

## 附件 5

# 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划 项 目 申 报 表

项目名称: 生物血清中氨基酸的电位传感器研究				
学校名称	长沙理工大学			
学生姓名	学 号	专 业	性 别	入 学 年 份
全浩	201533090122	化学工程与工艺	男	2015
陈琳	201567090110	应用化学	女	2015
刘块	201567090425	应用化学	男	2015
李宝华	201533090106	化学工程与工艺	男	2015
杨丽琴	201567090406	应用化学	女	2015
指导教师	曹忠	职称	教授	
项目所属一级学科	化学	项目科类(理科/文科)	理科	
<p>学生曾经参与科研的情况</p> <p>全浩: 参与研究的《N-烷基吡唑化合物的合成》获第八届湖南省大学生课外化学化工创新作品竞赛三等奖;</p> <p>杨丽琴: 参与研究的《A Lightable Fluorescent Nanolamp for Instantaneous Monitoring of Cyanide》获第八届湖南省大学生课外化学化工创新作品竞赛三等奖;</p> <p>李宝华: 参与研究的《3-甲基苯丙醇的合成方法研究》获第八届湖南省大学生课外化学化工创新作品竞赛二等奖;</p> <p>2016年3月以来, 小组各成员利用周末和晚上等空余时间, 在曹老师实验室做创新实验包括一些前期试验。</p>				

#### 指导教师承担科研课题情况

曹忠，男，理学博士，教授/副院长，教育部新世纪优秀人才。1991、1994、1997年先后获湖南大学分析化学专业理学学士、硕士、博士学位。

现兼任中国科学院亚热带农业生态研究所客座教授、博士生导师；中国仪器仪表学会微纳器件与系统技术学会理事；湖南省精密仪器测试学会——波谱专业委员会委员；日本学术振兴会（JSPS）会员，中国化学会、中国电机工程学会、中国腐蚀与防护学会会员；科技部国际科技合作计划项目、国家自然科学基金项目和湖南省、长沙市科技项目评审专家；国际期刊《*Analytica Chimica Acta*》、《*Langmuir*》、《*Sensors and Actuators B*》、《*Analytical Letters*》等的审稿人；2009年第四届 IEEE-NEMS 国际学术会议的“Microfluidics: Nanomaterials Synthesis”分会副主席；2010年 ICMEA 国际学术会议的“Material Science and Technology in Manufacturing”分会主席；2011年 CEAM 国际学术会议大会共同主席，并作大会主题报告。

近期主要承担科研课题有：

- 1) 2016.01—2020.12，游离氨基酸活体无线监测仪（No. 31527803），国家自然科学基金委-国家重大科研仪器研制项目，进校经费：335万，单位负责人；
- 2) 2016.01—2016.12，基于纳米功能界面构建的高尿酸血症含氮代谢物超灵敏传感新方法（No. 21545010），国家自然科学基金项目，资助直接经费：12万，主持人；
- 3) 2013.01—2016.12，食源性病原体与有害化学添加剂超灵敏分子检测的微纳生物传感分析方法(编号：21275022)，国家自然科学基金-面上项目，资助经费：80万，主持人；
- 4) 2016.01—2018.12，“畜禽养殖环境质量检测系统的研发与应用”（No. KFJ-SW-STS-173），中国科学院环境监测STS项目，资助经费：80万，单位负责人。

## 项目研究和实验的目的、内容和要解决的主要问题

### a.研究和实验的目的:

- 1) 选择一种新型的对特定氨基酸具有对映选择性、高灵敏性、具有吸附活性的大环化合物分子（如：环糊精及其衍生物、杯芳烃及其衍生物、冠醚及其衍生物），制备对某种特定 L/D 型氨基酸手型识别检测的离子选择性传感器，研究具有自主知识产权的氨基酸分子手型识别检测方法和便携检测装置等相关产品；
- 2) 制作具有高导电性、高灵敏性和高重复性的碳糊电极，建立适用于氨基酸分子手型识别检测的现代分析测试新方法，并进一步实现对氨基酸分子手型识别检测信号的无线传输与智能检测。

