

规范国内高校实验室射线装置管理防护工作的探析

田晨旭¹, 何 柳², 刘 军³

(1. 四川大学 高分子材料与科学学院, 四川 成都 610045; 2. 四川大学 实验室与设备管理处, 四川 成都 610045; 3. 四川大学 物理学院, 四川 成都 610045)

摘 要: 在射线装置辐射安全管理工作方面经过不断研究和探索实践, 逐渐形成了一套切实可行的管理办法, 在进一步加强安全管理、提升自我保护意识的同时, 确保了射线装置在实验教学、科学研究中发挥应有的作用, 为人才培养和科研提供良好、安全的环境。

关键词: 射线装置; 辐射安全管理防护; 安全的环境

中图分类号: G482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2020)02-0267-04

Discussion on standardizing management and protection work of radiation equipment in domestic university laboratories

TIAN Chenxu¹, HE Liu², LIU Jun³

(1. College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610045, China;
2. Office of Laboratory and Equipment Management, Sichuan University, Chengdu 610045, China;
3. School of Physics, Sichuan University, Chengdu 610045, China)

Abstract: After continuous research and practice in radiation safety management of radiation devices, a set of practical management methods has been gradually formed. While further strengthening safety management and enhancing self-protection awareness, it ensures that radiation devices play a proper role in experimental teaching and scientific research, providing a good and safe environment for talent training and scientific research.

Key words: radioactive devices; safety and protection management of radiation; safe environment

1 射线装置生产、销售、使用、贮存要求

高校作为人才培养和科学研究的重要场所, 各类高精尖仪器设备使用广泛, 特别是根据国家法律法规应纳入射线装置管理的仪器设备, 在医学、材料、化工等领域的实验教学、科学研究中发挥了非常重要的作用。然而射线装置在使用过程中(此处不讨论豁免的射线装置), 如果管理防护不当, 将会对人体造成不同程度的伤害(见表1)。

根据国务院第449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国家对生产、销售、使用、贮存射线装置的单位作出以下几个方面的要求:

收稿日期: 2019-06-23

作者简介: 田晨旭(1987—), 女, 甘肃兰州, 博士, 工程师, 主要从事实验室教学与管理工作。

E-mail: tianchenx1116@126.com

通信作者: 刘军(1983—), 男, 重庆石柱, 硕士, 实验师, 主要从事辐射探测实验教学及实验室辐射安全管理。

E-mail: liujun1@scu.edu.cn

(1) 许可证。相关单位应当依照管理办法取得许可证, 并具备以下条件: 专门的安全和防护管理机构, 健全的安全和防护管理制度, 符合国家标准和安全防护要求的场所以及可操作的辐射事故应急措施等。

(2) 场所安全和防护。相关单位应委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构对辐射场所进行环境监测, 并对射线装置设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号, 同时应加强对射线装置安全和防护状况的日常检查。

(3) 人员安全和防护。对直接从事操作的人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训, 并进行考核, 考核不合格者不得上岗, 同时必须监测相关人员个人剂量, 并建立辐射工作人员个人剂量档案。

(4) 应急处理。相关单位应当根据可能发生的辐射事故的风险, 制订本单位的应急方案, 做好应急准备、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备等。

表 1 射线装置分类表*

危害等级分类	名称	高校常见射线装置（非医用）	可能造成的危害
I 类	高危险射线装置	能量大于 100 兆电子伏的加速器	发生事故时可以使短时间受照射的人员产生严重放射损伤，甚至死亡，或对环境造成严重影响
II 类	中危险射线装置	中子发生器	事故时可以使受照射人员产生比较严重的放射损伤，大剂量照射甚至导致死亡
III 类	低危险射线装置	透射电子显微镜，（场发射）扫描电子显微镜，X 射线衍射仪，X 射线光电子能谱仪	事故时一般不会造成受照射人员的放射损伤

