

曹楚南 编著

悄悄进行的破坏

—— 金属腐蚀





曹楚南 编著

悄悄进行的破坏

—— 金属腐蚀



清华大学出版社



暨南大学出版社

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

悄悄进行的破坏:金属腐蚀 曹楚南编著. 北京:清华大学出版社;
广州:暨南大学出版社,2000.3
(院士科普书系 路甬祥主编)
ISBN 7-81029-929-8

I. 悄… II. 曹 III. 腐蚀 - 普及读物 IV. TG17-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 28000 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

暨南大学出版社(广州天河,邮编 510630)

<http://www.jnu.edu.cn>

责任编辑: 宋成斌

印 刷 者: 北京市丰华印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 **印 张:** 6.125 **字 数:** 122 千字

版 次: 2000 年 6 月第 1 版 2000 年 7 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-81029-929-8/G·130

印 数: 5001~10000

定 价: 12.00 元

《院士科普书系》编委会

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (按姓氏笔划排序)

王佛松	王 越	王 夔	方智远	卢永根
母国光	旭日干	刘大响	刘元方	刘鸿亮
关 桥	汤钊猷	许根俊	孙鸿烈	李大东
李廷栋	李依依	杨 乐	吴有生	吴德馨
何凤生	何鸣元	汪旭光	汪品先	陆建勋
陈可冀	陈运泰	陈建生	陈厚群	范维唐
季国标	金怡濂	周干峙	周永茂	周 恒
郑健超	赵忠贤	胡仁宇	钟万勰	钟南山
洪德元	姚福生	秦伯益	顾诵芬	钱七虎
徐冠华	殷瑞钰	黄志镗	龚惠兴	梁栋材

编委会执行委员 郭传杰 葛能全 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学报社)

副主任 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 周继武 蔡鸿程 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有六千余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

十五世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达十四个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了八十多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了五十年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用五十年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。



一九九九年十二月二十三日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题,普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物,于科技知识中融入人文教育,不是一件容易的事。不少院士反映:写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中,科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题,科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言,指出科普是科教兴国的基础工程,勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识”,充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视,对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程,成熟一批出版一批;另一方面随着科学技术的进步和创新,不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此,《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

目 录

1	金属腐蚀——悄悄进行的破坏	
1.1	金属材料——现代物质文明的基础	1
1.2	在博物馆中为何很少见到出土的铁器文物 ...	3
1.3	金属腐蚀——材料科学中的一个重要领域 ...	5
2	一只无形的手使金属腐蚀	
2.1	人类社会为金属腐蚀要付出巨大的代价	8
2.2	能使金属不腐蚀吗	12
2.3	进行金属腐蚀反应的两条途径	17
3	腐蚀速度和腐蚀破坏速度	
3.1	两个速度概念及局部腐蚀	27
3.2	氧的双重作用	38
3.3	一种有害无益的电池——腐蚀电池	43
3.4	腐蚀微电池	58
4	钝化膜——一种奇特的保护膜	
4.1	金属的表面有一层保护膜	65
4.2	钝化膜的破坏者——氯离子	80

4.3	局部腐蚀会自动加速	91
5	自然环境中的金属腐蚀	
5.1	自然环境腐蚀是一个需要重视的问题	100
5.2	大气——最常见的腐蚀介质	106
5.3	土壤——最复杂的腐蚀介质	116
5.4	海水——苛刻而日益重要的腐蚀介质	126
6	腐蚀控制	
6.1	尽可能降低为金属腐蚀而付出的代价	134
6.2	腐蚀控制离不开电化学测量	138
6.3	电化学保护	155
6.4	缓蚀剂	167
6.5	表面保护	173
	结束语	180
	致谢	182

1

金属腐蚀

——悄悄进行的破坏

1.1 金属材料——现代物质文明的基础

劳动创造了人类。人类祖先最早是使用什么材料来制作劳动工具的？主要是用石头。于是历史学家给那个时代专门起了个名字：石器时代。人类在石器时代奋斗了漫长的岁月；据历史学家考证，大约有三百万年左右。然后人类逐渐懂得使用金属材料制作劳动工具和武器。最早使用的是铜和锡的合金，这种合金具有青灰色，称为青铜。这可是人类社会进步中一件了不起的大事！这种合金具有一定的硬度，可以

金属材料是现代物质文明的基础。

铸造、也可以锻造成各种劳动工具、武器和装饰品,生产力提高了许多。武器,人类最早是用来防卫其他动物侵害的,后来也用于部落之间的战争。在学会了使用青铜材料以后,随着生产力的迅速提高和战争规模扩大,原始社会不断解体,产生了奴隶社会。奴隶主除了用青铜材料制造劳动工具和武器外,还用来制造表示其身份的礼器。这个时代后来被历史学家称为“青铜时代”。据说在中国,大约在四千年以前,也就是在公元前二千年左右进入了青铜时代。比起三百万年左右的石器时代历史,这可以说是“不久”以前的事了。生产力发展的规律是:发展速度愈来愈快。仅仅过了一千年左右的时间,人类学会了冶铁,进入了“铁器时代”。中国大约在二千六、七百年以前的春秋时期,已在农业、手工业生产上广泛使用铁器。我国最早的关于使用铁制器具的文字记载是著名的历史文献《左传》中晋国的铸铁鼎。

