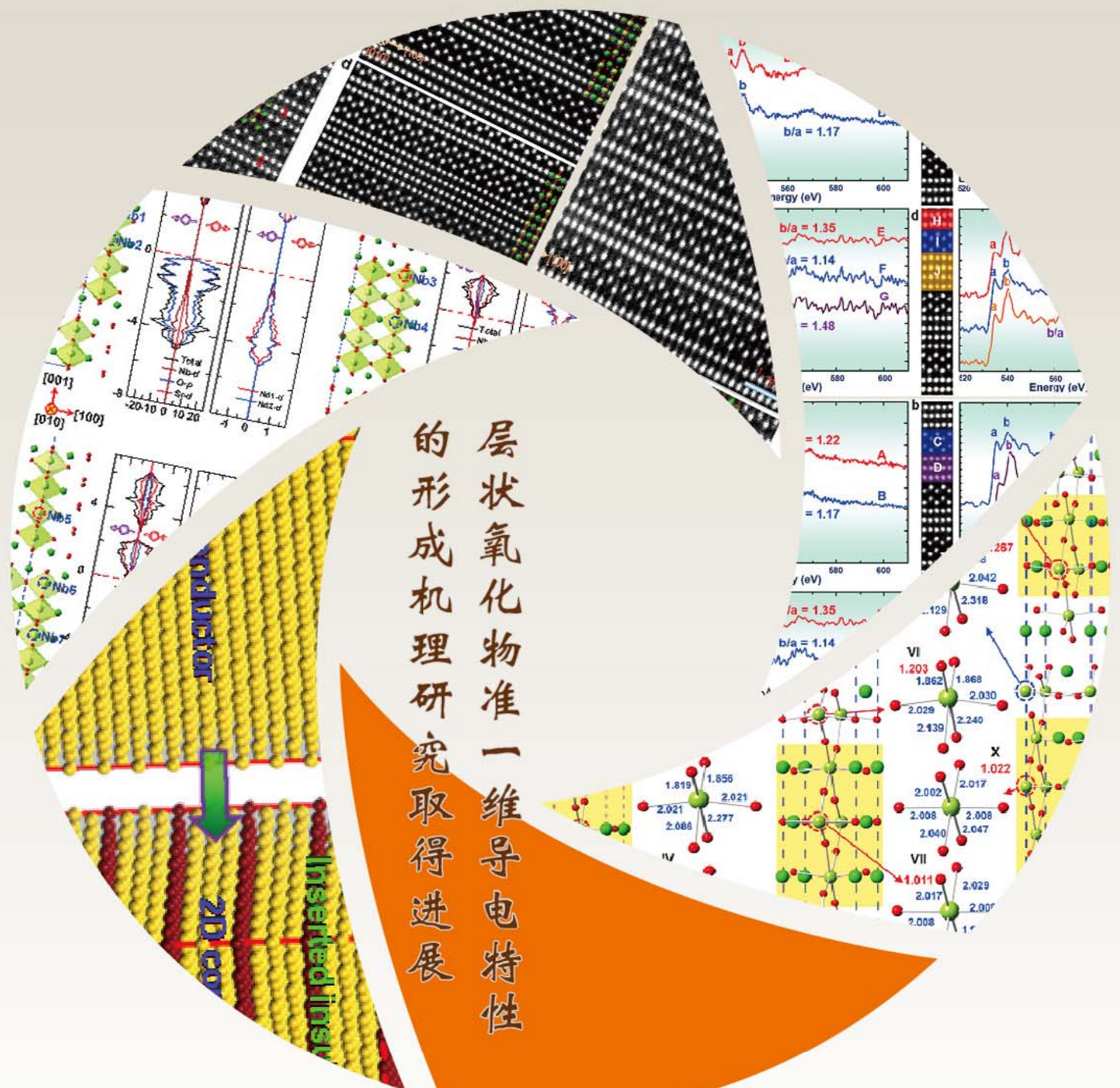


金属之光

12

中国科学院金属研究所
2017年 第12期 (总第200期)

INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCE



层状氧化物准一维导电特性的形成机理研究取得进展

近期，金属所沈阳材料科学国家研究中心固体原子像研究部陈春林研究员和马秀良研究员

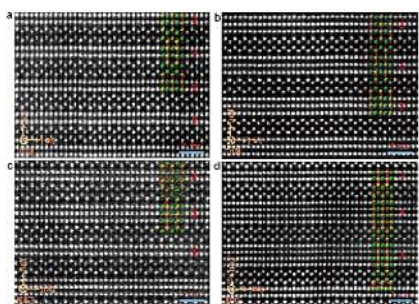


图1、 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 化合物沿[010]晶带轴的HAADF像。所有化合物均由交替排列的链条状区域和锯齿状区域构成。(a) 2-2-2-2型结构，对应于 $n = 4$ (i.e. $SrNbO_{3.5}$); (b) 3-3-3-3型结构，对应于 $n = 5$ (i.e. $SrNbO_{3.4}$); (c) 2-3-2-3型结构，对应于 $n = 4.5$ (i.e. $SrNbO_{3.45}$); (d) 2-4-4-2型结构，对应于 $n = 4, 6, 4$ (i.e. $SrNbO_{3.4}$)。

与IBM苏伊士实验室的诺贝尔物理学奖获得者Johannes Georg Bednorz教授以及日本东京大学Yuichi Ikuhara教授等人合作，在原子尺度上建立了准一维导电材料 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 的导电特性与其原子电子结构之间的相互关系，揭示了其准一维导电特性的形成机理。在此基础上，提出了通过往三维导体中插入绝缘层来制备二维导电材料的研究思路。

$Sr_nNb_nO_{3n+2}$ (i.e. $SrNbO_x$) 是具有层状钙钛矿结构的一类氧化物，可通过往 $SrNbO_3$ 中引入过剩的氧而获得。该类氧化物的结构和性能都对其氧含量和分布非常敏感，氧含量的多少决定了其层状结构的片层厚度与导电特性。早在20多年前，Bednorz教授领导的研究团队就已经认识到了 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 的准一维导电特性（沿a轴方向的电导率远远大于其它晶体学取向），并对其形成机制进行了初步探讨。

图2、 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 化合物中具有代表性区域的EELS谱。(a) 2-2-2-2型结构; (b) 3-3-3-3型结构; (c) 2-3-2-3型结构; (d) 2-4-4-2型结构。O-K边中b峰与a峰的比值b/a反映了该区域内Nb离子的价态。b/a值较大时，Nb为+4价，反之为+5价。EELS的结果表明3-3-3-3型结构、2-3-2-3型结构与2-4-4-2型结构为二维导体，2-2-2-2型结构为绝缘体。

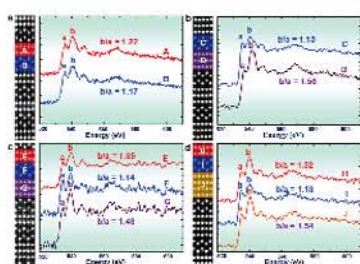


图2、 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 化合物中具有代表性区域的EELS谱。(a) 2-2-2-2型结构; (b) 3-3-3-3型结构; (c) 2-3-2-3型结构; (d) 2-4-4-2型结构。O-K边中b峰与a峰的比值b/a反映了该区域内Nb离子的价态。b/a值较大时，Nb为+4价，反之为+5价。EELS的结果表明3-3-3-3型结构、2-3-2-3型结构与2-4-4-2型结构为二维导体，2-2-2-2型结构为绝缘体。

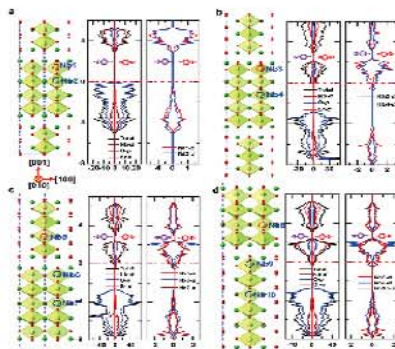


图3、 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 化合物的优化结构模型、TDOS及Nb-4d DOS。(a) 2-2-2-2型结构; (b) 3-3-3-3型结构; (c) 2-3-2-3型结构; (d) 2-4-4-2型结构。DOS的结果表明3-3-3-3型结构、2-3-2-3型结构与2-4-4-2型结构为二维导体，2-2-2-2型结构为绝缘体。

