



高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

水土保持工程材料与施工

MATERIALS AND CONSTRUCTION OF
WATER AND SOIL CONSERVATION ENGINEERING

刘 静 胡雨村 主编

中国林业出版社

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

水土保持工程材料与施工

刘 静 胡雨村 主编

中国林业出版社

内容提要

本教材包括两大部分内容:水土保持工程材料与水土保持工程施工。水土保持工程材料属于土木工程材料范畴,本教材在讲解材料基本性质的基础上,分8章介绍水土保持工程常用工程材料,包括:无机胶凝材料、砂石材料、混凝土与砂浆、砌筑材料、防水材料、金属材料和土工合成材料。此外,在附录中介绍了土木工程材料试验的取样原则、试验误差的种类和误差范围控制以及试验数字修约的原则,编入了4类基本的材料试验,包括:水泥试验、混凝土用砂石骨料试验、混凝土性能检验和砂浆试验。对常用的工程质量检测技术进行了介绍。

水土保持工程施工部分首先介绍土木工程基本的工种施工方法,包括土工、砖石工、钢筋工、模板工、混凝土工。在此基础上分4章介绍4类水土保持工程的施工方法,包括:集水保土工程施工、山坡固定工程施工、治沟工程和淤地坝施工、河道治理工程施工,并对施工组织 and 施工管理进行扼要的介绍。

本教材适用于水土保持与荒漠化防治专业的本科教学,也可作为水土保持工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水土保持工程材料与施工/刘静,胡雨村主编. —北京:中国林业出版社,2014.2

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材

ISBN 978-7-5038-7357-7

I. ①水… II. ①刘…②胡… III. ①水土保持—工程材料—高等学校—教材 ②水土保持—工程施工—高等学校—教材 IV. ①S157

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第011346号

中国林业出版社·教材出版中心

策划编辑:肖基洪

责任编辑:张东晓

电话:83221489

传真:83220109

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail:jiaocaipublic@163.com 电话:(010)83224477

http://lycb. forestry. gov. cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2014年2月第1版

印 次 2014年2月第1次

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 18.75

字 数 447千字

定 价 38.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材 编写指导委员会

顾问: 关君蔚(中国工程院院士)

刘震(水利部水土保持司司长,教授级高工)

刘拓(国家林业局防沙治沙办公室主任,教授级高工)

朱金兆(教育部高等学校环境生态类教学指导委员会主任,教授)

吴斌(中国水土保持学会秘书长,教授)

宋毅(教育部高等教育司综合处处长)

王礼先(北京林业大学水土保持学院,教授)

主任: 余新晓(北京林业大学水土保持学院院长,教授)

副主任: 刘宝元(北京师范大学地理与遥感科学学院,教授)

邵明安(西北农林科技大学资源与环境学院原院长,
中国科学院水土保持研究所所长,研究员)

雷廷武(中国农业大学水利与土木工程学院,教授)

委员: (以姓氏笔画为序)

王立(甘肃农业大学林学院水土保持系主任,教授)

王克勤(西南林学院环境科学与工程系主任,教授)

王曰鑫(山西农业大学林学院水土保持系主任,教授)

王治国(水利部水利水电规划设计总院,教授)

史东梅(西南大学资源环境学院水土保持系主任,副教授)

卢琦(中国林业科学研究院,研究员)

朱清科(北京林业大学水土保持学院副院长,教授)

孙保平(北京林业大学水土保持学院,教授)

吴发启(西北农林科技大学资源与环境学院党委书记,教授)

吴祥云(辽宁工程技术大学资源与环境学院水土保持系主任,教授)

吴丁丁(南昌工程学院环境工程系主任,教授)

汪 季(内蒙古农业大学生态环境学院副院长,教授)

张光灿(山东农业大学林学院副院长,教授)

张洪江(北京林业大学水土保持学院副院长,教授)

杨维西(国家林业局防沙治沙办公室总工,教授)

范昊明(沈阳农业大学水利学院,副教授)

庞有祝(北京林业大学水土保持学院,副教授)

赵雨森(东北林业大学副校长,教授)

