《自然科学史研究》 第43卷 第3期（2024年）：320—335
Studies in the History of Natural Sciences Vol. 43 No. 3(2024)

民国时期中央研究院工程研究所陶瓷科技考古方法的探索与实践

王安轶 刘霁樟 范安川✉
（中国科学技术大学 科技史与科技考古系，合肥 230026）

摘 要 1928年，中央研究院工程研究所成立。在所长周仁的带领下，该所将陶瓷业作为最早谋划开展研究的工业领域之一，旨在尝试以实验室和试验场相结合的工业实验室模式，用科学的方法改良中国经验制瓷传统。文章借助新史料，通过考察该所对南宋官窑古瓷的发掘和工艺总结、全国瓷土原料调查分析、古瓷釉料分析和仿制等工作，分析该所尝试改良陶瓷工业的研究思路和方法。研究发现，工程研究所将科学分析实验的设计视为古陶瓷研究的基础，运用包括化学成分分析、物理性质分析等方法为改良中国陶瓷工业提供科学依据，并由此形成了中国陶瓷科技考古方法的早期实践。虽然工程研究所在其早期发展的十年间未能彻底实现改良传统陶瓷工业的目标，但其对古陶瓷理化研究的尝试，无疑为中国传统考古工作带来了新方法，推动了现代陶瓷科技考古研究的发展，使之成为中国古陶瓷考古与科技研究的先行者。

关键词 中央研究院；工程研究所；陶瓷；科技考古
中图分类号 N092
文献标识码 A **文章编号** 1000-0224(2024)03-0320-16

中央研究院工程研究所成立于1928年，由中国现代钢铁冶金学和陶瓷学开拓者周仁担任所长，旨在“研究工程范围内的种种问题，尤注重于利用科学探讨，以谋国内旧工业之改进及新工业之创设”[1]。周仁领导工程研究所在古陶瓷研究上做出的开创性贡献，被认为是中国古陶瓷科技考古的发端[2-5]。

学界已对工程研究所在陶瓷方面的研究工作和贡献做出总结[6-9]，但由于材料所限，对工程研究所陶瓷领域的研究方法认识不够清晰。关于为何将以周仁为首的工程研究所的工作称为中国古陶瓷科技考古的发端，该所开创性地运用了哪些研究方法等问题，学界未曾探讨。本文在利用工程研究所的一手档案，回顾和总结该研究所在古陶瓷研究中的

收稿日期：2023-11-21；**修回日期**：2024-01-23。
作者简介：王安轶，1983年生，江苏扬中人，副教授，主要研究方向为中国近现代科技史、工程史。刘霁樟，1994年生，江苏丰县人，博士研究生，主要研究方向为中国近现代科技史。范安川，1983年生，四川会东人，副教授，博士生导师，主要从事科技考古研究，Email：anchuan@ustc.edu.cn。
基金项目：国家社科基金一般项目“新中国工业化进程中的工程技术人才体系建设研究”（项目编号：21BZS089）；教育部人文社会科学研究一般项目“近代中国工程师群体研究”（项目编号：19YJC770044）。

首创性工作，探讨该所对中国现代陶瓷科技考古的贡献和影响。

1　工程研究所古陶瓷研究工作的缘起

作为中央研究院内唯一以工程技术为研究对象的科技研究机构，工程研究所设立之初出于对国内旧工业发展急缓的考虑，将陶瓷业作为最早谋划开展研究的工业领域之一。周仁等人认为：“民国时期旧工业如纺织等，因不敌机器，几乎尽被淘汰。只有精细工艺品，如瓷器、琉璃、珐琅及纸张等最有研究的价值，其中当以瓷器为首要。”[10]周仁这里提到的旧工业，是以家庭手工作坊为主的中国传统手工业。陶瓷业是典型的“旧工业”，有着深厚的基础和广泛的工业应用前景。虽然在机器制造的竞争下日就衰落，但周仁认为中国陶瓷业有千百年之经验，所以“亦有其特点可供研究，且多用人工，在我国或有继续存在之可能”（[10]，153 页），若“采用西制”[11]，用科学方法恢复古陶瓷的制瓷工艺并实现规模化机器生产，则可“扶助国内陶瓷工业，俾可与舶来品争衡”[12]。

工程研究所为科学的方法研究陶瓷做了充足准备，该所甫一成立便开始为开展陶瓷研究筹划研究场地和人员。1928 年 7 月，中央研究院将原来的理化实业研究所拆分为工程研究所、物理研究所和化学研究所，但三所联系紧密且办公地点仍在一处，称理工实验馆。该馆囊括了三所的所有实验室，如工程研究所的工业材料实验室、工程化学室、材料与机械实验室、金图学实验室，物理研究所的 X 射线研究室、物理照像室和化学研究所的化学定性定量分析室等各种实验室和仪器室。[13]三所仪器设备齐全且形成互补，合署办公为陶瓷研究的理化分析提供了便利，承担了工程研究所陶瓷研究的实验工作。

除此以外，周仁着手开办陶瓷试验场负责陶瓷的试制工作。出于经费、场地和原材料的考虑，工程研究所将中央陶瓷试验场设于南京复成桥工业学校旧址[14]，按照新式陶瓷工坊的分工形式，将试验场设置为模型、辘轳、注坯三组，后又增设陶绘室及化学室。为了试制的需要，周仁还从湖南醴陵和江西景德镇等处聘请了受过新式陶瓷教育，或在陶瓷行业有着丰富的从业经历，具备陶瓷领域生产工作经验的技术员负责陶瓷试制（见表 1）。从中央陶瓷试验场的人员配备和分工可见，研究所希望通过建立一支分工明确、专业水平高且生产经验丰富的技术试验团队，为古陶瓷研究走出实验室提供保障。1929 年 8 月，中央陶瓷试验场正式开始工作，周仁兼任试验场主任，总理全场事务，常驻上海主持协调两地工作，工程师刘兼则担任专任研究员，常驻南京负责具体研究工作。

表 1　1929 年工程研究所中央陶瓷试验场职员录[17]

姓名	年龄	现任职务	学历	经历
周仁	38	主任	美国康奈尔大学工程学硕士	中央大学工学院院长
刘兼	50	专任研究员	日本千叶医科大学毕业	湖南醴陵瓷业公司工程师
郭松年	41	事务员	江苏宁属师范本科毕业	江宁学务委员、广育两等小学校长、南京工专秘书、中央大学工学分院保管员
唐瑞麟	42	事务员	/	上海恒丰纱厂庶务员

