

俄罗斯科研创新发展分析*

郝韵** 张小云 吴淼 包安明 王丽贤

(中科院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要:从研发投入、研发机构和研发人员等角度分析了俄罗斯创新发展态势,结果显示:俄罗斯研发经费主要依靠国家支持,其它资金来源缺乏活力,研发机构以及研发人员数量呈下降趋势,不利于科研创新的可持续发展。俄罗斯政府为有效刺激国内创新需求,营造良好的创新环境,采取了一系列措施,并确定了 16 项科学优先发展方向,这将促使俄罗斯提高现有科研基础设施的利用效率,为创新发展奠定良好的基础。然而,优化国家创新体系不是一朝一夕可以实现的,俄罗斯创新发展之路仍然任重道远。

关键词:俄罗斯;科研创新;问题;措施;优先方向

中图分类号:G311

文献标识码:B

doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2015.03.023

Analysis of Scientific Research Innovation Development in Russia*

HAO Yun** ZHANG Xiaoyun WU Miao BAO Anming WANG Lixian

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

Abstract: Innovation development trend in Russia is analyzed in the following aspects: R&D expenditure, R&D institutions, R&D individuals and etc. Russian R&D expenditure is mainly supported by state, while other resources of expenditure are lack of vitality. It is not conducive to the sustainable development of scientific innovation that the number of R&D institutions and individuals are having a downward trend. Russian government has adopted measures to effectively stimulate domestic demand and create a positive environment for innovation. 16 science and technology priorities are confirmed by Russian government, prompting more valid use of the existing research equipment, laying the good foundation for innovation development. However, optimization of national innovation system is not easy to be achieved, Russian innovation development still has a long way to go.

Key words: Russia; scientific research innovation; problems; measures; priorities

1 引言

俄罗斯是世界上科技实力雄厚的国家之一,随着经济和社会状况的好转,俄罗斯正采取措施增加科技投入,力争进入国际先进的创新国家行列。形成国家创新体系是创新国家发展的条件之一,该体系也是保证获取和利用新知识的综合体^[1]。俄罗斯虽然拥有足够的自有资源,但在当今世界,确保社会和经济可持续发展的最终途径是依靠创新产品的贡献。2011 年 12 月 8 日,俄罗斯联邦政府颁布了《俄罗斯至 2020 年创新发展战略》,希望藉此保证国家创新体系和经济的开放性,促进俄罗斯与世界创新发展的一体化。本文分析了俄罗斯科研创新发展趋势、面临的问题以及采取的措施,希望可以对我 国科研创新发展事业提供有益的借鉴。

2 国家科研创新发展态势

世界经济论坛《2011 俄罗斯竞争力报告》显示,巴西、中国、马来西亚、俄罗斯、南非等国处于效率驱动型竞争力发展的第二阶段,而法国、德国、日本、韩国、英国、美国等发达国家处于创新驱动竞争力发展的第三阶段^[2]。俄罗斯的整体科研力量远未恢复到苏联时期的水平,其科研创新能力具有潜力,但尚待激发。总体而言,俄罗斯的教育水平、国内市场容量、国民和政府对于信息通讯技术的适应性,以及支持科学、教育和创新的公共政策等均是俄罗斯创新发展的有利条件^[3]。

由表 1 可见,俄罗斯研发人才潜力和国内研发投入情况相对乐观,但创新产品和机构对国力发展的贡献程度表现欠佳,创新领域对 GDP 的贡献率仅为 12.7%,国内每百万人发明专利申请量比美国少一半多,俄罗斯自然人和法人在三大专利局的专利注册数量远远少于美国、韩国、中国。

