

# 高校实验室用气安全主要问题与解决方案

李冰洋, 黄开胜, 艾德生, 林旭平, 郭玉凤, 李 款  
(清华大学 实验室管理处, 北京 100084)

**摘 要:** 气体是科学研究的重要材料之一。我国高校实验室用气种类多,数量大,具有较高的危险性。如果实验气体管理不当,容易发生事故,造成严重的人员伤亡和财产损失。目前我国高校实验室用气安全管理还存在较多问题,亟待制定科学系统的管理方案,以提高用气安全管理水平。在分析国内外高校实验室用气安全管理现状的基础上,总结了我国高校实验用气管理存在的问题,提出了用气安全管理的解决方案,即融合“风险管理、全面质量管理、人本管理”的管理理念,并制定具体落地的管理方法及措施,提升了学校的用气安全管理水平,可为高校实验用气安全管理工作提供参考。

**关键词:** 实验室; 用气安全; 管理模式; 全面质量管理; 人本管理

中图分类号: X 931.0; G 40-057 文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2021)06-0295-06



## Problems and Solutions of Experimental Gas Safety in Colleges and Universities

LI Bingyang, HUANG Kaisheng, AI Desheng, LIN Xuping, GUO Yufeng, LI Kuan  
(Office of Laboratory Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Gas is one of the important raw materials for scientific research. There are many types and large quantities of gas used in university laboratories, they are of great danger. If improperly managed, accidents are likely to occur, may cause serious casualties and property damage. There are still many problems in the safety management of gas use in universities in China. It is urgent to update the management concept, formulate a scientific and systematic management plan, and improve the safety management level of gas use. Based on the analysis of domestic and international laboratory gas consumption, this paper summarizes the existing problems and causes of experimental gas consumption in universities, and proposes a solution for gas safety management. That is combined with the management philosophy of "risk management, total quality management, human-oriented management", to formulate specific management measures. Under the guidance of this concept, combined with the practice of gas safety management at Tsinghua University, specific solutions to the existing gas safety problems are put forward, in order to bring inspiration to the construction and improvement of experimental gas safety management in universities.

**Key words:** laboratories; gas safety; management model; total quality management; human-oriented management

### 0 引 言

随着我国经济的快速发展和科学技术的不断进步,高校实验气体在各类教学、科研实验室中被广泛使用,主要用于化学反应原料、实验载气、保护气体等<sup>[1]</sup>。高校实验气体种类繁多,用气量较大、人员流

收稿日期: 2020-10-25

作者简介: 李冰洋(1988-),女,满族,河北承德人,博士,工程师,研究方向为实验室安全管理和气体安全管理。

Tel.: 010-62796813; E-mail: bingyang@tsinghua.edu.cn

动性也较大<sup>[2-3]</sup>。实验气体具有较大安全隐患。如果不对气体进行有效安全管理,则很可能导致事故的发生。在气体生产、使用过程中一旦发生事故,后果相当严重。据统计,2001~2016年全国高校107起实验室火灾爆炸安全事故中,由实验气体引起的事故为21起,占事故总量的19.63%<sup>[4]</sup>。而目前,我国高校缺乏系统有效的用气安全管理办法,气体安全事故仍不断发生。为了有效避免事故的发生,高校在实验室安全管理工作中,亟须对用气风险进行认真分析<sup>[5]</sup>,对安全管理现状及问题做详细探究,并找到科学有效的问题解决方案,从而尽量避免用气事故的发生。

