

大型仪器设备共享机制的实践深化与效能跃升

文 丽^{1*}, 陈超洋¹, 田续玲², 皮 波²

¹湖南科技大学电子与电气技术国家级实验教学示范中心, 湖南 湘潭

²湖南科技大学国有资产与实验室管理处, 湖南 湘潭

收稿日期: 2026年6月8日; 录用日期: 2026年7月20日; 发布日期: 2026年9月11日

摘 要

目前大型仪器在共享平台上普遍存在制度合理、执行力不足的问题。研究省政府下达的政策文件在执行过程中形成的“中层过滤”机制、“嵌套-转译”情况。以湖南科技大学为例, 根据政策文件、设备运行数据分析, 发现该校建立了“三级管理-动态激励-智慧平台”的协同体系, 提高了制度内化率和执行穿透力。但共享效能仍没有充分发挥出来, 主要是因为学科与设备错配、实验技术队伍职业断层、跨域数据孤岛。由此提出了“三维跃升”路径——设备全生命周期绩效穿透、实验人才双轨制发展、区域共享生态联盟建设。解决地方高校大型仪器共享“最后一公里”效能跃升的问题。

关键词

大型仪器, 效能, 内化率, 三维跃升

Practice Deepening and Efficiency Leap of Large-Scale Instrument Sharing Mechanism

Li Wen^{1*}, Chaoyang Chen¹, Xuling Tian², Bo Pi²

¹National Demonstration Center for Experimental Electronic and Electrical Technology Education, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

²State Assets and Laboratory Management Office, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

Received: June 8, 2026; accepted: July 20, 2026; published: September 11, 2026

Abstract

Currently, a prevalent issue concerning large-scale instruments on sharing platforms is the coexistence of institutional rationality and insufficient execution capacity. This study investigates the “mid-level filtering” mechanism and the “nested translation” phenomena that emerge during the

*通讯作者 Email: 1040058@hnust.edu.cn

文章引用: 文丽, 陈超洋, 田续玲, 皮波. 大型仪器设备共享机制的实践深化与效能跃升[J]. 仪器与设备, 2026, 14(3): 372-382. DOI: 10.12677/iae.2026.143042

implementation of policy documents issued by provincial governments. Taking Hunan University of Science and Technology as a case study, an analysis of policy documents and equipment operation data reveals that the university has established a collaborative system characterized by “three-tier management, dynamic incentives, and a smart platform”, which has significantly improved the rate of institutional internalization and the penetrative power of execution. However, the full potential of sharing efficiency remains unrealized, primarily due to mismatches between academic disciplines and equipment, a career discontinuity within the experimental technical workforce, and cross-domain data silos. To address these challenges, a “three-dimensional leap” pathway is proposed—namely, performance penetration throughout the equipment’s full lifecycle, dual-track development of experimental talents, and the construction of regional shared ecological alliances—in order to resolve the “last-mile” efficiency leap problem in the sharing of large-scale instruments at local universities.

Keywords

Large-Scale Instruments, Efficiency, Internalization Rate, Three-Dimensional Ascent

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前我国高校大型仪器设备共享普遍出现“三高一低”情况——政策覆盖率高、制度完备率高、设备入网率高，使用率持续偏低[1]。出现这种“高制度供给、低效能产出”的情况，是在政策执行过程中发生了衰减。说明制度和执行之间缺乏有效的转译环节，政策意图在逐级传导中不断被过滤、稀释，甚至误解文件精神。湖南科技大学在湖南省 27 所本科高校中考评大型科研仪器开放共享，成为唯一连续两年获评“优秀”的省属高校，“设备使用率”与“社会服务贡献”两项指标显著高于全省均值。但是即使这样优秀的单位，仍然存在很多不足之处，如艺术学院设备的使用率仅为 35.5%，实验技术队伍流失率高达 15.2%。在传统的“制度 - 执行”二分框架上，引入了政策执行过程中的中层过滤理论，分析校级政策如何被院系、设备管理员等执行主体“过滤”“转译”与“再创造”，揭示共享效能的生成机制，优化共享效能路径。