然而，长期以来在原子尺度上揭示其准一维导电特性的起源仍然是个具有挑战性的问题。陈春林研究员等人利用扫描透射电子显微术与第一性原理理论计算相结合的方法，系统地研究了 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ (包括 $SrNbO_{3.4}$ 、 $SrNbO_{3.45}$ 及 $SrNbO_{3.5}$ 等化合物) 的电学性质与其Nb离子价态及 NbO_6 八面体形态之间的关系。电子能量损失谱的研究结果表明， $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 的导电性取决于Nb离子的价态：材料中含 Nb^{4+} 离子的区域导电性能良好，而含 Nb^{5+} 离子的区域不导电。过剩的氧聚集于 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 中片层间过渡的区域（文中的锯齿状区域），形成了一层绝缘层，从而使其导电特性呈现二维导电的特征。第一性原理计算的结果进一步表明，Nb离子的价态与其 NbO_6 八面体的形态直接关联： Nb^{4+} 离子总是位于 NbO_6 八面体的中心位置，而 Nb^{5+} 离子总是远远地偏离该中心位置。 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 中材料局部区域的电学性质由其 NbO_6 八面体的形态决定。该研究（下转二版）

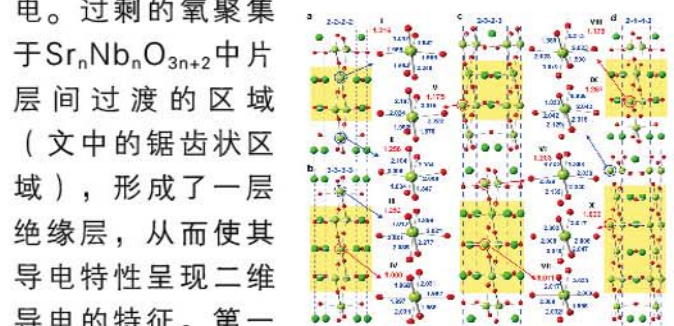


图4、 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 化合物中具有代表性的 NbO_6 八面体的形态。(a) 2-2-2-2型结构; (b) 3-3-3-3型结构; (c) 2-3-2-3型结构; (d) 2-4-4-2型结构。黄色背景表示链条状区域。锯齿状区域内的Nb-O键的键长比更大，表明Nb离子偏离了氧八面体的中心位置。

通过纳米纤维素与石墨烯协同作用 金属所科研人员制备出超双亲聚氨酯海绵

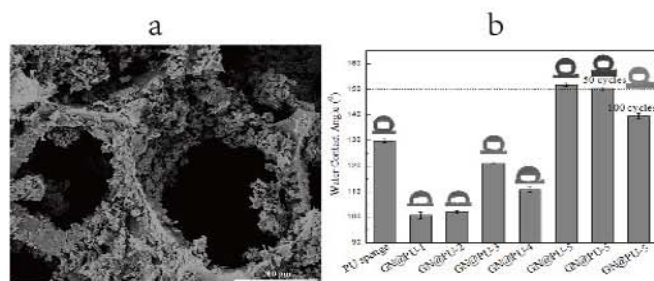
超双亲材料表面同时具有超亲水和超亲油的性能，是一种特殊的材料表面性质。近期，金属所研究人员利用纳米纤维素和石墨烯的协同作用，通过浸涂法获得超双亲聚氨酯海绵。该超双亲海绵对水和油类的接触角为 0° ，能够在短时间内迅速吸附水和油。该项成果为制备具有特殊浸润性能的多孔弹性材料及其复合材料提供了新思路，在催化剂载体和智能高分子复合材料领域有望获得应用。