续表1

姓名	年龄	现任职务	学历	经历
文俊瑜	41	辘轳室技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	湖南瓷业公司辘轳科科长、四川实业学校技术教员、泸州瓷业公司辘模教长
文心福	39	辘轳室技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	广东高州瓷业学校教员、北平香山慈幼院陶工课技师
彭年①	59	陶绘室技术员	/	湖南醴陵瓷业学校助教、湖南模范窑场图画技师
吴定安②	40	陶绘室技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	湖南瓷业公司普利瓷业公司及湖南模范窑场图画技师
谭道	56	模型室技术员	/	湖南瓷业公司及长沙台田学校瓷业科模型教员
贺鹏	39	模型室技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	湖南瓷业公司技术员、四川成都陶瓷讲习所教员、湖南模范窑场技术员
罗伯鋆	36	注坯室技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	湖南醴陵瓷业总厂及工专学校工场窑业部管理员、桂东新民瓷场主任
谭骥	22	注坯室技术员	湖南瓷业学校毕业	湖南模范窑场事务员、醴陵窑场技术员
王荣定	49	窑场技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	四川成都工业学校教员、湖南醴陵普利阜丰等瓷业公司管理员
邓崇甫	39	窑场技术员	湖南醴陵瓷业学校毕业	湖南第一窑场管理员
胡大有	40	匣钵技术员	江西景德镇窑业公司练习生	湖南醴陵瓷业公司窑场管理员
汤保珍	41	洗泥技术员	湖南瓷业公司练习生	湖南醴陵瓷业公司制釉洗泥技术师

这种新式实验室与试验场相结合的设置反映了周仁对兴办实业的理解,他认为:

> 谨按兴办一种实业,应先对于出品之范围,原料之来源,与其特殊之动用等问题,彻底明了,然后计议最适宜之进行步骤与制造方法,并如何适应环境,以取获市场,复次则作科学之研究,以期精益求精,而维持其地位。[15]

为此,工程研究所为附设中央陶瓷试验场制定的工作目标主要为以下六项:

> (一)研究关于改良我国陶瓷工业之一般问题,(二)以科学方法追求我国制造之理解,(三)现拟用机械以改良我国固有制造方法,(四)进行研究化学瓷品及电瓷品之制造,(五)进行研究普通耐火砖及冶金用之特种耐火砖,(六)训练关于窑业上之技术人才。[16]

前五点目标在执行上是有主次与先后之分的,(一)、(二)是(三)、(四)、(五)项目标实现的基础,想要实现机械制瓷、制造化学瓷品及其他工业瓷品,首先需明晰陶瓷工业关于原料的来源分布、生产步骤等基本问题。因此,工程研究所率先针对古代名窑的瓷土原料、

① 彭年(1870—?),又名彭筱琴,湖南浏阳人,醴陵窑制瓷名家,民国初期醴陵釉下五彩瓷最著名的画师之一。

② 吴寿祺(1889—1975),号定安,湖南醴陵八步桥人,1906年湖南瓷业学堂毕业,醴陵釉下五彩陶瓷著名传承人,他在中华人民共和国成立后为恢复和发展釉下彩瓷做出了重大贡献。

坯泥配合、瓷釉色彩、烧成温度等开展研究，以此来逐步实现这一思路。

2　南宋官窑的发掘和研究

起初工程研究所并未关注陶瓷考古对陶瓷研究可能带来的裨益，而杭州南宋官窑的发掘为此提供了契机。1930 年春，杭州文物市场流落出大量青瓷碎片，传言来自凤凰山附近的南宋官窑。官窑为南宋宫廷的御用瓷窑，是宋代五大名窑之一，古代文献记载颇多。因此，传言一出便受到众多中外学者及陶瓷爱好者的关注，日本人小竺原彰真师、米内山庸夫等人先后前往寻找和研究文献所记载的南宋官窑遗址，收获了大量古瓷瓷片。[18] 书画家叶誉甫、狄楚青关心中国古瓷的研究，闻听传言后特将此事转告给中央研究院院长蔡元培。蔡元培意识到此事对于中国古瓷研究极为重要，便命在对“古瓷坯泥的研究及古瓷彩釉的仿制方面已略有把握”[19] 的工程研究所前往调查研究。

1930 年 4 月 9 日周仁受命前往杭州调查，杭州市市长周象贤、省府秘书长朱石心及浙江大学校长蒋梦麟三人亲自指点周仁发现有古瓷瓷片的区域位置，特别是蒋梦麟因对发现青瓷的区域较为熟悉，遂与周仁一同到凤凰山余脉万松岭考察窑址。周仁首次调查的主要工作是考察窑址的大概位置及基本情况，并对窑址内的瓷片、碎瓷块及烧窑所用的匣钵进行了初步采样。数日后，周仁偕同工程研究所特任研究员王季同及助理员何桂辛再次前往杭州。此次众人在凤凰山共确定了两处窑址，一处是位于北麓的万松岭沿城基一带，另一处位于凤凰山南麓的乌龟山西南角。通过古籍文献考据结合两处窑址调查所得，周仁初步判断乌龟山下发现的窑址应为南宋官窑之一的修内司窑。（[19]，13 页）这个观点虽随着凤凰山麓下窑址的大规模发掘而在 1996 年被认定为有误，但仍不失为以科技手段调查和文献史料互相印证的一次新的尝试。1932 年 11 月，周仁第三次前往杭州凤凰山搜集补充材料，最终完成了《发掘杭州南宋官窑报告书》的撰写工作。

三探凤凰山古窑址并大量采样后，工程研究所将万松岭、乌龟山两处窑址发掘所得残片分成两组，从古瓷片的胎骨和瓷釉两方面进行分析对比，对南宋官窑的工艺特色做出初步总结。

首先在胎釉方面，工程研究所助理员张继龄对比分析了两组瓷片的胎釉的化学成分，确定了乌龟山泥胎发黑的原因。乌龟山瓷胎相比白色瓷含铁元素较多（见表 2），瓷中的铁未能完全氧化，部分为氧化亚铁，导致泥胎发黑，以此解释了“紫口铁足”南宋官窑艺术特色的形成原因。一般来说，造成陶瓷呈现黑色或灰色的可能原因有二：一是瓷胎中含有大量铁元素，二是炭素的残留。为了进一步验证形成的真实原因，工程研究所有针对性地设计了两项试验：其一，将黑色瓷粉置于空气中用火燃烧后颜色会变红且重量会增加，其原因在于氧化亚铁变成了三氧化二铁，证实了瓷胎中确有氧化亚铁的成分；其二，将黑色瓷粉置于电炉中，通氧气燃烧，用氢氧化钠反应吸收，重量并没有发生变化（[19]，25 页），表明黑色瓷粉中不含炭素。由此可以确定导致瓷粉发黑的真实原因。

