资的业务单据。
- 预约：对设备在未来时间段的使用预留。
- 维护：设备的保养、维修、检定（校准）的统称。

1.4 参考资料

- ISO/IEC 27001 信息安全管理要求；
- GLP/GMP 实验室规范与危化品管理相关法规；
- 企业内部资产与耗材管理办法。

2 总体描述

2.1 用户角色

- 系统管理员：负责系统配置、用户与角色、权限策略。
- 实验管理员：负责物资与设备台账、库存与库位、审批配置、报表。
- 仓库管理员：负责入库、出库、移库、盘点等日常操作。
- 实验人员：提交借用/预约/领用申请，执行归还。
- 审批人：按流程对采购、借用、预约、维护等进行审批。
- 安全合规员：关注危化品、检定校准合规、审计追踪。

2.2 使用场景（举例）

- 新增一种耗材（带有效期与存储条件），采购入库并分配库位，实验人员领用时按批次先进先出。
- 预约某台高端设备，下周二 9:00–11:00 使用，审批后在时间窗内借出，使用完归还并记录小时使用量。
- 每季度对指定仓库存货盘点，生成差异并审批调整。
- 危化品入库时强制上传 MSDS 链接（由安全员审核），到期自动通知。

3 功能模块概述

本系统设计 13 个核心功能模块（均与数据库结构联动）：

1. 用户与权限管理
2. 组织与实验室管理
3. 物资主数据管理
4. 仓储与库位管理
5. 采购与入库管理
6. 库存批次与出入库管理
7. 借用与归还管理
8. 设备预约管理
9. 设备维护与保养管理
10. 盘点管理
11. 审批流与通知管理
12. 日志审计与合规
13. 统计分析与可视化

4 数据库设计 (23 张表, 表格式说明)

4.1 设计原则

- 主数据与事务数据分离; 设备与耗材共享统一物资主数据表, 专属属性拆分;
- 关键业务采用**事件型流水** (stock_transactions) 以保证可追溯;
- 所有业务单据具备**状态机**字段 (草稿/提交/审批中/通过/驳回/完成/取消);
- 审批流通用表抽象, 支持多业务复用;
- 全量**审计日志**记录关键变更与操作人、时间、上下文。

4.2 表清单

共 23 张表:

1. users
2. roles
3. user_roles
4. departments
5. labs
6. lab_memberships
7. suppliers
8. locations
9. items
10. consumable_specs
11. equipment_specs
12. stock_batches
13. stock_transactions
14. purchase_orders
15. purchase_order_items
16. borrow_orders
17. borrow_order_items
18. reservations
19. maintenance_orders
20. stock_counts
21. stock_count_lines
22. approvals
23. audit_logs

4.3 各表结构 (表格式说明, 不提供 SQL)

表 1: users —— 用户表

字段名	类型	可空	默认值	说明 (约束/备注)
id	UUID	否		主键
username	varchar(64)	否		唯一, 登录名 (唯一索引)
password_hash	varchar(255)	否		密码哈希
full_name	varchar(100)	否		姓名
email	varchar(120)	是		邮箱 (唯一索引, 可空)
phone	varchar(32)	是		手机
status	enum(active,disabled,locked)	否	active	账户状态
last_login_at	datetime	是		最近登录时间
created_at	datetime	否	now	创建时间
updated_at	datetime	否	now	修改时间

表 2: roles —— 角色表

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
code	varchar(64)	否		角色编码 (唯一), 如 ADMIN/WAREHOUSE_MANAGER
name	varchar(100)	否		角色名称
description	varchar(255)	是		说明
created_at	datetime	否	now	创建时间

表 3: user_roles —— 用户-角色关联表

字段名	类型	可空	默认值	说明
user_id	UUID	否		外键->users.id, 复合主键 1
role_id	UUID	否		外键->roles.id, 复合主键 2
assigned_by	UUID	否		指派人->users.id
assigned_at	datetime	否	now	指派时间

表 4: departments —— 部门/课题组

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
name	varchar(120)	否		部门名称 (唯一)
parent_id	UUID	是		上级部门, 可空
manager_id	UUID	是		负责人->users.id
created_at	datetime	否	now	创建时间

