

# 我国能力验证项目研究热点可视化分析

毛月英<sup>1,2</sup>, 庞喜斌<sup>1,2</sup>, 唐凌天<sup>1,2</sup>, 佟艳春<sup>\*1,2</sup>

(1. 钢研纳克检测技术股份有限公司, 北京 100081; 2. 北京中实国金国际实验室能力验证研究有限公司, 北京 100081)

**摘要:**为掌握我国能力验证工作的发展脉络和研究现状,采用文献计量和知识图谱的可视化分析法,选取 1999—2017 年国内公开发表的能力验证工作研究论文 5 145 篇,使用 Origin、统计产品与服务解决方案软件(SPSS)和中国知网(CNKI)计量可视化分析系统,从发文数量、作者、机构、基金等方面对该领域的研究论文进行分析,基于共词技术构建高频关键词共词矩阵,并对矩阵进一步聚类分析和多维尺度分析。分析结果认为能力验证研究热点集中在两大主题,分别为:能力验证项目实施过程,包括样品的均匀性稳定性检测和结果的评价;能力验证项目在实验室质量控制和管理中的作用。其中能力验证项目实施过程属于目前的重点和热点。所进行的研究对了解我国能力验证项目的发展动态,推动我国能力验证项目的深化和国际化将产生重要的意义。

**关键词:**能力验证;共词分析;文献计量;可视化;聚类分析;多维尺度分析

**文献标志码:**A      **文章编号:**1000-7571(2018)01-0016-08

能力验证(Proficiency Testing, PT)是通过实验室间比对,按照预先制定的准则来判定实验室能力的活动。PT 具体实施步骤为:能力验证计划提供者(Proficiency Testing Provider, PTP)向参加实验室逐一发送样品,要求实验室在规定的时间内进行检测并返回测试结果,收集齐所有结果之后,PTP 负责统计分析所有参加实验室的结果,依据统计结果来判定实验室对于该项目的检测能力是否满意<sup>[1]</sup>。在当前“一带一路”战略背景下,推进我国能力验证工作国际化进程具有重要意义。

共词技术是对关键词对出现在同一篇论文中的次数进行统计,在此基础上构建高频关键词共词矩阵,研究这些关键词之间的亲疏关系,进而分析他们所代表主题的研究热度<sup>[2-3]</sup>。为了更加形象地展示能力验证工作的研究热点,本文对关键词共词矩阵进行聚类分析,得到反映关键词之间亲疏关系的树状图,进而得到研究主题结构。多维尺度分析(本文用到的是二维空间)能给出关键词的特定位置,每个关键词的相对位置反映了他们之间的相似性,比聚类分析的结果更加直观,并能对聚类分析起到矫正

的作用<sup>[4]</sup>。

本文采用基于共词技术的文献计量及可视化分析法来分析能力验证工作的研究热点<sup>[5]</sup>,从而为相关研究提供理论依据。

## 1 论文数量分析

研究能力验证论文发展规律之前,先看看我国 PTP 数量变化规律。我国从 2002 年 6 月 11 日颁发第 1 张能力验证计划提供者(PTP)认可证书起,至 2017 年 7 月底共有 57 家 PTP 获得认可,其数量的年度变化见图 1。从图 1 可以看出,我国 PTP 数量在 2012 年之前处于缓慢平稳上升阶段,2012 年之后 PTP 数量迅速扩增。

主题设置为“能力验证”,在 CNKI 上检索,根据检索结果可知,我国能力验证首篇论文为 1999 年出版<sup>[6]</sup>,因此本文按照时间为 1999 年 1 月 1 日至 2017 年的检索限制(检索时间为 2017 年 7 月 20 日),检索得到 5 145 篇论文,以此作为本文的数据源,对该领域的研究论文按年度进行统计分析,如图 2 所示。