2015-01-20 收稿,2015-02-12 接受

* 科技部国际科技合作专项(2010DFA92720-04)资助

** 通讯作者, E-mail: haoyun@ms.xjb.ac.cn

表1 俄罗斯创新发展指标参数,2010^{1)[4-6]}

指标	俄罗斯	参考数据
工业生产技术创新公司占工业生产公司总数的比重(%)	9.3	-
高科技产品出口额占世界高科技产品出口总额的比重(%)	0.25(2008)	-
创新领域对GDP的贡献率(%)	12.7(2009)	中国39(2009)
创新产品占工业产品总额的比重(%)	4.9	-
技术创新型机构占机构总数的比重(%)	7.9	德国63.8
研发投入占GDP的比重(%)	1.13	意大利1.17 美国2.79
科研和研发人员数量(每百万人,个)	3091	德国3780
每百万人发明专利申请量(个)	152	美国346
高科技产品出口占出口总额的比重(%) ²⁾	1.6	德国14 波兰5.7
创新产品占总产品的比重(%)	12.3	-
俄罗斯出版物占世界科学杂志出版物的比重(%)	2.08	-
俄罗斯学者单个出版物在Web of Science上的被引次数	2.36	美国7.41 印度3.10 中国3.57
俄罗斯大学进入世界200所一流大学的数量(Quacquarelli Symonds World University Rankings)(所)	1	中国(大陆)5 韩国5
俄罗斯个人和法人在欧盟专利局、美国专利局和日本专利局的专利注册数量(个)	63(2009)	美国13715 中国667 韩国1959(2009)

1) -:没有相关参考数据;

2) 根据世界通用的联合国分类法,以下领域的产品归入高科技产品:机械制造业、化学制药、微生物、工业纤维和纱线。

表2 2005~2012年俄罗斯研发经费及占GDP的比重^[6]

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
研发经费(百万卢布)	230785.2	288805.2	371080.3	431073.2	485834.3	523377.2	610426.7	699869.8
占GDP的比重(%)	1.07	1.07	1.12	1.04	1.25	1.13	1.09	1.12

俄罗斯对科技的投入与专利申请量存在较大反差,国家对科技投入不断增加,并没有带来专利申请量的增长。有关数据显示,俄罗斯科学研究成果中申请专利的比例仅为0.38%,2005~2012年间,俄罗斯研发经费增长了3倍,而2004~2012年,专利申请量只增加了1.4倍,其中本国公民申请专利的数量仅增长了1.15倍^[5]。2009年俄罗斯研发经费占GDP的比重达到峰值1.25%,此后较为稳定,在1.12%左右浮动(见表2)。

研发经费组成中,国家投入长期占据主导地位,私人资本对创新领域兴趣不足。表3显示:2000年,国家拨款、企业、外资研发投入的比例分别为55%、33%、12%,2012年分别为68%、27%、4%。国家拨款和外资的研发投入总体呈增长趋势,但由于国家投入力度较大,因而外资投入比例相对下降;企业研发投入总体呈下降趋势,略有起伏。

俄罗斯政府对研发事业的重视和支持力度逐渐加深,然而企业从事研发的积极性不断减弱。表4显示:1991~2011年,俄罗斯研发机构数量总体呈下降趋势,2011年与1991年相比减少了19%。国

有研发机构所占比重从22%增加到40%,而企业研发机构所占比重从66%降低到39%。

表3 俄罗斯研发经费(按来源划分,单位:百万卢布)^[5]

	2000年	2010年	2011年	2012年
国家拨款 ¹⁾	42035.7	368191.8	409449.4	474789.8
企业	25208.4	133499.0	168957.6	190545.9
高等教育机构	213.0	2436.6	4664.5	5905.5
非盈利机构	67.6	682.4	1209.7	877.9
外资	9172.4	18567.5	26145.5	27750.7
总计	76697.1	523377.2	610426.7	699869.8

1) 包括财政预算、用于维持大学运转的财政拨款、国有控股机构的经费。

表4 1991~2011年俄罗斯研发机构数量(按科学部门划分)^[7]

	1991年	2000年	2009年	2010年	2011年
国有研发机构	992	1247	1406	1400	1457
企业研发机构	3009	2278	1446	1405	1450
高校研发机构	537	526	603	617	696
非盈利研发机构	26	48	81	70	79
总计	4564	4099	3536	3492	3682

近年来,俄罗斯研发机构的数量保持稳定,略有起伏。与之相呼应的是研发人员数量也波动较小,未出现20世纪90年代人才流失严重的现象。俄罗斯如何在有限的人才储备条件下,充分发掘现有人才潜力成为十分重要的命题。

表5 1991~2012年俄罗斯研发人员数量(按类别分,单位:人)^[6]

年份	1991	2000	2005	2009	2010	2011	2012
研究人员	878482	425954	391121	369237	368915	374791	372620
技术人员	200606	75184	65982	60045	59276	61562	58905
辅助人员	416590	240506	215555	186995	183713	178449	175790
其它	182106	146085	140549	126156	124636	120471	119003
总计	1677784	887729	813207	742433	736540	735273	726318