表 5: labs —— 实验室信息

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
code	varchar(64)	否		实验室编码 (唯一)
name	varchar(120)	否		实验室名称
department_id	UUID	否		外键->departments.id
location_desc	varchar(255)	是		物理位置描述
manager_id	UUID	是		实验室负责人->users.id

表 6: lab_memberships —— 实验室成员关系及权限范围

字段名	类型	可空	默认值	说明
lab_id	UUID	否		外键->labs.id, 复合主键 1
user_id	UUID	否		外键->users.id, 复合主键 2
role_in_lab	enum(member, manager, owner)	否		实验室内角色
active	boolean	否	true	是否有效

表 7: suppliers —— 供应商

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
name	varchar(200)	否		供应商名称 (唯一)
contact_name	varchar(100)	是		联系人
phone	varchar(32)	是		电话
email	varchar(120)	是		邮箱
address	varchar(255)	是		地址

字段名	类型	可空	默认值	说明
rating	int	是		评分 1-5
active	boolean	否	true	是否启用

表 8: locations —— 仓库/库区/货架/库位层级

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
code	varchar(64)	否		库位编码 (唯一)
name	varchar(120)	否		库位名称
parent_id	UUID	是		上级库位
type	enum(warehouse, zone, rack, bin, house)	否		层级类型
temperature_range	varchar(50)	是		温控说明, 如 2-8°C
hazard_class	varchar(50)	是		危化品分类适配
active	boolean	否	true	是否启用

表 9: items —— 物资主数据 (耗材/设备/化学品)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
code	varchar(64)	否		物资编码 (唯一)
name	varchar(200)	否		名称
type	enum(consumable, equipment, chemical)	否		物资类型
spec	varchar(200)	是		规格型号 (通用)
unit	varchar(32)	否		单位 (盒、瓶、台、次等)
category	varchar(120)	是		分类 (自定义)
min_stock	decimal(14,3)	是	0	安全库存
reorder_point	decimal(14,3)	是	0	订货点
supplier_id	UUID	是		推荐供应商
active	boolean	否	true	是否启用

表 10: consumable_specs —— 耗材扩展属性 (items.type=consumable/chemical)

字段名	类型	可空	默认值	说明
item_id	UUID	否		主键 = 外键->items.id

字段名	类型	可空	默认值	说明
storage_cond	varchar(120)	是		存储条件 (如 2-8°C/避光)
shelf_life_days	int	是		保质期 (天)
msds_url	varchar(255)	是		MSDS 链接 (危化品)
cas_no	varchar(64)	是		CAS 号 (化学品)
lot_tracking	boolean	否	true	启用批次追踪

表 11: equipment_specs —— 设备扩展属性 (items.type=equipment)

字段名	类型	可空	默认值	说明
item_id	UUID	否		主键 = 外键->items.id
asset_tag_prefix	varchar(64)	是		资产标签前缀
serial_required	boolean	否	true	是否按序列号管理
calibration_interval_in_days	int	是		检定 (校准) 周期天数
usage_unit	varchar(32)	是		使用计量单位 (小时、次数)

表 12: stock_batches —— 库存批次/序列单元

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
item_id	UUID	否		外键->items.id
batch_no	varchar(100)	是		批号 (耗材/化学品)
serial_no	varchar(100)	是		序列号 (设备)
mfg_date	date	是		生产日期
expiry_date	date	是		失效日期 (耗材/化学品)
current_location_id	UUID	否		现库存位->locations.id
qty_on_hand	decimal(14,3)	否	0	账面数量
status	enum(available, reserved, borrowed, maintenance, disposed)	否		可用状态

表 13: stock_transactions —— 出入库流水 (事件型)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
tx_time	datetime	否	now	发生时间
tx_type	enum(receipt, issue, return, transfer, adjustment, dispose, borrow_out, borrow_in, maintenance)	否		事务类型