图 2 展示了从 1999 年到 2017 年有关能力验证

**收稿日期:**2017-08-07

**基金项目:**中国工程科技知识中心试验技术服务系统建设项目(CKCEST-2017-3-12)

**作者简介:**毛月英(1983—),女,工程师,博士,从事能力验证和试验技术研究工作;E-mail:maoyy@analysis.org.cn

**\* 通讯联系人:**佟艳春(1964—),女,高级工程师,主要从事能力验证研究工作;E-mail:tong@analysis.org.cn

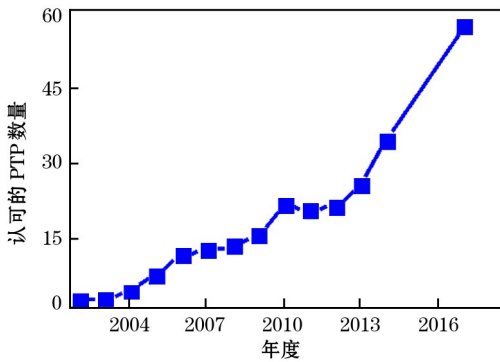


图1 我国能力验证计划提供者数量的年度变化

Fig. 1 Annual change of the number of PTP

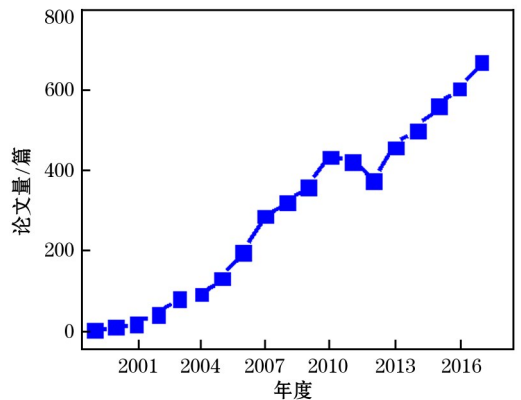


图2 我国能力验证研究论文时间分布统计

Fig. 2 Yearly distribution of articles on PT in CNKI

论文的分布曲线, 其中 2017 年的发文量为 CNKI 预测值。由图 2 可知, 我国能力验证工作同 PTP 的发展趋势一致, 这是因为 PTP 是能力验证活动的主要组织者。

## 2 高频作者统计分析

发表论文数量的多少在一定程度上反映了学者的学术研究能力, 一般而言卓越的研究者发表的论文较多。本文对能力验证领域的 5145 篇论文的作者

者进行统计, 发表论文数量达到 6 篇及以上的作者共有 40 人(见表 1)。前 40 名作者共计发文 369 篇, 占总量的 7.2%, 从表 1 可以看出, 作者主要来自 PTP 及国家权威实验室, 来自于中国食品药品检定研究院的作者达到 15 位, 其中, 项新华发表能力验证相关论文数量高达 25 篇, 形成了显著的研究成果。这些数据说明, 能力验证工作在我国已经形成一定的规模, 以项新华为代表的高产作者正逐步形

表 1 我国能力验证领域高频作者分布统计(CNKI)

Table 1 High frequent authors publishing articles on PT in CNKI

排名 Rank	作者 Author	单位 Organization	发文量 Number of publication	排名 Rank	作者 Author	单位 Organization	发文量 Number of publication
1	项新华	中国食品药品检定研究院	25	21	顾颂青	上海市食品药品检验所	8
2	岳乘飞	中国食品药品检定研究院	16	22	穆效群	北京市疾病预防控制中心	8
3	王洪	中国食品药品检定研究院	14	23	王薇	北京医院	8
4	王治国	北京医院	14	24	刘雅丹	中国食品药品检定研究院	8
5	罗建波	广东省疾病预防控制中心	13	25	李晓波	中国食品药品检定研究院	8
6	刘来福	北京市检验检疫局	12	26	付瑞	中国食品药品检定研究院	8
7	郭栋	国家认证认可监督管理委员会	11	27	毛歆	中国食品药品检定研究院	8
8	肖良	国家认证认可监督管理委员会	10	28	张河战	中国食品药品检定研究院	8
9	杨美成	上海市食品药品检验所	10	29	沈漪	上海市食品药品检验所	7
10	李文龙	国家认证认可监督管理委员会	10	30	冯育芳	中国食品药品检定研究院	7
11	陈祝康	上海市食品药品检验所	9	31	王吉	中国食品药品检定研究院	7
12	孙芾	北京和睦家医院	9	32	黄亨建	四川大学华西医院	7
13	邢书才	中国环境保护部标准样品研究所	9	33	陈怀东	中国广东核电集团检测技术有限公司	7
14	曹进	中国食品药品检定研究院	9	34	赵素娟	北京市疾病预防控制中心	7
15	田衍	中国环境保护部标准样品研究所	9	35	张利峰	北京出入境检验检疫局	7
16	朱正德	大众动力总成(上海)有限公司	9	36	邢进	中国食品药品检定研究院	7
17	张庆生	中国食品药品检定研究院	9	37	贺争鸣	中国食品药品检定研究院	7
18	王承忠	宝山钢铁集团宝钢研究院	8	38	魏杰	中国食品药品检定研究院	7
19	王林波	上海市食品药品检验所	8	39	陈桂良	上海市食品药品检验所	7
20	陆明	上海市食品药品检验所	8	40	王厚芳	北京和睦家医院	6