### b. 研究和实验的内容:

- 1) 本项目将设计、合成一些用于氨基酸分子手型识别化学传感检测的大环超分子化合物，如  $\alpha$ -环糊精、 $\beta$ -环糊精、 $\gamma$ -环糊精以及环糊精衍生物等具有主-客识别功能的超分子化合物，作为活性物质用于碳糊电极离子选择性电极研究。这是制作这种新型化学传感器的有效途径，可望制备出高选择性、灵敏性、使用寿命长的新型离子选择性传感器，用于氨基酸分子手型识别分析的关键在于选择合适的制作碳糊电极的技术以及选择更为灵敏的活性材料。
- 2) 本项目将利用自组装方法，制作一系列环糊精及其衍生物修饰碳糊电极，以此手性识别选择性检测氨基酸，这些环糊精及其衍生物是由多个葡萄糖单元分子构成的大环化合物，通过实验并结合化学计量学的方法分析带有不同基团环糊精与氨基酸的结合规律，并找到测定氨基酸小分子的最佳性能参数，比如重现性、稳定性、回收率、离子的干扰性、使用寿命等。
- 3) 本项目将探讨离子选择性传感器的工作电极上修饰活性物质的修饰方法，提

出一些新型制作碳糊电极方法，拓宽传感器膜材料的选择范围，可望制成使用寿命较普通聚合物长的新型探头。制作方法的选择、活性材料、石墨粉和粘合剂的配比、有效探头的厚度与均匀程度以及电极表面状态决定了离子选择性传感器的稳定性和灵敏性，而超分子键合吸附作用是提高稳定性、灵敏度的一个重要保障。

- 4) 本项目将采用新型活性材料和碳糊电极制作方法构建对氨基酸手性识别的离子选择性传感器，研究发挥化学计量学手段强有力的信息处理功能，手性识别氨基酸，定量检测溶液当中氨基酸的成份，从而建立仿生智能分析系统，用于生物血清中的氨基酸定量的检测，从而掌握生物对氨基酸的吸收情况，改善吸收从而促进生长。
- 5) 传感装置的设计优化过程中，本项目将充分考虑对装置各部分设计、加工制造的可行性，以及操作使用过程中的简便性。探索研制具有自主知识产权的氨基酸小分子检测方法和便携检测装置以及新型碳糊电极传感检测技术等相关产品，以期形成该领域具有自主知识产权的关键技术与检测方法，提高生物血清/食品中氨基酸的检测方法和水平。
- 6) 本项目将实现对氨基酸手性识别的自动检测与无线传输，制备在线监测或者无线传输的氨基酸离子选择性传感器。针对此，将提出如基于电化学电位分析方法快速监测溶液当中氨基酸含量的系统集成方案。该集成技术主要由电化学传感器采集系统、PDA、GPS 和 3G 等部分组成，可实现对被测溶液当中氨基酸的含量的测定及实时定位，通过 PDA 可进行初步分析和提出决策方案，还可实现与服务器的无线通信。

c.要解决的主要问题:

- 1) 由于碳糊电极及传感探头部分制作过程中本身存在的复杂性,使得任何一种电极及探头制作方法都使得检测过程存在一定的误差,同时要求使传感器能够长期使用并能够重复,所以选择一种能够长期稳定保持活性及活性材料修饰到电极的方法显得极为重要,且由于目前所选择的离子选择性的活性材料自身的弱点,可长期应用于恶劣环境中的材料比较少且合成制作困难、造价高。因此,研制灵敏度高、寿命长、具有抗污染性和长期稳定性且比较经济的活性材料及一种能够长期使用的电极制作方法是一个关键。
- 2) 目前来讲,便携式离子选择性电位分析法检测氨基酸小分子还处在发展阶段,采用该方法检测溶液乃至生物血清中氨基酸分子仍然存着原位实时检测和无线监测的问题。检测前必须把对电极及传感装置进行处理。因此在后期必须加大对电极的研究,研究出合适的电极可以直接进行溶液中氨基酸分子的检测,只有这样才能提高检测效率,降低能耗,最终实现对生物血清中氨基酸分子含量的实时检测和评价。