字段名	类型	可空	默认值	说明
item_id	UUID	否		外键->items.id
batch_id	UUID	是		外键->stock_batches.id
from_location_id	UUID	是		源库位
to_location_id	UUID	是		目标库位
qty	decimal(14,3)	否		数量 (设备按 1 或使用量)
uom	varchar(32)	否		计量单位
ref_doc_type	varchar(64)	否		关联单据类型 (PO/GR/BR/RS/SC/MO 等)
ref_doc_id	UUID	否		关联单据 ID
operator_id	UUID	否		操作人->users.id
note	varchar(255)	是		备注

表 14: purchase_orders —— 采购订单 (含申请/下单/收货)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
po_no	varchar(64)	否		订单号 (唯一)
requester_id	UUID	否		申请人
supplier_id	UUID	否		供应商
status	enum(draft,submitted,approved,approved_cancelled,ordered,partially_received,received)	否		状态机
expected_date	date	是		期望到货
created_at	datetime	否	now	创建时间

表 15: purchase_order_items —— 采购订单行

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
po_id	UUID	否		外键->purchase_orders.id
item_id	UUID	否		外键->items.id
qty_ordered	decimal(14,3)	否		订购数量
qty_received	decimal(14,3)	否	0	已收数量
unit_price	decimal(14,2)	否	0	含税单价
uom	varchar(32)	否		单位
need_by_date	date	是		需求日期

表 16: borrow_orders —— 借用/领用单 (头)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
borrow_no	varchar(64)	否		借用单号 (唯一)
requester_id	UUID	否		申请人
lab_id	UUID	否		所属实验室
status	enum(draft,submitted,approved,revoking,approved,revoked,issued,partially_returned,returned)	否		状态机
expected_return_date	date	是		预计归还日 (设备)
purpose	varchar(255)	是		用途/项目号
created_at	datetime	否	now	创建时间

表 17: borrow_order_items —— 借用/领用单 (行)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
borrow_id	UUID	否		外键->borrow_orders.id
item_id	UUID	否		外键->items.id
batch_id	UUID	是		指定批次/序列
qty_requested	decimal(14,3)	否		申请数量
qty_issued	decimal(14,3)	否	0	发出数量
qty_returned	decimal(14,3)	否	0	归还数量
uom	varchar(32)	否		单位

表 18: reservations —— 预约 (设备/共享资源时段预约)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
item_id	UUID	否		外键->items.id (设备)
requester_id	UUID	否		预约人
start_time	datetime	否		开始时间
end_time	datetime	否		结束时间
status	enum(requested,approving,approved,rejected,checked_in,checked_out,no_show)	否		状态机
borrow_id	UUID	是		关联借用单 (签到/借出)
note	varchar(255)	是		备注

表 19: maintenance_orders ——设备维护/保养/检定单

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
mo_no	varchar(64)	否		维护单号 (唯一)
item_id	UUID	否		设备->items.id
batch_id	UUID	是		设备序列单元->stock_batches.id
type	enum(preventive,repair,calibration)	否		类型: 预防性/维修/检定
status	enum(draft,submitted,approved,progress,completed,failed,cancelled)	否		状态机
scheduled_date	date	是		计划日期
completed_at	datetime	是		完成时间
downtime_hours	decimal(10,2)	是		停机小时
cost	decimal(14,2)	是		成本

表 20: stock_counts ——盘点任务 (头)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
count_no	varchar(64)	否		盘点编号 (唯一)
location_id	UUID	否		盘点范围起点库位
status	enum(draft,issued,counting,draftview,approved,justed,closed,cancelled)	否		状态机
initiator_id	UUID	否		发起人
started_at	datetime	是		开始时间
closed_at	datetime	是		结束时间

表 21: stock_count_lines ——盘点任务 (行)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
count_id	UUID	否		外键->stock_counts.id
item_id	UUID	否		外键->items.id
batch_id	UUID	是		外键->stock_batches.id
location_id	UUID	否		盘点库位
qty_book	decimal(14,3)	否		账面数
qty_counted	decimal(14,3)	否	0	盘点数
variance	decimal(14,3)	否	0	差异 (盘点-账面)

字段名	类型	可空	默认值	说明
review_status	enum(pending,ok,investigating,denied)	否	pending	行状态