近几年来，金属所钛合金研究部聚合物复合材料研究组致力于纳米纤维素与石墨烯相互作用的研究工作。研究人员通过实验证实了纳米纤维素与二维石墨烯片层有较强的吸附作用，该吸附作用与纤维素分子结构、纳米纤维素晶须尺寸及其表面性质密切相关。纳米纤维素与二维石墨烯片层间的较强吸附作用改善了石墨烯的亲水性，可以有效地促进石墨烯在水中的均匀分散。相关结果见J. Disp. Sci. Technol.38(2017)1798-1803。

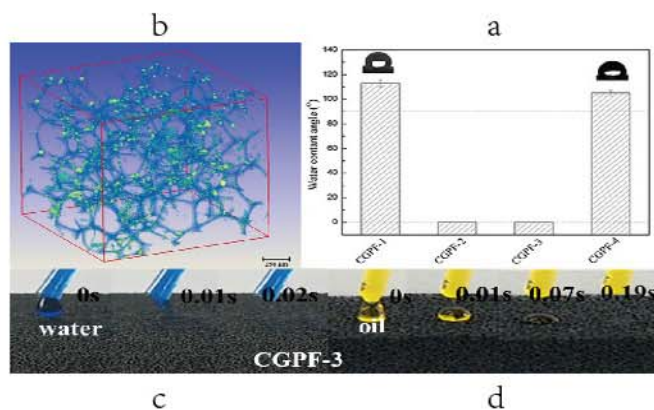
石墨烯基多孔材料一般可以通过化学气相沉积、电化学沉积以及冷冻干燥等方法获得。研究人员以聚氨酯海绵为模板，将其分别浸入含微量纳米纤维素的石墨烯以及纯石墨烯水性分散液，制备出超疏水聚氨酯海绵。该海绵对各类油品具有良好的吸附能力，在油水分离领域有良好的应用前景。相关结果见Appl. Surf. Sci. 422 (2017) 116 - 124。

在上述工作基础上，通过改变工艺，将聚氨酯海绵依次涂覆纳米纤维素和石墨烯，通过调整纳米纤维素的量，可以获得不同表面浸润特性（疏水-超双亲-疏水）的聚氨酯海绵。研究表明，纳米

纤维素晶须与石墨烯的协同作用构建了聚氨酯海绵特殊的超双亲表面性质。该工作在隋国鑫研究员和刘冬艳副研究员指导下，由硕士生张笑谈完成。该研究成果已由Adv.Mater.Interf.期刊在线发表（<https://doi.org/10.1002/admi.201701094>）。这是国际上首次报道通过浸涂法直接获得超双亲聚氨酯海绵材料。



图一超疏水聚氨酯海绵的表面形貌(a)以及不同工艺参数得到聚氨酯海绵接触角(b)



图二超双亲聚氨酯海绵接触角随纳米纤维素浓度变化(a)、三维形貌(b)以及对水(c)和油(d)的吸附效果

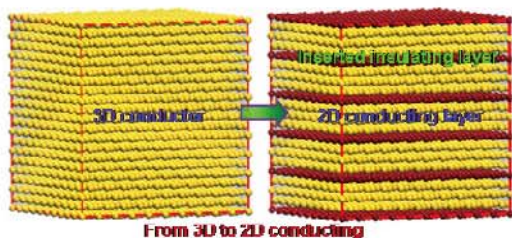


图5、制备二维导电材料的示意图：往三维导体中引入绝缘层，使其由三维导电转变为二维导电。

（上接一版）结果揭示了 $Sr_nNb_nO_{3n+2}$ 中准一维导电特性的形成根源，并为设计和研发新型准一维导电材料提供了思路。目前，针对新型准一维导电材料的合作研发正在进行当中。

该项研究得到了中国科学院前沿科学重点研究项目和国家青年千人计划等资助。相关成果于近日在ACS Nano上在线发表（DOI: 10.1021/acsnano.7b06619）。

成果推广

退火态热解石墨（APG）及其复合材料

技术简介及应用领域

退火态热解石墨（APG）是热解石墨经高温高压处理后制得的一种新型石墨材料，其具有优异的导热性能，以其为主要导热材料制备的复合材料在航空、航天、电子等领域有着极为广阔的应用前景。