表 2 工程研究所对万松岭与乌龟山瓷片胎骨化学分析

成分	万松岭瓷片胎骨分析				乌龟山瓷片胎骨分析		
	一号 粉青色碗片 口部	二号 梅青色碗片 底部	三号 白色釉碗片	六号 白色釉碗	四号 青灰色带 黄色釉炉足	五号 青灰色釉 罐盖	七号 青灰色釉 碗片
SiO_2	65. 22	70. 75	66. 21	60. 74	69. 60	62. 66	65. 73
Al_2O_3	27. 85	22. 28	27. 73	33. 00	23. 87	27. 40	22. 97
Fe_2O_3	2. 81	3. 98	3. 71	3. 28	4. 65	6. 66	7. 84
MnO	0	0. 51	0. 32	0	0	0	微迹
CaO	2. 79	0. 47	0. 38	2. 86	0. 70	0. 94	0. 37
MgO	0. 71	0. 09	0. 12	0. 81	0. 13	0. 18	0. 32
碱性元素	未定	未定	未定	未定	未定	未定	未定
总计	99. 38	98. 06	98. 74	100. 69	98. 95	97. 84	99. 57

说明:表格数据来源于工程研究所编写的《发掘杭州南宋官窑报告书》。

张继龄还对两处的青瓷釉进行了分析,发现两处釉质的成分颇相近且乌龟山青釉含铁较少,氧化钙则较多。三种青釉中烧成后的含铁量最多的是 Fe_2O_3,占 3. 12%(见表 3),根据中央陶瓷试验场的试验经验,可知若三种青釉配合,其含铁量必远过于此。这一结论在之后的陶瓷科技考古研究中得到验证,即南宋官窑在烧制时,为了提高胎体中的铁元素含量,会在原料中掺入紫金土。这一做法不仅有利于青釉的呈色,更突显了“紫口铁足”的工艺特色。

表 3 万松岭和乌龟山两处青瓷釉的化学分析

成分	万松岭粉青色釉	乌龟山青灰色釉	乌龟山青灰带黄色釉
SiO_2	70. 94	62. 68	62. 21
Al_2O_3	16. 29	18. 41	18. 06
Fe_2O_3	3. 12	2. 87	2. 65
MnO	0. 08	0. 00	0. 34
CaO	7. 66	13. 26	13. 19
MgO	微量	0. 52	0. 32
Na_2O	无	无	无
K_2O	2. 58	2. 32(Na_2O+ K_2O)	3. 09(Na_2O+ K_2O)
总数	100. 67	100. 06	96. 86

说明:表格数据来源于工程研究所编写的《发掘杭州南宋官窑报告书》。

其次在瓷片开片情况的分析上,工程研究所观察到万松岭和乌龟山两处窑址内的瓷片开片情况不一,万松岭的瓷器开片极少,乌龟山则较多。通过分析发现,原因在于乌龟山瓷釉的膨胀率与瓷坯“颇不一致”,“故经久后,多开粗细不一的文片”([19],19 页);而万松岭的瓷釉因其膨胀率与胎骨相同,所以开片者较少;由此对瓷器开片原因有了清晰的认知。此外,周仁在窑址内还发现了一类十分特别的器内没有涩圈的“低档”粗瓷,与

1956 年浙江省再次发掘南宋官窑时的考古发现相互印证。[20] 现在学界虽推测这类“低档”粗瓷是乌龟山官窑停烧后，有元代人利用原来窑炉继续烧造质量较差的民用瓷器，已非官窑性质，不能认作官窑产品。但这项发现从侧面反映了周仁等人准确考察了官窑遗址并开展了细致的分析工作。

工程研究所所长周仁带领有关人员三赴杭州万松岭及凤凰山一带，对南宋官窑旧址进行考察发掘，取得了证明南宋官窑遗址的佐证，对发掘所得古瓷片的胎骨和青瓷釉进行科学分析，开创古陶瓷研究风气之先，为古陶瓷研究奠定了科学基础。[21] 同时，此次围绕南宋官窑的调查让以周仁为首的工程研究所认识到：“中国自宋朝以后，名贵瓷窑所在的地点都大概可以通过文献等方式进行考据得出。”[22] 改造旧有陶瓷工业非但不应放弃中国古代陶瓷的技艺，而且可以基于对古瓷残片的科学分析精确把握古瓷原料特色，发挥中国传统古瓷的优势并应用于新陶瓷工业。为此，工程研究所计划通过以中国古代名窑所在地为主进一步调查全国瓷土原料。

3　调查分析全国瓷土原料

中国古瓷领先于海外的原因在于国人对制瓷原料的经验性认识和运用，“吾人古瓷为昔日西人所不及者，其最大之原因，即为坯料之佳”[23]。但对坯料优劣的经验性认识难以适应现代工业大规模标准化的生产制造。1920 年，张维屏提出中国瓷业衰败的首要原因是“我们中国的瓷业家，不能将各种瓷器原料的性质分析出来；所以各种瓷器，常有龟裂，或倾斜病状”，“故一种陶土之供给偶然断绝，即不能求代替之物，但可停止其制造，此例在景德镇已见数次云”。[24] 因此，对全国重要地区的瓷土原料进行调查分析，有助于探究古瓷的原料坯泥配方，恢复古瓷制造工艺。

3.1　调查全国瓷土原料

1929 年，工程研究所打算借助中央研究院地质研究所的调查经验和实力，合作完成调查全国瓷土原料的设想（[10]，151 页），但此项计划早期未能和地质研究所取得一致。计划落空后，工程研究所只能先在南京附近无锡、紫金山、栖霞山一带收集瓷泥样本[25]，详加试验以判定其质地。研究发现栖霞山瓷泥具有良好的物理性质，制成的白瓷品质甚佳，逐渐成为中央陶瓷试验场之后仿制古陶瓷的重要原料。栖霞山瓷泥的良好应用为工程研究所研究古陶瓷带来了极大的信心，坚定了该所开展全国瓷土调查的决心。