## 国内外研究现状和发展动态

氨基酸是含氨基和羧基的一类有机化合物的统称,是构成蛋白质大分子的基础结构,几乎一切生命活动都与之相关。氨基酸是生命代谢的物质基础,是生物体内不可缺少的营养成分,对生物大分子的活性及其生理功能起着极为重要的作用。例如:赖氨酸能促进大脑发育,还能调节乳腺、黄体及卵巢,防止细胞退化;甲硫氨酸有参与组成血红蛋白、组织与血清,促进脾脏、胰脏及淋巴的功能;如果人体缺乏任何一种必需氨基酸,就可能产生生理功能异常,影响抗体代谢的正常进行,最后导致疾病<sup>[1]</sup>。此外,氨基酸在生命体内主要是以L-氨基酸存在,也含有部分的D-氨基酸,他们在生理学和病理学上的作用是不同的,那么对显示不同手性氨基酸分子的识别就至关重要了<sup>[2]</sup>,且氨基酸分子的检测分析在医药、食品、饲料、化工等行业中都有重要应用<sup>[3]</sup>。因此,对氨基酸分子的分析方法的研究受到了世界各国的重视,对生物化学及整个生命科学研究具有重要意义,对于提高人类的生存生活质量、人体健康和经济发展具有十分重要的意义。

检测氨基酸分子的方法有很多,如高效离子交换色谱法<sup>[4]</sup>、气相色谱法(GC)和气相色谱/质谱联用法(GC/MS)<sup>[5-8]</sup>、高效液相色谱法<sup>[9-16]</sup>、液相色谱质谱联用(LC/MS)法<sup>[17-19]</sup>、毛细管电泳(Capillary electrophoresis, CE)<sup>[20-27]</sup>、高效阴离子交换色谱-积分脉冲安培法(HPAEC-IPAD)<sup>[28-29]</sup>,和电化学分析法<sup>[15,16,17]</sup>等。然而,他们往往需要昂贵的精密仪器、复杂的样品制备流程和熟练地操作人员,不能或不方便在实地实时使用。因此,现场环境检测方法、移动实验室和便携式检测仪器等概念近年来被许多研究人员提出<sup>[18,19]</sup>。其中,离子选择性电极因其具有制作简单、测试快速、成本低和检测范围宽等特点<sup>[20,21]</sup>,对测定无机离子和含氮有机小分子有很好的应用前景。

膜电位拆分电极(Potentiometric Enantioselective Membrane Electrodes (EPMEs))是八九十年代新兴的一种电化学分析新技术,在结构和性能上具有类似一般离子选择性电极的特性。拆分原理是EPME这种手性选择器发展背后的原理,它是在一定条件下,分子之间通过非共价相互作用而自发组合形成的一种稳定、结构明确、具有特定的某种功能的超分子结构或分子聚集体<sup>[30]</sup>。能够人为构建出比较理想的修饰界面,为界面现象的研究提供了一种分子水平上能精确控制界面性质的方法<sup>[31]</sup>。由于它对某些分子或离子具有高选择性的识别功能,稳定性也比较高。所以,这种方法对于研究含氮有机小分子有深远的意义。Aboul-Encin等<sup>[30-33]</sup>用环糊精、麦芽糖糊精、喹啉、奎尼丁及其衍生物修

饰碳糊电极的 EPMEs 电化学生物传感器, 用于药物分析。Ozoemena 等<sup>[34]</sup>利用环糊精及其衍生物修饰碳糊电极对 L-脯氨酸的检测, 其检测下限为 0.1nmol/L; Raluca-Ioana 等<sup>[35]</sup>利用富勒烯及其衍生物修饰碳糊电极, 来对 L-组氨酸的手性识别, 其检测限为 2.2pmol/L。