成,但是还未形成稳定的高产作者群<sup>[5,7]</sup>。

### 3 机构分布分析

表 2 是能力验证工作研究论文发表数量前 40

名的机构。从表 2 可以看出,前 40 名机构共计发文 641 篇,占论文总量的 12.5%。前 40 名机构主要来自 PTP 及国家权威实验室,其中,中国食品药品检定研究院发表数量达到 61 篇,排在首位,说明中国

表 2 我国能力验证领域研究机构分布统计(CNKI)

Table 2 Distribution statistics of institutions producing articles on PT in CNKI

排名 Rank	机构 Organization	发文量 Number of publication	排名 Rank	机构 Organization	发文量 Number of publication
1	中国食品药品检定研究院	61	21	北京中实国金国际实验室能力验证研究中心	12
2	中国计量科学研究院	42	22	浙江省疾病预防控制中心	12
3	中国合格评定国家认可委员会	33	23	昆明市疾病预防控制中心	11
4	上海市食品药品检验所	27	24	大众动力总成(上海)有限公司	11
5	中国实验室国家认可委员会	26	25	上海市临床检验中心	11
6	国家认证认可监督管理委员会	24	26	中国兽医药品监察所	11
7	北京出入境检验检疫局	24	27	宝山钢铁集团宝钢研究院	11
8	中国合格评定国家认可中心	23	28	四川大学华西医院	11
9	北京市疾病预防控制中心	19	29	中国疾病预防控制中心性病艾滋病预防控制中心	10
10	中国环境保护部标准样品研究所	18	30	福建出入境检验检疫局	10
11	北京医院	18	31	北京协和医学院	10
12	广东省疾病预防控制中心	16	32	北京和睦家医院	10
13	中国检验检疫科学研究院	15	33	中国家用电器研究院	10
14	中国司法部司法鉴定科学技术研究所	14	34	公安部物证鉴定中心	10
15	钢铁研究总院	14	35	中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所	9
16	辽宁出入境检验检疫局	14	36	山西大学	9
17	山东出入境检验检疫局	14	37	上海市计量测试技术研究院	9
18	上海市质量监督检验技术研究院	13	38	广东出入境检验检疫局	9
19	中山大学	12	39	义乌出入境检验检疫局	8
20	上海交通大学	12	40	国家海洋局国家海洋标准计量中心	8

食品药品检定研究院相对较为重视此方面的研究。

### 4 基金项目分布分析

基金项目为科研活动提供基础条件保障,对科

研活动的深入发展起着积极的推动作用。表 3 列出了支持论文数量前 20 名的基金项目。从表 3 中可以看出国家自然科学基金对能力验证工作的基金支持最多,共发表论文 36 篇,优于其他基金。

表 3 我国能力验证论文基金项目分布统计(CNKI)

Table 3 Distribution statistics of fund programs supporting articles on PT in CNKI