2. 国内外研究现状

2.1. 国际研究前沿

宋大成等指出欧美等发达国家已经通过投资与建设重大设施项目，开放并共享其平台，共享模式主要有数据共享模式、市场响应共享模式、集约保障共享模式和战略合作共享模式，体现设备资源的稀缺性和可持续性[2]。彭天祥等指出欧美等发达国家已经建立并完善了大型科研仪器设备开放共享绩效评价体系，英国注重设备的使用效率和服务质量方面的考核，而美国主要在于重点考核设备使用和共享情况。同时指出当共享服务供不应求时，管理方会优先支持科研业绩等产出高的用户。JISC 等机构建立了设备数据国家数据库，通过标准化共享流程，提高设备的可见性与使用效率[3]。Klincewicz, K 等指出国外学者研究的重点主要集中在大型稀缺设备，开放共享中的可分配、可持续性管理以及治理机制[4]。总体而言，现有国外研究偏重国家层面的重大设施共享平台治理框架设计，对于地方中小型设备共享情况、执行情况的研究仍显不足。

2.2. 国内研究脉络与前沿

我国大型仪器设备共享的研究大致经历了三个阶段。第一阶段(约 2000~2013 年)聚焦于开放式实验室建设与仪器入网管理;第二阶段(2014~2020 年)随着国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见的出台[5],研究转向制度框架设计、信息化系统建设和绩效评价[6][7];第三阶段(2021 年至今)进入高质量发展与智能治理阶段,“互联网 + 人工智能共享管理”“区域共享”等成为新的研究前沿[8][9]。

绩效评价方面,吴元周等构建了一套“核心指标 + 调节因子 + 附加维度 + 差异系数 + 反馈模块”的五层评价体系[10];李鑫等则采用三级指标体系,从资源整合、运行管理和 服务成效三个维度设计了综合性绩效评价框架[11]。制度执行层面,游玗怡等借助“权威 - 激励”政策工具框架,揭示了省级政策“沿袭与加码”的特征,但执行衰减问题依然突出[12]。数字化与智能化方向上,已有研究尝试将 AI 用于设备智能调度[9],也有学者基于区块链技术提出仪器租赁模型[13]。队伍建设方面,清华大学、南京大学等高校积累了一些有益经验[14]。可以看出,国内研究的问题意识已经发生了变化——从“制度应该设计什么”逐步转向“制度执行效果究竟如何”[6][8]。但客观而言,现有工作仍存在三处明显不足。第一,多数研究将校级制度与院系执行视为线性传递关系,忽略了中间可能发生的“转译”与“过滤”作用。第二,即便在绩效优秀的单位,内部的结构性矛盾也未能得到深入挖掘。第三,目前尚缺乏将管理制度抽象为可计算算法、并进行工程化建模的尝试。

2.3. 本研究的理论定位与边际贡献

本研究以政策执行理论中的“中层过滤”机制[15]和制度协同的“嵌套 - 转译”模型为核心分析框架,突破传统研究中“制度 - 行为”的线性设定,关注院系和设备管理员在政策传导过程中的能动性。在此基础上,本文将管理经验转化为可量化的动态调控模型,在制度协同与工程算法结合方面提供初步方案。

3. 政策执行的“中层过滤”与制度协同的“嵌套 - 转译”模型

传统研究多从“制度设计 - 激励相容”视角出发,认为只要考核到位、奖惩分明,共享效能自然提升。然而,这一线性逻辑忽视了政策传导过程中院系(中层过滤)和设备管理员(个体)的主观能动作用[12][15]。本研究从三个维度进行比较:政策传导、制度设计、实际效果。据此提出“政策嵌套 - 制度转译 - 执行穿透”三维模型。

3.1. 省级政策传导、制度设计的效果

湖南省自 2021 年起构建了覆盖“入网 - 考核 - 奖补 - 应用”全链条的政策闭环体系[1][16]。从政策传导、制度设计以及实际效果三个维度进行比较,表 1 总结了 2023 年考核数据的关键表现。

从表 1 可以看出,国家大型科研仪器共享政策传导经过省级政策传导,形成了各种可执行的政策。

Table 1. Implementation of large-scale instrument sharing policies in Hunan province, 2023
表 1. 2023 年湖南省大型仪器共享政策执行情况