据此, 本文通过离子选择性电位分析方法, 利用新型功能超分子化合物的主客体识别与 EPMEs 新技术设计血清中氨基酸的快速传感检测敏感器件, 建立含氮小分子监测信息的无线传输与接收新方法, 实现对氨基酸的自动检测与无线探测。可望发展食品中氨基酸含量的超灵敏现场监测和安全评估, 实现保障人民群众的生活质量, 提高我国分析检测装置在国内外市场的竞争力, 不仅在生物生长和食品的监督方面以及生物化学的研究具有重要的基础理论意义和实际应用价值, 而且对生命科学的研究具有十分重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 暴海霞, 戴新华. 氨基酸检测方法的进展和现状[J]. 化学试剂, 2013, 35(7).
- [2] Aboul-Enein, Hassan Y., and I. W. Wainer. The impact of stereochemistry on drug development and use. John Wiley & Sons, 1997.
- [3] 车兰兰, 李卫华, 林勤保; 氨基酸分析检测方法的研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(2):39-42.
- [4] Mooee S, Spaceman D H, Stein W H. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. An improved system.[J]. Analytical Chemistry, 1958, 30(7):1185-1190.
- [5] Khuhawar M Y, Majidano S A. GC Analysis of Amino Acids Using Trifluoroacetylacetone and Ethyl Chloroformate as Derivatizing Reagents in Skin Samples of Psoriatic and Arsenicosis Patients[J]. Chromatographia, 2011, 73(7):701-708.
- [6] Herbert, P., Barros, P., Ratola, N., & Alves, A. (2000). Hplc determination of amino acids in musts and port wine using opa/fmoc derivatives. Journal of Food Science, 65(7), 1130-1133.
- [7] Duncan M W, Poljak A. Amino Acid analysis of peptides and proteins on the femtomole scale by gas chromatography/mass spectrometry.[J]. Analytical Chemistry, 1998, 70(5):890-896.
- [8] Kawana, S., Nakagawa, K., Hasegawa, Y., & Yamaguchi, S. (2010). Simple and rapid analytical method for detection of amino acids in blood using blood spot on filter paper, fast-gc/ms and isotope dilution technique. Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical & Life Sciences, 878(30), 3113.
- [9] Pereira, V., Pontes, M., Câmara, J. S., & Marques, J. C. (2008). Simultaneous analysis of free amino acids and biogenic amines in honey and wine samples using in loop orthophthalaldehyde derivatization procedure. Journal of Chromatography A, 1189(1-2),

435-443.

- [10] Fernández-Fígares I, Rodríguez L C, González-Casado A. Effect of different matrices on physiological amino acids analysis by liquid chromatography: evaluation and correction of the matrix effect[J]. *Journal of Chromatography B*, 2004, 799(1):73-79.
- [11] López-Cervantes J, Sánchez-Machado D I, Rosas-Rodríguez J A. Analysis of free amino acids in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography.[J]. *Journal of Chromatography A*, 2006, 1105(1-2):106-110.
- [12] Naval, M. V., Gómezserranillos, M. P., Carretero, M. E., & De, A. C. (2006). Value of high-performance liquid chromatographic analysis of amino acids in the determination of panax ginseng radix extract effect in cultured neurons. *Journal of Chromatography A*, 1121(2), 242-7.
- [13] Bosch L, Alegría A, Farré R. Application of the 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) reagent to the RP-HPLC determination of amino acids in infant foods.[J]. *Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical & Life Sciences*, 2006, 831(1-2):176-183.
- [14] Shi, T., Tang, T., Qian, K., Wang, F., Li, J., & Cao, Y. (2009). High-performance liquid chromatographic method for determination of amino acids by precolumn derivatization with 4-chloro-3,5-dinitrobenzotrifluoride. *Analytica Chimica Acta*, 654(2), 154-161.
- [15] Davey J F, Ersser R S. Davey JF, Ersser RS: Amino acid analysis of physiological fluids by high-performance liquid chromatography with phenylisothiocyanate derivatization and comparison with ion-exchange chromatography[J]. *Journal of Chromatography A*, 1990, 528(1):9-23.
- [16] Yan, D., Li, G., Xiao, X. H., Dong, X. P., & Li, Z. L. (2007). Direct determination of fourteen underivatized amino acids from *whitmania pigra* by using liquid chromatography-evaporative light scattering detection. *Journal of Chromatography A*, 1138(1), 301-304.
- [17] Piraud M, Vianey-Saban C, Petritis K, Elfakir C, Steghens J, Morla A, Bouchu D. ESI-MS/MS analysis of underivatized amino acids: a new tool for the diagnosis of inherited disorders of amino acid metabolism. Fragmentation study of 79 molecules of biological interest in positive and negative ionisation mode[J]. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2003, 17(12):1297-311.
- [18] Woolfitt, A. R., Solano, M. I., Williams, T. L., Pirkle, J. L., & Barr, J. R. (2009). Amino acid analysis of peptides using isobaric-tagged isotope dilution lc-ms/ms. *Analytical Chemistry*, 81(10), 3979.
- [19] 黄翼飞, 胡静; 液相色谱-电喷雾离子阱串联质谱同时分析烟草中的 20 种游离氨基酸[J]. *色谱*, 2010, 28(6):615-622.
- [20] Yu M, Dovichi N J. Attomole amino acid determination by capillary zone electrophoresis with thermo-optical absorbance detection.[J]. *Analytical Chemistry*, 1989, 61(1):37-40.