表5显示:1991~2012年,俄罗斯研发人员数量总体呈下降趋势,下降幅度约为57%,并且有持续下降的趋势。2005年,研究人员、技术人员、辅助人员占总研发人员数量的比例分别为48%、8%、27%,2012年分别为51%、8%、24%,其中,研究人员增加了3%,辅助人员减少了3%。

由此可以看出,俄罗斯创新发展存在一系列问题,研发经费主要依靠国家支持,其它资金来源缺乏活力,研发机构以及研发人员数量呈下降趋势,不利于科研创新的可持续发展。此外,俄罗斯审批项目和融资过程中,行政程序十分繁琐,其中不乏官僚主义作风,创新投资主要集中在IT、纳米和生物等少数领域。作为国家竞争力的长期基础,创新发展的主要障碍在于缺乏发展的制度环境,利于创新发展的商业环境形成过缓^[8]。

3 国家科研创新发展措施

为了有效刺激国内创新需求,解决创新发展面临的难题,激发科研创新活力,营造良好的国家科技创新发展环境,近年来俄罗斯政府从人才、制度、资金等方面采取了一系列措施。

1) 充分挖掘科技人才潜力,缩减科研队伍中的冗余人员,减轻研究所的负担,提高科研人员待遇,吸引青年科学家。

俄罗斯联邦科学组织署的数据显示,2013年俄罗斯科学院研究所直接从事科学研究的职工约为5.3万人。到2018年,俄联邦科学组织署计划裁减俄罗斯科学院6000名职工,即每十个职工就有一个面临下岗。但是科研人员不在裁减之列,仅涉及管理和辅助人员。2013年底的数据显示,管理和辅助人员占俄罗斯科学院的51.7%,到2016年将为44.2%,到2018年计划调整到40%。此外,科研人员的工资将会增加,到2018年达到地区平均工资水平的200%^[9]。俄罗斯希望通过优化科研队伍人才比例,提高工资水平,吸引并留住青年科学家。

2) 营造竞争环境,激发创新活力,促进知识产

权商业化。

俄罗斯各个国家级研究中心拥有较多的知识产权。为了促进这些知识产权的商业化,俄罗斯建立了“斯科尔科沃”科学中心,该中心拥有完整的合作体系,为一千多家创业公司提供资助。

2014年8月,俄罗斯联邦科学组织署和斯科尔科沃基金会启动“创新项目筛选”活动,旨在选择具有世界市场前景的创新产品和服务,吸引联邦科学组织署下属的科研机构参与创新活动。此次筛选活动重点关注科研团队是否真正发明了创新产品,主要支持具有投资吸引力和商业潜力的科研工程项目。评审团将从经济潜力角度来进行评价。俄罗斯联邦科学组织署和斯科尔科沃基金会还将为优胜者提供全方位咨询服务,包括团队建设、知识产权注册和保护、财务和业务规划、法人注册、吸引投资、与潜在客户建立关系等^[10]。

3) 建立科研机构考核体系,对科研产出和创新基础进行评估,加强对科研机构产出的监管力度,建立“优胜劣汰”的竞争规则。

2009年俄罗斯联邦政府通过了《科研组织检查条例》,2013年在此基础上批准了《科研组织检查和监察条例》(下称《条例》),成立了跨部门委员会,每年的科研成果将提交到专门的数据库。新《条例》规定,科研机构每年向俄罗斯教育与科学监察署以及联邦权力执行部门提交研究成果。每5年强制对科研单位产出(影响)进行评估。考核指标有工作人员数量、所吸纳的外国学者人数、科技论文的引用情况、科研成果数量、财务表现等。根据评估结果把科研单位分为三类:领军科研机构、稳定科研机构、丧失专业性和发展前景的科研机构。比同类小组内其它机构得分至少高出25%的科研单位归入“领军科研机构”,“稳定科研机构”的得分不得低于平均分的25%。跨部门委员会制定小组的最低指标,联邦执行机构成立部门委员会负责检查工作。针对第三类机构,政府将考虑重组该机构,或者更换机构领导层^[11]。

4) 一方面,继续通过基金会对各科研领域的发展给予资金支持;另一方面,变革科研经费支持方式,建立机制优化资源配置,推动科学和创新活动的发展。

俄罗斯一直以来通过国有和非国有基金会对研发和创新活动进行资助,其中包括一批成立于20世

纪90年代的国有基金会:联邦产业创新基金会(ФФПИ)、俄罗斯基础研究基金会(РФФИ)、小型科技企业发展援助基金会、联邦小型企业援助基金会(ФФПМП)。2013年,俄罗斯科学基金会(РНФ)成立。