政策传导	制度设计	实际效果	不足
强制入网	价值 30 万元以上设备	入网率 87.6%	设备学科价值差异
考核要求	3 维度 + 12 项指标	优秀率 18.5%	指标与学科发展需求脱钩
财政奖励	服务收入 10%	最高获 152 万元	只奖励使用量,不奖励使用质量
实际结果	考核结果与新购设备挂钩	10 所高校被限制新购设备	没有建立设备动态淘汰机制

但考核指标未嵌入学科发展逻辑，导致部分学校出现“为考核而共享”的现象。例如有些高校为了达到考核要求，中层过滤掉了设备学科价值因素，制度发生了变形，导致强制开放与学科方向无关的低效设备，10所高校被限制采购新设备，挤占了优势学科获得共享资源的机会。

3.2. 构建“政策嵌套－制度转译－执行穿透”模型

通过政策传导、制度设计以及实际效果情况，提出“政策嵌套－制度转译－执行穿透”三维模型，如图1所示。

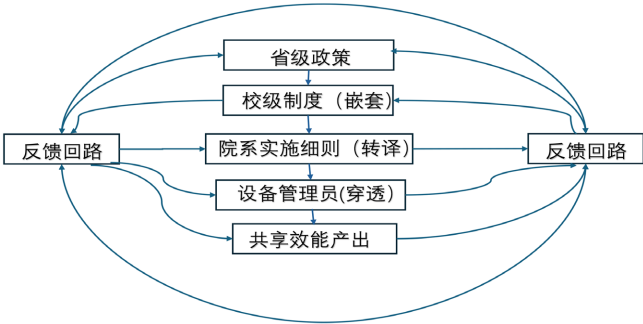


Figure 1. Schematic diagram of the three-dimensional model of policy-nesting, institutional-translation, and implementation-penetration

图 1. 政策嵌套－制度转译－执行穿透三维模型示意图

如图1所示，该模型共分5层，分别是省级政策、校级制度(嵌套)、院系实施细则(转译)、设备管理员行为(穿透)和共享效能产出。每层均有反馈回路，对该层进行闭环监督，从而优化省级政策与校本制度的结构匹配度，院系基于学科特性对制度的创造性适配性以及设备管理员将制度转化为具体行动的转化力。该模型中一旦共享效能产出得不到充分发挥，省级政策马上有反馈，可一节节往上查找，找出造成共享效能低的原因。以湖南科技大学为例，从省级政策中，制定了相应的校级政策，如表2所示：

Table 2. Synergy mechanism between provincial policies and university-level practices

表 2. 省级政策与校级实践的协同机制

省级政策	校级政策	协同效应
30 万以上入网	10 万元以上入网	扩大设备共享数量
服务收入 10%	“收入返还 + 维修基金”	省级奖补 + 个人收入双激励
3 维度 + 12 项指标	加大院系考核权重	省级指标转化为校内二级单位指标

从表2中可以看出湖南科技大学在强制入网条件中，将10万元以上的设备纳入了共享平台，扩大了设备共享范围，增加了设备上网的数量。校内实行收入返还机制，提高了管理技术人员的积极性。这样与省级政策形成了深度嵌套与协同共振，产生了政策叠加的放大效应。

这种有效的“政策转译”与“制度内化”，实证了其“制度－执行”协同路径的有效性。

4. 制度内化与执行穿透

4.1. 校内“三级管理－动态激励－智慧平台”制度体系的深度协同

湖南科技大学校内构建了“学校－二级单位－设备管理员”三级管理制度体系，每一层级完成不同的政策转译功能[18]，如表3所示。

Table 3. Translation mechanism and effects of the three-level management system at Hunan University of Science and Technology
表 3. 湖南科技大学三级管理制度转译机制与效果

层级	制度文件	转译机制	执行穿透效果
学校层	《共享管理办法》	省级考核转译为校内绩效	设备考核权重提高到 45%
二级单位层	《院系实施细则》	教学免费、科研有偿	设备共享率提高到 72.3%
管理员层	《维修基金动态分配细则》	设备使用率分配维修基金	低效设备维修基金占 35%

从表 3 中可以看出该校制定各层级制度政策，将设备共享作为校内绩效考核的指标，对二级学院加大了考核权重，促进了共享设备的共享率和使用率，增加了设备共享收入，避免了大型设备的闲置状态，充分发挥了大型设备的利用价值。