- [21] Coufal, P., Zuska, J., Van, d. G. T., Smith, V., & Gas, B. (2003). Separation of twenty underivatized essential amino acids by capillary zone electrophoresis with contactless conductivity detection. *Electrophoresis*, 24(4), 671.
- [22] Chen S, Xu Y, Xu F, Feng X, Du W, Luo Q, Liu B. Separation and determination of amino acids by micellar electrokinetic chromatography coupling with novel multiphoton excited fluorescence detection[J]. *Journal of Chromatography A*, 2007, 1162(2):149-153.
- [23] She, Z., Sun, Z., Wu, L., Wu, K., Sun, S., & Huang, Z. (2002). Rapid method for the determination of amino acids in serum by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 979(1-2), 227-232.
- [24] Chan, K. C., Janini, G. M., Muschik, G. M., & Issaq, H. J. (1993). Laser-induced fluorescence detection of 9-fluorenylmethyl chloroformate derivatized amino acids in capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 653(1), 93-7.
- [25] Thongkhao-On, K., Kottegoda, S., Pulido, J. S., & Shippy, S. A. (2004). Determination of amino acids in rat vitreous perfusates by capillary electrophoresis. *Electrophoresis*, 25(17), 2978-84.
- [26] 陈冰, 李小戈, 何萍等; 高效毛细管电泳-间接紫外吸收检测法测定食品中的氨基酸[J]. *色谱*, 2004, 22(1):74-76.
- [27] Zinellu A, Sotgia S, Pisanu E, Scanu B, Sanna M, Franca Usai M, Chessa R, Deiana L, Carru C. Quantification of neurotransmitter amino acids by capillary electrophoresis laser-induced fluorescence detection in biological fluids.[J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2010, 398(5):1973-8.
- [28] Martens D A, Loeffelmann K L. Soil amino acid composition quantified by acid hydrolysis and anion chromatography-pulsed amperometry.[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2003, 51(22):6521-6529.
- [29] Yu H, Ding Y S, Mou S F. Some factors affecting separation and detection of amino acids by high-performance anion-exchange chromatography with integrated pulsed amperometric detection.[J]. *Journal of Chromatography A*, 2003, 997(1-2):145-153.
- [30] Hassan Y. Aboul-Enein, Raluca-Ioana Stefan. Enantioselective Sensors and Biosensors in the Analysis of Chiral Drugs[J]. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1998, 28(3):259-266.
- [31] Stefana R I, van Staden J L, Aboulenein H Y. Design and use of electrochemical sensors in enantioselective high throughput screening of drugs. A minireview.[J]. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2000, 3(6):445-54.
- [32] Hassan Y. Aboul-Enein, Raluca-Ioana Stefan. Enantioselective Sensors and Biosensors in the Analysis of Chiral Drugs[J]. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1998, 28(3):259-266.
- [33] Hassan Y. Aboul-Enein, Raluca-Ioana Stefan, Jacobus F. van Staden. Analysis of Several Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors using Potentiometric, Enantioselective

Membrane Electrodes[J]. Analytical Letters, 1999, 32(4):623-632.