铁器时代是人类发展史中的一个极为重要的时代。铁器坚硬,刃口锋利,韧性高。铁器的广泛使用,使人类生产工具的制造进入一个全新的领域,生产力得到极大的提高。铁制造的武器杀伤力也大为提高,使战争中的伤亡更为惨烈。铁器的使用,推动了世界上一些民族从奴隶社会进入封建社会。以后,人类又学会了炼钢,发明了各式各样的机器,特别是发明了蒸汽机,学会了发电,除了会炼多种具有不同强度和硬度的钢材外,还会冶炼各种其他金属及其合金,使人类从以农业生产为主的农业社会进入以工业生产为主的工业化社会,形成了人类社会的现代物质文明。在现代社会中,金属材料的用量愈来愈大,品种也愈来愈多。现在人们把钢

人们把钢铁材料统称为“黑色金属”材料,而把钢铁以外的其他金属材料统称为“有色金属”材料。

铁材料统称为“黑色金属”材料,而把钢铁以外的其他金属材料统称为“有色金属”材料。可以毫不夸张地说,各种金属材料,特别是黑色金属材料,是现代物质文明的基础。

也许有人会问,现在信息经济时代已经到来,在信息经济社会中,金属材料还会是物质文明的基础吗?回答是肯定的。因为人类的生存与发展,离不开“衣食住行”,其中哪一项都离不开金属材料。就是信息的传播与交流,也离不开金属材料。庞大的混凝土建筑,是由混凝土和无数钢筋形成的混凝土构件砌筑而成的。大江边上的混凝土防洪墙,如果偷工减料,混凝土中没有钢筋或钢筋太少,在洪水的冲击下就会倒塌溃决,成为“豆腐渣工程”。

1.2 在博物馆中为何很少见到出土的铁器文物

我国是具有五千年文明史的文明古国,在全国各地有很多历史博物馆。一般在历史博物馆中都陈列有从古代墓葬中挖掘出土的古代文物。考古学家可以像我们读历史书那样从这些文物上读出古代历史来。在历史博物馆出土的古代金属文物中,我们很少见到铁器文物,却可以看到很多古代青铜器文物,像作为礼器的青铜鼎,作为实用器具的青铜盘、杯、镜等等,不过它们都是锈迹斑斑,呈现绿色,其中有些铭刻的文字和图案已经漫漶不清,只有出土的金器却像新的那样。为什么会这样?这是因为钢铁和青铜在土中遭受着悄悄的破坏——腐蚀(corrosion),在土中钢铁比青铜腐蚀得

钢铁生锈是金属腐蚀的一种形式,如果不采用适当的防护措施,过了一定时间,钢铁材料就不能起到它应有的作用。

更快。经过漫长的岁月,古代墓葬中即使有铁器的话,也大多已变成了铁锈。而金在土中基本上不腐蚀,所以出土的金器除了有些变色以外,仍像新的一样。

有许多成语,仔细想想,还是很有意思的。例如,我们有一句成语说:沙里淘金。确实,将金粒从金矿的大量砂粒中淘洗出来是生产金的一种主要方法。自然界中偶尔还可能发现大块的金块。但从砂里淘不出铜或铁来,在自然界中,它们只以化合物的形式存在于相应的矿石中。这是为什么?这道理是同我们在历史博物馆中可以看到完好的金制的文物但却只能看到锈蚀斑斑的青铜文物和很少看到铁器文物的道理是一样的。我们以后会说明这个道理。现在我们先来研究一下另一句成语:我们有时用“钢铁长城”来表示坚不可摧的可靠保障。不错,钢铁坚硬而韧,用钢铁构筑的长城用一般的武器确实是很难破坏的。装甲车、坦克等不就是用钢板保护的吗?同样的意思还有如用“钢铁意志”表示意志非常坚强等。可是我们也得注意,普通的钢铁即使在大气中也会受到悄悄进行着的破坏——生锈。钢铁生锈是金属腐蚀的一种形式,如果不采用适当的防护措施,过了一定时间,钢铁材料就不能起到它应有的作用。横跨长江的长江大桥的护栏是钢铁材料制成的。它的表面一定要涂刷油漆,使它不会被悄悄地破坏掉。可是油漆层也经不住日晒雨淋,隔了一定时间就要进行维护,把不再起保护作用的旧的油漆层清除掉,刷上新的油漆层。于是有的大桥就常年有工人在进行刷油漆层的维护工作防止钢铁构件表面腐蚀。从桥的这一头维护起,工作到桥的另一头时,正好又要从桥的这一头开