另外该校还建立了“设备使用率 - 维修基金 - 收入分配的动态激励机制”，算法如下所示：

$$F_1(x) = \begin{cases} 0.2N & x \leq 40\% \\ 0.5N & 40\% < x \leq 60\% \\ 0.8N & x > 60\% \end{cases} \quad (1)$$

式中， x 为单套设备使用率， N 为单套设备维修基金总额， $F_1(x)$ 为单套设备实际获得的维修基金分配金额。

$$F_2(x) = \begin{cases} 0.1G & x \leq 40\% \\ 0.5G & 40\% < x \leq 60\% \\ 1.0G & x > 60\% \end{cases} \quad (2)$$

式中， x 为单套设备使用率， G 为管理员人均设备绩效工资总额， $F_2(x)$ 为管理员设备管理实际收入分配。

上述算法揭示了一套独特的制度逻辑。它打破了设备闲置与维修资金不足之间的恶性循环：单套设备使用率越低，所能获得的维修资金就越有限，同时还会影响管理员的设备绩效工资，进而拉低其全年收入。这种机制倒逼管理员主动优化设备使用策略，积极推动共享，以追求设备的最大使用率。

另外在该校官网二级单位——国有资产与实验室管理处，建立了智慧平台即大型仪器设备共享平台，可通过校外用户和校内用户进行注册和预约仪器设备，方便设备的预约和使用，如图 2 所示。



Figure 2. Smart platform of Hunan University of Science and Technology
图 2. 湖南科技大学智慧平台

4.2. 执行穿透力的实际表现

执行穿透力即设备管理员主动优化共享流程、开发共享功能、解决用户问题等非指令性行为的频次占比。本研究通过湖南省 27 所高校设备管理员 142 个工作日的日志分析统计其非指令性行为的频次占比，进行量化操作(如表 4)。

Table 4. Frequency of non-directive behaviors
表 4. 非指令性行为频次

单位名称	频次	单位名称	频次	单位名称	频次
湖南中医药大学	101	怀化学院	65	长沙师范学院	42
中南大学	99	长沙理工大学	65	吉首大学	43
湖南农业大学	96	衡阳师范学院	64	湖南城市学院	40
湖南科技大学	96	湖南科技学院	63	湖南人文科技学院	41
湖南师范大学	88	中南林业科技大学	48	湘南学院	36
湖南大学	70	长沙学院	44	湖南工程学院	30
湘潭大学	70	湖南文理学院	42	湖南工业大学	32
湖南理工大学	68	湖南工学院	43	湖南医药学院	30
南华大学	71	邵阳学院	43	湖南第一师范学院	25

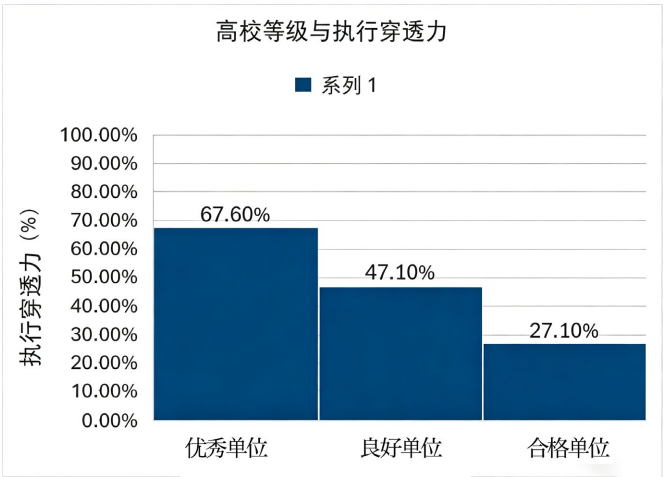


Figure 3. Implementation penetration of university evaluation for large-scale research instruments in Hunan Province, 2023
图 3. 2023 年湖南省大型科研仪器高校评级执行穿透力

如图 3 所示，根据各高校非指令性行为频次占比情况来看，优秀单位的占比均值最高为 67.6%，合格单位的占比均值最低为 27.1%。根据各高校对设备维修基金的分配机制来看，与执行穿透力有较强的相关性，其相关系数为 0.76，院系考核权重与执行穿透力的相关系数为 0.69，从而结果验证了制度的精细程度直接决定执行穿透力，而执行穿透力是共享效能的直接前因变量。