胡海波(南京林业大学资源环境学院,教授)

姜德文(水利部水土保持监测中心副主任,教授级高工)

贺康宁(北京林业大学水土保持学院,教授)

蔡崇法(华中农业大学资源环境学院院长,教授)

蔡强国(中国科学院地理科学与资源研究所,研究员)

秘 书: 牛健植(北京林业大学水土保持学院,副教授)

张 戎(北京林业大学教务处,科长)

李春平(北京林业大学水土保持学院,博士)

《水土保持工程材料与施工》编写人员

主 编：刘 静 胡雨村

副 主 编：许 丽 孙 旭

编写人员：（以姓氏笔画为序）

于庆峰（内蒙古农业大学）

王曰鑫（山西农业大学）

许 丽（内蒙古农业大学）

孙 旭（内蒙古农业大学）

刘 静（内蒙古农业大学）

胡雨村（北京林业大学）

杨久和（内蒙古农业大学）

段海侠（辽宁工程技术大学）

谌 芸（西南大学）

随着社会经济的不断发展,人口、资源、环境三者之间的矛盾日益突出和尖锐,特别是环境问题成为矛盾的焦点,水土流失和荒漠化对人类生存和发展威胁日益加剧。据统计,世界上土壤流失每年 $250 \times 10^8 \text{t}$,亚洲、非洲、南美洲每公顷土地每年损失表土 $30 \sim 40 \text{t}$,情况较好的美国和欧洲,每公顷土地每年损失表土 17t ,按后者计算,每年损失的表土比形成的表土多 16 倍。而我国是世界上水土流失与荒漠化危害最严重的国家之一。全国水土流失面积 $367 \times 10^4 \text{km}^2$,占国土总面积的 38.2%,其中水蚀面积 $179 \times 10^4 \text{km}^2$ 、风蚀面积 $188 \times 10^4 \text{km}^2$,年土壤侵蚀量高达 $50 \times 10^8 \text{t}$ 以上。新中国成立以来,特别是改革开放后,中国政府十分重视水土流失的治理工作,投入巨大的人力、物力和财力进行了大规模的防治工作,尽管如此,但生态环境仍然十分脆弱,严重的水土流失已成为中国的头号生态环境问题和社会经济可持续发展的重要障碍。水土保持和荒漠化防治已成为我国一项十分重要的战略任务,它不仅是经济建设的重要基础、社会经济可持续发展的重要保障,也是保护和拓展中华民族生存与发展空间的长远大计,是调整产业结构、合理开发资源、发展高效生态农业的重要举措,是实施扶贫攻坚计划、实现全国农村富裕奔小康目标的重要措施。

近年来,国家对水土流失治理与荒漠化防治等生态环境问题给予高度重视,水土保持作为一项公益性很强的事业,在“十一五”期间,被列为中国生态环境建设的核心内容,这赋予了水土保持事业新的历史使命。作为为水土保持事业培养人才的学科与专业,如何更好地为生态建设事业的发展培养所需各类人才,是每一个水土保持教育工作者思考的问题。水土保持与荒漠化防治专业是 1958 年在北京林业大学(原北京林学院)创立的,至今在人才培养上已经历了 50 年,全国已有 20 多所高等学校设立了水土保持与荒漠化防治专业,已形成完备的教学体系,但现在必须接受经济全球化的挑战,以适应知识经济时代前进的步伐,找到适合自身发展的途径,培养特色鲜明、竞争力强的高素质本科专业人才。其中之一就是要搞好教材建设。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体,是进行教学的基本工具,也是深化教育教学改革,全面推进素质教育,培养创新人才的重要保证。组织全国部分高校编写水土保持与荒漠化防治专业“十一五”规划教材就是推动教学改革与教材建设的重要举措。

由于水土保持与荒漠化防治专业具有综合性强、专业基础知识涉及面广的特点,既需要较深厚的生态学和地理科学的知识基础,又要有工程科学、生态经济学和系统工程学的基本知识和技能。因此,在人才培养计划制定中一直贯彻厚基础、宽口径、门类