排名 Rank	基金名称 Fund name	论文数量 Number of publication	排名 Rank	基金名称 Fund name	论文数量 Number of publication
1	国家自然科学基金	36	11	国家科技基础条件平台建设计划	4
2	国家科技支撑计划	24	12	上海科技发展基金	4
3	国家高技术研究发展计划(863 计划)	13	13	国家社会科学基金	3
4	广东省医学科研基金	7	14	国家科技攻关计划	3
5	美国中华医学基金	6	15	农业部“948”项目	2
6	科技基础性工作专项计划	5	16	广东省科技攻关计划	2
7	北京市自然科学基金	4	17	重庆市软科学研究计划	2
8	广东省自然科学基金	4	18	世界卫生组织基金	2
9	福建省科委基金	4	19	社会公益研究专项计划	2
10	国家重点基础研究发展计划(973 计划)	4	20	云南省自然科学基金	2

## 5 期刊分布

能力验证工作相关研究论文在 CNKI 数据库中主要分布在《中国国门时报》、《现代测量与实验室管理》、《冶金分析》、《中国质量报》等期刊。对检索得

到的 5145 篇论文按文献的期刊发文量进行降序排列, 其中排列前 20 名的期刊如表 4 所示。前 20 名期刊共计发文 1657 篇, 占总量的 32.2%, 前 10 名期刊共计发文 1359 篇, 占总量的 26.4%, 说明刊载能力验证工作的期刊相对较为分散, 还没有形成稳定

表 4 我国能力验证论文期刊分布统计(CNKI)

Table 4 Distribution statistics of journals publishing articles on PT in CNKI

排名 Rank	期刊名称 Journal	论文数量 Number of publication	排名 Rank	期刊名称 Journal	论文数量 Number of publication
1	中国国门时报	402	11	检验检疫学刊	33
2	现代测量与实验室管理	217	12	食品安全导刊	32
3	冶金分析	162	13	中国药事	32
4	中国质量报	149	14	化学分析计量	32
5	中国计量	147	15	上海计量测试	32
6	中国卫生检验杂志	107	16	理化检验:物理分册	31
7	计量与测试技术	61	17	理化检验:化学分册	30
8	中国司法鉴定	41	18	中国医药报	29
9	中国纤检	40	19	中国质量技术监督	25
10	煤质技术	33	20	检验医学	22

的期刊群<sup>[7]</sup>。

## 6 关键词词频统计

本文对关键词按词频高低进行排序, 得到高频关键词统计表, 因篇幅有限, 表 5 仅列出排名前 30 的关键词。由表 5 可知, 关键词“能力验证”出现的频率较高, 达 754 次, 但鉴于其与本文研究的内容完全重复, 在关键词分析中难以发挥作用, 暂时可忽略。关键词“实验室”和“质量控制”出现的频率分别为 267 和 256 次, 其次“质量管理”、“检测”、“不确定

度”、“管理”、“实验室认可”等出现的频率也较高, 基本上可以反映出我国能力验证工作目前的研究热点。

此外对近 5 年内排名前 5 名的高频关键词进行统计, 结果如图 3 所示。从图 3 可以看出, 每年排名前 3 名的高频关键词是固定的, 且关键词词频排序也是固定的, 表明能力验证工作研究热点相对比较稳定。

表 5 我国能力验证领域高频关键词表

Table 5 High frequency keywords list in PT field

序号 No.	关键词 Key words	频次 Frequency	序号 No.	关键词 Key words	频次 Frequency
1	能力验证	754	16	检测实验室	36
2	实验室	267	17	均匀性	36
3	质量控制	256	18	结果分析	35
4	质量管理	92	19	评价	34
5	检测	88	20	稳健统计	33
6	不确定度	69	21	Z 比分数	32
7	管理	66	22	质量	30
8	实验室认可	63	23	分析	30
9	环境监测	55	24	管理评审	28
10	实验室间比对	52	25	管理体系	28
11	比对	47	26	认可	27
12	质量管理体系	46	27	比对试验	27
13	室内质量评价	39	28	计量认证	27
14	稳定性	38	29	实验室管理	26
15	标准物质	37	30	措施	26