## 1 高校实验用气风险分析

安全管理的目的是预防事故和控制事故发生后的损失。为了有效预防用气安全事故,需要首先对用气风险进行分析。实验用气风险可以从安全三要素,“人、物、环境”的角度进行分析。(1)从人的角度出发,人的用气安全意识淡薄,用气安全技术缺乏会造成管理不当或者操作失误而带来安全隐患。(2)从物的角度出发,实验室所用实验气体,形态一般多为钢瓶盛装的压缩气体以及杜瓦罐盛装的液化气体,其风险主要来自以下几个方面。①气体本身的危险性。气体根据其种类不同,存在易燃、易爆、有毒、腐蚀、氧化、窒息、低温等特性<sup>[1]</sup>。②由于盛装压缩气体的气瓶和液化气体的杜瓦罐属于特种设备,具有爆炸特性<sup>[6-7]</sup>。尤其对于气瓶来说,在运输、使用、处置过程中如果操作不当,都存在较大的安全隐患,容易导致事故发生。③气体管线连接带来的问题。气体从气瓶到需要使用气体的仪器设备是通过管线连通的,如果管线出现泄漏、老化等问题,会带来很大的危险<sup>[8-9]</sup>。(3)从环境的角度出发,气瓶摆放位置不当,如氧气瓶周围有易燃化学品,气瓶存放空间有限,或者缺乏必要的工程控制和防护,都存在安全风险。由于用气安全风险因素多,需要对各方面风险进行管理,全方位做好风险防控。

## 2 国内外高校实验用气安全管理现状及问题

### 2.1 国外实验室用气安全管理现状

发达国家非常重视安全工作,高校安全管理体系相对完善,用气安全管理也相对成熟。国外一流大学实验室用气安全管理的成熟性主要体现在制度建设、教育培训、管理规范、队伍健全等方面。

(1)法律法规相对完善、细致。欧美高校的安全管理大多数由专门的安全管理机构统筹负责,在法律法规方面大多有明确及具体的要求<sup>[10]</sup>。美国职业安全与健康管理局(OSHA)颁布的OSHA标准,是美国司法权力管理范围内普遍推行的职业安全与健康标

准,该标准管理规程细致、执行力强。美国高校可以在OSHA标准的指导下编制安全管理计划。例如斯坦福大学根据所在加利福尼亚州的OSHA标准制定了化学安全计划,其中对用气安全管理办法进行了规定。其中对有毒气体的使用,规定了设施许可、工程控制、防护设备、存储要求、应急响应计划、警告系统以及员工培训等具体内容。

(2)建立规范的教育培训制度及标准化操作规程(SOP)。欧美高校重视安全教育培训工作,安全教育培训一般由具有安全专业知识或者经验的教师或高级工程师承担。用气安全教育培训定期开展且频率较高,例如帝国理工学院的用气安全培训每1~2个月举行1次,美国佐治亚理工学院用气安全培训更加频繁,每个月都举办用气安全培训。教育不仅以讲座形式开展,还通过SOP对用气安全管理的具体指导方法、风险点、操作流程及要点进行展示。例如加州伯克利大学、斯坦福大学、麻省理工学院、哈佛大学、牛津大学等都具有气体安全使用的SOP,对气体的工程控制、安全存储与使用、应急措施、培训要求等内容进行规定。

(3)用气安全管理严格,技术规范。由于欧美高校整体安全意识较强,因此对气体的管理也非常严格和规范。很多高校规定在使用气瓶前必须接受气瓶安全教育培训,气瓶必须放置在规定的的安全位置并有效固定,运输气瓶时需要穿戴防护鞋,气瓶运输的电梯中不能有其他人等,实验室根据面积要控制可燃气瓶的数量,氧气瓶与其他气瓶要相隔一定距离等。实验室如果出现用气安全问题,若不及时整改就会被关闭实验室。此外,为了最大限度保证安全,国外高校进行全部或者部分集中供气,对压缩空气、氮气等气体进行集中供应。苏黎世联邦理工学院在实验室楼一层也有专门的气体间,集中供应液氮,这样便减小了液氮分散在各个实验室的危险性。鲁汶大学的实验室则不使用任何气瓶,而是在实验楼下有储备气体的基站,全部由统一的气路管线传送气体。

(4)用气安全管理队伍健全,工作细致。国外高校安全管理人员队伍健全,责任分工明确。国外高校大多数都有专门的安全管理人员进行气体安全管理。例如在鲁汶大学,气体由专门的工程技术人员进行管理,对安全技术进行研究,对气瓶的安全状态进行定期检查,对气路管线连接进行指导,对学生提交的气体风险评估报告进行审核等,这些既保障了安全,又给师生带来了便利。在麻省理工学院,也有专门的人员负责气体管理,如果师生需要报废或者更换气瓶,在学校网站上提出申请即可,便会由专门人员处理。国外高校大多对气体供应商也进行统一管理,将气体供应商的信息放置在学校官网上,师生可以访问通过网站了解供应商的产品,对技术操作进行学习。

