

郑州大学 仪器设备购置论证报告

申请单位 化学学院
设备负责人 王乾有
仪器设备名称 高速摄像机
填表时间 2020年10月11日



高速摄像机可行性论证报告

一、项目论证概述

项目名称：高速摄像机采购项目

论证会议的时间：2020年10月11日

地点：郑州大学绿色催化中心三楼会议室

参加人员：臧双全 王乾有 李林科 王朝阳

项目预算：49万元人民币

项目介绍

1. 设备组成：

高速摄像机主要有相机主机、控制分析软件和相机触发线等共同组成。

2. 主要技术参数：

- 1、满幅分辨率不小于 1280×800 。
- 2、最高拍摄速率不小于 600000 帧/秒。
- 3、在分辨率 1280×800 下拍摄速率不小于 7400fps
在分辨率 128×64 下拍摄速率不小于 350000fps
- 4、传感器尺寸不小于 $25.6\text{mm} \times 16\text{mm}$ （长 x 宽）。
- 5、传感器 CMOS 的长宽比不低于 1.6: 1。
- 6、传感器灵敏度不小于 10000（彩色 ISO12232SAT）。
- 7、具备自适应曝光控制功能。
- 8、具备 1 微秒连续可调二次曝光控制功能。
- 9、最小曝光时间不大于 1 微秒。
- 10、连续可调分辨率不大于 64×8 。
- 11、像素尺寸不小于 $20 \mu\text{m}$ 。
- 12、高速存储器 (DRAM) 运行内存不小于 36G。
- 13、快门类型：全域电子快门和内置机械快门。
- 14、通信接口：千兆以太网。
- 15、触发状态为前、后、任意位置触发。
- 16、传感器位深度：不小于 12 位（色阶 4096）。

17、工作温度：-10 度~50 度。

18、控制分析软件可以分析测量运动物体位移、速度等。

19、控制分析软件具备图像自动搜寻功能，可以对视频文件，存储文件实时自动查找感兴趣的事件，使用此功能可以在先前已保存的文件进行自动搜索。

20、控制分析软件具备单帧截取功能，视频输出控制功能。支持成批图像数据处理。

21、具备图像处理功能，可进行相关图像信息调节，比如亮度、灵敏度。

22、可进行视频截取，播放模式、速度设置。

23、支持嵌入 Logo 功能，可以保存成 avi、MP4 等主流格式。

3. 配置要求

1. 相机主机 1 台：(1) 主机具备内部时钟，可设定高速摄像机的时钟。也可同步外部时钟源，高速摄像机不可自行设定拍摄速率，拍摄速率取决于外部时钟的脉冲频率。(2) 触发信号采用上升沿或下降沿触发方式，可设定脉冲沿的有效电平位置。(3) 满幅拍摄速率不小于 1280×800@7400 帧/秒，最高拍摄速率不小于 64×8@600000 帧/秒。(4) CMOS 图像深度不小于 12bit，CMOS 像元尺寸不小于 20um，CMOS 面积尺寸不小于 25.6mm×16mm。(5) 最小曝光时间不大于 1us，具备自动曝光控制功能和 1us 步进调节二次曝光控制功能，具备基于图像的自动触发功能。(6) 内置机械快门，能够远程调节设备黑平衡。(7) 高速存储器(DRAM)运行内存 36GB。(8) 相机配置 HDMI、SDI 实时输出接口、可编程输入输出端口。

2. 控制分析软件 1 套：(1) 无需加密授权可以自由安装，终身免费升级。(2) 控制分析软件具备单帧截取功能，视频输出控制功能。(3) 支持成批图像数据处理，具备图像的位移、角度、速度、角速度等特征量的分析处理功能。(4) 可进行相关图像信息调节，比如亮度、灵敏度，可进行视频截取，播放模式、速度设置。(5) 控制分析软件具备图像自动搜寻功能，可以对视频文件，存储文件实时自动查找感兴趣的事件，使用此功能可以在先前已保存的文件进行自动搜索。(6) 可根据现场环境手动设置自动曝光水平值，自动曝光区域可自由设置。(7) 可设置基于图像的自动触发功能，调节探测的灵敏度、自检的区域和自检的频率，使用过程中根据现场试验环境做测试，找到一个最佳的自动触发工作状态。(8) 可设置连续记录模式，建立自动保存的目录、文件名与连续触发状态。高速摄像机接收到触发信号并完成记录后，会将内存中的数据根据所设定的起始位置、保存的图片张数自动保存到所建立的文件中。