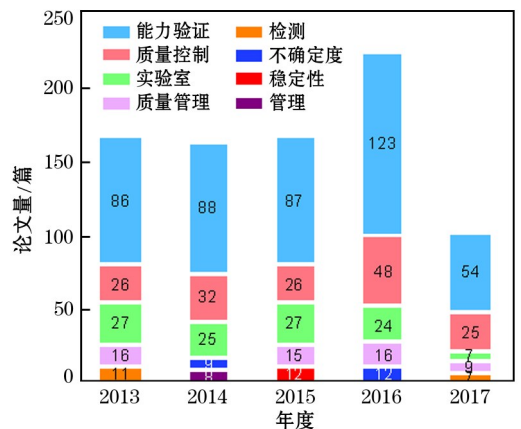


图 3 能力验证工作高频关键词年度分布统计

Fig. 3 Yearly distribution of high frequency key words in PT field

## 7 构建共词矩阵

本文采用共词技术来分析能力验证工作的研究



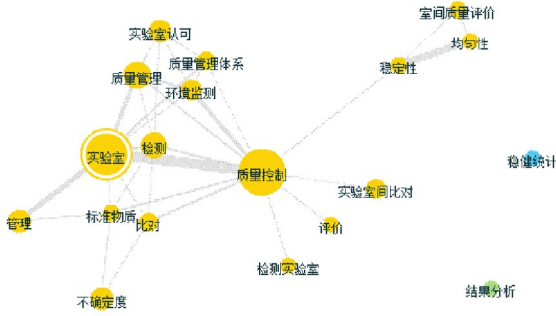


图 4 我国能力验证研究论文关键词共现知识图谱

Fig. 4 Knowledge map of key words co-occurrence in PT published in CNKI

向时间轴描述能力验证工作研究热点的变化。

## 9 聚类分析

为了进一步揭示能力验证工作的研究方向, 将高频关键词进行分层聚类, 以更加清晰直观的方式反映出关键词之间的紧密程度。关键词聚成的类群表示一个相互之间比较密切的群组, 可以代表一定程度上保持一致的研究主题。类群的大小可以反映出主题的集中程度和研究热度, 一般情况下比较受重视的研究热点会形成较大的类群<sup>[8]</sup>。

利用 SPSS 19.0 软件对高频关键词共词矩阵 (20×20) 进行聚类分析, 得到的聚类结果如图 5 和图 6 所示。根据得到的聚类树状图 (图 5), 可以将能力验证工作的研究热点分为两大类, 主题一为能力验证工作实施过程, 包括样品的均匀性稳定性检测和结果的评价, 主题二为能力验证工作在实验室质量控制和管理中的作用。