*根据生态环境部第 66 号文（2017 年）《射线装置分类》

（5）退役。相关单位应当对终结运行后会产生放射性污染的射线装置，依法实施退役。在实施退役前编制环境影响评价文件，按规定办理退役，并进行环境终态监测。

2 高校实验室射线装置安全管理存在的问题

根据环保部在管理办法中提出的要求，国内高校实验室射线装置的辐射安全管理一般包括管理体系建设^[1-3]、制度以及应急预案建立^[4-5]、人员培训^[6-7]、剂量检测和辐射安全检查等^[8-9]。但随着射线装置的种类、数量和放射工作人员的日益增加，射线装置分布散而广，不便于集中使用、集中管理和防护，及从业人员缺乏辐射安全意识等辐射安全管理工作中的难点问题也日益突出。

（1）管理体系。国内高校辐射防护工作体系已经基本形成，一般形式是校、院系二级管理模式^[1-3]。然而，这种二级管理模式还不够细致，忽略了管理射线装置直接责任人的责任和义务。

（2）制度及应急处理。国内高校建立的管理制度和应急预案，大多属于学校层面的管理办法，这些管理办法的通识性和普适性强，但专业性弱，可操作性低，不能适用于所有的射线装置，同时，缺乏辐射安全应急物资的配备^[4-6]。

（3）人员安全。国内高校一般都只针对负责教师进行培训^[7-8]，然而高校实验室人员流动性较大，直接从事射线装置操作人员中的学生、访问学者等，基本上都未得到职业安全培训。

（4）剂量监测（人员防护和场所防护）。高校实验室大多只向射线装置的负责教师发放季度个人剂量片，并未对所有相关人员实施监测，且季度个人累积剂量监测不具备即时性，射线装置的工况检查制度也存在滞后性，都无法及时发现当次剂量超标，很可能给辐射从业人员的健康埋下隐患^[9-10]。

（5）辐射安全检查。学校对射线装置的辐射安全检查，包括检测并记录射线装置使用环境的辐射剂量，建立射线装置使用环境年检记录，安全检查常态化^[11]。安全防护，就是既要“防”，也要“护”。因此除了对

场所环境的监测，也应该对场所的、人员的保护措施进行检查，以查促建、以查促改、以查促管、查建结合。

3 射线装置安全管理防护的实践

目前，我校获环境保护部批准的射线装置包含 II 类射线装置（含加速器）5 台，III 类射线装置 30 台，在岗工作人员 30 多人^[12]。学校严格按照国家辐射安全与防护相关政策要求，结合专业特点和自身实际不断总结辐射管理与防护经验，并针对国内高校射线装置辐射安全管理存在的问题，形成一套较为全面的辐射安全管理体系。

3.1 完善管理体系

经过多年工作实践和校外交流经验，在国内高校辐射安全二级管理模式的基础上，我校辐射防护管理工作体系日渐成熟完善，并已经形成一个合理的校、院、系所、辐射实验室、辐射工作人员的五级管理模式（见图 1）。

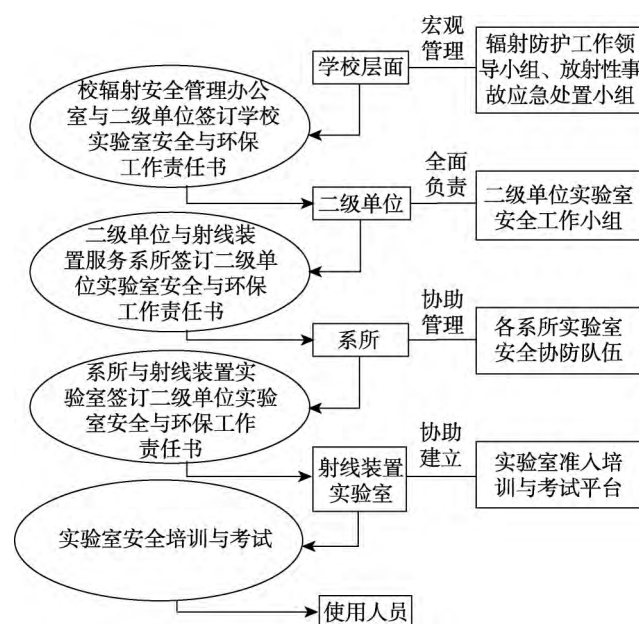


图 1 辐射防护五级管理模式

（1）学校专门成立了辐射防护工作领导小组和放射性事故应急处置小组，由分管安全的副校长以及保

卫处、实验室及设备管理处、医学管理处、后勤管理处、校医院、后勤集团和相关院所负责人组成,负责对全校辐射安全进行宏观管理,制各项安全政策和事故应急响应预案,组织、指挥和协调应急响应行动以及对事故展开调查、分析和处理,为从事辐射性工作的基层单位提供安全方面的技术支持^[12]。学校辐射安全管理办公室与各个射线装置使用二级单位签订学校实验室安全与环保工作责任书。

