

热烈祝贺高世扬先生当选为中国科学院院士

高世扬院士简介

高世扬先生是盐湖化学家，中国科学院青海盐湖研究所研究员，无机化学博士生导师，是中国化学会无机化学专业委员会与热力学、热化学和热分析委员会委员，中国化工学会理事，国家自然科学基金委化学学部化学化工评审组成员，青海省化学会理事长、荣誉理事长，《无机化学学报》编委，《应用化学学报》编委，《盐湖研究》主编。

高世扬先生 1931 年 12 月生于四川省崇庆县，1953 年毕业于四川大学化学系。

高先生从事盐湖资源化学研究四十余年，继承和发展了盐湖化学，是成盐元素无机化学学术带头人，特别是在盐卤硼酸盐化学研究方面做出了突出贡献，已发表学术论文 103 篇，编辑出版《盐湖化学论文集》两册。

高先生治学严谨、学风正派、吃苦耐劳、为人师表，已培养硕士生 23 名，博士生 5 名。他领导的研究组，已成为我国无机化学界有学术特色的研究队伍，他负责完成的“大柴旦盐湖调查、盐卤硼酸盐化学和综合利用基础研究”获中科院自然科学一等奖、国家自然科学基金二等奖。

一、继承和发展盐湖化学

高世扬先生于五十年代初参加柳大纲学部委员领导的中科院盐湖科学调查队，在青海察尔汗盐滩公路旁卤坑中发现光卤石；在大柴旦湖表卤水底部沉积中发现柱硼镁石。参加“柴达木盆地盐湖勘探和开发利用”中苏合作项目，确认察尔汗盐湖富含钾镁盐，卤水经日晒蒸发可析出光卤石与水氯镁石，大柴旦盐湖富含钾镁硼锂，是世界罕见新类型硼酸盐盐湖，具有科学研究意义和开发利用价值。

高先生在对青藏高原、新疆、内蒙等许多盐湖进行多年调查研究的同时，曾去美国、智利、澳大利亚和前苏联进行盐湖考察，总结多年来科技人员开发利用盐湖的成就，提出成盐元素命题，即氢、锂、钠、钾、铷、铯、镁、钙、锶、钡、硫、氧、氯、溴、碘和第三短周期硼、碳与氮，共 18 个元素。把盐湖化学研究从化学角度定位于资源无机化学领域，该命题在国内同行中广为采用。

二、盐卤硼酸盐化学的研究

在盐卤硼酸盐化学系列研究中，探明了盐卤在蒸发和冷冻盐析过程中硼酸盐的行为，测定了硼酸镁在浓盐卤中动态极限溶解度，确定了高含硼浓缩盐卤中析出共结硼酸盐的相组成，确定了一种新的复盐—氯柱硼镁石，解决了苏联学者未能搞清的难题，提出盐卤中硼酸盐是以“四硼酸盐”的综合统计形式存在。

对不同含硼浓缩卤水加水稀释，室温放置过程中观察到，稀释可以加速硼酸镁结晶析出；不同稀释卤水在同样放置时间和同样稀释卤水在不同放置时间可结晶析出四种硼酸镁水合盐。氯柱硼镁石在水中溶解可转化成柱硼镁石、多水硼镁石和纤维硼镁石，在此之前没有学

者从盐卤中得到过这些硼酸镁水合盐。

高先生对 50—80 年代湖表卤水长观结果进行了相图解析, 提出四边形变化规律: 氯化钠(夏季蒸发)析出和(冬初稀释)溶解; 芒硝(冬初冷冻)析出和(夏初天暖)溶解; 提出高原新类型盐湖卤水年变化规律的化学模型, 根据高原盐湖盐类共生和气候特点, 地表卤水浓缩和稀释的年变化规律, 把物理化学与地球化学相结合, 提出高原盐湖多种硼酸镁水合盐稀释成盐的解释; 初步阐述了物理化学成盐的机制(正负温度效应与正负浓度效应成盐), 被国内同行接受和广为引用, 并引起国外学者的关注。