多、学时少的原则，重点培养学生的专业基本素质和基本技能，这有利于学生根据社会需求和个人意向选择职业，并为学生毕业后在实际工作中继续深造奠定坚实的基础。

本套教材的编写，我们一直遵循理论联系实际的原则，力求适应国内人才培养的需要和全球化发展的新态势，在吸纳国内外最新研究成果的基础上，树立精品意识。精品课程建设是高等学校教学质量与教学改革工程的重要组成部分。本套教材的编写力求为精品课程建设服务，能够催生出一批精品课程。同时，力求将以下理念融入到教材的编写中：一是教育创新理念。即以培养创新意识、创新精神、创新思维、创造力或创新人格等创新素质以及创新人才为目的的教育活动融入其中。二是现代教材观理念。传统的教材观以师、生对教材的“服从”为特征，由此而生成对教学矛盾的解决方式表现为“灌输式”的教学关系。现代教材观是以教材“服务”师生，即将教材定义为“文本”和“材料”，提供了编者、教师、学生与真理之间的跨越时空的对话，为师生创新提供了舞台。本套教材充分体现了基础性、系统性、实践性、创新性的特色，充分反映了要强化学生的实践能力、创造能力和就业能力的培养目标，以适应水土保持事业的快速发展对人才的新要求。

本套教材不仅是全国高等院校水土保持与荒漠化防治专业教育教学的专业教材，而且也可以作为林业、水利、环境保护等部门及生态学、地理学和水文学等相关专业人员的培训及参考用书。为了保证教材的质量，在编写过程中经过专家反复论证，教材编写指导委员会遴选本领域高水平教师承担本套教材的编写任务。

最后，借此机会感谢中国林业出版社和北京林业大学对本套教材编写出版所付出的辛勤劳动，以及各位参与编写的专家和学者对本套教材所付出的心血！

教育部高等学校环境生态类教学指导委员会主任 **朱金兆** 教授
高等学校水土保持与荒漠化防治专业教材编写指导委员会主任 **余新晓** 教授

2008年2月18日

水土保持工程材料与施工是水土保持与荒漠化防治专业的一门专业课，为学生在进行水土保持工程设计时正确选用工程材料，以及从事水土保持工程的施工奠定基础。

从 20 世纪 50 年代水土保持专业成立至 2000 年前后，多数院校都没有设置水土保持工程材料和水土保持工程施工课程，仅在水土保持工程学中对各类水土保持工程的施工方法做简要的介绍。20 世纪 90 年代以来，随着国家对水土保持的重视，投资力度不断加大，以骨干坝为代表的水土保持重点工程数量逐渐增多，水土保持工程的设计和施工逐步规范。特别是 SL 204—1998《开发建设项目水土保持方案技术规范》颁布以后，又陆续颁布了规范水土保持工程建设和管理的 SL 289—2003《水土保持治沟骨干工程技术规范》、SL 312—2005《水土保持工程运行技术管理规程》、SL 336—2006《水土保持工程质量评定规程》等一系列行业标准，使水土保持工程建设进一步规范化。这就要求水土保持技术人员掌握水土保持工程材料的主要性质、基本用途，掌握各类水土保持工程的施工方法和质量评定要求。基于水土保持工作的新特点，2000 年以后，各个设置水土保持专业的院校陆续开设了水土保持工程材料与施工课程。然而，相应的教材建设滞后于专业的发展，迄今为止，鲜有水土保持工程材料与施工教材问世。各院校只能选用土木工程类的《建筑材料》或《土木工程材料》作为水土保持工程材料的教材；对于水土保持工程施工部分，往往选用水利工程施工教材，参照水利工程施工的内容讲解。但是，水土保持工程的重点是以山坡固定工程和沟道固定工程为主的土壤侵蚀治理工程以及集水保土工程，主要包括坡面排水工程，各类护坡工程，各类谷坊、淤地坝以及各类水窖、涝池等，而水利工程施工很少涉及上述内容。因此，各院校迫切需要体现水土保持工程特色、适用于水土保持与荒漠化防治专业的专用教材。