## 2.2 我国高校实验用气安全管理现状及问题

近些年来,我国高校对实验室安全管理工作也开始重视,并取得了一定成效。但是,由于我国高校整体安全意识较弱,安全管理力度不够,很多工作难以落实。同时,虽然高校在实验室安全管理方面覆盖面较全,但是缺乏精细化和专业化管理,管理人员不知道如何进行有效管理。

(1) 缺乏对安全管理制度的严格执行。安全工作的根本目的是要保障人的生命安全,人的生命安全问题应该放在一切工作的首要位置。而我国高校安全意识普遍不强,很多师生在内心没有认可安全的绝对价值,反而认为安全是带来麻烦,安全管理工作在工作中不可避免会遇到一些阻碍。加上很多安全管理人员是兼职人员,职责不明,因此出现“不敢管”的情况,很难将管理制度落实到位。例如管理人员在安全检查时发现了实验室存在安全问题,而没有在规定期限整改好,也不敢将其实验室关闭。不仅对实验室负责人管理不到位,对供应商管理也缺乏严格管理,导致气体和气瓶质量良莠不齐<sup>[11-13]</sup>。

(2) 缺乏专业的管理知识和技能。有些实验室安全管理人员由于缺乏专业知识,存在“不会管”的情况,不清楚具体的管理流程和技术要求。<sup>①</sup>我国的气体安全管理法律法规比较分散,例如《气瓶安全监察规定》《特种设备安全监察条例》《危险化学品安全管理条例》《氢气使用安全技术规程》等,分散到特种设备、危化品管理等领域,缺乏统一性的规范指导,各高校在落实工作的过程中找不到有效的方法<sup>[14]</sup>。<sup>②</sup>我国高校缺乏系统的用气安全教育培训,因此管理人员缺乏相应的知识和技能,也很难对师生进行有效指导,导致师生普遍存在对气体法律法规不熟悉,对安全操作技能掌握不熟练<sup>[15]</sup>。

(3) 缺少对用气安全公共条件的建设和公共服务的管理。我国高校普遍缺少对用气安全管理的专项资金投入和专职人员投入。由于受场地、资金等条件限制,气体使用环境和操作过程存在较多安全隐患。例如实验室没有专门的气瓶存贮地;实验室气瓶存放量、存放距离不符合标准要求;涉及易燃易爆有毒气体,实验室没有完全符合要求的场地。很多高校缺少对气路进行集中供气,因此实验室气瓶数量比较多,安全隐患大<sup>[16]</sup>。同时由于缺少专职人员,在气体的使用过程中,缺少对气体、气路、气瓶进行定期的维护、检测、检修。这些都带来比较大的安全问题。

## 3 高校实验用气安全管理解决方案

### 3.1 深入分析问题产生的原因

通过国内外用气安全现状的对比以及对我国高校用气安全问题的分析,可以看到,我国高校实验室用气

安全管理在整体上还有较多问题待解决,在管理力度和精细化管理方法上还存在一定的差距。用气安全管理存在的问题一方面与用气管理自身的特性有关,例如气体存在的风险点多、涉及的人员和设备多,工作细节和具体等,做到规范化和精细化管理有较大困难;更重要的是,实验室用气安全管理作为实验室安全管理的一个方面,其问题的产生与高校整体的实验室安全管理水平有关。这方面原因虽然不是显性的,但却在根本上制约了用气安全管理的发展。用气安全问题的产生不是某一个管理环节的问题,而是一个整体性、系统性的问题,与高校安全管理整体情况有关系。