4.3. 二级单位制度内化率

所谓制度内化率即是各二级单位实施细则中与校级制度核心条款一致的条款数与校级制度总条款数比值，湖南科技大学 26 个学院，根据学院性质，可分为工学院、理学院、文学院、艺术学院和其他特色

学院五种，统计各学院实施细则条款数量，获得各性质学院平均内化率如图 4 所示。

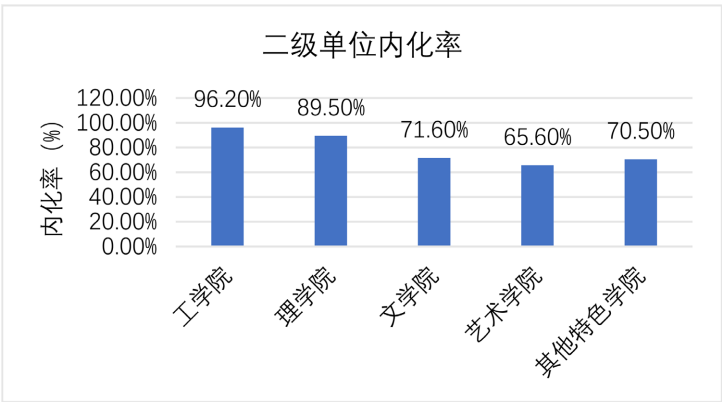


Figure 4. Distribution of institutional internalization rates by college, 2023
图 4. 2023 年各学院制度内化率分布统计图

根据图 4 显示，全校二级单位制度内化率均值是 78.68%，其中工学院制度内化率最高为 96.2%，设备使用率也达 65.2%，艺术学院制度内化率最低为 65.6%，设备使用率仅有 35.5%。由此可见二级单位制度内化率与共享使用率并非完全正相关，制度内化率高并不代表其设备共享使用率高。

5. 共享效能突出矛盾

即使在被视为“标杆”的湖南科技大学，大型科研仪器共享效能的进一步提升仍面临三大结构性矛盾，分别是学科与设备之间的错配矛盾、实验技术队伍的职业断层矛盾，以及平台功能与实际需求之间的错配矛盾。

5.1. 学科与设备之间的错配矛盾

长期以来，设备共享率偏低认为是激励不足，实验技术队伍积极性差造成的。但更多的研究发现，主要原因是学科发展需求与设备配置之间存在错配矛盾，根据 2023 年国有资产与实验室管理处提供的数据处理后如下表 5 所示：

Table 5. Correlations between disciplines and equipment utilization rates
表 5. 学科、设备使用率及相关性

学科	设备使用率	相关性	相关系数
工科	65.2%	正相关	0.62
文学院	41.8%	负相关	-0.38
艺术学院	32.7%	负相关	-0.51

从表 5 中可以看出，不同学科类型的设备使用率与学科相关性存在显著差异。优势工科设备的平均使用率达到 65.2%，与学科呈正相关性，相关系数达到 0.62，但共享覆盖面仍显不足；文学院类的设备使用率为 41.8%，与学科呈负相关性，相关系数为-0.38，说明购买的设备与学科建设矛盾，导致设备闲置；艺术学院类设备使用率为 32.7%，与学科呈负相关性，相关系数为-0.51，说明更多的设备与本专业不相干，导致设备闲置，设备共享意愿更低。总之，从表 6 中可以得出这样结论：为了提高设备的使用率、共享效能，必须调整学科与设备的匹配关系，做到学科与设备正相关性，否则造成设备资源的浪费。

5.2. 实验技术队伍的职业断层矛盾

实验技术队伍是共享政策执行的“最后一公里”，但高校对实验技术人员的重视程度不够，这支队伍正面临职业晋升的困境。根据 2023 年湖南科技大学人事处提供的教师岗位情况如下表 6 所示：

Table 6. Comparison of positions between laboratory technical personnel and faculty members
表 6. 实验技术人员与教师系列岗位情况对比