此外,俄罗斯改变科研经费支持方式。2013年秋季启动名为“千所实验室”的全新科技专项计划,首次将国家财政科技经费的资助对象锁定为实验室,通过加大对国内重点实验室的支持力度来鼓励和支持创新,并建立国际上通行的“博士后”制度。“千所实验室”通过竞标方式产生,对提出申请的实验室没有特别限制其研究领域,但注重实验室在该领域的技术水平(包括论文发表量、被引用率、获授权专利数量等具体衡量指标),凡是获得评审委员会认可并最终进入“千所实验室”的实验室,在5年内,每年将获得1~2千万卢布的资助。此外,该计划鼓励国内优秀科技人才在完成研究生阶段学习以后,参与组建具有国际水准的研究团队^[12]。“千所实验室”计划一方面为杰出科学家创造了优厚的发展条件,另一方面逐渐营造研究所内部自发变革的氛围,实际上是一种双重改革^[13]。

另外,俄罗斯政府要求在国家管理机构活动中最大限度地应用现代创新技术,在企业创新活力不足的领域,综合采用创新工具解决其发展问题^[14],确定科研创新优先发展方向,即在基础研究和重点科技领域占据领袖地位,大力发展应用研究,以满足俄罗斯社会经济发展对科研创新的需求。但是,这些措施的效果有待观察,“自上而下”的改革思路尚需得到科学界的认同和支持。

4 科研创新发展优先方向

俄罗斯集中国家现有资源推进研发领域的现代化,发展具有前景的科技领域,扩大自主研发产品的应用,促进科研成果商业化,以提高俄罗斯在世界高科技产品和服务市场上的地位,而科研创新发展优先方向将对创新发展起到指引作用。

2014年4月,俄罗斯联邦政府组成工作小组,以770条来自联邦政府部门、技术平台、商业、科研机构、工业企业及高校的科学发展建议为基础,在科学院院士的参与下,制定出16项优先发展的科学任务表,其中有6项重大任务属于医学领域^[15]:

1) 研发纯生物、人造及混合材料、结构和系统,

包括含神经形态的用于医疗和智能技术的系统、装置及其配套设备;

2) 对于大脑的认知功能、神经退化机制以及用于早期诊断和治疗的分子级别的研究。保存大脑的高适用性和活性,延长人类寿命。研究神经退行性疾病的早期诊断,以及抑郁和依赖的综合矫正措施;研制外骨骼,用于瘫痪病人、中风、脊髓和脑神经损伤患者的康复;

3) 干细胞和再生医学,以及基于3D培养技术的器官和组织移植。其主要目标是保证生命质量,延长人类寿命。该领域的专家面临以下任务:研制皮肤替代物和基质支架,用于气管完全病变患者的治疗;培养血管和细胞,矫正心脏;研发具有恢复功能的泌尿生殖系统器官替代品;

4) 开发诊断肿瘤、心血管、自身免疫性疾病和传染病的平台。该领域学者必须建立肿瘤分子护照,评估抗肿瘤药品的治疗情况和效果;研发微芯片,防止传染病耐药原体的扩散,同时监测接种疫苗的有效性等;

5) 针对具有显著社会意义的常见疾病和内分泌系统罕见疾病的个性化治疗。确定分子遗传和神经体液标志物,确保降低糖尿病血管并发症和肿瘤引起残疾的概率;允许进行新生儿疾病筛查、胚胎植入前性别和染色体异常的诊断。该任务旨在稳定俄罗斯的肥胖人数和糖尿病患者人数,把内分泌失调并发症引起残疾的概率降低到30%~50%;

6) 人体病理试验模型库及生物材料冷冻库的建立。俄罗斯将建立人类疾病实验模型收藏库和生物材料低温库,参考俄罗斯公民基因组的民族特色,在动物身上模拟人类疾病。

俄罗斯对医学领域的重视可见一斑,目前,国际上对生活质量有着稳定的需求(如对器官或部分器官替代体的需求),这促进了医疗生物技术与个人定制医疗服务的快速发展,以上6大优先方向恰好契合了这一趋势。此外,俄罗斯国内社会面临着一系列亟待解决的健康威胁:心血管和肿瘤疾病造成较高死亡率;现有传染病预防措施低效;大众药物治疗价格高昂;酗酒(特别是年轻人)人口比例高;“贫穷病”(结核病、虱病等)和“富贵病”(高血压、精神病、性格紊乱等)并存,引发社会阶层分裂;俄罗斯人对“官方(正规)医疗”高度不信任^[16]。俄罗斯希望医学领域的6项重大任务能为解决以上问题

