



全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

草坪灌溉与排水工程学

苏德荣 主编

中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

草坪灌溉与排水工程学

苏德荣 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

草坪灌溉与排水工程学 / 苏德荣主编. —北京: 中国农业出版社, 2004.6

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-08988-6

I. 草... II. 苏... III. ①草坪-灌溉-高等学校-教材②草坪-排水工程-高等学校-教材 IV. S688.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 042101 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 21

字数: 366 千字

定价: 27.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

草坪科学本科系列教材编写委员会

- 主任 韩烈保 孙吉雄
- 副主任 (按姓氏笔画排列)
- 王明玖 龙瑞军 刘荣堂 苏德荣 张志国
张新全 阿不来提·阿不都热依木 周 禾
俞国胜
- 委 员 (按姓氏笔画排列)
- 干友民 马宗仁 王建光 尹淑霞 田 媛
边秀举 毕玉芬 刘卫东 米福贵 汤楚宙
李贻学 李希来 李新文 李善林 杨志民
杨知建 何胜江 张志翔 张德罡 武三安
呼天明 罗富成 赵 鸣 赵桂琴 姚 拓
聂立水 郭振飞 黄 璜 阎景彩 韩正晟
谢应忠 蔡庆生 薛 明 薛福祥

草坪科学本科系列教材审稿委员会

- 主任 胡自治 陈佐忠 云锦凤
- 副主任 (按姓氏笔画排列)
- 刘 若 孙吉雄 牟新待 李伦良 顾正平
徐 琪 康绍忠

《草坪灌溉与排水工程学》编写人员

- 主 编** 苏德荣
- 副主编** 田 媛 尹淑霞 陈为峰 阎景彩
- 编 者** (按姓氏笔画排列)
- 尹淑霞 (北京林业大学)
- 文亦芾 (云南农业大学)
- 田 媛 (北京林业大学)
- 田存旺 (内蒙古农业大学)
- 杨 芳 (青海大学)
- 苏德荣 (甘肃农业大学 北京林业大学)
- 陈为峰 (山东农业大学)
- 贾生海 (甘肃农业大学)
- 阎景彩 (湖南农业大学)
- 主 审** 康绍忠 (中国农业大学)

本书编写人员

编 者

副主编

主 编

主 审

前 言

城市街道两旁的树木、花草构成了绿色的廊道，公园绿地形成了绿色的斑块，绿色走廊和绿色的斑块共同构成了现代化城市的重要标志——绿网。城市是一定区域的政治、经济、文化和信息中心。因此，一个现代化的城市不仅要具备便捷通畅的道路网、安全方便的能源网（电力、热力）、清洁卫生的水网、四通八达的信息网，还应具备环保生态的绿网。随着我国经济的发展，城市化进程不断加快，人民生活水平不断提高，建设良好的城市生态环境，即构建具有生态功能的绿网成了各级政府、企事业单位的重要议题，近年来城市草坪面积发展迅速就是非常有力的证明。

然而，城市化和建设良好城市生态环境面临着严峻挑战，这就是水资源严重紧缺。目前我国水资源面临的态势是总量不少、分布不均、污染严重。大部分北方地区水资源数量严重不足，特别是北方大、中城市，水资源短缺更为严重。例如，北京年平均降水量 600 mm，而人均水资源量仅为 400 m^3 。天津年平均降水量 604.2 mm，而人均水资源量仅为 153.2 m^3 。部分地区水源污染严重，尽管水多但不能使用，形成水质型缺水，例如上海等一些南方大中城市，均程度不同地存在水质型缺水问题。全球气候变暖，也将加剧水资源的紧缺趋势。我国约有 400 个城市出现水资源紧缺问题。水资源的短缺将突出城市生活用水、工业用水、农业用水与生态环境用水的矛盾，严重影响我国城市化、现代化的进程，制约我国经济社会的可持续发展。因此，在城市绿网建设中，重视城市绿地的用水问题，研究城市绿网的需水量和需水规律、掌握现代城市绿地的灌溉方法与灌水技术，协调城市绿地灌溉与排水的关系，综合开发利用雨水、地面水、地下水、土壤水和城市污水资源，统一管理城市水资源，建设节水型的城市绿地生态系统将是摆在我们面前的重要议题。

城市绿地中的绿色植物主要由乔木、灌木和草本植物构成，由此形成了高、中、低不同的空间层次结构。同时由不同的植物种类、树龄、空间布局、间距等植物配置，形成了不同的城市绿地类型，发挥着不同的生态功能和使用功能。在这些城市绿地中，草坪是城市绿网的重要组成部分。草坪具有与其他城市绿地类似的生态功能和观赏价值，但草坪还具有更多的使用功能，例如城