1934 年，在中央研究院总干事丁文江的支持下，工程研究所调查全国瓷土的设想最终得以落实。（[15]，5 页）丁文江认同“中国蕴藏的瓷土区域甚广，但各地瓷土的产量和性质，尚未经确切考察，是国内陶瓷业发展的一大缺点”，他特嘱托地质研究所与工程研究所共同研究此问题。[26] 两所率先在闽、浙、湘、皖、苏、赣等地开始合作采集瓷泥加以试验。地质研究所助理员喻德渊先后赴福建、浙江调查各地瓷土产量。次年，喻德渊在湖南、安徽、江苏等地继续陶瓷土调查；9 月，喻德渊与工程研究所技师韩堉桦一同前往江西浮梁、鄱阳、乐平、星子等县调查地质矿产及陶瓷土。[27] 经与地质研究所长期合作调查，工程研究所收集到了全国各省的瓷泥样品，包括已漂洗瓷泥及其原矿，覆盖江西、湖南、浙江、福建等著名的产瓷地区，总计获得样本 62 种（见表 4）。

表 4 工程研究所与地质研究所合作调查民国各省瓷土样品分布

省份	产地	种类	省份	产地	种类
浙江	临海	7	江西	浮梁	30
	青田			星子	
	龙泉			乐平	
福建	德化	8		余干	
	古田			横峰	
	宁德		江苏	苏州	5
	金门			宜兴	
湖南	长沙	5	广东	香港	3
	醴陵		广西	宾阳	4

说明:表格数据由笔者整理自工程研究所年度报告[28]及档案。

直到淞沪会战爆发前,工程研究所由近及远对皖、湘、赣、闽、浙、粤、桂等多个国内重要瓷土原料产地进行了大规模的调查,对中国南部的陶瓷土已基本调查完毕。该所调查期间一直坚持对搜集到的高岭土类、粘土类、石英粗面岩类、长石类等瓷土原料样本进行试验分析([26],3 页),确定样本的耐火度、收缩率及分类等,取得了大量的瓷土原料试验数据。

3.2 瓷土的成分分析

工程研究所的瓷土科学分析主要分由两处开展。在收集全国各地著名瓷土后,按照标准化学分析方法对其成分进行分析。简单的原料精制及预处理环节交由工程研究所下属中央陶瓷试验场内附设的化验室快速分析。更为精确的化学成分分析结果则在化学研究所由助理员柳大纲与工程研究所助理员张继龄共同完成[29]。两人对灼热后的瓷土等陶料样品进行化学分析(见表 5),在分析矿物成分时参考了世界范围内较为流行的示性分析法(Rational Analysis)①。该方法由德国著名化学家西格(Hermann August Seger)②所创,被称为西格公式(Seger Formula)[30],但柳大纲注意到此方法测算的结果亦有"颇多差歧",在化学分析中尚需用显微镜加以观察佐证[31]。

表 5 灼热后陶料样本的化学分析成分

样品序号	样品	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O Na_2O
1	江西不子	75.42	17.40	1.39	0.06	0.07	0.46	0.47	4.74
2	湖南不子	67.25	27.36	0.53	0.94	未定	0.36	0.34	3.21

① 这里指的示性分析法是一种利用硫酸溶解度的不同,来分离陶土中普遍存在的未分解长石、瓷土石及石英三种矿物,以确定陶土矿物成分的方法。([30],394 页)

② 西格(1839—1893),德国硅酸盐化学家,德国皇家瓷器制造厂化学技术研究所创始人及所长,德国陶瓷大师,是西格锥体和西格瓷器的发明者。西格发展了粘土构成的基础知识,并根据其西格公式对陶瓷原材料进行了系统化分析。

续表5

样品序号	样品	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O Na_2O
3	江西高岭土	62.39	29.32	1.49	0.04	0.24	0.69	0.31	5.52
4	安徽宁国土	59.61	32.91	1.85	0.04	0.03	0.45	0.58	4.52
5	祁门釉果	76.65	15.34	0.76	0.05	0.03	1.78	0.36	5.02
6	栖霞白土(一)	49.94	48.51	0.56	0.01	痕迹	0.68	0.11	0.19
7	栖霞白土(二)	36.02	54.61	2.04	0.04	0.01	2.66	0.36	4.25
8	无锡瓷土	64.99	29.26	0.88	0.31	未定	0.87	0.59	3.10
9	星子	58.86	35.65	1.73	未定	0.92	1.02	痕迹	2.31
10	东沟	66.23	29.57	1.36	未定	0.17	0.31	0.09	2.27
11	江西滑石	58.72	36.41	1.62	0.13	0.01	0.42	0.21	2.48
12	乐平白土	70.14	4.09	1.43	0.24	0.01	0.50	23.03	0.56
13	祁门	76.23	21.01	1.62	未定	痕迹	0.12	0.16	0.86
14	乐平老山	70.23	24.44	1.35	未定	0.27	0.68	0.20	2.83
15	三宝篷	68.34	24.00	1.19	未定	0.07	0.61	0.09	5.70
16	浮梁釉果	74.49	18.83	0.95	未定	0.04	1.31	0.06	4.31
17	湖南釉泥	74.39	20.75	2.28	未定	0.04	0.19	0.10	2.25
18	釉灰	15.45	5.32	0.56	0.13	0.08	76.48	0.64	1.34

说明：表格数据来源于《中央陶瓷试验场第一次工作报告书》[29]和《数种著名国产陶料之分析》[31]。

两人认为“陶土之化学成分与其各种物理性质之关系……惟耐火度一端，稍见端倪。”（[31]，32 页）因此，柳大纲主要参考了美国陶瓷学家马林诺夫斯基（Andrew Malinovszky）①出版的《陶瓷学：化学家、工程师和制造商手册》（*Ceramics*：*A Manual For Chemists*，*Engineers And Manufacturers*）②一书，根据书中介绍的德国化学家比肖夫（Carl Bischof）和路德维希（Th. Ludwig）两种不同理论方法[32]对国内十余种陶土原料进行耐火度测定。