表 22: approvals —— 通用审批流任务

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
biz_type	varchar(64)	否		业务类型 (PO/BR/RS/MO/SC)
biz_id	UUID	否		业务单据 ID
step_no	int	否		步骤序号
approver_id	UUID	否		审批人
status	enum(pending,approved,rejected,skipped)	否	pending	审批状态
comment	varchar(255)	是		意见
acted_at	datetime	是		操作时间

表 23: audit_logs —— 审计日志 (不可变更)

字段名	类型	可空	默认值	说明
id	UUID	否		主键
actor_id	UUID	否		操作者->users.id
action	varchar(64)	否		动作 (CREATE/UPDATE/DELETE/LOGIN/AP等)
object_type	varchar(64)	否		对象类型 (表/业务)
object_id	UUID	否		对象 ID
timestamp	datetime	否	now	时间戳
before_json	text	是		变更前快照 (JSON)
after_json	text	是		变更后快照 (JSON)
ip	varchar(64)	是		IP 地址

5 详细功能与业务流程说明

以下各模块均基于上述数据模型，描述其业务流程、状态、输入输出与异常处理。

5.1 模块 A：用户与权限管理

业务目标

实现用户账号、角色与实验室范围权限管理，支持跨实验室的精细化授权。

关键表

users, roles, user_roles, labs, lab_memberships, audit_logs

主要流程

1. 账号创建：管理员在 users 创建用户，初始化状态为 active。
2. 角色分配：在 user_roles 为用户分配系统级角色（如系统管理员）。
3. 实验室授权：在 lab_memberships 将用户加入特定实验室并指定 lab 内角色 (manager/member)，影响其对物资与操作范围。
4. 启用/禁用：变更 users.status，记录 audit_logs。

异常与约束

- 禁止删除存在审计或业务数据关联的用户，采用禁用代替删除；
- 同一用户在同一实验室仅允许一个有效 lab_membership。

5.2 模块 B：组织与实验室管理

业务目标

维护部门树与实验室信息，关联负责人与默认库位范围。

关键表

departments, labs, lab_memberships, locations

流程

1. 部门维护：新增/调整部门层级 (parent_id)。
2. 实验室维护：设定实验室编码、所属部门、负责人、物理位置描述。
3. 实验室成员：在 lab_memberships 维护成员范围与角色。

5.3 模块 C：物资主数据管理

业务目标

统一管理耗材/设备/化学品的主数据与扩展属性。

关键表

items, consumable_specs, equipment_specs, suppliers, audit_logs

流程

1. 新建物资：创建 items (code 唯一, type 区分), 根据类型在相应扩展表建立记录;
2. 合规校验：若为 chemical, 要求 consumable_specs.msds_url 非空;
3. 启停管理：active 控制启用状态, 变更写入 audit_logs。

5.4 模块 D：仓储与库位管理

业务目标

维护仓库、库区、货架、库位的多级结构，定义温控与危化适配。

关键表

locations

流程

1. 库位建模：按层级创建 location 节点 (warehouse/zone/rack/bin);
2. 适配校验：危化品仅允许放置在 hazard_class 匹配的库位。

5.5 模块 E：采购与入库管理

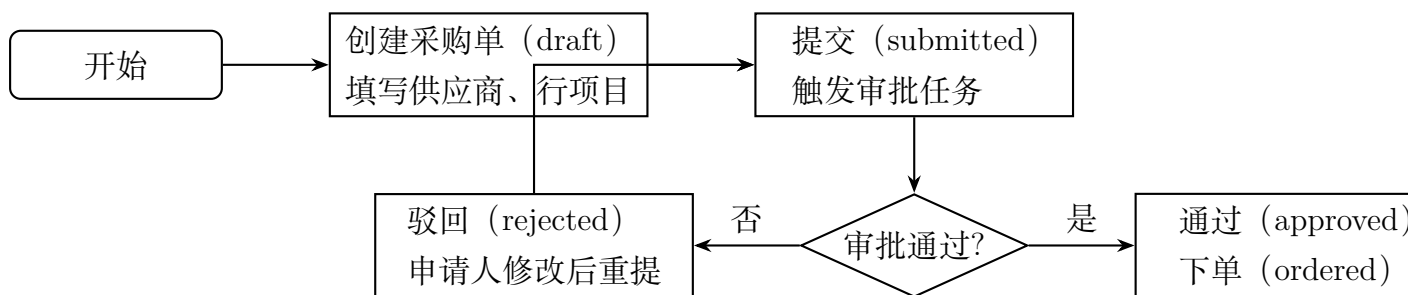
业务目标

从申请到下单、收货验收入库的闭环，支持部分到货。

关键表

purchase_orders, purchase_order_items, approvals, stock_batches, stock_transactions, suppliers, items, locations