岗位	无职称晋升通道比例	共享服务认可度	正高级职称	年流失率
实验技术人员	73%	33%	4.3%	15.2%
教师系列	8%	90%	21.6%	8.7%

从表 6 中可以看出，实验技术人员无职称晋升通道占比高达 73%，而同校教师系列占比为 8%。共享服务认可度，实验技术人员认可度为 33%，而同校教师系列认可度 90%。正高级职称实验技术人员占比为 4.3%，教师系列达 21.6%。从以上这些数据可以得出，学校不重视实验技术人员人才的培养和晋升，最终造成实验技术人员大量流失。从 2019 年到 2023 五年期间，实验技术人员流失率从 9.8%持续攀升至 15.2%，同期教师系列流失率基本稳定在 7.5%至 8.7%之间。出现这种情况对设备共享造成严重后果：一是高技能人才持续流出，削弱了对共享设备的管理和开发能力；二是年轻老师不愿进入该领域，会出现“后继无人”的情况。

5.3. 平台功能与需求之间的错配矛盾

目前根据湖南省大型仪器共享大数据情况如下表 7 所示：

Table 7. Comparison of platform functions and requirements
表 7. 平台功能与需求情况对比

名称	在线预约功能	设备状态检测	数据分析	跨校协同调度	跨校结算
覆盖率	98%	12%	18%	5%	8%
高校需求	100%	85%	78%	78%	72%

从表 7 中可以看出，湖南省大型仪器共享设备在线预约功能覆盖率已达 98%，高校需求 100%，基本匹配；但从设备状态检测、数据分析、跨校协同调度以及跨校结算这四个方面来看，设备共享平台覆盖率的实际情况明显滞后。说明各高校及省级仪器共享平台普遍存在“重流程管理、轻价值创造”的倾向。对于高校跨校、跨区域的设备共享需求难以真正满足。尽管逐年增加共享平台的建设投入，但跨校协同调度与结算功能几乎没有，无法促进学科交叉，满足区域协同创新的实际需要。平台建设变成“高投入、低协同”实际状况。

6. 三维路径优化设计

针对上述三大结构性矛盾，本研究提出“三维跃升”优化路径，分别对应设备、人才与平台三个维度。每一路径均以数学算法为底层支撑，实现从定性管理到定量优化的升级。

6.1. 设备全生命周期绩效穿透：基于效能评分的动态调控算法

为破解学科与设备的错配矛盾，建立以设备效能评分为核心的动态调控体系。每台设备 i 在年度周期 t 效能评分 $E_i(t)$ 定义如下：

$$E_i(t) = \alpha U_i(t) + \beta S_i(t) + \gamma C_i(t) \quad (3)$$

式中, $U_i(t)$ 为设备使用率(实际机时/额定机时), $S_i(t)$ 为共享深度指数(对外服务机时占比, 归一化), $C_i(t)$ 为学科匹配度(设备所服务学科的竞争力排名百分位), α , β , γ 为权重系数, 权重系数可根据专家德尔菲法确定[19]。通过专家组构成, 实施轮次与收敛, 依据收敛后的群体决策矩阵, 分别计算工科类和文科类的权重向量, 输出结果工科类 $\alpha = 0.6$, $\beta = 0.3$, $\gamma = 0.1$; 文科类 $\alpha = 0.4$, $\beta = 0.4$, $\gamma = 0.2$ 。

动态淘汰与预算挂钩算法:

1. 淘汰触发规则: 若 $E_i(t) < \theta_{\text{low}}$ 且连续两年成立, 则设备进入“校内调剂-退出”程序。阈值 θ_{low} 依据设备购置成本和稀缺性分级设定基准取值为 0.35。

2. 预算调整函数: 设备所属学院下一年度的更新预算 $B(t+1)$ 根据所有设备效能评分的变化率 ΔE 进行集体调整:

$$B(t+1) = B(t) \left(1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(\Delta E_i) \right) \quad (4)$$

式中, 个体调整系数:

$$f(\Delta E_i) = \begin{cases} 0.5\Delta U_i, & \text{if } \Delta U_i \geq 0 \text{ (使用率每提升 10\%, 预算增 5\%)} \\ -0.1, & \text{if } -0.1 \leq \Delta U_i < 0 \text{ (使用率下降 5\%~10\%, 削减 10\%)} \\ -1, & \text{if } \Delta U_i < -0.1 \text{ (使用率下降超 10\%, 暂停更新资格)} \end{cases} \quad (5)$$

根据以上公式算法, 预计经过三年后, 低效设备占比从约 28% 降至 12%, 高效设备将从 18% 提升至 35%。最终目标是 3 年内低效设备盘活率大于 60% 以上。