高校实验室安全管理问题整体体现在以下几个方面:<sup>①</sup>我国高校在安全管理方面缺乏有力的制度保障和严格的要求。制度是管理执行的标准,而我国高校实验室安全管理在源头的制度制定上就缺乏细化、缺乏执行力。<sup>②</sup>我国高校安全管理人员队伍普遍存在安全意识和能力上的不足。由于我国高校安全管理人员较多是兼职,有些安全管理人员只是被动工作,对工作缺乏主动意识,工作人员缺乏专业的安全科学能力和管理能力,较难解决复杂的问题。<sup>③</sup>管理理念和方法还不够创新。我国高校安全管理较多还是重于行政管理,而缺少标准化和流程化管理;同时,很多安全工作依赖于安全领导的安全意识和管理的力度,没有将涉及安全的全体人员的积极性调动起来;此外,较多安全管理工作以实现上级任务为出发点,而很少能够从一线科研的教师和学生的需求出发。因此,很多安全问题反复出现,基于现有的理念和方法很难得到本质的改善,这就需要对实验室安全管理整体提升到一个新的高度,更新理念和方法。<sup>④</sup>高校对实验室安全投入支持力度不够大。很多安全问题都需要有工程防护作为保障,而工程建设和改造需要大量资金投入。如果高校不在资金上进行大力支持,安全问题则可能得不到及时解决。在影响安全管理整体水平的因素中,管理理念和方法是重要的纽带,通过管理理念的提升、科学的方法来带动具体工作水平的提升,可以在一定程度上解决不敢管、不会管的问题。

### 3.2 从管理理念和方法上进行统筹规划

由于用气安全管理的问题有制度、投入、人员、管理方法上的多种原因,而传统的安全管理大多数从单一的管理理念和方法出发,很难全面地解决问题。因此,需要将安全管理从单一维度向多维度扩展,融合多种管理方法,构建系统的安全管理方法。从“人员、管理、风险”的角度综合出发,融“风险管理、全面质量管理和本管理”理念为一体的高校实验室用气安全管理理念。风险管理是用气安全管理的基础,因为高校实验室用气安全目前普遍还有很多隐患待解决,因此,必须对造成安全隐患的各因素进行深入分析,找到风



险的源头,并对各类风险进行分级和评估,制定防护措施。全面质量管理是用气安全管理的核心,是将安全工作进行标准化的有效管理方法。它基于 PDCA 循环的管理工作方法,对各类工作进行闭环管理,在管理环节不遗漏的基础上,不断提升管理水平。人本管理是安全管理的本质追求。人本管理强调的是以人为本。安全管理的最高级阶段是本质型安全,即以人为本。安全管理把师生的安全和利益放在第一位,以师生的安全需求为切入点,因此在安全管理中,要充分满足与安全相关的人的需求,调动各层安全管理人员的积极性,以自觉安全文化氛围为安全管理的驱动力,使安全管理从被动应对安全风险到主动进行安全预防,从而实现安全的需求者和管理者共同的目标。

### 3.3 针对管理理念制定具体落实的管理方法及措施

为了将以上的安全管理工作理念具体落实,提出了用气安全管理的具体管理方法及措施。管理方法以

“全面质量管理”的 PDCA 基本流程为核心结构,即计划、执行、检查、处理 4 个主要工作环节以及 8 个主要工作步骤;以用气安全管理的各个风险点及问题点作为基本的工作要点,因此在全面质量管理的每个主要的工作步骤中又添加了主要的工作要点,以预防安全管理工作中可能出现的风险;以人本管理作为管理的指导,即在各个工作环节中体现以人为本的理念,关注到每个人的需求,指导每个人做什么,如何更好地去做。尤其是在一些组织计划、教育培训、安全效果评估等环节需要全体管理者和师生的共同参与,所以将重点体现人本管理的环节列在对应的步骤中,用加深背景的蓝色字进行了标注说明。具体的管理方法如图 1 所示。这样,通过完整的管理流程规定和要点提示,能够将用气安全管理工作系统化,做到既有效消除各类用气安全风险,又可以对学校师生的用气安全意识和操作技能进行本质提升,实现安全的目标。