业务流程图



关键步骤与数据交互

1. 提交审批：在 approvals 写入审批步骤，purchase_orders.status=approving；
2. 审批通过：status=approved/ordered；
3. 收货入库：
 - 为每个到货行创建 stock_batches（批号/有效期/序列）；
 - 写入 stock_transactions (receipt)，更新 purchase_order_items.qty_received；
 - 支持部分收货，直到全部行收齐后 PO 置为 received/closed。

5.6 模块 F：库存批次与出入库管理

业务目标

通过事件流水管理所有库存变化，保证可追溯；批次/序列管理有效期与状态。

关键表

stock_batches, stock_transactions, locations, items

流程

1. 调拨：from_location → to_location 写 transfer 流水；
2. 领用/发料：issue 流水，减少可用库存；
3. 退料：return 流水；
4. 报废：dispose 流水；对过期批次生成处置记录；
5. 维护外送/归还：maintenance_out/in 流水，联动 maintenance_orders。

5.7 模块 G：借用与归还管理

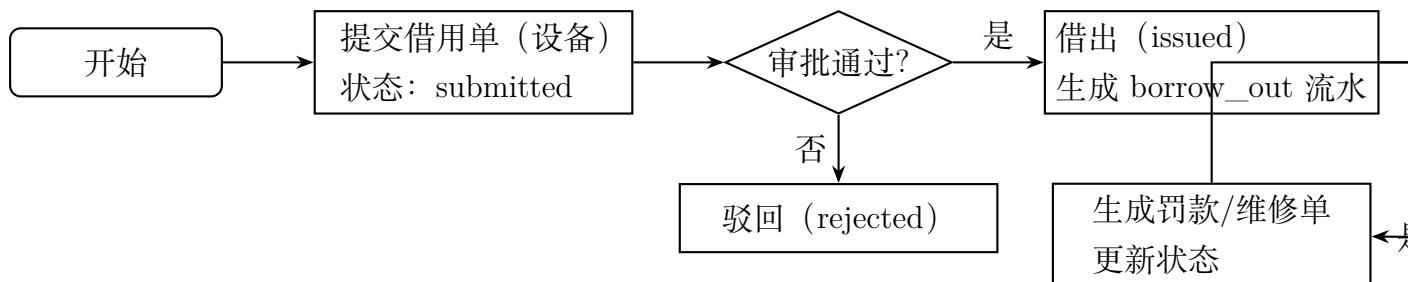
业务目标

支持耗材领用与设备借用，含审批、发放、归还、超期处理。

关键表

borrow_orders, borrow_order_items, approvals, stock_batches, stock_transactions, reservations (可选关联)

流程图（设备借用）



要点

- 借出：写 stock_transactions (borrow_out)，锁定序列/批次；借用行 qty_issued 更新；
- 归还：写 stock_transactions (borrow_in)，更新 qty_returned；若设备损坏，触发 maintenance_orders；
- 超期：borrow_orders.status 可置 overdue，通知申请人与管理员。

5.8 模块 H：设备预约管理

业务目标

提供时间段预约、冲突校验、签到借出、签退归还。

关键表

reservations, borrow_orders, items, approvals

流程

1. 预约创建：校验设备空闲（时间段冲突检测），置 requested；
2. 审批：按策略进入 approving/approved；
3. 签到：预约窗口开始时，现场或系统签到 (checked_in)，可自动生成借用单并借出；
4. 签退：结束时签退 (checked_out/completed)，若有借用则归还。