6.2. 实验技术人才双轨制发展: 综合贡献评分与晋升概率模型

为解决队伍职业断层, 构建基于多维贡献的量化评分体系, 并设计独立晋升通道的匹配算法。个人年度综合贡献分 R_j 计算公式如下:

$$R_j = w_1 \frac{H_j}{H_{\max}} + w_2 \frac{T_j}{T_{\max}} + w_3 \frac{F_j}{F_{\max}} \quad (6)$$

式中, H_j 为设备有效机时(含指导机时), 权重 w_1 值为 0.4, T_j 为技术开发成果, 权重 w_2 值为 0.3, F_j 为用户满意度评分, 权重 w_3 值为 0.2;

晋升概率模型: 实验技术人员申请正副高级职称时, 可通过概率 P_{prom} 依据综合贡献排名百分位及服务年限采用逻辑斯蒂函数:

$$P_{\text{prom}} = \frac{1}{1 + e^{-k(R_j - R_0)}} \quad (7)$$

式中, R_0 为当年可参评人员的中位数贡献分, k 为灵敏度参数值为 5。

绩效工资中单列技术服务系数 λ_j 其表达式如下:

$$\lambda_j = 0.1 + \frac{0.2R_j}{R_{\max}} \quad (8)$$

由此可见二级学院可根据以上数学模型, 对个人年度综合贡献分、晋升概率模型以及绩效工资进行核算。三年后估计实验技术人才的流失率可从 15.2% 下降到 8% 以下。

6.3. 区域共享生态联盟中的智能调度与跨域结算

针对平台功能与需求的错配, 本研究设计了一套以“设备智能调度引擎”为核心的双层优化方案:

第一层为跨校协同调度优化,第二层为创新券跨域通兑与区块链结算。跨校协同调度优化的数学模型如下:

$$F_b = \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (b_{ij} - c_{ij}) x_{ij} \quad (9)$$

$$\text{约束条件: } \sum_{j=1}^M x_{ij} \leq Cap_i, \forall i \quad \sum_{i=1}^N C_{ij} \geq Dem_j, \forall j \quad x_{ij} \geq 0, \forall i, j \quad (10)$$

式中, N 为共享联盟内可供调度的设备总台数; M 为在调度周期内提出使用请求的独立需求方数量; i 为设备索引, j 为需求方索引; x_{ij} 为设备 i 配给需求方 j 的机时, 是决策变量; b_{ij} 为设备 i 向需求方 j 提供 1 小时服务所获得的共享收益; c_{ij} 为对应的边际成本; Cap_i 设备 i 在调度周期内可提供的有效总机时; Dem_j 需求方 j 请求的总机时。

因区块链对所有交易订单、支付凭证、剩余额度变动记录上链, 能确保不可篡改与可追溯, 设备共享跨区域结算可采用该技术。创新券跨域通兑与区块链结算数学模型如下:

$$\text{结算规则: } M_{\text{money}} = \min(Q_e, Fee) \quad (11)$$

$$\text{其中 } Fee = \sum_{ij} p_{ij} x_{ij} \quad (12)$$

式中, M_{money} 为支付给高校的金额; Q_e 为单个企业 e 在当前结算时点的剩余创新券额度; Fee 为企业本次实际发生的服务总费用; p_{ij} 为设备 i 对需求方 j 的协议单价; x_{ij} 为设备 i 配给需求方 j 的机时。

根据跨校协同调度优化算法数学模型和创新券跨域通兑与区块链结算数学模型相结合, 提高了设备跨区的利用率, 同时优化了跨区缴费制度。根据以上算法执行设备共享调度和结算, 3 年后跨校共享率预计从 18.5% 提升至 40%, 企业技术难题解决率提升 50%。

由此可见, 管理制度不再停留于经验描述, 提出“三维跃升”的优化路径方法, 转化为可计算、可优化、可预测的工程化模型。对于大型科研仪器共享效能的提升, 有了更精确的量化工具。

