

高等学校教材

现代环境科学导论

第二版

◎ 盛连喜 主编

◎ 曾宝强 边红枫 冯江 副主编



化学工业出版社

高等学校教材

现代环境科学导论

第二版

盛连喜 主编

曾宝强 边红枫 冯 江 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以人类与环境的和谐发展为主线,阐述了人类在自然环境中的地位与作用、地球环境的形成与演变、当今世界和我国社会发展中所面临的主要环境问题及对策;简明扼要地介绍了生命系统的宏观各层次、生态系统服务与管理 and 可持续发展的基本理论,以及环境规划与管理、环境监测与环境影响评价的主要方法和新进展;补充了产业生态学的理论及实践。为便于教学,在每一章的后面还设计了“教与学互动工作坊”。

本书可作为高等学校非环境类专业进行环境教育的教材,也可供生态学、自然保护区工作者、相关科技人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代环境科学导论/盛连喜主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2011.8
高等学校教材
ISBN 978-7-122-11825-7

I. 现… II. 盛… III. 环境科学-高等学校-教材
IV. X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 138116 号

责任编辑:梁虹 陈有华
责任校对:周梦华

文字编辑:刘志茹
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印刷:北京云浩印刷有限责任公司
装订:三河市前程装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张19¼ 字数369千字 2011年8月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:32.00 元

版权所有 违者必究

序

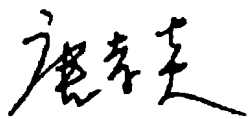
东北师范大学环境科学系和香港教育学院公民环境教育中心的一批年轻学者，为推进我国高等学校的环境教育，在教材的建设上进行了积极的探索。这是一件很有意义的事，故欣然赋笔，为其作序。

在各届高等学校环境科学和环境工程学两个专业教学指导委员会的连续努力和支持下，“九五”期间，我国高等学校环境科学专业的教材建设取得了长足进步，修订或新编了一批质量高、深受广大师生好评的“面向 21 世纪课程教材”，为本学科的教学和人才培养提供了基本保证。然而，非环境类专业的环境教育，包括全体公民的环境教育，可以说是个较薄弱的环节，尤其是教材内容的体系构建，有着充足的探索空间。该教材的编者根据多年的教学实践大胆地进行了这种探索，在教材体系的构建和内容的选取上很有特色和新意。

环境科学的发展非常迅速，究其根源固然与时代的特征有关，但是最本质的还是学科自身的特点，即学科研究内容与人类社会的密切关系以及由学科综合性所体现的与其他学科的交叉和融合。这些特点使环境科学具有了极强的生命力，成为 21 世纪备受重视的学科之一。也正是由于这些特点，该学科不仅一直高度关注相关学科的不断进步，并以此来丰富教材的内容，同时又十分重视人文科学在环境科学中的特殊作用。尤其是“可持续发展”理论的提出与实施，对环境科学的发展产生了重大影响。教材的编者充分认识到了学科的这些变化，在体系的构建上尽量体现这种发展趋势。这对于非环境专业的学生正确认识这门学科，对于激发学生学习这门学科的激情都是很有益的。

与国外或境外同行学者合作编写教材，是缩小我们与国际前沿差距的有效途径，也是成功之经验。本教材由东北师范大学环境科学系与香港教育学院公民环境教育中心共同编写，体现了学术交流与合作的精神。这是值得称道之处。

探索固然是可贵的，但它又意味着是一个不断完善的过程。我相信，读者们会以积极的态度支持编者，使这本教材能为我国环境教育发挥更大的作用。



2001 年 11 月于北京

前 言

《现代环境科学导论》(第一版)出版已整十载。实事求是地讲,根据目前所收集到的信息,读者对此书的反响还不错,选用作为教材或参考教材的学校较多,台湾的出版商还购买了本书的版权。有的学者甚至认为,这本教材是中国大陆学者对环境科学学科认识的一个代表。我以为,之所以有这样的效果和反响,首先是在知识结构的体系上,教材体现了学科发展方向,即在承认科学技术对解决环境问题的重要作用的同时,强调了人类的自觉性、科学管理和可持续发展等理念在环境科学中的特殊地位及作用;其次,教材的编写形式在当时是有特点的,教与学互动工作坊(Teaching and Learning Workshop)虽是一次尝试,但是效果不错。