(2) 各射线装置使用二级单位成立了实验室安全工作小组,由分管安全的副院长、安全秘书(学校与二级单位的实验室安全联络人)和该二级单位的射线装置服务系所的安全负责人组成,全面负责二级单位辐射安全的管理工作。学院与该单位的射线装置服务系所签订二级单位实验室安全与环保工作责任书。

(3) 各系所成立系所实验室安全协防队伍,协助学院实验室安全工作小组做好该系所的辐射安全管理工作,组织实验室辐射安全检查、安全培训等。系所与射线装置实验室签订系所实验室安全与环保工作责任书。

(4) 各射线装置实验室根据射线装置特点建设实验室准入培训资料与考试题库,协助建立二级单位实验室安全培训与考试平台。教师和学生如需使用射线装置,必须通过相关的安全准入考试。

(5) 强化射线装置使用人员的安全管理,使用人员必须经过严格的安全教育培训,并获得许可证方可使用设备开展实验;定期检查装置使用人员安全规范执行情况,每年派送装置使用人员参加专业培训,确保装置使用人员始终保持高度警戒状态。

射线安全管理防护五级管理模式,为安全使用射线装置提供了有利的条件,为射线装置管理和防护奠定了良好的基础。

3.2 规章制度和应急预案具体化

规范的辐射安全与防护管理制度是做好辐射安全与防护管理工作的基本条件。为规范学校辐射安全与防护管理,学校修订了《四川大学辐射安全管理办法》《四川大学辐射工作设备操作规范》《四川大学辐射工作人员岗位职责》等一系列校级制度,并于2016年修订了《辐射安全管理办法》《实验室安全与环境保护责任追究办法》等专项管理办法。同时,学校要求各使用射线装置的二级单位必须根据已有射线装置的特点,制定有针对性、可操作性和专业特色的射线装置辐射安全管理制度、操作规程及注意事项,并张贴在实验室内醒目位置,涉及相关射线装置的实验都必须严格按照安全操作规程进行。

针对应急预案,学校于2016年修订了《放射性事故应急响应程序》,并要求二级单位根据自身射线装置

特点、工作原理,制订相应的辐射事故应急预案,其内容必须具备针对性、可操作性,如《扫描电子显微镜注意事项及应急预案》《X-射线衍射仪注意事项及应急预案》《透射电子显微镜注意事项及应急预案》。如需使用射线装置的教师或学生,必须通过相关的安全准入考试。此外,学校要求在射线装置实验室内配备相应的应急防护措施,用于在紧急情况下自我防护。学校和二级单位每年组织辐射安全相关主题的应急安全知识讲座,以提高从业人员事故防范和应急处理能力。

3.3 全员培训及安全准入

辐射从业人员持证上岗是高校射线装置安全防护管理工作中最重要的环节,也是辐射安全教育最为直接有效的手段。我校在要求教师必须通过环保部辐射安全与防护定点培训单位的辐射安全培训持证上岗的同时,也要求学生必须参加学校和二级单位定期组织的实验室安全培训,内容包括放射性基础知识、辐射的应用与安全、电离辐射安全与防护相关法律法规、辐射安全国家基本标准等知识培训。学校要求学生不只是参加辐射安全培训,还需要通过二级单位组织的考核并拿到实验室准入许可。实验室根据射线装置特点建设实验室安全培训与考试,最终归并到学校实验室安保管理平台。教师和学生如需使用射线装置,必须通过实验室安全准入考试(见图2)。