技术特点

密度 $2.23\text{--}2.25\text{g/cm}^3$ ；导热率（ab向） $\geq 1600\text{W/m}\cdot\text{k}$

创新要点

APG制备技术，APG复合材料制备技术

联系人

项目负责人：白朔

电话：024-83978648

邮箱：sbai@imr.ac.cn



热解氮化硼（PBN）

技术简介及应用领域

热解氮化硼（Prolytic Boron Nitride）是采用化学气相沉积工艺（CVD）制备的新型陶瓷材料，其结构特征与石墨极为相似。具有优异的介电及绝缘性能、密封性能、高温强度、高化学惰性和各向异性的导热性能。作为高导热夹持杆、透波窗片、坩埚等在航空、航天、半导体等领域均得到了成功应用。

技术特点

密度 $2.10\text{--}2.19\text{g/cm}^3$ ，抗折强度 ≥ 80 （ab向）MPa，热导率（ab向） $60\text{W/m}\cdot\text{k}$

创新要点

PBN制备技术

联系人

项目负责人：白朔

电话：024-83978648

邮箱：sbai@imr.ac.cn



高强高韧马氏体钢

技术简介及应用领域

当前人们对高强度合金钢的性能提出越来越苛刻要求，不仅要求强度高，同时对韧性（尤其是低温冲击韧性）有更高的要求。金属所新研制的NiCrMo系马氏体钢，具有优良的强韧性，低温冲击性能高，同时材料冷热加工性能好、成本低。目前已用于制备大容积的压力容器、消防、医疗、石油、化工和交通等领域，同时还可用于航空航天、船舶等领域。

技术特点(包含主要技术指标)

NiCrMo马氏体钢是一种调质态中碳合金钢，该钢具有良好的强韧性，尤其是低温冲击韧性良好，能满足在低温下（如 -70°C 左右）的安全使用，而且延伸率、屈强比、断裂韧度和耐腐蚀等性能优良。

主要力学性能： $\sigma_b \geq 1200\text{MPa}$ ， $\sigma_{0.2} \geq 1100\text{MPa}$ ，延伸率 $A \geq 14\%$ ，面缩 $Z \geq 50\%$ ， AkV

$(-70^{\circ}\text{C}) \geq 60\text{J}$ ， AkV （常温） $\geq 100\text{J}$ 。

其它性能：断裂韧度 $K_{Ic} \geq 130\text{MPam}^{1/2}$ ，无塑性转变温度 $NDTT < -80^{\circ}\text{C}$ ，年腐蚀速率 $R < 0.1\text{mm/a}$ 。

合作方式

联合开发、技术转让

联系人

项目负责人：胡小峰

电话：024-83978883

邮箱：xfhu@imr.ac.cn



双连续结构多组元复合材料

技术简介及应用领域

本技术采用真空吸注和热模压方法制备了具有三维网络增强复合结构的双连续结构多组元复合材料，它以三维网状多孔泡沫金属为骨架，聚合物为填充粘结相，陶瓷微粒为增强相，应用于湿法冶金等化学工业等领域。

技术特点

其优势在于将集中在点或面上的应力迅速在空间体范围内分散和传递，提高材料的抗冲击能力，还能增加不同组元间的结合强度。

创新要点

大幅提高高分子材料的耐腐蚀介质冲蚀性能。

合作方式

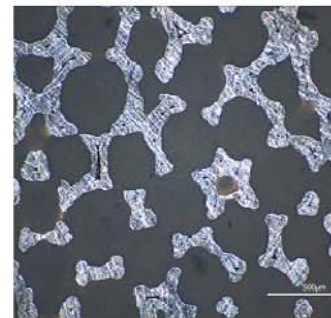
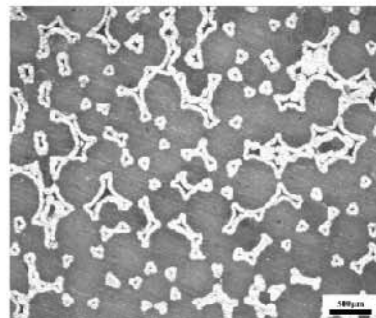
技术入股