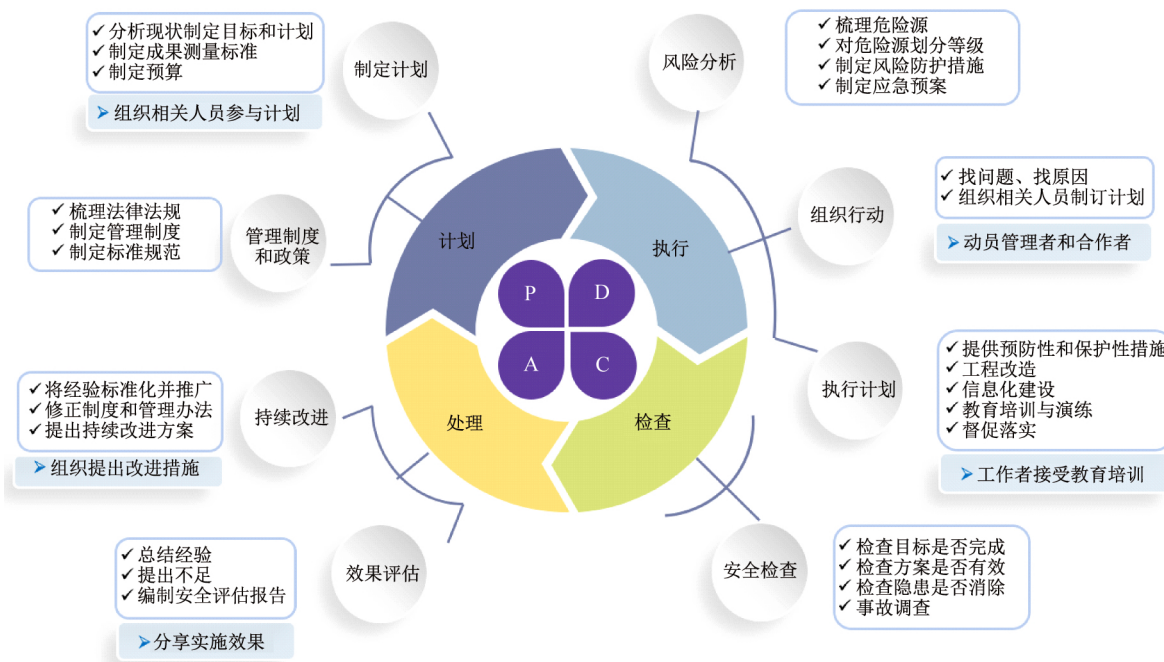


图 1 用气安全管理方法图

## 4 用气安全管理实践

学校在面对高校实验室用气安全管理普遍存在的问题时,不断面对问题,提升管理理念,提出解决方案并进行实践。不仅对制度、人员、条件进行了建设,也对管理方法做了规范化的实践。① 学校在安全管理上给予制度保障。② 学校不断加强队伍建设,提高管理人员的专业能力。③ 在用气安全上不断践行“风险管理、全面质量管理 and 人本管理”相结合的管理方法,对“全过程、全流程、全员”开展工作。④ 在消除用气安全隐患工程上进行大力的投入,保障用气安全。

### 4.1 规范用气安全管理制度,提高管理的可执行性和力度

学校用气安全管理的归口单位是实验室管理处。实验室管理处早在 2016 年开始就制定了“清华大学气瓶安全管理办法”“清华大学气体供应商管理实施细则”“清华大学气瓶安全管理组工作细则”等一系列气体安全管理的制度,但随着管理的发展,发现用气安全管理制度分散,同时缺少一些具体细化的要求。于是,实验室管理处于 2020 年 4 月对气体安全管理办法进行了修订,制定了“清华大学实验室气体安全管理实施办法”,将管理更加精细化和规范化。其中对学校

管理部门和院系的责任、气瓶实行统一采购、需制定用气安全应急预案、每年对新进实验室人员进行培训与考核等内容都做了具体的规定,也将涉及法律法规名称及条目进行了明确标示,如明确指出气瓶存放数量应符合北京市地方标准《实验室危险化学品安全管理规范》(第2部分 普通高等学校)(DB11/T1191.2—2018)第九条规定,具有较强的可执行性。具体内容可以访问清华大学实验室管理处网站。

根据制度中明确的责任,安全管理人员对出现的安全问题也敢于进行管理,例如在实验室安全检查中发现了安全问题,在规定期限内整改不合格的则关闭其实验室。学校对院系安全管理队伍也加强了管理,共同将实验室安全责任落实,根据落实情况对院系安全管理工作进行打分,奖惩分明。