3. 附件一套：千兆传输线 1 条、电源线 1 套、快门触发线 1 条、说明书一本。

4. 售后服务：

3.1 设备安装、调试和验收

具有国内良好的技术支持和维修支持，仪器现场安装调试时，要指定工程师协助用户完成项目相关条件摸索。设备安装调试可在接到用户通知后一周内完成。

3.2 技术培训

仪器验收合格后，供货方将在用户实验室对用户进行仪器操作和日常维护的现场

培训，不少于 4 人次，主要包括对设备结构、工作原理的了解、设备的正常操作、维护、故障判断及处理等相关内容，以保证操作人员能够正常上岗进行操作与维护。

3.3 供货方免费提供仪器使用手册、培训教材、应用文章等

3.4 保修期：整机保修期一年，自设备验收合格之日起计算。保修期内提供全免费保修（人为损坏除外）

3.5 技术支持及维修

供货方在国内应设有 1 个以上技术服务中心，有专职的维修工程师及应用工程师有效保证售后维修的及时、快捷，并负责提供技术支持，保证仪器的正常操作，并协助买方进行方法开发。

仪器出现故障需要维修时，供货方维修人员在 2 个工作日内对用户的服务要求做出响应。一般问题应在 5 个工作日内解决，重大问题或其他无法迅速解决的问题，应在 7 个工作日内解决或提出明确的解决方案

5. 交货期：合同签订后 2 个月内

6. 用途：

高速运动物体受到自然光或人工辅助照明灯光的照射产生反射光，或者运动目标本身发光，这些光的一部分透过高速成像系统的成像物镜。经物镜成像后，落在光电成像器件的像感面上，受驱动电路控制的光电器件，会对像感面上的目标像快速响应，即根据像感面上目标像光能量的分布，在各采样点即像素点产生响应大小的电荷包，完成图像的光电转换。带有图像信息的各个电荷包被迅速转移到读出寄存器中。读出信号经信号处理后传输至电脑中，由电脑对图像进行读出显示和判读，并将结果输出。

此系统是一种能把物体高速运动变化过程的空间信息和时间紧密联系在一起进行图像记录的系统，能将瞬变、高速过程连续记录下来，并运用图像分析软件进行定量计算。主要应用部门包括液滴催化运动分析实验部门、机械运动分析实验部门、爆炸冲击运动分析实验部门、跌落实验部门等。

二、建设项目的必要性、仪器设备的先进性、预期使用效益以及仪器设备运行维护计划

1. 该仪器设备需要的必要性、紧迫性、可行性分析：

高速摄像机主要是利用其灵敏的光学元件，在高帧速下记录物体在各种因素下随时间延长所发生的变化。由于该设备能够实现对物体连续变化中细微过程的精确捕捉，因而是科学研究中用以揭示变化本质的重要工具。王乾有博士后是我校新引进人才。目前，其课题主要研究方向是利用物理化学手段构筑具有非对称性质的高分子、金属及无机非金属材料，并进一步用于微液滴，微气泡，微颗粒的定向转移收集及液滴在微纳米结构表面上的超快速铺展。高速摄像机的快速摄像模式能够记录液体、气泡及固体颗粒在接触固体基底表面瞬间，接触过程中，甚至在离开过程中的动态行为，为揭示材料表面的结构功能关系供至关重要的线索。综上，该设备既是满足新进 20 陈小元人才学科科研工作的