聚类分析冰状图 (图 6) 结果同样将能力验证工作研究热点分为两类, 结果同聚类树状图 (图 5) 一致。根据聚类分析结果, 主题一包含的关键词数量较

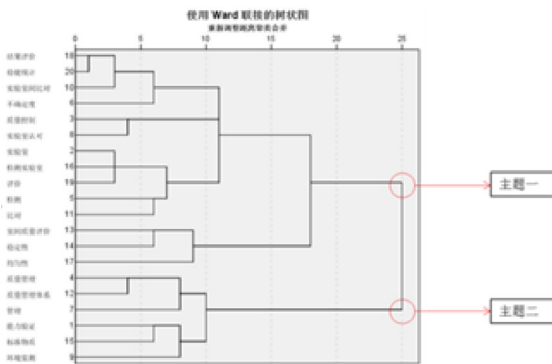


图 5 高频关键词聚类树状图

Fig. 5 Clustering tree of high frequency key words

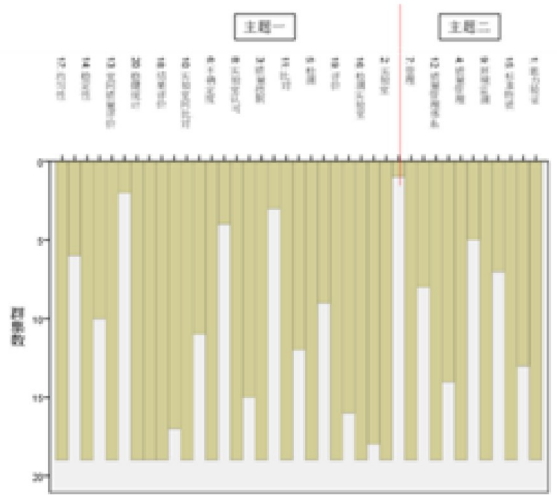


图 6 高频关键词聚类冰状图

Fig. 6 Clustering ice graph of high frequency key words

多, 形成的类群较大, 说明这个主题相对较为集中, 最受能力验证工作学者们关注。而主题二包含的关键词数量较少, 受关注程度相对较低。

## 10 多维尺度分析

为了更加深入地了解能力验证工作各个主题之间的相关程度, 利用 SPSS 19.0 统计软件对能力验证工作关键词进行二维尺度分析, 得到相应的可视化结果, 如图 7 所示。多维尺度分析的应力系数  $stress = 0.07936$ , 拟合指数  $RSQ = 0.9891$ 。stress 值低于 0.2, RSQ 值高于 0.8, 统计结果可信<sup>[9]</sup>。

根据多维尺度的分析结果得到知识图谱, 可以直观展现能力验证工作当下的研究热点, 如图 7 所

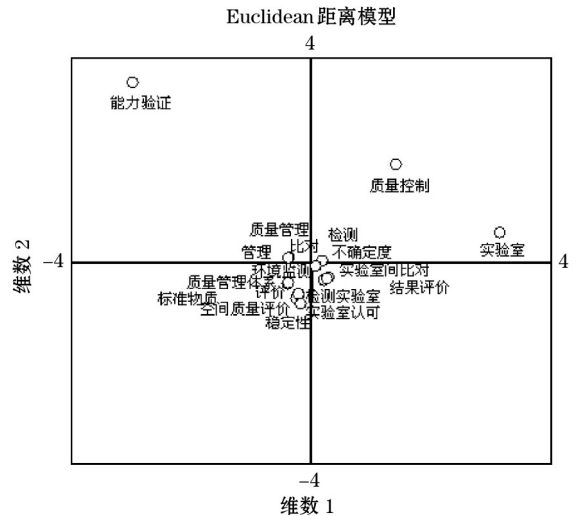


图 7 高频关键词多维尺度分析结果

Fig. 7 Results of multidimensional scaling analysis

示。鉴于关键词“能力验证”与本文研究的内容完全重复,在关键词分析中难以发挥作用,暂时可忽略。从图7可以看出,除了“实验室”和“质量控制”,能力验证工作大部分关键词整体都集中在中心原点附近,表明高频关键词均是能力验证工作的研究重点,属于学者们最关注的热点。且“实验室”和“质量控制”属于主题二类群的关键词。

## 11 结语

本文以共词分析技术为基础,结合聚类分析和多维尺度分析技术,对能力验证工作的研究热点进行了可视化分析,分析结果认为目前能力验证工作的研究热点为:(1)能力验证工作实施过程,包括样品的均匀性稳定性检测和结果的评价;(2)能力验证工作在实验室质量控制和管理中的作用。其中能力验证工作实施过程属于目前的重点和热点。

本研究的统计数据来源仅限于CNKI数据库,没有对国外论文进行研究,在后续工作中,需要进一步对能力验证工作的研究方法、研究层面、国外成果、专利技术及行业分布等内容进行对比分析,从而为中国能力验证工作国际化研究成果的产出提供一定的理论依据。

## 参考文献:

[1] 唐凌天,符斌.实验室能力验证的发展[J].中国无机分析化学,2013(4):11-15.  
TANG Ling-tian, FU Bin. Development of laboratory proficiency testing[J]. *Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry*, 2013(4): 11-15.

[2] 张勤,马费成.国外知识管理研究范式——以共词分析为

方法[J].管理科学学报,2007(6):65-75.  
ZHANG Qin, MA Fei-cheng. On paradigm of research knowledge management: A bibliometric analysis[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2007(6): 65-75.