基于上述判断,本次修订再版时仍保留第一版的体系和章节,主要对各章节的内容和知识点等予以更新和丰富,个别章节的内容作了微调。这次再版,由于作者工作的变动,个别章节的编写人员有所变动,感谢几位新作者的参与和支持,其中,第7章由刘静玲、王雪梅编写,第10章由边红枫重新编写,陈冲参与了第8、9章的编写,刘静玲、刘丰校对。

最后,要特别感谢刘静玲教授和边红枫副教授,她们为本书的再版做出无私奉献,查阅了大量的文献资料,许多章节都亲自改写或核对,力图保证教材知识的准确性和科学性。

盛连喜

2011年5月于长春

第一版前言

自 20 世纪 70 年代至今,我国大陆已有 200 余所高等学校开设了环境科学类的专业,而且这个数字还在增长。大学已成为我国环境人才培养的主要基地,为我国环境保护事业和环境教育的发展做出了重要贡献。

但是,面对新世纪科学技术的迅速发展,面对我国及全球许多重大环境问题的出现,面对全体国民环境意识的亟待提高和实施“可持续发展”战略的要求,我国的环境教育还必须有一个大的发展。就大学生的环境教育而言,我们也有许多工作要做。几乎所有的学校,非环境专业学生的环境教育还属于自选课程。但值得高兴的是,这门课程的选修人数在迅速增加。怎样才能吸引更多的学生学习环境科学的知识,甚至将其提升为学生必修的公共课程?行政手段固然是十分必要的,但从根本上说,搞好这门课程的教材建设更重要,更有意义。

环境科学是一门新兴的交叉学科,也是 21 世纪最活跃的学科之一。为解决人类社会发展所面临的诸多新的生态环境问题,这门学科的发展很快,新概念、新思路和新方法不断产生。学科领域覆盖面大、研究内容与人类自身利益关系紧密、研究方法综合性强等是这个学科的显著特点。尤其是“可持续发展”理论提出后,环境科学在基本理论、人类主体与环境客体关系、人类社会发展的资源观和价值观等方面都发生了重要变化。正是基于上述认识,东北师范大学环境科学系与香港教育学院公民环境教育中心合作,结合多年的教学和公民环境教育实践,构建了这本教材的内容体系,并称之为“现代环境科学导论”。

本书共 10 章,其中第 1 章由盛连喜教授、曾宝强博士编写;第 2 章由许林书教授编写;第 3 章由冯江博士编写;第 4 章由王妮博士编写;第 5 章由王德利教授、王瑞贤博士编写;第 6 章由王妮、盛连喜编写;第 7 章、第 10 章由刘静玲博士、田雨艳编写;第 8 章由尚金城教授、王瑞贤编写;第 9 章由尚金城、张妍博士编写。

教材的各章中增加了教与学互动工作坊(Teaching and Learning Workshop),这也是一次新的尝试。根据现代教育理论,所有的教学活动应以学员(学生)为中心(Learner-centred),学习的目的是培养学员的思维技巧(Thinking skills)、正确的价值观(Value)及行为(Behaviour),学习的中心可以是任何一个课题(Theme),活动的模式是服务中学习(Service learning)。教与学互动工作坊就是根据上述的教育理念而设计的。本书教与学互动工作坊的内容是由曾宝强博士和刘静玲博士设计和编写的。

全书由盛连喜教授(东北师范大学)、曾宝强博士(香港教育学院)定稿。

教材的编写过程中，参阅并引用了国内外许多学者的文献、研究成果和已发表的图表资料，特表示感谢。

书中若有不当之处，敬请广大读者批评、赐教。

编者

2001 年 10 月

目 录

第 1 章 环境与环境科学	1
1.1 环境及环境的分类	1
1.1.1 环境的基本内涵	1
1.1.2 环境的功能和基本特征	5
1.1.3 环境的分类	9
1.1.4 人类在自然环境中的地位与作用	9
1.2 环境科学及其发展	14
1.2.1 环境问题的产生及变化	14
1.2.2 环境科学的形成及其分支学科	18
1.2.3 现代环境科学特征及学科任务	20
思考题	25
教与学互动工作坊	26
推介网站	27
推荐阅读书目	27
第 2 章 人类生存的地球	28
2.1 地球的运动及其结构	28
2.1.1 地球的形状、大小及其地理意义	28
2.1.2 地球的内部结构	29
2.1.3 地球的运动及其环境意义	31
2.2 地球环境的形成与演变	33
2.2.1 地球的诞生	33
2.2.2 地理环境的演变	34
2.2.3 地球的脆弱性	38
2.3 地理环境系统	40
2.3.1 大气环境	40
2.3.2 水环境	44
2.3.3 土壤环境	47
2.4 人类与地球环境	49
2.4.1 世界人口的增长与地球承载力	49
2.4.2 科技进步在环境变化中的作用	52
2.4.3 农业的发展与地球表征的改变	54