5.9 模块 I：设备维护与保养管理

业务目标

统一管理预防性保养、维修与检定计划/执行，联动库存与停机时间。

关键表

maintenance_orders, items, stock_batches (序列) , approvals, stock_transactions

流程

1. 计划生成：按 equipment_specs.calibration_interval_days 生成检定计划；
2. 审批执行：提交维护单并审批；
3. 外送/停机：写 maintenance_out 流水，设备状态改为 maintenance；
4. 完成归库：写 maintenance_in 流水；记录 downtime_hours、成本。

5.10 模块 J：盘点管理

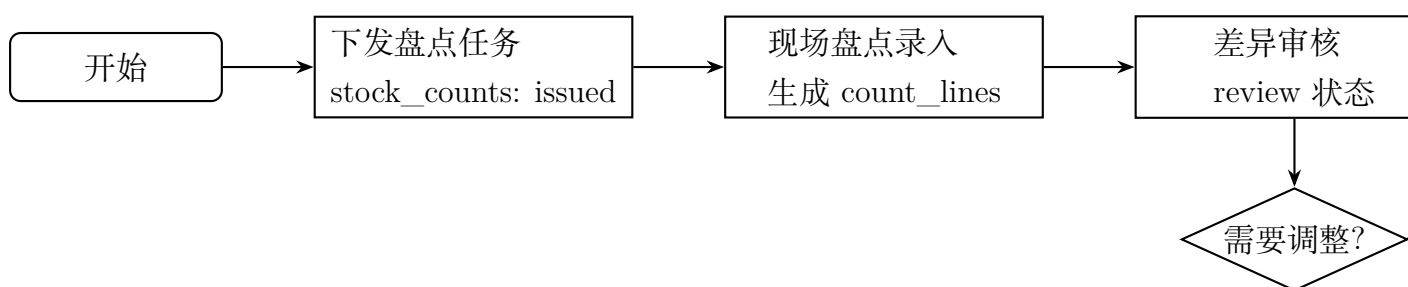
业务目标

定期或不定期盘点，生成差异并按审批结果做调整流水。

关键表

stock_counts, stock_count_lines, stock_batches, stock_transactions, approvals

流程图



5.11 模块 K：审批流与通知管理

业务目标

对采购、借用、预约、维护、盘点差异等业务提供可配置审批链；关键节点推送通知。

关键表

approvals, users, audit_logs (通知可外部实现)

流程

1. 业务提交：根据 biz_type 写入 approvals 多步骤；
2. 审批动作：审批人对当前 step 操作，记录 comment 与 acted_at；
3. 结果回写：全部通过则业务单据状态转 approved，否则 rejected；
4. 通知：在待审批、通过、驳回、超期等节点触发消息（邮件/IM）。

5.12 模块 L：日志审计与合规

业务目标

全链路操作留痕与数据快照，支持问责追踪与合规审计。

关键表

audit_logs (全局)

说明

- 记录前后镜像 (before/after_json) 以支持差异比对；
- 关键安全动作（登录失败、权限变更、危化入库、报废）单独标签。

5.13 模块 M：统计分析可视化

业务目标

提供多维统计指标，支持图表化呈现与导出。

典型指标与业务说明

以下说明“按什么查询、得到什么结果、用什么图呈现”。字段来源以表名. 字段名表示。

M1 月度借用/领用数量趋势

- 查询: stock_transactions 过滤 tx_type in (issue, borrow_out), 按 month(tx_time), items.category 聚合 sum(qty)；
- 结果：每月每类物资的发出数量；
- 图表：多系列折线图 (X= 月份, Y= 数量, 系列 =category)。

M2 设备利用率

- 查询: reservations 状态 in (checked_in, checked_out, completed), 计算实际占用工时; 再除以设备可用时段 (排除 maintenance_orders.in_progress 期间);
- 结果: 设备维度的利用率% 与小时数;
- 图表: 条形图 (设备名称为 X, 利用率为 Y), 并配次坐标散点显示总使用小时。

M3 库存周转率与周转天数

- 查询: 以期间内 issue/return 的净发出量近似消耗量, 结合期初期末库存 (按 stock_batches+transactions 重算);
- 结果: item 维度 Turnover= 消耗量/平均库存; Days= 期间天数/Turnover;
- 图表: 散点图 (X=Turnover, Y=Days), 辅以分类颜色。