本教材按 30 ~ 40 学时编写，主要内容有两大部分。

第一部分为水土保持工程材料。它属于土木工程材料的范畴。水土保持工程重点使用的是结构材料，即构成建筑物受力构件和结构所用的材料，主要有砂、石、水泥、石灰、混凝土和钢筋混凝土等。此外，水土保持工程常常处于水环境中或受水的影响，还要用到防水材料；在施工缝、沉降缝的处理上也要用到密封材料。本教材对上述工程材料分章节进行了专门论述。近年来，在护坡等水土保持工程中，土工合成材料的使用逐渐推广，本书单设一章介绍土工合成材料的基本性质和常用土工合成材料的特点。水土保持工程材料的很多技术指标都是由建材试验测定的，本教材的附录中编入了 4 类试验，目的是使学生了解各类技术指标的测定方法，加强学生对各类材料的性质和影响因

素的理解。试验部分各院校可根据具体情况安排。

第二部分为水土保持工程施工。水土保持工程施工必然涉及土工、砖石工、钢筋工、模板工和混凝土工等基本工种的施工,本教材从应用的角度做了较详细的介绍。水土保持工程施工和水利工程施工相似,要避免水流对施工的干扰,具有短期内高强度施工的特点。但是,水土保持的山坡固定工程、沟道固定工程、集水保土工程和河道治理工程,与水利水电工程相比多属于小型工程,工程建设费用不高,施工必须因地制宜,不能完全照搬水利工程的施工方法,本教材分章较系统地介绍了上述各类水土保持工程的施工方法。

本教材由5所院校的教师共同编写,具体分工如下:北京林业大学的胡雨村编写第6章、第7章和第14章;西南大学的湛芸编写第2章;辽宁工程技术大学的段海侠编写第3章;山西农业大学的王曰鑫编写第5章以及第4章的第6节;内蒙古农业大学的杨久和编写第9章;许丽编写第10章,第11章的第1、2节以及第12章;孙旭编写第8章、第11章的第3节以及第13章的第3节,并协助完成了第11章和第12章基本资料的收集;内蒙古农业大学职业技术学院的于庆峰编写第4章的第1至5节;内蒙古农业大学的刘静编写第1章、第13章的第1节和第2节,以及附录部分。在本教材前7章的编写过程中,编者参阅了大量的国家和相关行业的技术标准,在参考文献中未能一一列出,在此向标准的制订者和出版方致谢!本教材将应用于水土保持工程的建筑材料与水土保持工程施工结合起来是一个新的尝试,特别是水土保持工程施工部分,没有相关教材作为参考。编者必须将各类水土保持工程的技术要点、工程规范和各地的施工经验进行分析、提炼、总结,成为具有科学性、系统性和实用性的教材,这无疑具有很大的难度。由于时间仓促、编者水平有限,教材中不妥之处在所难免,敬请使用者指正。

编 者
2013年4月

序 前 言

第0章 绪 论	1
0.1 水土保持工程材料的特点	1
0.2 水土保持工程施工的特点	2
0.3 本课程的特点和基本要求	2
第1章 水土保持工程材料的基本性质	4
1.1 材料的基本物理性质	4
1.1.1 密度	4
1.1.2 表观密度	4
1.1.3 堆积密度	5
1.1.4 孔隙率	5
1.1.5 密实度	5
1.1.6 空隙率	6
1.2 材料的力学性质	6
1.2.1 材料的强度	6
1.2.2 材料的持久强度和疲劳极限	7
1.2.3 材料的弹性和塑性	7
1.2.4 材料的脆性和韧性	8
1.2.5 材料的硬度与耐磨性	8
1.3 材料与水有关的性质	9
1.3.1 材料的吸水性和吸湿性	9
1.3.2 材料的耐水性	9
1.3.3 材料的抗渗性	10
1.3.4 材料的抗冻性	10
1.4 材料的耐久性	11