[34] Ozoemena KI, Stefan RI. Enantioselective potentiometric membrane electrodes based on alpha-, beta- and gamma-cyclodextrins as chiral selectors for the assay of L-proline.[J]. Talanta, 2005, 66(2):501-4.

[35] Stefan-van Staden R I, Lal B, Holo L. Enantioselective potentiometric membrane electrodes based on C(60) fullerene and its derivatives for the assay of l-Histidine.[J]. Talanta, 2007, 71(3):1434-7.

本项目学生有关的研究积累和已取得的成绩

a. 有关的研究积累:

1) 本项目将利用自组装方法, 制作一系列环糊精及其衍生物修饰碳糊电极, 以此手性识别选择性检测氨基酸, 这些环糊精及其衍生物是由多个葡萄糖单元分子构成的大环化合物, 主要含有-OH, 有的含有单个-NH<sub>2</sub>, 有的含有单个-SH, 有的只含有-OH, 通过实验并结合化学计量学的方法分析带有不同基团环糊精与氨基酸的结合规律, 并找到测定氨基酸小分子的最佳性能参数, 比如重现性、稳定性、回收率、离子的干扰性、使用寿命等。

2) 本项目将探讨离子选择性传感器的工作电极上修饰活性物质的修饰方法, 提出一些新型制作碳糊电极方法, 如在找一种可溶活性物质的有机粘合剂再与石墨粉均匀混合, 又或把活性物质与石墨粉在超声下均匀混合再添加粘合剂如石蜡油和硅油等, 以减少离子选择性电位传感器上活性材料的流失, 可望提高活性材料的粘滞吸附力, 制成较传统涂膜选择性电位传感器使用寿命延长的新型探头。如可以使活性材料与碳糊均匀混合, 以拓宽传感器膜材料的选择范围, 可望制成使用寿命较普通聚合物长的新型探头。制作方法的选择、活性材料、石墨粉和粘合剂的配比、有效探头的厚度与

均匀程度以及电极表面状态决定了离子选择性传感器的稳定性和灵敏性，而超分子键合吸附作用是提高稳定性、灵敏度的一个重要保障。

b. 已取得的成绩

本小组已在实验室做了许多前期试验，已经通过自组装方法，应用 $\alpha$ -， $\beta$ - $\gamma$ -环糊精分别修饰碳糊电极，并将其作为氨基酸分子选择性电极的研究。初步结果显示，两种传感器的灵敏度、选择性重现性、和稳定性都有比较好，很有希望用于溶液中氨基酸小分子的检测。

项目的创新点和特色

a. 创新点：

- 1) 研究开发基于离子选择性电极电位分析技术的含氮小分子高灵敏传感检测的新型分析方法；
- 2) 结合化学计量学算法数据处理的强大功能，选择对氨基酸有特定选择性响应的环糊精及其衍生物制作高灵敏、高选择性、低检出限的电化学传感器；
- 3) 制作一系列含不同活性材料的碳糊电极，并结合化学计量学方法分析和探讨活性材料与氨基酸的电化学响应规律，以实现高选择性检测。

b. 特色：

1) 研究开发一种新型的电化学分析检测氨基酸的快速检测方法和装置，利用新型功能超分子化合物的主客体识别与 EPMEs 新技术设计血清中氨基酸的快速传感检测敏感器件，建立含氮小分子监测信息的无线传输与接收新方法，实现对氨基酸的自动检测与无线探测。

2) 可望发展食品和生物血清中氨基酸含量的超灵敏现场监测和安全评估，实现保

障人民群众的生活质量，提高我国分析检测装置在国内外市场的竞争力，不仅在食品的监督以及生物化学的研究方面具有重要的基础理论意义和实际应用价值，而且对化学生物传感技术的研究具有十分重要的现实意义。