提供切实可行的方法,使社会重拾对“官方医疗”的信心。

另外,还有10项重大任务分属材料、信息、航空航天、能源等领域:

1) 研究、开发并创建新一代基于纳米和微系统技术的系统、仪器、装置及其配套设施;

2) 使用基于程序管理的网络和虚拟网络服务,形成用于解决复杂应用问题的计算技术;

3) 开发俄罗斯地区和城市生态安全统一评价技术;

4) 提高战略金属的勘探及应用技术水平;

5) 开发生物固体基质和生物质再生的新方法;

6) 在空间及一体化复合结构的新一代技术设计和制造领域取得突破;

7) 开发用于节能和绿色交通、机器人、分布式和可再生能源的电化学能量储存和转化技术;

8) 开发安全且被社会接受的核能和热能技术;

9) 建立用于抵御太空威胁的国家系统,创新天文学研究方法;

10) 支持对未来能源及基于极端环境的物质性的技术研究。

俄罗斯在选取这10大方向时进行了多重考量,首先是保证传统领域的优势地位,如材料科学;其次,对关系国家经济、国防安全的领域给予优先支持,俄罗斯虽然是能源大国,自然资源丰富,但是依然要未雨绸缪,加大对可再生能源利用技术的研发力度;第三,促进俄罗斯与世界创新发展的一体化,离不开信息技术的支持,全球化从某种意义上说正是“信息化”。

以上重大任务将促使俄罗斯更有效地利用现有科研设备,解决国内社会经济发展亟待解决的问题,为创新发展奠定良好的基础。

5 结束语

目前,由于乌克兰危机,俄罗斯受到西方国家的各种制裁,在经济陷入重重困难的情况下如何保证科研创新发展的资金需求是俄罗斯政府面临的首要问题,此外,还应当继续调整研发资金结构,解决创新经费具体分配到哪些优先领域、用于购买设备还是研发技术等问题,合理利用资金,优先支持重大科技任务的创新发展。

第二,虽然俄罗斯已经制定了个别优势产业的

发展“路线图”,但同时还应当加强政府管理部门的执行力,简化繁琐的行政手续,定期对“路线图”的实施效果进行评估,根据社会和民众的需求,不断调整国家创新发展战略的具体措施,避免“路线图”流于形式。

第三,俄罗斯研发机构以及研发人员数量呈下降趋势,这对未来俄罗斯的科研创新发展极为不利。俄罗斯一方面通过优先发展医学领域,逐步提高医疗水平和居民平均寿命,开发人才潜力;另一方面创造优厚条件吸引青年人才投身科研事业。更重要的是,俄罗斯应当通过国际合作、制定开放的移民政策等方式吸纳外国研发力量。总而言之,优化国家创新体系不是一朝一夕可以实现的,俄罗斯创新发展之路仍然任重道远。

参考文献

- [1] 伊万诺夫. 俄罗斯地域的创新发展[C]. 北京: 第三届中俄社会科学论坛, 2009.
- [2] World Economic Forum. The Russia Competitiveness Report 2011 [R]. Geneva: Eurasia Competitiveness Institute, 2011.
- [3] KRAVCHENKO N A, BOBYLEV G V, VALIEVA O V, et al. Competitiveness on the Basis of Innovation; The International Position of Russia [J]. Studies on Russian Economic Development, 2013, 24 (5): 461-469.
- [4] 郝韵, 张小云, 吴森, 等. 乌兹别克斯坦创新发展分析[J]. 世界科技研究与发展, 2014, 36(5): 497-501.
- [5] ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ. Российский статистический ежегодник. 2013 [M]. Москва: Федеральная служба государственной статистики, 2013.
- [6] НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ. "Высшая школа экономики". Индикаторы науки: 2014 [M]. Москва: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2014.
- [7] НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ. "Высшая школа экономики". Наука. Инновация. Информационное общество: 2012 [M]. Москва: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2012.
- [8] ПРАВИТЕЛЬСТВО РФ. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года [R/OL]. Москва: Правительства РФ, 2011 - 12 - 08. http://magru.net/pubs/3497/Strategiya_innovatsionnogo_razvitiya_Rossiyskoy_Federatsii_na_period_do_2020_goda.
- [9] РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК. Федеральное агентство научных организаций (ФАНО) России планирует уволить шесть тысяч сотрудников [N/OL]. Москва: Российская Академия наук, 2014 - 06 - 16. <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=b85074a7-bd24-4d39-aade->