7. 结语

本研究通过“政策嵌套-制度转译-执行穿透”三维模型, 揭示了共享效能的生成转化机制, 弥补了传统政策执行研究对“中层过滤”重视不足的缺陷[4] [12] [15]。实证分析表明, 制度内化率和执行穿透力是共享效能的关键前因变量, 但学科-设备错配、技术队伍断层、平台功能错配三大矛盾严重制约效能跃升。本研究为地方高校提供的系统优化解决方案包括: 设备全生命周期绩效管理、实验技术人才双轨发展、区域共享生态联盟。推动共享工作从“合规性响应”转向“价值创造引擎”深度转型[6] [17]。

参考文献

- [1] 湖南省科学技术厅 湖南省财政厅 湖南省教育厅 关于发布 2023 年湖南省重大科研基础设施和大型科研仪器开放共享评价考核结果的通知[EB/OL]. https://kjt.hunan.gov.cn/kjt/xxgk/tzgg/tzgg_1/202401/t20240124_32633545.html, 2024-01-24.
- [2] 宋大成, 肖帅, 李天鸣, 等. 国外重大科技基础设施开放共享模式比较及对我国的启示[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 447-458.
- [3] 彭天祥, 李晓飞, 等. 国内外大型科研仪器设备开放共享对比研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(7): 275-278.
- [4] Klinecicz, K. and Esmail Zaei, M. (2025) The Effects of Investments in Research Infrastructures of Higher Education Institutes: Evidence from Poland and Czechia. *Research Policy*, **54**, Article 105338. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2025.105338>
- [5] 国务院关于国家重大科研基础设施和大型科研仪器向社会开放的意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2814782.htm, 2026-08-04.

-
- [6] 刘永刚. 从“设备共享”到“价值共享”: 高校大型仪器设备效能提升路径[J]. 高等工程教育研究, 2024(1): 112-118.
- [7] 杨赛, 李莹, 焦驰宇, 等. 地方高校大型仪器开放共享的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(3): 248-252+264.
- [8] 张慧琴, 许盈盈, 李中凯, 等. 高校大型仪器设备共享管理发展研究热点与前沿[J]. 实验室科学, 2026, 29(1): 189-195+201.
- [9] Song, W., Cao, C., Zhang, K. and Wang, C. (2026) Exploration on the Efficient Management Mode and Innovation Path of Large-Scale Instruments and Equipment in Local Universities Empowered by Artificial Intelligence. *Frontiers in Education*, **11**, Article 1778531. <https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1778531>
- [10] 吴元周. 反馈量化赋能大型仪器设备共享五层绩效评价体系构建[J]. 实验室研究与探索, 2026, 45(4): 257-264.
- [11] 李鑫, 邓艺, 张满月. 云南省大型科研仪器设备共享服务绩效评价指标体系研究[J]. 中国科技资源, 2019, 51(9): 15-21.
- [12] 游玓怡, 肖帅, 张辰, 等. 权威与激励: 中央和地方政府促进科研设施与仪器开放共享的政策比较[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(8): 1389-1400.
- [13] 张建华. 一种基于区块链的高可信大型仪器设备共享方法[J]. 电子技术与软件工程, 2021(13): 150-151.
- [14] 陈永春. 高校大型仪器设备开放共享的探索与实践——以浙江工业大学为例[J]. 浙江工业大学学报(社会科学版), 2025, 24(3): 355-360.
- [15] 王浦劬. 政策执行的中层过滤机制: 一个分析框架[J]. 中国行政管理, 2021(5): 8-15.
- [16] 湖南省科学技术厅 湖南省发展和改革委员会 湖南省财政厅 关于印发《湖南省重大科研基础设施和大型科研仪器开放共享管理办法》的通知[EB/OL]. 2023-02-01.
https://hunan.gov.cn/hnszf/xxgk/wjk/szbm/szfzcbm_19689/skit/gfxwj_19703/202302/t20230209_29242437.html, 2026-08-04.
- [17] 陈劲, 王焕祥. 大型科研仪器开放共享的价值创造机制研究[J]. 科学学研究, 2023, 41(8): 1421-1431.
- [18] 湖南科技大学. 湖南科技大学大型仪器设备开放共享管理办法(试行) [EB/OL].
<https://dykfgx.hnust.edu.cn/genec/category/rules>, 2026-08-04.
- [19] 范崇宇, 付菲, 李佳瑾. 构建大型科研仪器设备使用效益评价模型研究[J]. 中国现代教育装备, 2024(17): 8-10+15.