市广场草坪、足球场草坪、高尔夫球场草坪等运动场草坪。因此，草坪是城市绿地中覆盖面较大、使用功能较多的绿地。其次，草坪主要由草本植物构成，与比较高大的乔木、灌木相比，属于浅根型植物。因此，草坪植物主要供水区域为地表浅层土壤，这部分土壤的土壤含水率和保水能力与深层土壤相比具有更大的可变性。所以，草坪植物对灌溉与排水具有更高的要求。第三，乔木的种植方式为单个的点状种植，在城市绿地中灌木多为带状、片状种植，而草坪是一种连续种植方式。不同的植物种植方式要求不同的灌溉方式。如果说乔木、灌木比较适合局部湿润的灌溉方式，则草坪需要全面湿润的灌溉方式。因此，草坪对灌溉方法具有与乔灌木不同的要求。第四，草坪根系浅、叶片小、需要经常性地修剪，因此，草坪对水分的需求也与乔灌木不同。本书重点以草坪灌溉与排水为主要内容，所介绍的灌溉方法及其基本原理也适用于其他绿地植物。

本书在简要介绍了与草坪灌溉及排水相关的土壤学、植物学、水文气象学基础的基础上，重点介绍了草坪灌溉设备、草坪灌溉系统水力计算原理、草坪喷灌系统规划设计的基本步骤、草坪喷灌系统自动控制、草坪喷灌系统加压泵站、草坪排水系统原理与规划设计以及草坪灌溉与排水系统的施工、安装与管理等内容，并简要介绍了微灌技术（包括微喷灌、滴灌）在草坪中的应用。在注重基础理论体系完整的基础上，强调与实际操作技能的结合。本书除作为城市草坪、园林景观等专业的本科生教材外，还可以作为草地管理、农业、水利、水土保持、环境生态、园艺、城市规划、市政建设、公路等专业技术人员的参考书。

本书第一章由苏德荣、贾生海、文亦芾编写，第二章和第三章由田媛编写，第四章和第五章由苏德荣编写，第六章由田存旺编写，第七章由杨芳编写，第八章由陈为峰编写，第九章由尹淑霞编写，第十章由阎景彩编写，附录由苏德荣编写，书中大部分图件由苏德荣设计制作。初稿完成后由苏德荣、田媛、尹淑霞和陈为峰进行了修改，最后由苏德荣统稿。

本书是全国近十所高等院校从事草坪灌溉与排水教学科研工作有经验的教师集体编写的。经过近两年的齐心努力，从编写大纲的制定、修改到书稿的撰写、修改，每位参编者都付出了辛勤的劳动，共同完成了编写任务。在编写过程中，得到了中国农业出版社、甘肃农业大学教务处和北京林业大学草坪研究所的大力支持。

担任本书主审的是中国农业大学中国农业水问题研究中心主任、长江学者、特聘教授康绍忠同志，他在百忙中抽出时间审阅了全部书稿，从章节安排到细节修改润色都提出了具体建议，使本书的质量有了很大的提高。

在此向各位作者、主审以及提供过帮助与支持的人士和机构表示最诚挚的谢意。

本书是针对高等学校草业科学专业的第一本灌溉与排水工程学教科书，也是城市生态绿地灌溉与排水方面的教学参考书。在城市化进程不断加快、人民生活水平不断提高的时代，对城市环境要求越来越高，使得城市草坪绿地的灌溉、排水科学技术水平也在日新月异地发展，新方法、新材料不断涌现。虽然全体编写人员齐心协力，站在学科发展的前沿搜集素材、选择内容，但书中的部分内容总是滞后于技术发展的步伐，有些最新的理论、方法与材料可能没有及时更新。同时，由于作者水平有限，书中谬误望广大读者给以批评指正。

苏德荣

2004年4月于北京林业大学

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 草坪灌溉与排水的重要性	1
一、水对草坪的重要性	1
二、草坪排水的重要性	4
第二节 草坪灌溉与排水的发展	4
一、草坪灌溉与排水的历史与现状	4
二、草坪灌溉与排水的发展趋势	7
第三节 草坪类型与灌溉方法	10
一、草坪的类型	10
二、草坪的灌溉方法	12
第二章 土壤—水—植物关系	17
第一节 土壤性质及其对草坪灌溉的影响	17
一、土壤质地	18
二、土壤结构	21
三、土壤水分	22
四、土壤有机质	25
五、入渗	26
六、土壤体积和质量	27
第二节 气候特点与草坪灌溉	29
一、降水	29
二、干旱	32
三、风速和风向	33
四、相对湿度	33