[3] Kumar S, Mohd Jan J. Discovering knowledge landscapes: An epistemic analysis of business and management field in malaysia [J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, 65: 1027-1032.

[4] 储节旺, 闫士涛. 知识管理学科体系研究(下)——聚类分析和多维尺度分析[J]. 情报理论与实践(Information Studies: Theory & Application), 2012(3): 5-9.

[5] 郭宇, 王晰巍, 贺伟, 等. 基于文献计量和知识图谱可视化方法的国内外低碳技术发展动态研究[J]. 情报科学, 2015(4): 139-148.  
GUO Yu, WANG Xi-wei, HE Wei, et al. Chinese and international dynamic research into low carbon technology based on bibliometrics and knowledge mapping[J]. *Information Science*, 2015(4): 139-148.

[6] 翟培军, 王英姿. 《实验室认可知识》专题连载八——浅谈能力验证[J]. 中国计量(China Metrology), 1999(8): 34-35.

[7] Wallace D P, Van Fleet C, Downs L J. The research core of the knowledge management literature[J]. *International Journal of Information Management*, 2011, 31(1): 14-20.

[8] 杨莲莲, 杨之音, 杨朝峰. 基于共词分析的微生物学植物学领域研究热点分析[J]. 情报工程, 2016(4): 96-103.  
YANG Lian-lian, YANG Zhi-yin, YANG Chao-feng. Research on the hotspots of microbiology and botany based on the co-word analysis[J]. *Technology Intelligence Engineering*, 2016(4): 96-103.

[9] 张曾垚. 多维尺度分析在华品牌差异化中的应用研究[J]. 中国市场(China Market), 2017(10): 186-188.

# Visualization map analysis of research hotspots in proficiency testing in China

MAO Yue-ying<sup>1,2</sup>, PANG Xi-bin<sup>1,2</sup>, TANG Ling-tian<sup>1,2</sup>, TONG Yan-chun<sup>\*1,2</sup>

(1. NCS Testing Technology CO., LTD., Beijing 100081, China;

2. China NIL Research Center for Proficiency Testing, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In order to master the development process and research status of proficiency testing in China, the visualization analysis of bibliometrics and knowledge graph was adopted. The selected 5145 research papers about proficiency testing were published in 1999—2017. The software Origin, Statistical Products and Services Solutions (SPSS) and metrological visualization analysis system of China National Knowledge Infrastructure (CNKI) were used to analyze these papers in terms of quantity, author, organization and fund. The co-word matrix of high-frequency key words was constructed based in co-word technique fol-

lowed by further clustering analysis and multidimensional scaling analysis. The analysis results suggested that the research hotspots in proficiency testing were focused on two topics: (1) the implementation process of proficiency testing, including the homogeneity and stability tests of sample as well as the evaluation of results; (2) the role of proficiency testing in quality control and management of laboratory. Among them, the implementation process of proficiency testing belonged to the research emphasis and hotspot at present. It had important significance to understand the development trend of proficiency testing in China and promote its deepening and internationalization in future.

**Key words:** proficiency testing; co-word analysis; bibliometric; visualization; clustering analysis; multidimensional scaling analysis

---

## 广告目次

封面·····德国斯派克分析仪器有限公司	内 5·····北京海光仪器有限公司
封二·····岛津企业管理(中国)有限公司	内 6·····北京泰格瑞祥科技有限公司
封三·····南京和澳机电实业有限公司	内 7·····洛阳特耐实验设备有限公司
封底·····赛默飞世尔科技(中国)有限公司	内 8·····北京万联达信科仪器有限公司
内 1·····株式会社理学	内 9·····醴陵市金利坭坭瓷厂
内 2·····奥林巴斯(中国)有限公司	内 10·····钢研纳克检测技术有限公司
内 3·····四川新先达测控技术有限公司	内 11·····钢研纳克检测技术有限公司
内 4·····天津市耀安金属制品有限公司	内 12·····德国 OBLF 分析仪器公司