必须设备，同时可以参与设备共享，在实验室内其它研究方向发挥作用，并可用于教学工作。实验室有良好的设备管理经验，能够取得良好的使用效益。

2. 预期目标（该仪器设备对学科发展、平台建设、高层次人才培养的推动作用，预期目标、成果等）

绿色催化研究中心实验室内极具特色的光学器件研究，尤其是利用水滴的运动设计开发的物象研究具有重大作用。再次，郑州大学化学学院也迫切需要一台操作简单、功能齐全的高速摄像设备，在承担科研任务之外，能在教学展示方面发挥作用。最后，现代分析与基因测序中心的大型仪器共享平台中没有高速摄像设备，购置这样的仪器也有利于化学、材料等领域的学科建设。因此从学科发展规划及实验室科研方向出发，申请购买一台高速摄像设备，其包含高速摄像机主机，可以在不同的帧数下录制不同时长录像；能够实现对微米级粗糙结构的高清观察；所包含的图像处理系统能够对所捕捉的图像进行高效分析。

3. 校内外现有仪器设备情况（主要阐述校内外现有同类、同档次仪器设备的数量及使用情况）

截止到目前为止，从国资处查询结果显示我校无该类设备。

而同类设备在北京理工大学，西安交通大学，西北工业大学，陕西应用物理所、西安近代化学研究所，河南理工大学，中科院化学所都已装备。

4. 校内外共享方案（是否可以共享，以及不能共享的理由）：

项目设备到位后放置于绿色催化研究中心共享使用，可共享使用。

5. 选型理由（所选产品的先进性、主要技术特点，国内外同类设备生产厂商情况比较。对至少3个国内外该类仪器设备主要产品比较，含性能、技术指标、价格等。满足使用要求情况，分析其先进性、适用性）：

高速图像摄影技术是研究高速运动过程、变化状态等有效手段，主要是精确记录时间信息上的空间信息变化，根据时间信息和空间高清图像信息，精确分析测量出运动物体及相关部件的运动角度、位移、速率等相关信息，为产品实验验证、优化设计等提供有效的依据，是分析液滴催化、爆炸燃烧等实验过程的重要手段。

该项目经过长时间的论证、考察并依据自身的实际情况，需要超高清的CMOS图像传感器，有足够的细节，观察到更多的现象，需在分辨率1280×800下拍摄速率不小于7400fps，在分辨率128×64下拍摄速率不小于350000fps，最高拍摄速率不小于600000帧/秒。保证图像清晰不拖尾，最小曝光时间不大于1微秒。保证图像清晰可见，自动抑制强光干扰，需具备1微秒连续可调二次曝光控制功能和自动曝光控制功能。能够适应各种实验视场的区域工况，需具备连续可调分辨率不大于64×8。

经过详细的市场调研，目前国内有一家生产和研发高速摄像机，品牌是千眼狼，但国产设备存在以下问题：①视场区域调节受限制，不能实现64×8小范围调节拍摄区域，不能全面记录所有工况的实验状态。②图像深度最高只有8-10位（即图像最多1024个色阶），图像清晰度不能完全解析出化学燃烧反应的每一个细节。③像元尺寸最大只有14um，灵敏度就低了很多，不能完全记录化学燃烧从无到有整个自发光的状态变化。

调研3家国内外该类仪器设备主要产品比较情况如下

厂家	Vision Research	Photron	千眼狼
型号	Phantom VE0710L	FASTCAM-SA5	X113

产地	美国	日本	中国
图像传感器	SR-CMOS 传感器(超高清)	CMOS 传感器	商用 CMOS 传感器
传感器尺寸	25.6mm x16mm	12.8mm x10.24mm	10.27mm 对角线
动态范围	12 位	12 位	10 位
像元尺寸	20 微米	20 微米	14 微米
最高分辨率	100 万像素	100 万像素	100 万像素
	1280X800@7400fps	1024x1024 @ 7000fps	1280x1024@6500fps
最高分幅速度(帧/秒)	60 万帧/秒	20 万帧/秒	20 万帧/秒
灵敏度	彩色 10000(ISO12232SAT)	彩色 7000	彩色 2300
内存容量	36GB	16GB、32GB	32GB
连续可调分辨率	64X8	仅单边可调	仅单边可调
最小曝光时间	1 微秒	2 微秒	2 微秒
EDR 曝光连续调节控制	有, 用户 DIY 连续任意调节	分几档	无
视频输出端口	HDMI SDI 高清输出	HDMI	无
自动曝光功能	具备	无	无
内置机械快门	具备	无	无
全域电子快门	具备	无	无
基于图像的自动触发功能	具备	无	无
时间精度	20ns	400ns	\
市场情况	非常多	多	较少
价格	49 万	58 万	54 万