五、蒸发和蒸腾	35
六、冻土深度	36
第三节 水资源与草坪灌溉	37
一、水资源	37
二、雨水资源及其利用	40
三、劣质水的回收与利用	42
四、水资源的社会经济条件	44
第四节 草坪灌溉需水量	44
一、草坪草类型与特点	44
二、植物需水量的概念	47
三、植物实际需水量的估算	50
四、影响草坪需水量的因素	52
五、草坪需水量的测定	52
六、草坪灌溉需水量的估算	53
第三章 草坪灌溉设备	55
第一节 喷头	55
一、喷头的种类与工作原理	55
二、喷头的性能	57
第二节 管道	59
一、PVC管道与管件	59
二、PE管道与管件	64
三、金属管道	67
第三节 闸阀	68
一、手动闸阀	68
二、自动控制闸阀	69
第四节 水泵	71
一、离心泵	71
二、井泵	72
三、潜水泵	73
四、变频调速水泵	74
第五节 水源过滤设备	74
一、水源类型	74
二、水源处理方式	75

第六节 微灌灌水器	87
一、对灌水器的基本要求	87
二、微灌灌水器的类型	88
三、微喷头	91
第四章 管道水力学原理	93
第一节 管道水流及其能量	93
一、管道水流	93
二、管道水流流态	93
三、管道水流的基本规律	95
第二节 水头损失与计算	97
一、水头损失及分类	97
二、沿程水头损失计算理论	98
三、沿程水头损失计算经验公式	102
四、局部水头损失计算	103
第三节 串联和分支管道水力计算	108
一、串联管道水力计算	108
二、分支管道水力计算	113
三、沿程出流多孔管道水力计算	115
第四节 管网水力计算	119
一、环形管网	119
二、哈迪-克鲁斯法	120
三、环型管网计算步骤	122
第五章 草坪喷灌系统规划设计	124
第一节 喷灌系统规划设计需要的资料	124
一、地形资料	124
二、土壤资料	125
三、气象资料	125
四、水源资料	126
五、园林规划资料	127
六、法律法规资料	128
七、社会经济资料	129
第二节 喷灌系统的类型与选型	129

一、草坪喷灌系统的类型	129
二、草坪喷灌系统的比较	132
第三节 喷头性能与选型	133
一、喷头工作压力与射程	133
二、喷头工作压力与出流量	133
三、喷头工作压力与水滴打击强度	134
四、喷灌强度	134
五、喷灌均匀度	137
六、喷头的经济性能	137
七、喷头选型	138
第四节 喷头布置	140
一、喷头布置的原则	140
二、喷头布置的基本形式	141
三、喷头布置实践	148
第五节 运动场草坪喷头布置	153
一、足球场草坪喷灌	153
二、棒球场草坪喷灌	156
三、草地网球场喷灌	158
四、草地木球场喷灌	159
第六节 高尔夫球场草坪喷头布置	162
一、高尔夫球场简介	162
二、果岭喷头布置	163
三、发球台喷头布置	165
四、球道喷头布置	167
五、高草区及树木的灌溉	171
第七节 管道布置	171
一、喷灌系统运行方式	171
二、轮灌组的划分	172
三、灌水单元管道布置	175
四、主管道与干管道布置	177
第六章 草坪微灌系统规划设计	179
第一节 草坪微灌系统的特点与组成	179
一、草坪微灌系统的组成	179

二、微灌技术的优缺点	182
第二节 微灌系统的选型与布置	182
一、微灌系统类型的选择	182
二、微喷灌系统的布置	184
三、滴灌系统的布置	186
第三节 草坪微灌系统的设计	189
一、灌溉需水量的确定	189
二、拟定灌溉制度	189
三、轮灌组的划分	190
四、管网布置	192
五、灌溉系统的水力计算	193
六、水泵及动力设备的选择	195
第四节 草坪微灌系统设计实例	196
一、基本资料与灌溉方式	196
二、灌溉制度的确定	196
三、水力计算	197
四、主要设备选型	200
第七章 草坪喷灌系统加压泵站	201
第一节 水泵的选择	201
一、水泵的工作参数	201
二、水泵性能曲线	204
三、水泵的选择	207
四、水泵安装高程的确定	208
五、泵站动力设备的选择	211
第二节 泵站	212
一、泵站位置的选择	212
二、泵站机组的布置	214
三、泵站管道的布置	216
四、泵站的 结构形式	217
第三节 进水建筑物	219
一、泵站前池	220
二、泵站进水池	220