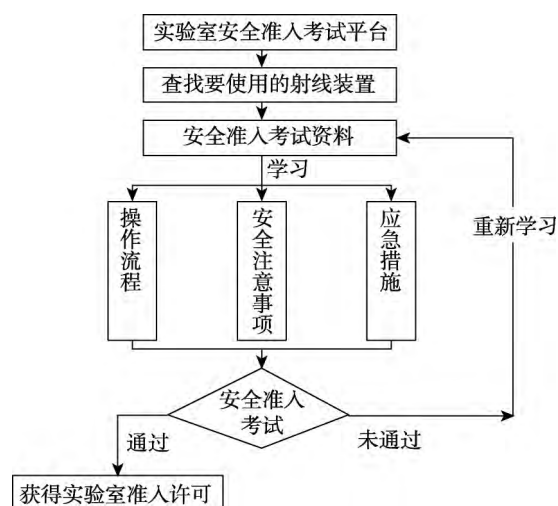


图2 实验室安全准入培训与考试平台

3.4 剂量监测

剂量监测分为两个方面,分别是个人剂量和放射性工作场所剂量。

个人剂量方面:学校给每位辐射从业人员配备热释光剂量片,同时还配备了个人剂量报警仪,要求在射线装置的操作过程中,操作人员(包括学生)必须佩戴个人剂量报警仪,防止在实验中个人剂量超标。

场所剂量方面:为了能更加规范和安全地使用射线装置,学校除了定期对设备的工作状况(特别是紧

急停机装置和安全报警装置)进行认真检查和监测,还要求使用射线装置的单位改造射线装置的存放环境,每台射线装置必须单独放置在一间房间内,在有特殊要求的情况下,还应对实验室四面墙壁用屏蔽材料进行防护处理,防止射线穿透墙壁,对其他实验室人员造成间接伤害。同时,在实验室醒目处设置辐射警示标志,安装监控录像以及辐射性监测报警装置。其中必须重点提出的是,在存放射线装置的实验室内,要求必须清楚标示装置周围的辐射区域和安全区域,并用不同颜色的划线在地面上清晰标示,提示操作人员在仪器操作过程中勿入辐射区域,加强对自身的保护。

3.5 细化辐射安全检查

安全检查和环境剂量监测是及时发现和减少安全隐患的有效手段。学校定期对使用射线装置的工作场所开展全面的辐射安全检查,将重点检查旧射线装置实验室是否按规范改造,新购射线装置的实验室是否

按规范建设,射线装置实验室的规章制度张贴是否规范,是否更新及时,是否配备防护措施以及射线装置实验室的应急个人防护物资是否可用等。而且,除了对场所环境的监测,二级单位对射线装置的实验室的安全检查也常态化,包括场所及人员的辐射安全防护措施,如从业人员是否佩戴个人剂量仪、个人剂量报警仪,是否在工作环境中佩戴防护铅手套、铅眼镜等。同时,学校不定期组织从事辐射工作的专业技术人员进行交叉安全检查,将辐射安全隐患降至最低水平。

3.6 安全管理平台建设

为了更加深入有效地进行辐射安全管理,除了专业讲座和安全教育,学校还专门设置了实验室安保管平台,就射线装置的新增购买和退役,建立了严格的准入制度,其中包括射线装置相关的安全准入考试和采购射线装置的准入制度,严格实行源头管控以及对产生放射性污染的射线装置退役管理,我校购置射线装置和实施退役申报流程见图3。