联系人

项目负责人：段德莉

电话：024-23971773

邮箱：duandl@imr.ac.cn



“热烈庆祝党的十九大胜利召开”主题征文

锦绣中华

学报信息部 毕淑娟

锦绣清楚地记得，那是1976年，毛主席去世，当时举国哀悼，大家都哭得稀里哗啦、悲痛欲绝。也是那一年的冬月，锦绣嫁给了中华，虽是婚嫁，却未操办，简陋至极，甚至没有结婚证。那一年，锦绣25，中华23，他们就这样晚婚晚育，提前时尚了一把。经过几年努力奋斗，待到三十岁上下终于儿女双全，并且在农村盖了一个土坯房，分得了几亩自留地，夫妻俩开始忙碌又细心地耕种，第一次玉米丰收的时候，中华把脸埋在玉米堆里，然后激动地说“以后再也不用以野菜和土豆充饥了，看到土豆我的胃都反酸水”。

东北农村的生活清贫且一成不变，中华总想着给妻儿更好的生活，于是在1988年从农村举家搬迁到了正在开垦中的北大荒。中华的想法很简单：地多，除了温饱，年景好的话还能挣钱。日子总还是越过越好的，除了耕种几十亩土地，中华还开始养殖奶牛，慢慢有了积蓄，孩子们也在长大，学习成绩很令夫妻俩惊喜。

1998年，大女儿考上了大学，整个农场都为中华高兴，夫妻俩自是乐的整晚都睡不着觉，盘算着手里的积蓄、日后的打算，他们打心眼儿里觉得日子有盼头。可天有不测风云，上大学第二年，家里就出事了，先是十几头奶牛染上了口蹄疫，硬生生血本无归，那几乎是全部家当；然后是年景不好，庄稼减产；最后中华郁结于胸，大病一场。家里的经济就这样垮了。从那时开始女儿的学费就是全家省吃俭用、东拼西凑挪来的，甚至连小儿子都因为姐姐的学费问题辍学回家，开始年少就务农的劳苦生活。

一晃到了2005年，女儿硕士毕业，儿子经过

学习电工技术也在城里找到了一份不错的工作，这时候的锦绣和中华终于卸下了肩上的重担，长长地松了一口气。2006年过年全家聚餐时，看着桌子上热气腾腾的饭菜，穿着买回来的新衣，又收了孩子们给的红包，锦绣红了眼眶，有点哽咽地说：“过去这四十多年，实在太累了，几乎没有一刻清闲过，不是身体累就是心里累，好在这么多苦没白受，我的孩子们都有出息了”。那一个除夕，锦绣和中华又度过了一个不眠夜，翻来覆去怎么都睡不着，忆往昔峥嵘岁月、盼未来美好生活，夫妻俩就这样在聊天中真真正正地守岁到天亮。

随后的几年，儿女们逐渐成家立业，锦绣和中华也不再为了生计疲于奔命，每年种些地，不管收成如何，总还有儿女的帮衬，日子过的轻松惬意。偶尔有了时间和闲钱还可以去娱乐一下，下顿馆子、打打麻将。两个人也不再灰头土脸，有了心情收拾打扮，五十几岁的人看起来反而比三四十岁时还要年轻了。

2011年的时候，锦绣和中华抱上了孙子，老两口自是乐得合不拢嘴，把老家的田地和房屋都出租出去，打包好行李，高高兴兴地到城里带孙子。看着胖小子一天一个样的长大，虽然辛苦，但二老却乐在其中。可是，生活免不了柴米油盐酱醋茶，虽然尽心尽力帮着带孙子，但作为面子很薄的主妇，锦绣也不好意思总伸手向儿媳要生活费，况且一旦有个大病小情的，需要用钱时该咋办？夫妻俩要强了一辈子，自尊心很强，儿子儿媳不在家时，老两口就开始盘算这些后顾之忧。锦绣总是唠叨一件事儿：要是退休就好了，咱俩好歹也能有点养老钱。每次中华都呛老