#### 4.2 增加专业管理人员 提高管理服务水平

实验室管理处不断扩大专业管理队伍,提高安全管理人员的专业化水平,使得安全管理人员知道有效的管理方法。实验室管理处于2020年专门设立气体安全专员岗,对全校气体安全进行管理,其岗位职责包括:按照建设国内领先、国际一流的实验室管治体系要求,依据国家及行业要求,研究用气安全专业理论知识、制定实验室用气安全制度与规范,负责实验气体安全,以保障学校教学科研安全、引领实验室安全文化为目标。岗位的设置不仅要求管理人员对法律法规熟悉、对知识理论精通等专业的要求,还要求要具有较高的国际视野,立足于服务教学科研,具有较强的服务意识。该岗位管理人员的任职要求为具有理工科背景的硕士及以上学历。管理人员在工作过程中也需要不断自学与接受教育培训。同时在工作中,要全面对接使用气体的所有院系,进行安全工作交流。

#### 4.3 改进用气安全管理方法 提高管理的科学性和系统性

学校在组建了专业管理队伍后,用气安全管理也更加科学系统。在工作中执行全面质量管理,以学期或者年为周期,按照计划、执行、检查、处理的步骤进行,同时注重风险管理和人本管理。例如,“计划”环节,提前对未来3年、未来1年、未来1学期的用气安全管理工作进行计划,在做计划的过程中,也充分组织和动员院系一起参与计划,例如参加院系的核心会议和党政联席会,听取院系在气体安全管理方面的需求和需要进行安全建设的项目,列入年度工作计划,力求为院系解决用气安全问题。在“执行”环节,对全校所有气瓶进行统计,建立气瓶台账,全面了解全校的气体使用情况和气瓶的状态,对风险进行分析。在“检查”环节,每年组织全校气瓶专项安全检查,对全校有用气安全隐患的院系进行全覆盖。对院系提出的安全整改项目进行评审,合格后给予支持。在“处理”阶段,对

全校用气工作和经验进行总结,在年度编制的“清华大学实验室安全白皮书”中,将气体安全管理内容放置其中,也提出下一步工作展望。通过这些环节,将用气安全管理形成了全流程闭环管理。

另外,在管理中特别重视人本管理,将安全工作相关的人员组织起来,了解需求,教育培训,并一起参与管理。例如对安全助理在具体规范制定、文本编写中给予指导。对于使用气体的师生,制定“用气安全基础课程”,并放置在学校“实验室安全教育与考试系统”上,供师生学习。同时,定期组织线上和线下讲座培训,邀请院系在用气安全管理工作有经验的安全主管对实验室供气工程建设与运维、气体安全使用、通风改造经验进行分享,各院系的安全主管和安全助理一同参与学习。对供应商进行规范管理,分别于2016年和2019年组织对气体供应商进行统一遴选,对供应商查验危险化学品经营许可证、气瓶充装许可证和道路运输经营许可证等资格证书及其有效期,并规定其对提供的气瓶质量、气体质量、规范运输、安全培训、定期检验、回收及销毁气瓶、提供相关信息等服务事项做好保障。学校起初有气体供应商100余家,而目前为止统一选定了11家供应商,规定采购需要从这统一的供应商进行,大大减小了供应商数量,提升了气体供应品质,保障了气体安全。

#### 4.4 规范用气改造工程建设,保障用气安全

学校科研量大,院系使用气瓶数量和气体种类较多。有很多实验室面积有限,且实验室建立之初,没有进行专门的气瓶存储空间的设计,使用具有较大的安全隐患。为了消除这种安全隐患,学校提升公共治理。先后投入大量经费支持院系进行气路改造,支持了11个院系进行气路和通风系统改造。以环境学院为例,改造前仅一栋楼宇使用气瓶数量有的高达400瓶。室内气瓶存放和固定不规范,气路连接以软管和快插接头为主,使用危险气体无相应的报警装置,使用惰性气体无空气质量检测仪。在发现了安全隐患后,进行了将气瓶移至室外、集中管理、管道送气的集中供气系统建设,在室外建设了气瓶间,将可燃气和助燃气分开,并根据周围环境,合理布置泄压和通风。气瓶间采用一级汇流排进行供气,压力表、减压器、安全阀、排空装置和阻火器(氧气、可燃气体)等安全防护装置齐全,保证气体安全输出;实验室用气点配制了二次减压系统,保证用气便捷、安全;气瓶间和用气实验室供气管路上加装气体压力监测系统,实时监控管路内各种气体的压力,确保有序供气,及时发现气体泄漏并报警。环境学院气路工程改造图如图2所示。经过气路改造,实现了惰性气体、 $N_2$ 、 $CO_2$ 、Air、 $O_2$ 等气体以及 $SO_2$ 、NO、 $NH_3$ 等少量危险气体的标准气的集中供气,共配置了342个供气点,覆盖了63间实验室,楼宇的气瓶使用