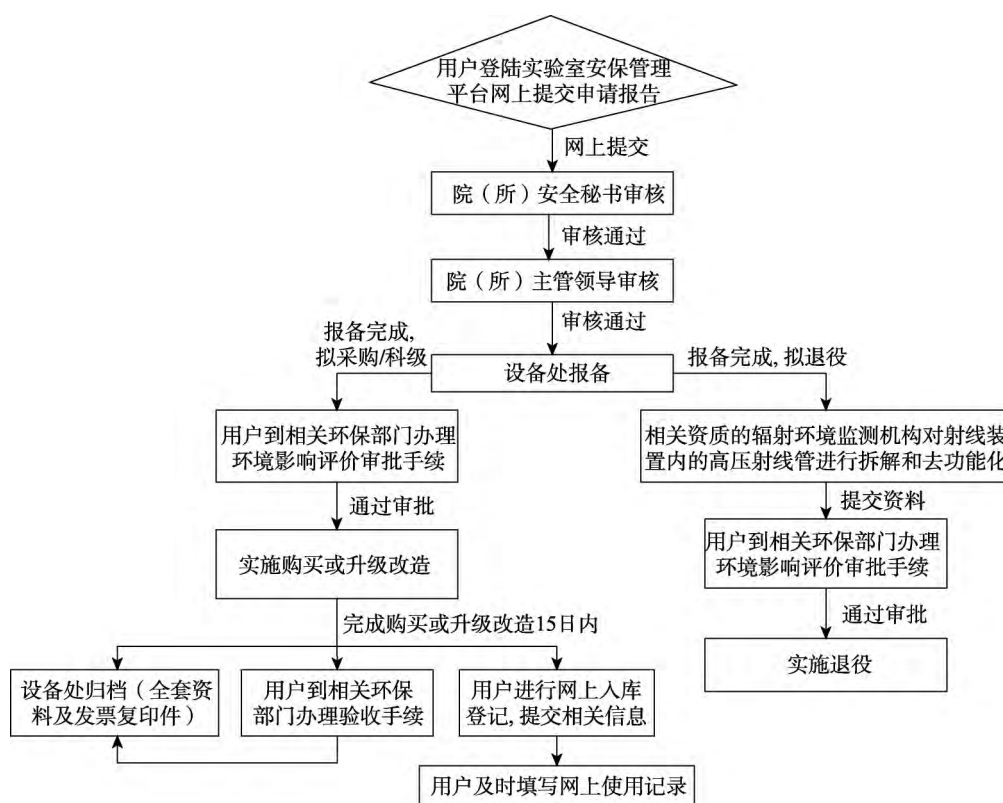


图3 购置射线装置和实施退役申报流程

结合设备管理程序,学校对各单位采购射线装置采取了严格的设备准入制度,要求各单位在购买射线装置的论证阶段,首先必须报学校设备处审批,对所购买射线装置的安装环境以及基础防护措施进行评价,若安装环境和基础防护措施未达到相关标准,学校将严格要求对其进行改造,否则不予通过射线装置的采购方案。只有从源头管控,才能更加有效地做好辐射安全管理和防护工作。此外,学校对产生放射性

污染的射线装置的退役,采取了严格的设备退役制度。要求各单位先报学校设备处审批,然后请具有相关资质的辐射环境监测机构对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化,之后编写环境影响评价文件并交省级相关部门审核,通过后实施退役。

3.7 安全信息公开化

建立实验室辐射安全档案。借助互联网、智能软件(下转第273页)

液, 有机、无机废水、废酸、废碱, 有毒、有害化学品, 废旧电池, 废旧日光灯等。

4 结语

通过分析总结废弃化学品在实验室阶段、转运阶段、处理公司阶段的处理方法, 形成一套相对规范、标准的废弃化学品处理程序。在实验室阶段废弃化学品产生后, 设置专门存放区域、粘贴标签、分类存放, 并推广使用废液桶; 在转运阶段, 设置集装箱式暂存柜, 并在分拣和运输中加强管理; 在处理公司阶段, 通过焚烧、固化填埋、物化等方法, 对废弃化学品进行最终处理。推广使用废液桶后, 减轻了学校废弃化学品处理费用上的压力; 设置集装箱式暂存柜后, 解决了废弃化学品在实验室内存放存在的安全隐患。

通过建立实验室废弃化学品处理标准系统, 提高了化学废弃品的处理效率, 在很大程度上消除了安全隐患, 为教学及科研提供了一个安全、健康的实验环境。

参考文献 (References)

- [1] 关玲, 徐烜峰. 化学教学实验室废弃有机试剂的收集、处理与利用[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(3): 314-316.