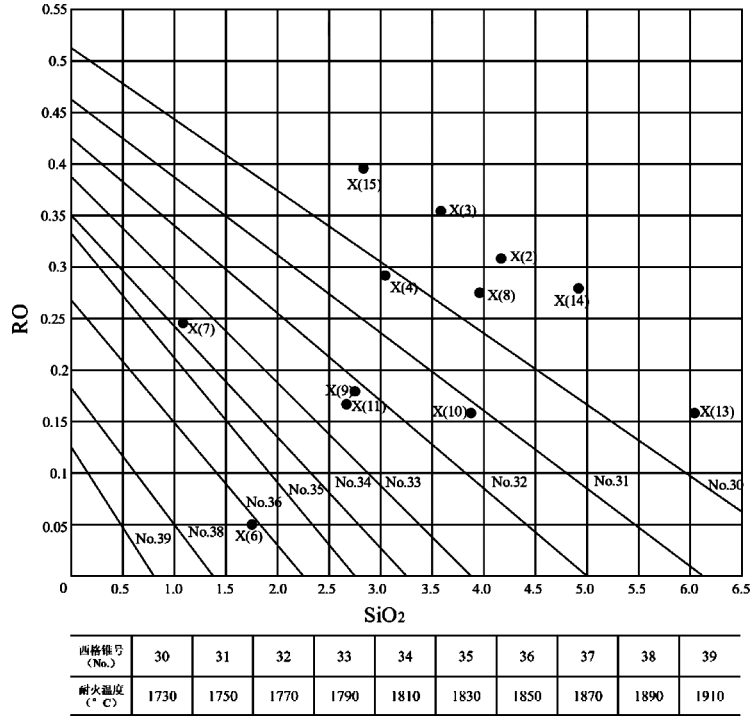
根据比肖夫公式（Bischof's formula）计算出样本的耐火系数（R. Q.）[33]，将 R. Q. 值代入比肖夫设定的耐火等级范围观察即可大致得出样本的耐火程度。耐火系数越高，原料的熔点越高，则样本越适合作为耐火材料；而如若耐火系数小于 2，则不能称为耐火土或火泥。

路德维希的方法则是运用耐火土等熔线图（Charts of Isotectic Lines of Fire Clays）[34]来判定样本耐火程度。该方法将样品的化学成分用经验化学式 $yRO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2$ 表示，其中 SiO_2 和助熔剂氧化物 RO 的两个系数为变量（x，y）。路德维希利用变量绘制图

① 马林诺夫斯基（1875—?），陶瓷学家，美国陶瓷学会、英国陶瓷学会及美国化学学会会员。柳文将其名字写作 Malinorzsky，应属印刷错误，经笔者考证正确拼写应为 Malinovszky。（[32]，封面）

② 该书是 1921 年美国出版的一本集合了化学陶瓷、工业陶瓷以及陶瓷制造等方法的工具手册，囊括了 20 世纪初期国际陶瓷领域在实验室及工厂生产阶段的知名研究理论和方法。

表,并结合西格锥(Seger Cone)①得到的等温线清晰地展示了不同温度区间。这一图表为柳大纲等人测算样本耐火温度提供了有力工具。(参考图 1)。



西格锥号(No.)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
耐火温度(°C)	1730	1750	1770	1790	1810	1830	1850	1870	1890	1910

图 1 工程研究所根据 Ludwig 图解法绘制的等熔线图②

柳大纲等人通过以上两种方法对 18 种样品中的陶土进行对照试验,取得了较为一致的结果。试验结果显示,栖霞白土、江西滑石、星子以及东沟的土质耐火温度在 1 750 摄氏度以上,符合耐火土性质的要求,同时也以此验证了其化学成分分析的可靠性(见表 6)。利用上述方法,工程研究所可有效筛选出适用于不同工业用途的耐火土样本。

表 6 工程研究所对原料样品耐火系数及耐火范围的测定

原料样品		基于 Bischof 理论计算结果	基于 Ludwig 理论计算结果	
样品序号	样品	耐火系数 R. Q.	西格锥号(No.)	耐火温度范围(℃)
X(6)	栖霞白土(一)	9. 56	36—37	1 850—1 870
X(7)	栖霞白土(二)	5. 61	33—34	1 790—1 810
X(11)	江西滑石	3. 07	32—33	1 770—1 790
X(9)	星子	2. 44	32—33	1 770—1 790
X(10)	东沟	2. 24	31—32	1 750—1 770

① 西格锥(Seger Cone)是一种用于确定陶瓷和玻璃材料烧结温度的标准方法,由上述德国著名化学家西格于 1897 年发明,柳文作“谢苟锥”。

② 笔者根据参考文献([31],34-37 页;[32],174 页)重新绘制。

续表 6

原料样品		基于 Bischof 理论计算结果	基于 Ludwig 理论计算结果	
样品序号	样品	耐火系数 R. Q.	西格锥号(No.)	耐火温度范围(℃)
X(4)	安徽宁国土	1. 63	30—31	1 730—1 750
X(13)	祁门	1. 42	/	/
X(2)	湖南不子	1. 22	/	/
X(8)	无锡瓷土	1. 2	/	/
X(3)	江西高岭土	1. 16	/	/
X(14)	乐平老山	1. 07	/	/

说明:表格数据来源于《数种著名国产陶料之分析》。

工程研究所通过多方参考英、德、美等国瓷土相关研究的前沿理论与方法,已经掌握了当时国际上对陶瓷的主要化学研究手段,并能较好地将此类方法融入到应用实际中。除了耐火范围的测定,工程研究所对陶料的矿物成分以及中国瓷坯的含碱量、釉灰的含碱量问题进行了讨论,分析了中国古瓷相比其他各国瓷器质地偏软的原因。以上瓷土原料的调查和分析工作被工程研究所视作研究古陶瓷的"根基性"工作之一[35]。通过这项工作,该所从现代科学的角度,清楚认识到中国不同产瓷地区的瓷土矿物组成成分。这种认识对于古陶瓷的断代和来源判定极为有利,也是研究改良陶瓷胎釉配方、制瓷工艺和着色机理等"中国陶瓷工业之一般问题"的前提条件。

4　古瓷复原工艺的研究和试制

4.1　坯泥配合的研究

工程研究所经过对中国古代名瓷的研究分析发现,质量出色的古瓷不仅仅是由单一的一种白不(中国瓷场术语,英名 Quartz-porphyry)制成,而多是以白不和釉果、高岭泥或滑石配合制成,不同成分的白不所需配合的釉果、高岭泥等分量也不一致。因此,工程研究所下属陶瓷试验场对坯泥进行反复的试验,总结出良好瓷质的坯泥配合必须具备以下五个性质:

一、坯能受工作至极薄之片;

二、烧成后质地洁白而半透明;

三、烧至摄氏一千四百度以上之温度而不变易原形;

四、质地匀细破面显露光泽;

五、未上釉处有细腻之感触,如古瓷之灯草脚。([29],3 页)

例如陶瓷试验场采用了与景德镇类似的坯泥配合方法,其成分为白不 55. 6%,釉果 33. 3%,高岭 11. 1%,烧成温度 1 300 摄氏度以上,瓶类可以保持原形,盆碟会发生改变,且破面无光泽。中央陶瓷试验场所列配合方法中的湘泥与赣泥性质约同,孕水量亦无大差异,约为 26. 7%。烧成以后,赣泥的灼热减量为 4. 5%,湘泥为 5. 7%。收缩则赣泥为 8. 25%,湘泥为 20%。湘泥耐火性质不如赣泥强,烧至 1 250 摄氏度时已多变形,质地稍