第2章 无机胶凝材料	13
2.1 气硬性胶凝材料	13
2.1.1 石灰	13
2.1.2 石膏	17
2.2 硅酸盐水泥	19
2.2.1 硅酸盐水泥的分类及生产过程	19
2.2.2 硅酸盐水泥的矿物组成及水化特征	20
2.2.3 硅酸盐水泥的凝结硬化	22
2.2.4 硅酸盐水泥的技术性质	24
2.2.5 硅酸盐水泥的腐蚀及其防止措施	26
2.2.6 硅酸盐水泥的特性与应用	29
2.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	29
2.3.1 混合材料	29
2.3.2 普通硅酸盐水泥	31
2.3.3 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥	31
2.3.4 复合硅酸盐水泥	34
2.4 其他品种水泥	36
2.4.1 铝酸盐水泥	36
2.4.2 快硬硫铝酸盐水泥	38
2.4.3 快硬硅酸盐水泥	39
2.4.4 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥和低热矿渣硅酸盐水泥	40
2.4.5 膨胀水泥	41
2.5 水泥的选用原则和贮存	42
2.5.1 水泥的选用原则	42
2.5.2 水泥的贮存和保管	43
2.5.3 受潮水泥的处理	44
第3章 砂石材料	46
3.1 砂石材料的技术性质	46
3.1.1 集料的物理力学性质	46
3.1.2 集料的化学性质	50
3.2 砂石材料的级配和组成设计	51
3.2.1 级配曲线	51
3.2.2 集料的组成设计	53

第4章 混凝土与砂浆	59
4.1 混凝土分类	59
4.2 普通混凝土的技术性质	60
4.2.1 新拌早期混凝土的性能	60
4.2.2 混凝土的强度	63
4.2.3 混凝土的耐久性	67
4.3 普通混凝土的组成材料	70
4.3.1 骨料的技术要求	70
4.3.2 水	74
4.3.3 外加剂	74
4.4 普通混凝土的配合比设计	76
4.4.1 混凝土配合比设计的目的	76
4.4.2 混凝土配合比设计的步骤	77
4.5 其他品种混凝土	85
4.5.1 抗渗混凝土 (防水混凝土)	85
4.5.2 抗冻混凝土	86
4.5.3 高强混凝土	87
4.5.4 大体积混凝土	87
4.6 砂浆	88
4.6.1 砂浆的组成材料和技术性质	88
4.6.2 砌筑砂浆	91
4.6.3 其他砂浆	92
第5章 砌筑材料	95
5.1 砌筑用石材	95
5.1.1 天然岩石的主要性质	95
5.1.2 砌筑用石材	96
5.2 砌墙砖	97
5.2.1 烧结砖的主要品种	98
5.2.2 烧结普通砖的技术要求	98
第6章 防水材料	103
6.1 沥青	103
6.1.1 石油沥青的基本性质	103
6.1.2 石油沥青的标准与选用	105

6.2 沥青混合料	107
6.2.1 沥青混合料的分类	107
6.2.2 沥青混合料的技术性质	107
6.3 防水涂料	109
6.3.1 防水涂料的特点和用途	109
6.3.2 常用防水涂料	110
6.4 防水卷材	111
6.5 密封材料	111
 第7章 金属材料	113
7.1 钢材的分类和力学性能	113
7.1.1 钢材的分类	113
7.1.2 钢材的力学性能	114
7.2 建筑钢材的品种选用	116
7.2.1 建筑钢材的主要品种	116
7.2.2 常用钢筋	116
 第8章 土工合成材料	120
8.1 土工合成材料的工程特性	120
8.1.1 土工合成材料的物理性质	120
8.1.2 土工合成材料的力学性质	121
8.1.3 土工合成材料的水力学性质	122
8.1.4 土工合成材料与土的相互作用性质	123
8.1.5 土工合成材料的耐久性	123
8.2 土工织物	124
8.2.1 土工织物的特点	124
8.2.2 土工织物的应用	124
8.3 土工膜	124
8.3.1 土工膜的特点	124
8.3.2 土工膜的应用	125
8.4 其他土工织物	125
 第9章 工种施工	127
9.1 土工	127
9.1.1 土方的开挖和运输	127