伴儿：咱们是后来搬到农场的，不算职工，谁给你办退休，别做梦了。

谁曾想，凡事禁不住唠叨，政府真的想百姓之所想，2012年的时候老两口就符合了农场家属办理退休的条件。儿女给老两口补交了养老金，2013年伊始，锦绣和中华就领到了第一个月的退休金，虽然每人只有六百多，可也让他们激动的无以言表。紧接着就是好事成双，政府不但想到了养老问题，也想到了医疗问题，夫妻俩还可以缴纳医疗保险。至此，锦绣的梦想算是全都实现了，从此以后锦绣出去再与别的老人聊天也能挺直腰板儿说自己退休了，也不再担心老无所养、病无所医了。

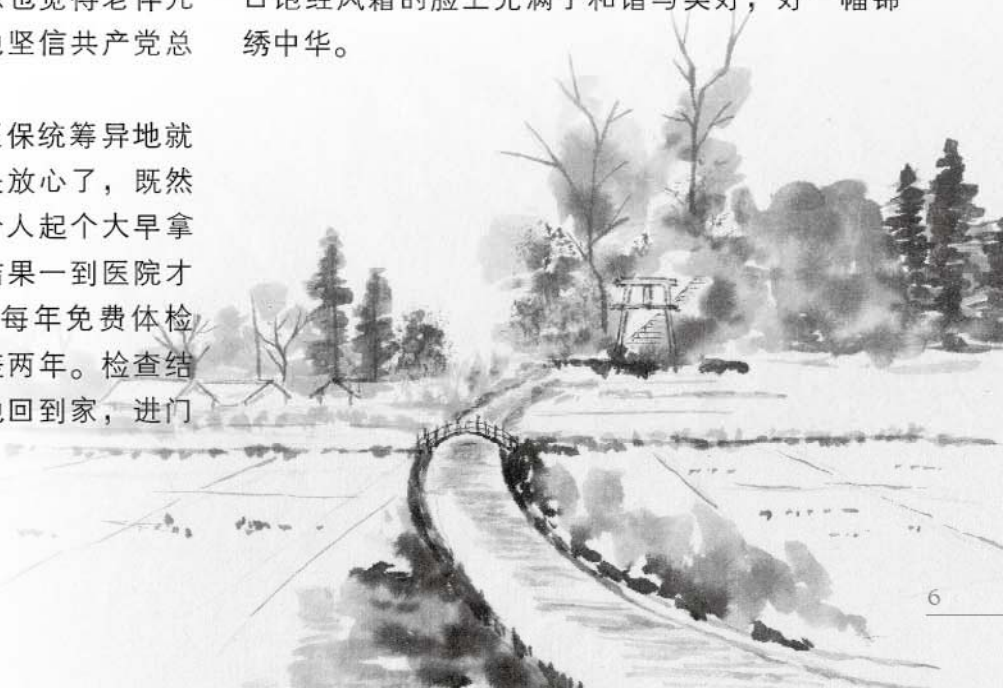
孙子慢慢长大，上了幼儿园，锦绣和中华不用每天都围着孩子转了，于是也想要有点自己的空间，不久后在城里也买了一套小房子。有了自己的家，锦绣开始每天养生、做操，偶尔与朋友一起出去跳广场舞；而中华呢，就两爱好，一是打麻将，二是看电视。锦绣抱怨老伴儿的生活方式不健康，中华不理，依然故我，于是平常人家的小吵小闹就此从未断过。锦绣现在常说的话就是：你看现在日子多好，咱们有退休金，孩子也不用操心，共产党把你想的都给你办到了，你应该好好珍惜身体，别生病，多活几年，看看以后还有啥新变化。中华就爱怼老伴儿：生死有命，我活不活着也不影响社会进步，再说那医保也管不了咱，咱住在城里，医保在农场，得病了还得回农场看病，一千多里地，没等回去看病就挂了，所以，那医保没用。锦绣想想也觉得老伴儿说的对，那医保确实不合理，但她坚信共产党总会让这事儿合理的。