薄的不易保存原形,若想烧成必须添加耐火剂。

陶瓷试验场使用的坯泥以栖霞山瓷土及收购来的西滑石(西滑石为南京方言,实为一种瓷土,非真正土质的滑石)为主。该场在将栖霞山所产的白土和釉果配合烧成时,发现由于吸入的炭素不容易氧化,成品容易发黑。但若不添加釉果,又不易成瓷。中国许多地方的泥质普遍有这种特点,试验场认为若能解决此问题则对中国陶瓷业发展具有极大裨益。因此,试验场通过反复试验,最后改用加矽法和烘培法两种方法制瓷。[35]加矽法是先将栖霞山泥压碎洗净后干燥成粉泥,在此粉泥中每百斤加入精制矽粉 30 斤混合成泥浆,干燥后再加入釉果粉和白不。烘焙法则是将栖霞山泥与矽粉先混合,水簸干燥后加入石膏法炒之,再添入不同比例的釉果粉和白不。两种方法均能得到优质的胎泥质,制成的白瓷效果极佳。

4.2 古瓷彩釉的仿造

为重现传统色釉,工程研究所开始仿制古瓷彩釉,其研究所得色釉的色彩和火度均以古瓷为标准。色釉的试制分析主要由中央陶瓷试验场负责,通过将不同色釉金属和矿物成分搭配试验,试验场成功仿制出祭红釉、釉裹青、雨过天青、紫檀釉等十余种珍贵的古瓷名釉(见表 7)。

表 7 中央陶瓷试验场白釉及色釉的配合成分表

成分 / 釉名	矽石	糠灰	石灰	釉果	釉泥	方解石	氧化钴	氧化铬	紫金粉	钨砂	锰砂	铁粉	铜粉	三号釉
一号白釉	6		10	100										
二号白釉	10			8	64	18								
三号白釉	15	2 杯		80		5								
花釉	12			12	64	14								
乌金釉							8	5		20	5	2		100
紫檀釉							8		20	10		1		100
鳝鱼黄										25			5	100
茶叶末	30									20	5		2	100
酡红釉									35					100
雨过天青							5							100
玳瑁绿							2	15						100
紫金釉											15			100
蔚蓝釉							10							100
白瓷釉				75	10	15								
白瓷釉				80	20									

说明:表格数据来源于《中央陶瓷试验场第一次工作报告书》。[29]

以下将针对其中两种色釉以及该所在仿制色釉时产生的科学认识作介绍。

(1)祭红釉①的分析和仿制。祭红釉创制于明代宣德年间,嘉靖后制法失传,至清康熙时期仿制十余年未能实现复原。并且祭红作为一种胶体性色釉,其色泽与炉焰气氛具有重要关系,技艺极为复杂。虽各国竞相分析仿造,但没有切实的报告发表。从 1929 年开始,工程研究所对祭红釉进行了多次试验,同时在理论层面研究其物理及化学变化,采用数十种不同方法处理色釉,反复试验观察不同方法下瓷釉的含铜量、含铅量与瓷釉色彩的关联。([13],143 页;[35],120 页) 值得一提的是,该所仿制的祭红色釉不仅在当时属于珍稀色釉,即使在古瓷中亦不多见。1950 年,工程研究所在中国科学院的领导下,开始承担新中国"建国瓷"的重要任务,仍然将霁红釉作为研究问题之一。[36]

(2)釉裹青色釉的分析和仿制。中央陶瓷试验场对釉裹青进行试验,发现蓝釉的呈色金属为钴,而明清时期所用的钴料大都由南洋群岛及印度等地输入,在当时更加依赖氧化钴的进口。为了缩减钴材料的成本,工程研究所在国内寻求进口钴料的替代者,发现中国云南省所产的石青子以及浙江省所产的钴矿,均可精炼以增加氧化钴的含量,适合于制造釉裹青。[37]根据工程研究所试验所得,氧化钴的含量提高 8%-9%,即可在陶瓷制造出釉裹青。如果不计成本,将氧化钴的含量提至 35%-40%,搭配 60%-65%的华釉,即可得到更为美观的色彩。

(3)对色釉化学性质的认识。在对古瓷色釉的不断试验仿制过程中,工程研究所不仅认识到釉为一种矽酸盐,还尝试出"釉与卤金属或卤土金属化合,可成透明玻璃,光泽美丽熔点低……与铅化合能得美丽的光彩。"([27],7 页) 认识到色釉的成色主要取决于金属氧化物的含量和氧化状态,通常釉料中所含金属离子的不同会影响最终色釉的成色。同时,该所认为瓷釉的成色不能仅从釉的单一性质着手,需要照顾到与胎釉膨胀系数的配合,才能得到合乎要求的釉。因此工程研究所对釉的流动性、热膨胀系数等化学及物理性质进行了大量的分析试验,进一步明确了胎釉、坯泥及烧成温度之间的关系。以南宋官窑的分析为例,釉色有青带粉红、粉青、淡白、油灰各类。这些釉色的形成虽有部分原因是釉中含铁量的不同,但主要还是由烧成时还原和氧化气氛的不同及温度的高低所致。釉灰色无纹宋官窑瓷片经用还原焰和较高温度复烧后所得釉面为美丽的青色并发生纹片,可以说明上述釉色和烧成的关系。

4.3　烧成温度的测定

工程研究所在仿造古瓷色彩时注意到了烧成温度对瓷器的重要影响,采用热膨胀法对大量中国古陶瓷碎片进行了烧成温度的测定。周仁等人利用自造的三角锥、光焰法热测验器(optical pyrometer)及热电流高热测验器(thermo-couple)结合古瓷的化学试验分析后,确定了"古瓷之善良者烧成火度每在摄氏 1 400 度至 1 500 度之间"([22],133 页),并认识到在此温度区间内古瓷色釉的火度也能够随之上升,其硬度也常超过玻璃。因此,选用高火度的彩料,配合使用人造宝石乳细为上绘彩料,便可烧成出精致的古陶瓷,这也是出色的古瓷常有宝石彩绘或料彩绘称号的来历缘由([22],133 页)。工程研究所运用此方法复原古陶瓷宝石彩绘工艺,复现了清朝御窑厂停办后消失的宝石彩绘。基于此方法,研究所还分析得出,国外的"洋彩料"日渐盛行的主要原因在于其上色需要的火度较