2.4.4 主要环境要素与人类社会系统的相互作用·····	55
思考题·····	57
教与学互动工作坊·····	57
推介网站·····	58
推荐阅读书目·····	58
第3章 现代人类社会面临的全球性环境问题 ·····	59
3.1 全球性环境问题概述·····	59
3.1.1 全球环境问题的概念和实质·····	59
3.1.2 全球环境问题的分类·····	60
3.1.3 全球环境问题的特点·····	60
3.1.4 全球环境问题的空间分布·····	61
3.2 全球变暖·····	63
3.2.1 温室效应·····	65
3.2.2 温室气体的来源·····	66
3.2.3 全球变暖产生的影响·····	69
3.2.4 控制全球变暖的对策·····	71
3.3 臭氧层破坏·····	72
3.3.1 臭氧层与臭氧空洞·····	72
3.3.2 臭氧层破坏的原因·····	74
3.3.3 臭氧层破坏对人类及环境的影响·····	75
3.3.4 遏制臭氧层破坏的对策·····	76
3.4 生物多样性减少·····	77
3.4.1 生物多样性的涵义·····	77
3.4.2 生物多样性的价值·····	78
3.4.3 世界生物多样性现状·····	79
3.4.4 生物多样性的危机及其根源·····	80
3.4.5 保护生物多样性的国际行动和途径·····	83
3.5 酸雨·····	84
3.5.1 酸雨的形成·····	84
3.5.2 酸雨的危害·····	86
3.5.3 防治酸雨的措施和途径·····	88
3.6 全球环境问题的发展趋势以及人类采取的主要行动·····	90
3.6.1 全球环境问题的发展趋势·····	90
3.6.2 人类采取的主要行动·····	91
思考题·····	92
教与学互动工作坊·····	92

推介网站	93
推荐阅读书目	93
第4章 中国生态环境特点与面临的主要环境问题	94
4.1 中国生态环境特点	94
4.1.1 地貌	94
4.1.2 气候	95
4.1.3 自然资源	95
4.1.4 生物资源	99
4.1.5 脆弱性生态环境	102
4.2 中国环境问题历史演变	108
4.2.1 古代的环境问题	108
4.2.2 近代的环境问题	109
4.2.3 现代的环境问题	109
4.3 当代中国面临的主要环境问题	110
4.3.1 水环境状况	110
4.3.2 土壤环境状况	114
4.3.3 大气环境状况	116
4.3.4 城市生态环境状况	116
4.3.5 森林面积锐减与草原退化	118
4.3.6 农业生态环境问题与“持续农业”的兴起	120
4.3.7 生物资源与自然保护	122
4.3.8 中国为保护人类生存环境所作的贡献	123
思考题	125
教与学互动工作坊	126
推介网站	127
推荐阅读书目	127
第5章 生物系统与生态系统	128
5.1 生物系统及其层次	128
5.2 种群	129
5.2.1 种群的基本特征	129
5.2.2 种群的年龄结构和性比	130
5.2.3 种群增长及增长方式	131
5.2.4 种间关系	132
5.3 群落	134
5.3.1 群落的基本特征	134
5.3.2 群落的结构	135

5.3.3 群落的演替	136
5.3.4 群落对干扰的反应	137
5.4 生态系统	137
5.4.1 生态系统的组成	137
5.4.2 生态系统的类型	139
5.4.3 食物链与食物网	140
5.4.4 营养级与生态金字塔	141
5.4.5 生态系统的功能	142
5.4.6 生态平衡	154
思考题	157
教与学互动工作坊	157
推介网站	158
推荐阅读书目	158
第6章 生态系统服务与生态系统管理	159
6.1 生态系统服务	159
6.1.1 生态系统服务的概念	159
6.1.2 生态系统服务的内涵	161
6.1.3 生态系统服务的价值评估	164
6.1.4 生态系统服务功能价值的分类系统	169
6.1.5 生态系统服务功能估价的意义	171
6.1.6 生态系统服务功能评价方法	173
6.2 生态系统管理	175
6.2.1 生态系统管理的内涵	175
6.2.2 生态系统管理的实施	176
6.2.3 生态系统管理的基本要求与框架	178
6.2.4 生态系统管理的有效途径	178
思考题	189
教与学互动工作坊	189
推介网站	190
推荐阅读书目	190
第7章 可持续发展和公众参与	191
7.1 生态伦理的原则	191
7.1.1 生态伦理的意义	191
7.1.2 生态伦理的基本原则	191
7.2 可持续发展及指标体系	192
7.2.1 可持续发展	192