- 4766724096c2#content.
- [10] РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК. ФАНО и "Сколково" объявили о начале Отбора инновационных проектов [N/OL]. Москва: Российская Академия наук, 2014 - 08 - 11. <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=8bf20b5a-a337-42a6-b3cb-07a152dce982#content>
- [11] РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК. Правительство России утвердил о правилах проверки научных организаций [N/OL]. Москва: Российская Академия наук, 2013 - 11 - 07. <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=85113f9b-609a-4c17-8b34-84b36699edbd#content>.
- [12] ПРОЕКТ МИНОБРНАУКИ. "1000 научных лабораторий" [EB/OL]. Москва: 2012-12-20. http://www.akvobr.ru/proekt_minobrnauki_1000_nauchnih_laboratorii.html.
- [13] ДЕЖИНА И Г, ПОНОМАРЕВ А К. 1000 лабораторий: новые принципы организации научной работы в России [J/OL]. Экономический портал. <http://institutiones.com/general/2181-1000-laboratorij.html>.
- [14] ГУЗИКОВА Л А, ИВАЩЕНКО Л И. Макроэкономическое стимулирование инноваций в России [J]. Известия тульского государственного университета. Экономические и юридические науки, 2014(3-1):284-291.
- [15] Interfax. В России сформирован перечень приоритетных научных задач [N/OL]. Москва: Interfax, 2014-02-08. <http://www.interfax.ru/russia/356807>.
- [16] МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ. Прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 года [R]. Москва: Министерство образования и науки РФ, 2013.

(上接第 299 页)

- [12] 张明发, 沈雅琴, 张艳霞. 甘草及其有效成分的皮肤药理和临床应用 [J]. 药物评级研究杂志, 2013, 36(2):146-156.
- [13] 史飞, 李铀, 李建标, 等. 红景天甙对 UVA/UVB 辐射的成纤维细胞中 caspase-3 和 caspase-8 活性的影响 [J]. 中国麻风皮肤病杂志, 2011, 27(12):832-834.
- [14] CARSWELL E, OLD L J, KASSEL R, et al. An endotoxin-induced serum factor that causes necrosis of tumors [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1975, 72(9):3666-3670.
- [15] 惠海英, 张美芳, 吴娜, 等. 青蒿素对中波紫外线照射小鼠 IL-10, TNF- α 表达的影响 [J]. 中华临床医师杂志, 2012, 6(19):6058-6059.
- [16] VALLADARES A, ALVAREZ A M, VENTURA J J, et al. p38 mitogen-activated protein kinase mediates tumor necrosis factor-alpha-induced apoptosis in rat fetal brown adipocytes [J]. Endocrinology, 2000, 141(12):4383-4395.
- [17] SCHWARZ A, BHARDWAJ R, ARAGANE Y, et al. Ultraviolet-B-induced apoptosis of keratinocytes: evidence for partial involvement of tumor necrosis factor- α in the formation of sunburn cells [J]. The Journal of Investigative Dermatology, 1995, 104(6):922-927.
- [18] 王玉, 孙黎光, 夏春辉. Caspase 介导的 Fas 凋亡途径 [J]. 世界华人消化杂志, 2006, 14(36):3439-3442.
- [19] JOSEPH EK, LEVINE JD. Caspase signalling in neuropathic and inflammatory pain in the rat [J]. The European journal of Neuroscience, 2004, 20(11):2896-2902.
- [20] WANG Lai, DU Fenghe, WANG Xiaodong, TNF-alpha induces two distinct caspase-8 activation pathways [J]. Cell, 2008, 133(4):693-703.

作者简介

赵敏 (1988-), 女, 硕士在读, 医生, 主要研究方向: 中草药对皮肤保护机制;

杨桂兰 (1964-), 女, 博士后, 副主任医师, 主要研究方向: 中草药对皮肤保护机制、银屑病发病机制。