① 祭红釉,又称"霁红釉"、"积红釉"、"宝石红釉"等。

低,瓷器烧制的温度随色彩火度下降而降低,直接或间接降低了制瓷的成本,因此在普通日用瓷品方面占有相当的市场份额。但在仿制艺术瓷品方面,工程研究所仍力崇古彩。从仿制古陶瓷开始,烧成温度的测定逐渐成为工程研究所研究陶瓷的重要方法。此后工程研究所借鉴已得到的烧制经验,运用于陶瓷其他领域的研究之中([28],48 页)。如在研究化学工业用瓷时,设定特定的烧成温度范围,观察不同坯泥、不同瓷釉的化学反应及表现,以此测验最合适的坯泥和瓷釉的配合成分。

此外,工程研究所在仿制古瓷的过程中也考虑到了窑炉、窑具的改良,古瓷生产年代等方面与古瓷烧成温度的关联。如 1930 年该所为获得更高的火度,对原使用的德式平窑进行改良,并新建阶级窑一座。工程研究所德式平窑的火度"最高不能超过 1 400 度以上,若强加火力,有剥落倾圮的可能;而新建的阶级窑则不然,前后可烧 1 350 度普通用品,中间能烧 1 400 度到 1 500 度以上的陶瓷"[38],不用担心弧顶的坠落,且能减少薪材。

在古瓷复原工艺的研究和试制中,工程研究所总结出良好古瓷的坯泥配方特点,仿制出多个已失传的珍贵古瓷色釉,测定了古瓷的烧成温度、烧成气氛等。该所用现代科学理论和技术阐明古瓷的形成机理和工艺基础,将陶瓷考古和工艺美学进行了结合,为古瓷恢复生产和断源断代提供科学依据。

5 结 论

经过近 10 年的试验和试制,工程研究所对古瓷从原料到制造工艺做出了全过程的研究,1934 年后,工程研究所将研究重心转向工业制瓷并将试验场工作逐渐转至上海。至 1935 年年底,南京方面中央陶瓷试验场工作遂完全停止。但是正当陶瓷研究步入正轨之时,抗战全面爆发,1938 年工程研究所被迫西迁昆明,暂时放弃了陶瓷研究,转向战时急需的光学玻璃研究。直至 1945 年战后复员,研究所迁返上海后,陶瓷研究工作才逐步恢复。

工程研究所从事陶瓷研究的目标始终是运用科学的方法振兴中国陶瓷工业,就其结果而言间接开创了中国陶瓷考古的科学研究方法。通过对南宋官窑等古窑址的发掘和工艺总结,工程研究所形成了《中央陶瓷试验场第一次工作报告书》、《发掘杭州南宋官窑报告书》、《景德镇瓷品之制法及改良意见》等研究报告,为全国陶瓷工业的发展提供了详实的实验数据,也为古陶瓷研究保留了宝贵的考古资料和历史记录。在广泛调查全国制瓷原料的基础上,工程研究所使用成分分析法、热分析法等现代科技检测方法来指导实验过程的设计,对古陶瓷瓷泥和胎釉中的主、微量化学元素进行了深入研究,为其后陶瓷考古研究提供了重要的方法和研究思路。另外,由于研究目标的不同,工程研究所不再局限于传统古代陶瓷器物鉴赏鉴定中依靠观察器物的造型、装饰、胎釉色调等外观特征的方法,而是主要通过对成形、装饰和烧成等陶瓷工艺的试验和试制为古瓷的断代、来源判定等提供了科学依据。因此,现代陶瓷科技考古专家李家治、叶喆民等人以及中国硅酸盐学会都给予工程研究所的古陶瓷研究高度评价,认为该所为现代陶瓷科技考古学的发展做出了开创性的贡献,推动了现代陶瓷学的发展。

但是,工程研究所的工作有着明显的历史局限性。从其发展过程看,这种历史局限性

主要来自于当时中国的社会历史条件，专业人员不足、工程研究高投入和长期性以及社会的不稳定因素使其研究在战争中中断。尽管如此，从长期来看，工程研究所及周仁等人在陶瓷科技考古领域长期的科学试验及成果并没有完全中断或流失，其民国时期在南宋官窑发掘、龙泉窑实地调查以及景德镇陶业改良等方面的工作在中华人民共和国成立之后得以延续。1949 年后，工程研究所被中国科学院接收分组成中国科学院上海硅酸盐研究所等多所科研机构，如今依然在中国古陶瓷科技考古等多个领域发挥着至关重要的作用，是新中国陶瓷科技考古发展的中坚力量。

工程研究所的创建正处于时代变迁、科学思想萌芽以及新兴学科形成的重要节点上，周仁等人在陶瓷科技考古方面的尝试，实际上是在开创一个社会科学和自然科学交叉的新学科——中国古陶瓷科学技术研究，反映了民国时期科学家群体对自然科学技术、历史学、考古学及工业建设多个方面协同发展的思考，是反映交叉学科发展的一个重要案例。

致　谢　感谢中国科学院上海微系统与信息技术研究所为本研究提供详实资料，感谢杭州西湖博物馆总馆杜晓俊、匿名审稿人和主编提出的宝贵意见。

参　考　文　献

[1] 国立中央研究院章程[R] //中央研究院工程研究所. 中央研究院 1935 年工作报告、章程、法规, 1929 年 6 月. 北京：中国科学院文献情报中心, WS-S010-00014-002.

[2] 周仁,等,编. 中国古陶瓷研究论文集[M]. 北京：轻工业出版社, 1982：序.

[3] 王伟光, 名誉主编. 王巍, 主编. 中国考古学百年史(1921—2021)：第 3 卷(下)[M]. 北京：中国社会科学出版社, 2021：1916.

[4] 罗宏杰, 吴隽, 李家治. 科学技术在中国古陶瓷研究中的应用——浅谈中国科学院上海硅酸盐研究所的古陶瓷研究工作[J]. 故宫学刊, 2005 (1)：200.

[5] 李家治. 忆周仁先生开创中国古陶瓷科学技术研究往事[R] //身心与共　一往情深——建所四十周年回忆录(1959—1999). 上海：中国科学院上海硅酸盐研究所, 1999：72.

[6] 郑康妮. 中央陶瓷试验场与《中央陶瓷实验场工作报告》初步研究[J]. 中国陶瓷, 2012, 48 (3)：74-78+84.

[7] 张旭. 中央陶瓷试验场早期发展历程述略(1928—1930)[J]. 科学文化评论, 2020, 17 (6)：55-64.

[8] 姚润泽. 中央研究院在上海[D]. 上海：上海社会科学院, 2019：40.

[9] 邢鹏. 中国近现代陶瓷教育史[M]. 南昌：江西高校出版社, 2017：187.

[10] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第十七年度报告[R]. 南京：中央研究院总办事处, 1929：140.