同时我们考察了中科院化学所、陕西应用物理所、西安近代化学研究所、西安交通大学、西安科技大学、北京理工大学、西北大学, 陕西师范大学等同行应用情况和相关已有资料, 在充分咨询了解下进行选型。拟推荐美国 Phantom VE0710L, Phantom VE0710L 具有以下几点优势:

- 1、使用全球最先进的 SR-CMOS 图像传感器, 图像质量清晰;
- 2、拍摄速率高, 满幅可达 7400 帧/秒, 最高可达 60 万帧/秒;
- 3、最小曝光时间 1 微秒, 确保清晰无拖尾现象;
- 4、灵敏度高达 10000 (彩色 ISO12232SAT);
- 5、具备自适应曝光控制功能, 具备 1 微秒连续可调二次曝光控制功能;
- 6、内置机械快门和全域电子快门, 确保使用方便、高清成像每一张;
- 7、军工级生产标准, 产品成熟, 质量可靠, 性能稳定;
- 8、具备专业售后服务体系及专业售后技术支持以及良好的售后服务质量, 终身免费上门服务;
- 9、行业内技术领先, 口碑较好, 高校及科研院所占有率较高;
- 10、在郑州有联络处, 可供的样机数量较多, 技术支持有保障。

综合产品实际性能、技术参数、价格、使用方便性及售后服务等多方面因素, 建议选择 Phantom VE0710L。

6. 设备辅助条件 (是否具备安装使用的用房、需要空调和特殊水电设施以及需要的配套设备和经费落实情况):

该设备安装条件如下:

1. 对实验室的粉尘和其它气体无特殊要求。
2. 电源电压： 110V-240V ， 50-60Hz；
3. 环境温度： 15~30℃；
4. 相对湿度： 20-80%；

7、仪器设备工作人员的配备情况：

仪器设备到位后将由晶态分子功能材料实验室王乾有博士以及臧双全教授团队相关科研人员共同负责管理和运行维护。

王乾有博士毕业于北京理工大学兵器与科学专业，2018年7月至2020年7月于郑州大学化学学院从事师资博士后工作，出站后留校工作至今，负责全自动比表面孔隙分析和蒸汽分析仪、静电纺丝仪、静电火花感度测试仪的管理和维护，具有丰富的大型仪器管理经验。王乾有博士专注于团簇以及金属有机框架材料制备含能材料以及功能防护材料等领域的研究，研究成果在 *Adv. Mater.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *RSC Adv*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 等国际知名期刊上发表，主持了国家自然科学基金青年项目、中原千人计划-青年博后创新人才、中国博士后特别资助项目、国防重点实验室开放基金、军科委重大装备研发项目子课题等。

王乾有博士部分论文：

[1] **Qian-You Wang**, Jie Wang, Shan Wang, Zhao-Yang Wang, Man Cao, Chun-Lin He, Jun-Qing Yang, Shuang-Quan Zang* and Thomas C. W. Mak. *J. Am. Chem. Soc.*, **2020**, 142, 12010-12014.

[2] **Qian-You Wang**, Lei Zhang, Wei-Miao He, Li Yang, Chong Zhang, Zhao-Yang Wang, Rui Zhang, Jian-Hua Chen, Shan Wang*, Shuang-Quan Zang*, Thomas C.W. Mak. *Chem. Eng. J.*, 2020, 389, 124455.

[3] Man Cao, Rui Pang, **Qian-You Wang** *, Zhen Han, Zhao-Yang Wang, Xi-Yan Dong, Shun-Fang Li, Shuang-Quan Zang *, Thomas C. W. Mak. *J. Am. Chem. Soc.*, **2019**, 141, 14505-14509.

[4] **Qianyou Wang**, Xiao Feng , Shan Wang , Naimeng Song , Yifa Chen, Wenchao Tong , Yuzhen Han , Li Yang *, and Bo Wang*. *Adv. Mater.*, **2016**, 28, 5837-5843