### 项目的技术路线及预期成果

#### a. 项目的技术路线:

- 1) 首先，将充分考虑对装置各部分(如图 1 所示)的设计、加工制造的可行性，以及操作使用过程中的简便性。探索研制具有自主知识产权的氨基酸分子检测方法和便携检测装置以及新型传感检测碳糊电极制作技术等相关产品，以期形成该领域具有自主知识产权的关键技术与检测方法，提高生物血清中氨基酸分子的检测方法和水平。
- 2) 其次，本项目将针对溶液中氨基酸分子进行检测，尝试十几种环糊精衍生物（如已研究的  $\alpha$ -， $\beta$ -， $\gamma$ -环糊精）及十几种碳糊电极制作方法，寻找对生物血清中氨基酸分子具有高灵敏度和宽检测范围的活性物质和活性物质修饰方法，且获得的选择性、重现性和可逆性良好，可望用于生物血清及食品中氨基酸含量的实时的监测。

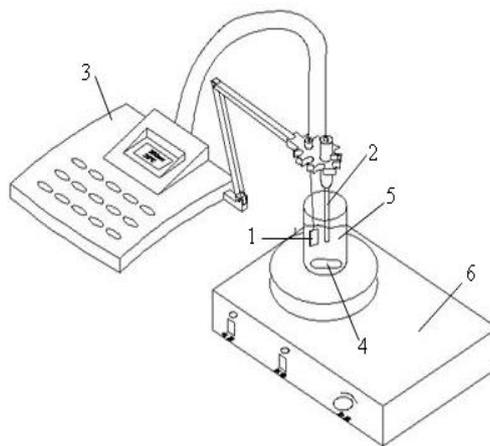


图 1 检测传感装置示意图

1.工作电极；2.参比电极；3.电位计；4.磁子；5. 缓冲溶液；6.磁力搅拌器

3) 最后，本项目致力于实现对氨基酸分子的自动检测与无线传输，制备在线监测或者无线传输的离子选择性电化学传感器，可提出基于离子选择性电化学方法快速监测氨基酸含量的系统集成方案。

b. 预期成果:

1) 本实验研究项目将致力于研究出高灵敏性、高选择性、快速可靠的新型氨基酸分子的检测方法，并针对此方法开发出相应的装置，实现对生物血清中氨基酸含量和食品监测的安全评估。

2) 在此基础上形成有自主知识产权的氨基酸分子检测方法和便携式检测装置等相关技术产品，可提高我国氨基酸分析检测领域的水平。本项目作为基础研究成果可为构建新型溶液中氨基酸分子分析系统提供理论基础与实验依据。

3) 同时，在老师的指导下撰写高质量的研究论文，并在国内外核心期刊和学术会议上发表，获得有知识产权的专利等研究成果。

年度目标和工作内容（分年度写）

1) 2017.04—2017.09 在老师指导下，分工协作，重点放在碳糊电极的制作上，如选择活性物质与碳糊的配比、粘合剂的选择与加量多少、活性物质的多少等；

2) 2017.10—2018.04 分工协作，重点研究用于溶液中氨基酸分子监测的自组装离子选择性传感器，对测量的数据进行分析处理，得到传感装置对氨基酸检测的一系列性能特征

参数，以获得高选择性、高灵敏性的手型识别传感器；

3) 2018.05—2018.12 对传感检测装置进行设计优化，研制出具有自主知识产权的便携式检测装置，并应用于食品中氨基酸分子的检测和安全评价，最终实现自动检测与无线传输；同时撰写研究论文 1-2 篇，并申请专利 1-2 项，力争获得省级创新实验竞赛奖；同时，参加学术交流会议，报告传感研究的最新成果，最后圆满结题，并提交结题报告。

指导教师意见

全浩同学小组提出的生物血清中氨基酸的电位传感器研究项目，已在实验室进行了初步试验，在生命科学和安全评价等方面具有十分重要的意义。

该实验项目立论新颖、方案可行，具有原始创新性，建议给予资助。

特此推荐。

签字：

日期：

注：本表栏空不够可另附纸张