7.2.2	可持续发展的原则	193
7.2.3	可持续发展指标体系	193
7.3	公众参与的途径	195
7.3.1	公众参与的意义与作用	195
7.3.2	公众参与的类型	196
7.3.3	公众参与方式	196
7.4	公众参与模式	197
7.4.1	公众参与模型	197
7.4.2	影响公众参与的因素	198
	思考题	199
	教与学互动工作坊	199
	推介网站	199
	推荐阅读书目	199
第8章	环境规划与管理	200
8.1	环境规划与管理的基本内容	200
8.1.1	环境规划与管理的意义及关系	200
8.1.2	环境规划与管理的基本任务和类型	202
8.1.3	环境规划与管理的目标与指标体系	203
8.1.4	环境评价和预测	204
8.1.5	环境功能区划与管理	205
8.1.6	环境规划管理方案的生成和决策过程	206
8.2	水环境规划与管理	208
8.2.1	水环境规划与管理的时空尺度	208
8.2.2	水环境规划与管理目标与指标框架	208
8.2.3	水环境容量与总量控制	209
8.2.4	水环境功能区划与污染控制单元	210
8.2.5	水生态系统健康与修复	210
8.3	区域大气环境规划与管理	211
8.3.1	区域大气环境规划与管理的内容和类型	211
8.3.2	区域社会经济发展能流利用分析	212
8.3.3	区域大气环境功能区划与管理	213
8.4	城市环境规划与管理	214
8.4.1	城市环境规划与管理的内容	214
8.4.2	城市环境规划的程序	215
8.4.3	城市环境规划的管理途径和方法	215
8.5	开发区环境规划与管理	217

8.5.1 开发区环境规划与管理内容	217
8.5.2 开发区环境规划的编制程序	217
8.6 社区环境规划与管理的内容	218
8.6.1 社区环境规划的内容	218
8.6.2 社区环境管理的内容	220
8.6.3 可持续社区的环境规划与管理	221
思考题	222
教与学互动活动案例	222
推介网站	223
推荐阅读书目	223
第9章 环境监测与环境影响评价	224
9.1 环境监测	224
9.1.1 环境污染与环境监测	224
9.1.2 监测过程的质量保证	227
9.1.3 连续自动监测技术与简易监测方法	230
9.2 环境影响评价	233
9.2.1 环境影响评价概述	233
9.2.2 区域环境影响评价	235
9.2.3 生态与社会经济环境影响评价	239
9.2.4 视觉影响评价	241
9.2.5 累积影响评价	243
9.3 环境风险评价	244
9.3.1 环境影响评价 (EIA) 与环境风险评价 (ERA)	245
9.3.2 环境风险评价 (ERA)	245
9.3.3 环境风险管理 (ERM)	246
9.4 政策环境影响评价	246
9.4.1 政策影响评价内涵	246
9.4.2 政策环境影响评价	247
9.5 战略环境评价	248
9.5.1 战略环境评价 (SEA) 的概念	248
9.5.2 战略环境评价的层次	248
9.5.3 战略环境评价表现形式	248
9.5.4 SEA 与 EIA 的关系	249
9.5.5 SEA 报告内容	249
9.5.6 SEA 方法学研究进展	250
9.5.7 SEA 和可持续发展	251

9.6 EIA 与清洁生产、公众参与	251
9.6.1 环境影响评价与清洁生产	251
9.6.2 环境影响评价与公众参与	252
思考题	255
教与学互动工作坊	255
推介网站	256
推荐阅读书目	256
第 10 章 产业生态学理论与实践	257
10.1 产业生态学的发展与相关理论	257
10.1.1 产业生态学的概念与发展	257
10.1.2 产业生态学研究的内容和意义	259
10.1.3 产业生态系统理论	259
10.1.4 生态经济、生态伦理与生态工程相关理论	263
10.2 产业生态学技术与方法	265
10.2.1 生命周期评价	265
10.2.2 物质流分析与能流分析	269
10.2.3 生态效率与资源生产力分析	273
10.2.4 产业共生	276
10.2.5 面向环境的设计	279
10.3 产业生态学的管理与政策	282
10.3.1 生产者责任的延伸制	282
10.3.2 产品导向环境政策	283
10.4 产业生态学实践	286
10.4.1 产业生态学与企业发展	286
10.4.2 产业生态学在园区层面的应用	287
10.4.3 产业生态学与农业发展	289
思考题	292
教与学互动工作坊	292
推介网站	293
推荐阅读书目	293