[11] 设立中央陶瓷试验场缘起[R] //中央研究院工程研究所. 工程研究所关于陶瓷试验场各种釉质成份表、概况目录、报告书. 北京：中国科学院文献情报中心, WS-S010-00276-003.

[12] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第十九年度报告[R]. 南京：中央研究院总办事处, 1931：131.

[13] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第二十一年度报告[R]. 南京：中央研究院总办事处, 1933：154-158.

[14] 中国之陶瓷及中央陶瓷试验场之使命[R]//中央研究院工程研究所. 工程研究所关于扩充、工程所章程、年度报告等文件. 北京：中国科学院文献情报中心, WS-S010-00624-003.

[15] 发展中国陶瓷工业之刍议[R]//中央研究院工程研究所. 有关古今陶瓷备要、研究目录、窑业调查概要等报告摘要. 北京：中国科学院文献情报中心, WS-S010-00451-004.

[16] 国立中央研究院工程研究所附设陶瓷实验场之工作范围[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、工程研究所关于院士评议会的报告、会议记录、规程草案、各所概况、周会记录, 1937 年 12 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00628-020.

[17] 陶瓷试验场的职员名单及 1929 年度一月份工作报告[R]//中央研究院工程研究所. 国民党中央执行委员会国民经济计划委员会、工程研究所有关来往信件、职员录, 1931 年 9 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00006-003.

[18] 小山富士夫. 支那青瓷史稿[M]. 东京: 文中堂, 1943: 194.

[19] 发掘杭州南宋报告书[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、理化实验研究所、工程研究所等关于调查造纸情况、报告、意见书、发掘杭州南宋官窑报告书的函件. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00284-007.

[20] 卢嘉锡, 总主编. 李家治, 分卷主编. 中国科学技术史: 陶瓷卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 311.

[21] 中国科学院上海硅酸盐研究所志编纂委员会. 中国科学院上海硅酸盐研究所志(1959. 1—2009. 1)[R]. 上海: 中国科学院上海硅酸盐研究所, 2009: 370-375.

[22] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第二十年度报告[R]. 南京: 中央研究院总办事处, 1932: 146.

[23] 王琎. 中国古代陶业之科学观[J]. 科学. 1921, 6(8): 874.

[24] 张维屏. 中国瓷业的衰败原因及其改良法[N]. 时事新报(上海), 1920-04-17: 0011.

[25] 关于陶瓷试验场派员赴栖霞山采取陶土事[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、工程研究所、周仁等关于陶瓷试验场工作的报告、信函, 1930 年 1 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00223-001.

[26] 总理纪念周报告(本期报告陶瓷试验场之工作概况)[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、工程研究所关于总理纪念周、所务会议的报告、记录、概况, 1936 年 2 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00279-005.

[27] 准国立中央研究院函告派员调查浮梁等县地质矿产及陶瓷土请饬属保护等由令仰遵照[N]. 江西省政府公报, 1935-09-27, (310): 12.

[28] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第二十四年度报告[R]. 南京: 中央研究院总办事处, 1936: 49.

[29] 中央陶瓷试验场第一次工作报告书[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、工程研究所关于研究所英文概况、陶瓷场缘起、第一次报告书的有关函件. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00275-005.

[30] HECHT H, CRAMER E, eds. *The Collected Writings of Hermann August Seger*[M]. Vol. I. Easton: The Chemical Publishing Company, 1902: 520-525.

[31] 柳大纲. 数种著名国产陶料之分析[M]. 中央研究院化学研究所集刊: 第 2 号. 1930: 41.

[32] MALINOVSZKY A. *Ceramics: A Manual for Chemists, Engineers and Manufacturers*[M]. New York: D. Van Nostrand Company, 1921: 132.

[33] BISCHOF C. *Die Feuerfesten Tone*[M]. Leipzig: Verlagsbuchhandlung von Quandt & Händel, 1904: 63.

[34] LUDWIG T. *Über Beziehungen zwischen der Schmelzbarkeit und chemischen Zusammensetzung der Tone*[M]// SEGER H, Cramer E(Hg.). *Tonindustrie-Zeitung*. 28. Jahrang, 1904: 773-784.

[35] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第十八年度报告[R]. 南京: 中央研究院总办事处, 1930: 119.

[36] 陶学座谈会[R]//中央研究院工程研究所. 工学研究所关于陶瓷座谈会会议摘要、记录, 1950 年 3 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00536-001.

[37] 中央研究院文书处. 国立中央研究院工程研究所第二十三年度报告[R]. 南京: 中央研究院总办事处, 1935: 52.

[38] 中央陶瓷试验场十九年办法步骤表[R]//中央研究院工程研究所. 中央研究院、工程研究所、周仁等关于陶瓷试验场工作的报告、信函, 1930 年 1 月. 北京: 中国科学院文献情报中心, WS-S010-00223-007.

The Exploration and Practice of Scientific Archaeology Methods in Ceramic Science at the Engineering Research Institute of the Academia Sinica during the Republic of China

WANG Anyi, LIU Jizhang, FAN Anchuan

(*Department of History of Science and Scientific Archaeology, University of Science and Technology of China, Hefei* 230026, *China*)

Abstract In 1928, the National Research Institute of Engineering of the Academia Sinica (中央研究院工程研究所 Zhongyang Yanjiuyuan Gongcheng Yanjiusuo) was established. Under the leadership of its director, Chow Jen (周仁), ceramics was on the top of its planned research list. The aim was to try an industrial laboratory model that combined laboratories and experimental workshops, and use scientific methods to improve China's experience-based porcelain making tradition. Based on new historical materials, this paper analyzes the research concepts and methods of the Institute's work, including their investigation of the excavation and production process summary of the Southern Song Dynasty Guan Kiln (官窑), investigation and analysis of the raw materials of ceramic clay in China, and analysis and imitation of ancient ceramic glazes. The study found that the Institute regarded the design of scientific analytical experiments as the basis for ancient ceramics research, including methods such as chemical composition analysis and physical property analysis. Their efforts gave rise to the development of the early practice of scientific and technological methods for Chinese ceramics.

Although the Institute did not fulfilled its goal of improving the traditional ceramic industry in its early decade of development, its attempts at physical and chemical research of ancient ceramics brought new methods to traditional Chinese archaeological work and promoted modern archaeometric research of ceramics. These developments made the institute a pioneer in archaeological and technological research on ancient Chinese ceramics.

Keywords Academia Sinica (中央研究院 Zhongyuang Yanjiuyuan); Institute of Engineering (工程研究所 Gongcheng Yanjiusuo); ceramics; scientific archaeology