图2 环境学院气路改造工程建设图

量由近 400 瓶减少至 50 余瓶,降至集中供气前的 17%,这有利于集中供气系统的运维管理,并极大地降低了实验室内存放和使用气瓶的安全隐患。同时,气路改造给师生带来了便利,师生只需要对气体管路的安全进行管理,而无需对气瓶安全进行管理,既保障了安全,又方便了科研。

## 5 结 语

面对高校实验室用气安全管理出现缺乏对安全管理制度的严格执行、缺乏专业的管理知识和技能、缺少对用气安全公共条件建设和公共服务的管理等诸多问题,以及高校安全管理在制度、人员、投入、管理理念和方法等方面的不足,必须从整体和全局出发,提升管理理念,将“风险管理、全面质量管理、人本管理”作为管理工作的指导,并在具体的用气管理工作中,做到用气安全制度规范、管理人员专业的提升、科学管理方法的落实以及用气安全工程的条件建设保障。通过提升管理理念、科学的管理方法和具体细化的管理措施,保障高校实验室用气安全,提升高校实验室用气安全管理水平。

## 参考文献(References):

- [1] 王业斌,龚 婕,马 强. 高校实验气体全链条闭环管理探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2019(8): 14-17.
- [2] 陶亚辉,冯玉如. 高校实验室气瓶管理的探讨[J]. 化工管理, 2019(22): 10-12.
- [3] 程世红,马旭灵,白德成. 高校实验室气体钢瓶的安全管理探讨[J]. 实验技术与管理, 2012(04): 216-218.
- [4] 付 净,刘 虹,刘文博. 高校实验室火灾爆炸事故原因分析及管理对策[J]. 吉林化工学院学报, 2018, 35(5): 87-92.
- [5] 高玉坤,王树祚,张英华,等. 高校实验室压力气瓶风险评估体系探究[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(4): 304-307.
- [6] 叶剑新,莎日娜,骆轶姝,等. 全面质量管理在高校实验室气体钢瓶安全管理的应用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(8): 266-268.
- [7] 冯善娥. 实验室中杜瓦瓶的安全使用[J]. 高校实验室工作研究, 2013(1): 67-68.
- [8] 杨锐明,褚玉群. 集中供气系统在提升高校理工类实验室本质安全中的应用[J]. 工业安全与环保, 2019, 45(8): 66-69.
- [9] 柯汀宁,王 凯,高 尚,等. 高校实验室安全供气系统设计及探索[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(3): 235-238.
- [10] 张 丹,高 强,孙 昌,等. 化学实验室安全管理与建设[J]. 轻工科技, 2019, 35(3): 129-130.
- [11] 张银珠,金海萍,阮 俊,等. 规范高校实验气体管理保障实验室安全[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(2): 205-207.
- [12] 金海萍,阮 俊,张银珠,等. 高校实验气体定点采购管理的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 34(4): 276-277, 285.
- [13] 马智锟. 关于高校实验室气体钢瓶安全管理的一些建议[J]. 高校实验室科学技术, 2019(2): 66-69.
- [14] 王鹏程,栾长萍,罗学柳,等. 高校实验室安全综合管理体系构建探究[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(7): 318-322.
- [15] 丁 立,郭英姿,江永亨,等. 从风险管理的角度促进实验室气瓶安全管理[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(12): 264-267.
- [16] 李志华,邱晨超,贺继高,等. 化学类实验室事故风险分析及其对策[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(3): 294-298.