第八章 草坪灌溉系统自动控制	224
第一节 灌溉系统自动控制的意义与类型	224
一、实现灌溉自动控制的意义	224
二、灌溉自动控制的理论基础	226
第二节 灌溉自动控制系统的工作原理	228
一、灌溉自动控制系统的常用类型	228
二、基于自动气象站的中央计算机控制灌溉系统	229
三、时序控制灌溉系统	232
第三节 自动灌溉控制设备	233
一、控制器	233
二、电磁阀	235
三、控制电缆	237
第四节 草坪自动喷灌设计实例	242
一、喷灌设计任务和要求	242
二、设计参数的确定	242
三、水量平衡分析	243
四、喷灌设备选型	243
五、喷头和管网布置	243
六、灌水定额和灌水周期的确定	245
七、系统流量推算	245
八、水力计算	245
九、水泵的确定	246
十、施工安装	246
十一、灌溉系统管理与维护	247
十二、喷灌工程材料清单	247
第九章 草坪排水系统	250
第一节 概述	250
一、排水对植物生长的影响	250
二、排水对草坪土壤理化性状的影响	251
三、草坪排水系统的类型与特点	252
第二节 地表水排水系统	253
一、地表水排水系统的规划布置	253

二、地表水排水系统的规划设计	254
三、地表水排水系统的建筑物	261
第三节 地下水排水系统	266
一、水分在土壤中的运动	266
二、地下水排水系统的作用	269
三、地下暗管排水材料与性能	271
四、地下水排水系统的类型与布置	273
五、地下暗管排水系统规划设计	277
六、草坪地下水排水系统的施工	279
第四节 运动场草坪的排水系统	281
一、足球场草坪地下排水系统	281
二、高尔夫球场果岭和沙坑地下排水系统	282
第十章 草坪喷灌系统施工安装与管理	286
第一节 草坪喷灌系统施工	286
一、施工准备	286
二、施工放样	288
三、土方及基础工程	291
四、埋设管道	293
第二节 草坪喷灌系统安装	293
一、首部安装	294
二、管道安装	294
三、喷头及灌水器安装	298
四、电磁阀安装	300
五、控制器安装	300
六、控制电缆铺设	300
第三节 草坪喷灌系统水压试验	300
一、水压试验	301
二、泄水试验	302
第四节 草坪喷灌工程的竣工验收	302
一、工期验收	302
二、竣工验收	303
第五节 草坪喷灌系统管理	304
一、喷灌管理人员	304

二、运行管理.....	305
三、设施和设备的维修	308
附录	311
主要参考文献	316

第一章 绪 论

草坪的数量与质量是衡量一个城市现代化程度的一个重要指标，也是城市生态环境改善的重要指标。随着人民生活水平的不断提高，人们对草坪绿地的要求也越来越高，由此促进了草坪科学技术的发展。草坪灌溉与排水技术就是草坪发展与管理的重要内容之一。本章简要介绍草坪灌溉与排水在国内外的发
展、草坪类型与灌溉、水对草坪的重要性以及草坪的灌溉、排水方法等，使读者首先对草坪及其灌溉、排水技术有一个简单的了解，在此基础上掌握具体的技术方法。

第一节 草坪灌溉与排水的重要性

一、水对草坪的重要性

要保持草坪的美观，发挥其使用功能和美学功能，就必须经常向草坪提供植物生长所需要的水分。灌溉就是补充自然降雨之不足，为草坪提供水分的重要途径。

(一) 水对草坪植物的生理作用

水是植物体的重要组成部分，没有水就没有生命，也不可能植物。草坪草的含水量一般可达其鲜重的65%~80%。草坪草的含水量与草坪草的种类、组织器官及生长环境有关。通常冷季型草坪草含水量比暖季型草坪草高，不同草坪草种的含水量也不同。例如，正常生长的草地早熟禾叶片的含水量为75%~80%；而日本结缕草叶片的含水量为60%~65%；野牛草的含水量很低，在接近休眠的野牛草叶片中，含水量为50%。同种草坪草生长在不同的环境中，含水量也有差异。生长在荫蔽、潮湿环境中的草坪草，含水量比向阳、干燥环境中的要高。养护管理水平高、肥水充足的草坪草的含水量要高一些。同一植株中，根的水分含量最高，叶中等，茎最低。生长活跃部分（如根尖、幼苗、幼叶等）的含水量一般较高，可达70%~90%。

由于水分子是由两个氢原子与一个氧原子共价结合而成，水分子与水分子