

的时间预习，而要当“讲师”的人更是要精心准备。但从效果角度讲，这种学习方式充分调动了所有人的积极性，逼迫大家多动脑子想问题。时至今日，我依然记得当年我们从这本书中学到的相位物体、弱相位物体近似、衬度传递函数、点分辨率、相干性等内容。正是这些基础知识和理论为我后来的一些研究工作奠定了基础。

几十年已经过去了，在李老师等老一辈学者

的身体力行和带领下，中国的电子显微学得到了迅速的发展和壮大，成为国际上这一领域中最重要的一支科研力量。国内从事电子显微学研究与应用硬件、软件条件也已得到极大改善，科研实力不断增强。李老师课题组为科学界培养了一批又一批活跃在物理、材料、生物等领域的研究人员，而这一切，都是起步于80年代初那座简陋的电镜小楼和那段难忘的岁月。

用透射电镜捕捉锂离子 忆与李方华先生一起工作的日子

汤栋^{1,†} 邹进^{2,††}

(1 荷兰赛默飞世尔科技公司 埃因霍芬 5651GG)

(2 澳大利亚昆士兰大学 圣卢西亚 QLD 4072)



1982年，中国科学院物理研究所在李方华先生的主导下，引入了一台高分辨型透射电子显微镜。我们有幸在同年加入李方华先生课题组，开始自己的科技生涯。当年的电镜，既不及现代电镜易用，也没有亚埃分辨率，而且场发射枪和扫

描透射技术均尚未成熟。高分辨者，也只是大于2 Å分辨率的透射模式。

相干成像的透射电镜图像包含很多假象，致其可直接解释性低。所以，后期要进行一些必要的处理，最常见的是大量的图像模拟。使用弱相位物体近似，可以达到一定的可直接解释性。其关键就是假设样品无限薄，轻重元素在图像中的差别在于灰度，重元素衬度更强。但为使近似成立，即使只存在中等元素，样品厚度也只能有几个纳米。若包含重元素，近似成立的厚度可以到1 nm以下。

李方华先生敏锐地洞察到高分辨像衬理论中的缺陷，提出了一种改进像衬理论，称为赝弱相位物体近似。这个理论的精髓在于可直接解释具有实用厚度的样品的像衬。不过，像衬也不再是一成不变，而是与样品的厚度关联。除了实用的可直接解释性，另一收获就是它预言了直接观察轻元素的条件。按弱相位物体理论，像锂这样的轻元素因为太轻，像衬不够，在透射电镜像里观察不到。但按赝弱相位物体理论，适当增加样品厚度会提高观察轻元素的可能性。

虽然有了理论预言，还需要实验的成功去证



20世纪80年代李方华先生(后排蓝衣者)与大家合影。作者(前排左2、左3)当时都是硕士研究生

2020-03-22收到

† email: dong.tang@thermofisher.com

†† email: j.zou@uq.edu.au

DOI: 10.7693/wl20200411

实。在李方华先生的指导下，我们经过一番调研和讨论后，选择了锂化物 $\text{Li}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ 作为实验的样品。其结构中具有大通道，锂离子坐于其中，较易观察。

实验过程绝非一帆风顺，其难点不仅仅是合适厚度和取向的颗粒在电镜下难寻。在没有数码相机条件下，照片印出之前没人敢保证实验成功。而一次仅能装几十张照相底版的事实，也使得我们不敢随意按动曝光键。一次次的失败，令大家十分沮丧和泄气。每当这时，李方华先生总会与我们悉心交流和探讨实验失败的原因，提出改进意见及方案，鼓励同学们再接再厉。李先生时常会到实验室来，亲自操作指导；有时还会出现在暗房里，检查照片的质量。

通过一系列不懈的努力，最终获得了预想的结果。我们拍到了颗粒样品的楔状边缘像衬随厚

度的变化，并在计算机模拟图像的支持下，完美地证实了赝弱相位物体近似的预言。当晶体太薄时，无法看到通道中的锂离子；当晶体具有一定厚度时，锂离子就被电镜准确捕捉到了。这一实验结果，不但验证了新像衬理论的正确性，同时证实了它对高分辨电子显微学进一步发展的指导意义。这也是在国际上首次用透射电镜直接观察到晶体中的锂。

作为李方华老师的学生，我们能接受到她的谆谆教诲，倍感幸运。她对科研工作严谨、开明、坚持、求实的态度，影响着我们将一生受用。追忆与恩师相处的岁月，感恩之情，溢于言表，她那通识博雅，涵泳人生的人格，是后辈们永远学习的楷模。宇土茫茫，山高水长，为师之风，后世不忘。我们所敬爱的恩师从来都不会真正离开，因为她一直活在大家心里……

点滴往事忆恩师

王玉梅[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

除夕夜本是举家团圆之日，先生却选择在这样的一个特殊的日子永远离开了我们。先生88岁生日时短暂的一见竟成永别，时值新冠肺炎肆虐，送先生最后一程都成奢望。心情沉重，辗转难眠，跟随李先生学习、工作的点点滴滴浮现在眼前，恍如昨日。

李方华先生科研成就斐然，在国际上做出了独树一帜的工作。“微小晶体结构测定的电子晶体学研究”，于2005年获国家自然科学奖二等奖；“电子晶体学图像处理”获1991年中国科学院自

然科学奖一等奖；以她作为第一完成人获得的学术奖励还有，1992年中国物理学会叶企孙物理奖，1998年和1989年中国科学院自然科学奖二等奖两次，1986年中国科学院科技成果奖二等奖。她获得个人奖4次：1994年中国电子显微学会钱临照奖和1992年桥本初次郎奖，2009年何梁何利基金科学与进步奖，2003年欧莱雅—联合国教科文世界杰出女科学家终身成就奖(先生是中国获此殊荣第一人)。先生的学术成就众人皆知，这里我只想写一些与她相处的点滴小事来追思先生。

先生节俭。先生一生勤俭节约，日常生活中如此，对待科研经费更是如此。记得2008年我和师弟温才陪同先生去韩国参加第9届亚太电子显微学会议，会务组在会场附近指定了一些宾馆，

2020-02-29收到

[†] email: wangym@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20200412