9.1.2 土方压实	132
9.1.3 土方工程的冬季和雨季施工	137
9.2 砖石工	139
9.2.1 砌砖	139
9.2.2 砌石	143
9.3 钢筋工	144
9.3.1 钢筋配料	144
9.3.2 钢筋加工	147
9.3.3 钢筋现场作业	150
9.4 模板工	151
9.4.1 模板荷载及侧压力计算	151
9.4.2 常用模板	154
9.5 混凝土工	157
9.5.1 骨料的制备	157
9.5.2 混凝土的拌制	159
9.5.3 混凝土的运输	161
9.5.4 混凝土的浇筑与养护	163
9.5.5 混凝土的冬季与夏季施工	166
第10章 集水保土工程施工	170
10.1 水窖和涝池施工	170
10.1.1 黏土水窖施工	170
10.1.2 浆砌石窖施工	172
10.1.3 混凝土水窖施工	174
10.1.4 涝池施工	176
10.2 梯田施工	177
10.2.1 土坎梯田施工	177
10.2.2 生物埂梯田修筑	180
10.2.3 机修梯田修筑	181
10.3 水土保持整地工程施工	183
10.3.1 水平阶整地	183
10.3.2 水平沟整地	184
10.3.3 鱼鳞坑整地	184
10.4 小型渠道施工	185
10.4.1 渠道开挖	185

10.4.2	渠堤填筑	186
10.4.3	渠道衬砌	187
第 11 章	山坡固定工程施工	191
11.1	坡面排水工程施工	191
11.1.1	截水沟与排水沟施工	192
11.1.2	蓄水池与沉沙池施工	192
11.2	沟头防护工程施工	192
11.2.1	蓄水型沟头防护工程施工	192
11.2.2	排水型沟头防护工程施工	193
11.3	护坡工程施工	193
11.3.1	挡土墙施工	194
11.3.2	锚固护坡工程施工	197
11.3.3	抹(捶)面护坡	198
11.3.4	勾、灌缝护坡	198
11.3.5	土工合成材料护坡	198
11.3.6	植被防护工程施工	199
第 12 章	治沟工程和淤地坝施工	202
12.1	土谷坊施工	202
12.1.1	谷坊的类型	202
12.1.2	土谷坊的施工	202
12.2	碾压式土坝施工	203
12.2.1	土坝坝体施工	203
12.2.2	溢洪道施工	208
12.2.3	泄水洞施工	209
12.3	其他治沟工程施工	209
12.3.1	格栅坝施工	209
12.3.2	木料谷坊施工	210
12.3.3	铁丝笼谷坊施工	210
12.3.4	生物谷坊施工	210
12.3.5	沙棘植物“柔性坝”施工	211
第 13 章	河道治理工程施工	213
13.1	施工导流和截流	213

13.1.1 施工导流的基本方法	213
13.1.2 围堰工程	216
13.1.3 截流	221
13.2 基坑施工	223
13.2.1 基坑排水	223
13.2.2 基坑开挖	226
13.2.3 地基处理	229
13.3 丁坝和顺坝施工	231
13.3.1 丁坝施工	231
13.3.2 顺坝施工	234
第14章 施工组织与施工管理	237
14.1 施工组织设计	237
14.1.1 施工组织设计的作用和内容	237
14.1.2 施工组织设计的编制	238
14.2 施工进度计划	240
14.2.1 施工进度计划的类型	240
14.2.2 施工进度计划的编制	241
14.3 施工总体布置	244
14.3.1 施工总体布置的原则、任务	244
14.3.2 施工总体布置图	244
14.4 工程概预算的基本知识	245
14.4.1 工程概预算的组成费用	245
14.4.2 各项基础资料的确定	247
14.5 施工预算	247
14.5.1 施工预算的作用和编制依据	247
14.5.2 施工预算的内容和编制方法	247
14.6 施工管理	248
14.6.1 施工计划管理	248
14.6.2 施工技术管理	249
14.6.3 施工财务管理	249
14.6.4 安全管理	249
附录 建筑材料试验	251
参考文献	278