第 1 章 环境与环境科学

1.1 环境及环境的分类

1.1.1 环境的基本内涵

自 20 世纪 50 年代末以来,尤其是 70 年代以后,“环境”一词的使用频率越来越高,如生物生存环境、人的生活环境和社会环境及环境污染、环境破坏等。同时,“环境”一词的含义也越来越丰富、多样,如生态学和环境科学中就有不同的描述。在众多的经典学科中,把生命与其生存环境间的相互关系系统地作为主要研究任务的最早学科是生态学,而且生态学发展的早期阶段主要就是研究生物与其生存环境之间的相互关系。相对于生物这一主体,生态学中所指的环境包括非生物环境,如土壤、光照、温度、湿度、空气和水分等,还包括生物环境,如生物同种个体之间和不同种生物之间的竞争、捕食与被捕食、寄生与被寄生之间的关系等。环境科学是一门新兴的学科,它是以人类为主体,研究人类生存、繁衍与所需有关条件之间相互关系的科学。因此,环境科学所指的“环境”与经典生态学中“环境”的在内涵和广度上都有所不同。由此可见,相对于不同主体而言,“环境”的含义是不同的。但若综合各种定义,就共同的实质而言,环境就是相对于某一类生命主体(群体或个体)周围的外部条件的总和,包括主体的存在空间、维持生命活动的能量和物质以及对其产生影响的各种直接或间接因素。具体的内涵视中心体的不同而有所差别。对于人类社会的生存和发展而言,环境包括自然环境和人工环境。前者可以概括为生物圈、大气圈、水圈和岩石圈及其运动的影响,后者指人类自身活动所形成的物质、能量、精神文明、各种社会关系及其产生的作用。

环境是由各种要素所构成的综合体。对于各种自然环境要素,现代环境科学所关注的是其大范围的变动及其对人类的影响,以及人为干扰可能引起的各种异常变化、危害效应和相应的调控对策。

(1) 生物圈

生物圈是自然环境要素的重要组成部分。它是指由自然界中各类生物(动物、植物和微生物)在分布范围内共同组成的有机整体。科学家们估计,地球上的生物种类约有 1300 万~1400 万种,现已登记在册并得到科学描述的有 175 万种,分布范围可达地面以上 10km 的高空和以下 12km 的深海,但生物集中分布

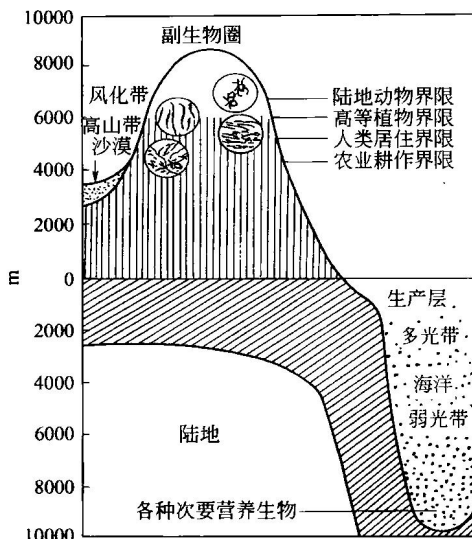


图 1-1 生物圈及生物分布的上下限

和活动的空间多在地表上、下 100m 的范围内 (图 1-1)。生物圈中的各类生物构成了丰富多彩的自然界, 它们之间相互联系、相互制约、相互作用, 维持着自然界的和谐运行和各种生态关系的稳定。生物圈不仅向人类提供许多生活的必需品, 而且还为人类生存环境提供着许多重要的直接或间接服务。

(2) 大气圈

大气圈指包围地球的空气层, 由多种气体成分组成。除水气和杂质外, 未污染的大气组分是清楚的 (表 1-1)。根据各气体成分在大气含量中的相对稳定性, 可分为恒定、可变和不定三部分。氮 (78.09%)、氧 (20.95%) 和氩 (0.93%) 三者占大气总量的 99.97% 且含量稳定, 属恒定的组分。二氧化碳和水蒸气等成分的含量常受地域特征、季节、气候以及人们的生产、生活等活动的影响而变化, 属可变的组分。不定组分主要指尘埃、硫化氢、氮氧化物、氯氟烃 (CFCs) 类温室气体等, 这类组分常受自然灾害和人为因素, 如火山爆发、地震、森林火灾和工业排放的空气污染物等影响。在垂直方向上, 大气的物理性质也有很大的差异, 据此可把包