三、硼酸盐水体系热力学非平衡态相图与溶液结构化学的研究

高先生把野外观测到的硼酸镁过饱和和溶解度现象引入实验室, 制备了具溶解活性的 MgO , 采用动力学方法对 $MgO-B_2O_3-MgCl_2-H_2O$ 过饱和和溶液结晶过程进行了研究, 观测到结晶析出不同硼酸盐的复合动力学现象, 首次获得该体系的热力学非平衡态相图, 它不同于平衡态相图和蒸发介稳相图, 拓宽了浓盐溶液过饱和区内相图的研究方向, 对硼酸镁复盐(氯柱硼镁石等)的溶解转化动力学和相化学进行研究, 发现在复盐溶解过程中能形成组份盐过饱和和溶解度现象, 而国外近年才有人观察到类似现象, 为解决高原盐湖中柱硼镁石等盐类的成因, 提供了物化基础, 在盐类无机化学方面, 建立起加水稀释成盐研究方法和盐水过饱和和溶液结晶动力学研究方法。

高先生采用 $MgO \cdot nB_2O_3$ 过饱和盐水溶液结晶法, 氯柱硼镁石溶解转化法和高温水热相作用法合成多种硼酸镁纯化合物, 用以测定溶解热, 计算生成热。采用硼酸盐热化学方法验证了硼氧多粒子共存的结论, 他与博士生们研究了 30 种硼酸盐及其水溶液的 FT-IR、B-NMR 和拉曼光谱, 赋予某些谱线以新的归属, 确知水溶液中硼氧粒子种类比固体中少, 观察到某些特征峰随时间发生显著变化, 存在着硼氧粒子间瞬时交换反应, 硼酸盐浓溶液稀释过程的谱学研究证实硼氧配阴离子的解聚反应历程, 谱学研究结果印证了离子配对成盐和由盐酸-pH 滴定得出的浓缩盐卤中硼酸盐是以“四硼酸盐”综合统计形式存在的多粒子共存的结论, 同时证实了四硼酸镁过饱和和溶液结晶复合动力学反应历程解释的合理性, 为深入研究硼酸盐溶液结构化学奠定基础。

四、盐湖资源开发应用和产品高值化

高世扬先生吸收国内外制盐技术和经验, 解决了在高原永冻土地带建造土质太阳池并进行正常运作的难题。1965 年完成并上报国家科委登记“大柴旦盐湖卤水日晒工艺”科技成果, 在“七五”国家重大科技项目“大柴旦湖水硼酸、氯化锂中试”中, 上述成果被采用, 经过两年工业性运行, 产品质量、产量、成本达到设计要求。

在含硼浓缩卤水盐酸-pH/ ΔH 滴定反应机制研究基础上, 进行了酸法分离硼酸工艺小试和扩试(比智利同类工作早 15 年), 并完成年产 230 吨硼酸中试。该工艺设备少、流程短、操作易、成本低。在卤水中, 虽然锂的含量高, 但是镁锂比也很大, 并分离困难, 通过筛选, 采用 TBP-三氯化铁-煤油体系从提硼酸母液中萃取氯化锂, 完成年产 50 吨氯化锂中试, 工艺具有适用性, 针对镁锂分离问题研究了氢、锂、镁氯化物与水四元体系及其次级体系。在不同温度下, 气-液-固相平衡, 在此基础上, 完成从富含锂的氯化镁浓缩卤水中盐析水氯镁石, 分离锂盐的工艺, 在碱金属和/或碱土金属硫酸盐水体系中, 引入极性溶剂醇, 研究其气-液-固相平衡, 完成从 TBP 萃取氯化锂反萃取液分离硫酸锂盐的工艺, 对青海盐湖锂资

源的开发利用具有针对性。

根据明矾与硼酸热反应行为，利用盐湖产品硼酸同明矾高温反应，制备硼酸铝晶须，它是具特定用途的高值新材料，已在牙科和金属表面电沉积研究中得到应用。



中科院青海盐湖研究所综合档案室达国家二级标准

一九九七年十一月二十日至十一月二十一日，由中国科学院办公厅档案处、兰州分院办公室主持，组织中国科学院国家级评审员、青海档案局国家级评审员及中国科学院院级评审员组成的七人档案目标管理考评小组对中国科学院盐湖研究所进行档案达标考评，经评审小组二天认真严格的考评检查，中国科学院青海盐湖研究所综合档案室，以 93.5 分的成绩达到国家二级档案目标管理标准。

(中国科学院青海盐湖研究所 杜祥芝)