M4 近效期与过期风险清单

- 查询: stock_batches where expiry_date within N 天且 status=available;
- 结果: 批次、库位、剩余数量、剩余天数;
- 图表: 热力矩阵 (库位 × 剩余天数分箱) 或列表表格。

M5 安全库存与缺货预警

- 查询: 聚合每个 item 当前可用库存 (stock_batches.qty_on_hand 状态 =available 之和); 比对 items.min_stock / reorder_point;
- 结果: 低于阈值的物资清单;
- 图表: 柱状图 (物资 × 缺口量), 并提供导出。

M6 借用超期率

- 查询: borrow_orders where expected_return_date < 实际归还日期或当前日期且 status in (issued, partially_returned, overdue);
- 结果: 按实验室/申请人聚合的超期单比例;
- 图表: 堆叠柱状图 (维度 = 实验室; 分段 = 是否超期)。

M7 供应商绩效 (按时交付率/质量)

- 查询: purchase_orders 与 purchase_order_items 对比 expected_date 与首次 receipt 时间; 质量可由质检扩展或退货流水 (扩展);
- 结果: 供应商维度的按时率、平均提前/延后天数;
- 图表: 水平柱状图 + 误差线。

M8 设备维护合规率

- 查询: maintenance_orders type=calibration, 比较 scheduled_date 与 completed_at;
- 结果: 按设备合规 (按期完成) 与超期数量;

- 图表：饼图或堆叠条形图。

M9 ABC 分类（耗材）

- 查询：期间消耗金额 = $\text{sum}(\text{issue.qty} * \text{PO 入库均价或最近价})$ ；
- 结果：按金额贡献度排序，累计占比分 A/B/C；
- 图表：帕累托图（柱 + 累计折线）。

M10 预约爽约率（No-show）

- 查询：reservations status=no_show / approved；
- 结果：按人/实验室统计爽约次数与比例；
- 图表：雷达图或条形图。

6 权限与职责矩阵（概述）

- 系统管理员：管理 users/roles、全局配置、审计查询；
- 实验管理员：管理 items/locations、审批策略、报表；
- 仓库管理员：执行收货、发料、调拨、盘点；
- 审批人：处理 approvals 任务；
- 实验人员：提交 borrow/reservation/请购，执行归还；
- 安全合规员：危化品和维护合规监督，审计导出。

7 非功能需求

7.1 性能

- 常用查询（库存可用量、近效期列表）在 10 万批次规模下响应 <2 秒；
- 并发审批/借用发放峰值 100 并发下稳定。

7.2 安全

- 密码哈希与强度策略、登录失败锁定；
- 细粒度权限校验（系统角色 + 实验室范围）；
- 审计日志不可篡改，关键操作双人复核（可通过审批流实现）。

7.3 可用性与合规

- 关键数据每日自动备份，跨区域容灾可选；
- 危化品 MSDS 必填校验，过期/近效期自动预警；
- 设备检定逾期禁止借出（规则可配置）。

8 状态与枚举说明（附录）

8.1 单据状态机约定

- 通用：draft → submitted → approving → approved/rejected → 执行中 → completed/closed/cancelled；
- 借用：issued/partially__returned/returned/overdue；
- 采购：ordered/partially__received/received。

8.2 事务类型约定

receipt, issue, return, transfer, adjustment, dispose, borrow__out, borrow__in, maintenance__out, maintenance__in。

9 数据质量与校验规则（要点）

- items.type=chemical 时，consumable__specs.msds__url 必填；
- stock__batches.expiry__date 不得早于 mfg__date；
- 设备借出前校验 maintenance 合规（未超期检定）；
- 预约冲突检测：同设备时间段重叠禁止批准；
- 盘点调整必须经审批才可生成 adjustment 流水。

10 实施与扩展建议

- 初期用事件表回算库存，后期可新增聚合表提升查询性能；
- 审批流可接入企业 OA；通知对接邮件与 IM 机器人；
- 报表可对接 BI（如 Superset/PowerBI），本系统提供指标视图与导出。