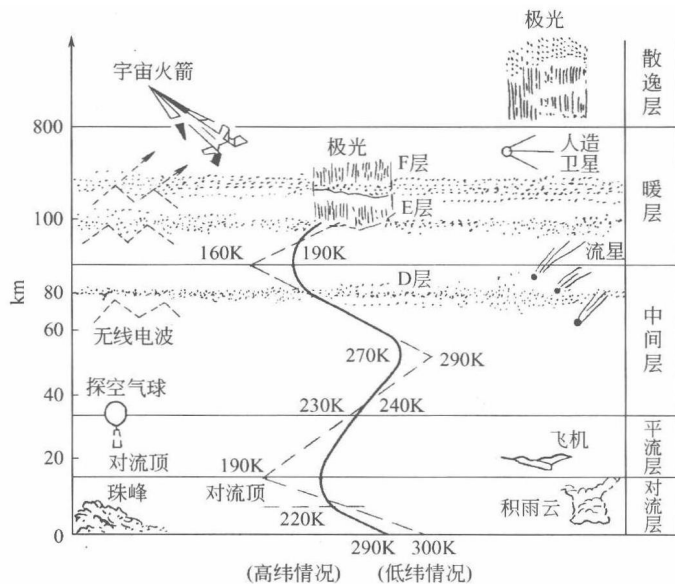


图 1-2 大气圈的垂直分层

围地球的大气分为不同的圈层（图 1-2）。大气圈也是自然环境要素的重要组成部分，它的变化会影响地球的许多环境特征，直接涉及人类和生物的健康甚至生存。随着科学技术的快速发展，人类对大气圈的干扰范围和程度不断增强，保护大气圈安全的问题已越来越引起人们的关注。

表 1-1 洁净大气的组成

组 分	体积分数/%	浓度/ $\times 10^{-6}$	在大气中的质量/ $\times 10^{17}$ kg
氮(N_2)	78.09	780900	38.648
氧(O_2)	20.95	209400	11.841
氩(Ar)	0.93	9300	0.665
二氧化碳(CO_2)	0.03	330	0.0253(数字可变)
氖(Ne)	1.8×10^{-3}	18	0.000636
氦(He)	5.24×10^{-4}	5.2	0.000037
氪(Kr)	1.0×10^{-5}	1.0	0.000146
氢(H_2)	5.0×10^{-5}	0.5	0.000002
氙(Xe)	8.0×10^{-6}	0.08	0.000018
臭氧(O_3)	1.0×10^{-6}	0.01~0.04	数字可变
氡(Rn)	6×10^{-8}	—	—
甲烷(CH_4)		1.5	0.000043
一氧化碳(CO)		0.1	受污染大气中大于此量
一氧化二氮(N_2O)		0.25	受污染大气中大于此量

(3) 水圈

水圈是地球上各类水体的总称，由海洋、河流、湖泊、地下水、冰川和大气中的水蒸气共同构成。海洋是水圈的主体，面积为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，约占全球总面积的 70.8%。海洋中水体的质量为 $1.45 \times 10^{18} \text{ t}$ ，约占全球总水量的 97%。淡水仅占总水量的 2.53%，而且其中的 3/4 分布在南、北极的冰川和冰盖中（图 1-3），人类能够利用的淡水仅占全部淡水的 20%。水圈在调节地球的热量和气候中发挥着重要作用，参与地表的物质和能量转化。同时，水是人类生存必不可少的、最基本的物质之一。保护地球有限的水资源，已成为整个人类刻不容缓的共同责任。

(4) 岩石圈

岩石圈指地球表面及其以下 30~40km 厚的坚硬地壳层。岩石圈中有丰富的地下矿产资源，如石油、煤炭、铁以及铜、金等有色金属和磷、钾、氮等无机元素，它们都是人类社会所必要的生产资料和资源。岩石圈中富含各类化学物质，是植物生长所必需的营养元素。岩石圈还是土壤形成的物质基础，土壤正是以岩石圈表面物理分化而成的疏松层为母质，通过水和有机物质的化学变化以及土壤母质的生物作用，经过相当长的时间积累而形成的。土壤中含有种类繁多的微生物和无脊椎动物，所以土壤是有机界和无机界相互联系、相互作用的产物，是具有独特的组分、结构和功能的开放性物质系统。土壤有两个重要特性，一是具有