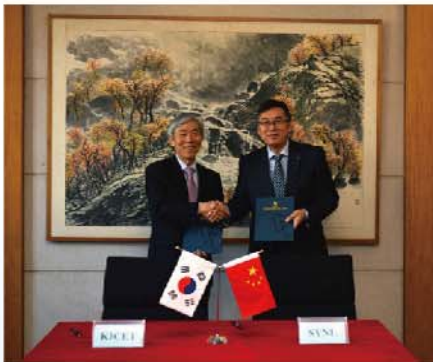
果然，没过多久，就开始有医保统筹异地就医的消息了。这下锦绣和中华真是放心了，既然医保可以异地了，就和老伴儿两个人起个大早拿着医保卡准备去医院做个检查。结果一到医院才知道，现在竟然给65岁以上老人每年免费体检了，锦绣刚刚符合条件，中华还差两年。检查结果是基本健康，老两口心满意足地回到家，进门

第一件事儿，锦绣就拿出手机，用微信给女儿发视频聊天，接通后就兴奋地打开了话匣子：我和你爸去体检了，你说社会主义多好，还给65岁以上老人免费体检，我和你爸基本健康，都没啥大问题，你放心吧。上次你说要给我们报出国旅游团的事儿，我去问了一下，现在不用跑回老家办护照了，在异地就可以办理，半个月就能下来，多方便呀。趁着我们还能走动，想出去看看，北京上海都去过了，现在就想坐大飞机去看看国外啥样。

发完了视频，锦绣来到客厅，看到中华躺在沙发上看电视，就打趣他：哎呦，这个点你应该去打麻将了呀，今天咋没人打电话催你。中华瞥了锦绣一眼：今天谁打麻将呀，都有正经事儿，全在家看电视呢。锦绣看了看中华，又看了看电视屏幕，于是拿了一盘干果和一盘水果摆在茶几上，两个人全神贯注地开始看“中国共产党第十九次全国代表大会”的实况转播。在习近平主席讲话中，关于过去五年的工作和历史变革时，锦绣自言自语地说：我都没上过学，也没啥文化，大方向我不懂，但自己身上发生的事儿清楚得很，老百姓日子过好了才是硬道理。中华也感慨道：是呀，几十年前怎么也想不到我们现在能过上这样的日子，这几年真的觉得挺幸福的，子女孝顺、生活无忧、社会安定、国家富强，我是应该少抽烟、少打麻将，健健身、养养生，看看我们国家的伟大中国梦是啥样。

此刻的电视屏幕上充满了肃穆与希望，老两口饱经风霜的脸上充满了和谐与美好，好一幅锦绣中华。





12月15日，韩国陶瓷工程技术研究所（KICET）所长Suk-Joong L. Kang率领代表团访问金属所，与沈阳材料科学国家研究中心（SYNL）签署合作

协议。高性能陶瓷材料研究部在该框架下与KICET签署合作协议，双方将在陶瓷基复合材料先进环境障涂层领域首先开展国际合作研究项目。



12月15日，桂林理工大学校长解庆林教授带队一行五人到访金属所，双方就学科建设、研究生培养、人才交流、科研合作等具体事宜进行专题探讨。



12月13日，研究生部举办第三届国家奖学金获得者报告会，胡广剑、李小茜、胡敏敏、方若翮、赵金龙等国奖获奖学生分享了心得。

国奖获奖学生分享了心得。



11月30日至12月2日，金属所2017年新职工所情教育、职业化心态及“逐梦金生”主题拓展培训成功开展，共计80余名新职工参加了本次集中培训。

共计80余名新职工参加了本次集中培训。

12月22日上午，我所2017年度研究生导师工作研讨会在郭可信楼310多功能报告厅召开，所领导、学位评定委员会成员和全所200余名导师出席会议。中国科学院大学研究生院吴恒安副院长，科教融合办裴旭主任、陈宇老师，信息科学技术学院王永副院长应邀出席。本次会议的主题是“保证质量，与时俱进，融合发展”。



本次会议的主题是“保证质量，与时俱进，融合发展”。



11月26日，2017年辽宁省直属机关职工篮球比赛闭幕，金属所力克强敌，荣获第三名，创造历史最好成绩。