- [2] 司振良. 煤化工实验室安全管理的探索[J]. 化工管理, 2018(9): 93-94.
- [3] 王大伟, 赵宁, 冯小飞, 等. 实验室废弃化学品安全管理和回收处置对策[J]. 云南化工, 2017(10): 77-79.
- [4] 贺柳良. 高校实验室废液处理措施的探讨[J]. 中国现代装备教育, 2012(11): 36-38.
- [5] 吴良莉, 彭实. 高校师生对化学废液问题的认识与处置[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(1): 171-173.
- [6] 陈慧珍, 乔薇, 叶燕媚, 等. 高校化学实验室废液回收管理存在的问题与对策[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 456-459.
- [7] 齐旭东, 李志会, 黄超. 高校实验室废液处理初探[J]. 高校实验室工作研究, 2010(3): 60-61.
- [8] 孙海军, 孙永利, 王军, 等. 基于 IChemE 认证构建新校区化工实验室安全体系[J]. 天津科技, 2017(1): 27-29.
- [9] 张曼曼, 张饮江, 张乐婷, 等. 实验室废液分类及处理方法研究进展[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(7): 234-239.
- [10] 张志强, 刘雪蕾, 李恩敬, 等. 北京大学实验室安全管理的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(10): 244-248.
- [11] 楠吉桑漠. 生物技术实验室的废弃物安全管理[J]. 现代农业, 2018(1): 100-101.
- [12] 赵珏, 刘雪蕾, 李恩敬. 普通高校实验室生物废弃物管理实践与探索[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(5): 246-250.

(上接第 270 页)

来开展实验室辐射安全管理防护工作, 做到环境风险信息公开透明, 做好事故预防和事故应急。二级单位定期公布射线装置实验室的安全评估报告, 包括实验室存在的安全隐患、防护设施是否可用、个人应急防护物资是否可用等。每一位进入射线装置实验室的教师或学生, 均可查看实验室的安保情况, 以期在进入实验室之前, 对该实验室安保方面有较全面的了解, 具有自我保护和风险评估意识。

4 结语

实验室安全是高等教育必须重视的环节, 其中实验室辐射安全和防护不容忽视, 做好辐射安全防护是为了保护环境, 保障从事放射性实验的人员、科研工作人员及公众的健康与安全, 进而更好地促进科学技术进步发展。实验室辐射安全管理工作, 不仅仅是建设精细化的管理和防护体系, 更是要实验人员积极响应实验室辐射安全管理工作, 并从中受益, 意识到安全问题跟每个人的切身利益相关, 需要每个人的积极努力才能得以保障。因此, 着眼于实验人员的安全责任意识培养, 不断提高辐射安全防护技术水平, 才能确保射线装置在实验教学、科学研究中发挥应有的作用。

参考文献 (References)

- [1] 龚频. 高校核专业实验室辐射安全管理体系构建[J]. 中国管理信息化, 2015(2): 239-240.
- [2] 赵慧云, 王凡, 崔育新. 加强辐射安全管理, 保障教学科研安全运行[J]. 实验技术与管理, 2006, 23(3): 165-166.
- [3] 李恩敬, 张志强, 张聂彦, 等. 加强高等学校实验室辐射安全与管理[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(12): 181-183.
- [4] 李恩敬, 何平, 张志强, 等. 北京大学放射性同位素与射线装置全过程管理[J]. 辐射防护通讯, 2013(6): 27-30.
- [5] 汪大海. 高校实验室放射性同位素与射线装置管理探讨[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(6): 231-234.
- [6] 盛路. 高校辐射安全管理实践与思考[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(12): 211-213.
- [7] 陈洪霞, 刘朋, 陈永清. 高校核与辐射安全监管规范化研究[J]. 中国现代教育装备, 2016(10): 4-5.
- [8] 徐盛浩. 加强辐射控制对确保师生安康的影响[J]. 中国校医, 2012(5): 398-399.
- [9] 张志强, 李恩敬, 何平. 北京大学辐射防护管理系统设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(3): 106-108.
- [10] 李雪琴, 党磊, 曹吉生, 等. 某实验室辐射安全与防护管理探讨[J]. 中国职业医学, 2012(1): 68-69.
- [11] 陈雅莉. 加强农业高校放射性同位素的安全管理[J]. 高校实验室工作研究, 2015(4): 75-76.
- [12] 赵刚, 赵西雄, 何柳, 等. 放射安全管理的实践与探索[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(12): 237-240.