

GUANGAI PAISHUI
XINJISHU

水利水电工程(专科起点本科)专业系列教材

■ 徐建新 主编



灌溉排水新技术

中央广播电视大学出版社

水利水电工程（专科起点本科）专业系列教材

灌溉排水新技术

徐建新 主编

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

灌溉排水新技术/徐建新主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2005. 2

(水利水电工程 (专科起点本科) 专业系列教材)

ISBN 7-304-02958-7

I. 灌… II. 徐… III. ①灌溉-电视大学-教材
②排水-电视大学-教材 IV. S27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014372 号

版权所有, 翻印必究。

水利水电工程 (专科起点本科) 专业系列教材

灌溉排水新技术

徐建新 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-68519502 总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 旷天鑑

责任编辑: 申 敏

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

印数: 0001~5000

版本: 2005 年 1 月第 1 版

2005 年 2 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 21.25 字数: 485 千字

书号: ISBN 7-304-02958-7/TV·19

定价: 28.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

水利水电工程（专科起点本科）专业系列教材

课程建设委员会名单

顾 问 陈肇和

主 任 刘汉东

副主任 段 虹 蒋克中 董幼龙

委 员（按姓氏笔画排列）

王 圻 牛志新 白家骢 白新理 任 岩

孙东坡 孙明权 刘洪建 许士国 李国庆

陈南祥 陈德新 陆桂明 张立中 赵 瑜

赵中极 郭雪莽 鄢小平 陶水龙 徐建新

高辉巧 解 伟

前 言

本书是为中央广播电视大学水利水电工程专业编写的教材，是按照中央广播电视大学开放教育试点灌溉排水新技术课程教学大纲的要求编写的。

灌溉排水新技术是一门专业课，是在向学生介绍灌溉与排水，尤其是在非充分灌溉的基本理论、基本原理基础上，介绍节水灌溉工程规划、设计的基本方法以及现代灌区灌溉控制技术及排水、防涝、防盐方面的新技术和灌区配水等基本知识。本书包括绪论和9章内容。绪论主要论述了我国及世界灌排事业的发展现状及趋势；第1章水分与作物，系统讲述作物与水分关系，土壤—作物—大气连续体水分运动和土壤水分特点及运移特性；第2章作物水分生产函数，主要讲述作物水分生产函数的基本概念、基本公式及传统灌溉制度与非充分灌溉的基本概念及灌溉制度；第3章节水灌溉技术，系统介绍了渠道防渗技术、低压管道输水技术、地面节水灌溉技术及喷灌、微灌、渗灌、水稻节水灌溉技术和雨水集蓄灌溉工程措施等；第4章灌区水资源优化管理介绍了灌区用水及可用水量预测，水库、多种水源、地表水与地下水的联合优化调度基本理论与基本方法，并初步介绍了灌排系统模拟技术；第5章低洼易涝区治理技术，介绍了低洼易涝治理水利工程技术及其他措施；第6章盐碱地改良，介绍了土壤盐分运动数学模型及盐碱地改良主要工程措施及其他措施；第7章灌溉管理评估指标体系，介绍了节水灌溉管理评估指标体系综合评价指标及质量评估指标和质量评估方法；第8章灌溉计划用水，介绍了计划用水的编制，配水计划的编制，计划的执行与调配；第9章灌区现代化管理技术，介绍了量水自动化、IC卡灌溉管理系统、灌溉工程自动化控制技术及计算机在灌排系统管理中的应用等。全书较系统地介绍了灌溉排水的经验与成果。

在本书编写过程中，充分考虑了电大学生以自学为主的特点，在每章的开头写了“学习指导”，说明本章学习的要求和重点，建议应采用的学习方法。在各章的末尾附有“思考题”和“练习题”，引导学生进行复习和自我检测。教材本着少而精和便于自学的原则，基本概念及原理力求准确清楚，灌排工程

规划理论与实际相结合，文字通俗易懂。由于我们的水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

本书由郑州大学吴泽宁教授担任主审，河南省水利科学研究所杨宝中教授级高工，华北水利水电学院陈南祥教授，中央广播电视大学孙天正教授对本书进行了审阅，提出了许多宝贵的修改意见。中央广播电视大学理工部参加了本书的教学设计。对此作者表示衷心的感谢！

本书由华北水利水电学院徐建新、高传昌、谷红梅、张占庞和河北工程学院郭凤台编写。其中绪论和第1、2章由高传昌编写，第3章由谷红梅编写，第4、5章由郭凤台编写，第6、7章由张占庞编写，第8、9章由徐建新编写。全书由徐建新统稿。

教材编写过程中参阅了许多国内外同行的研究成果，如论文、论著、教材等，吸收利用了其中部分成果，在此对各位同行表示衷心的感谢！对未列入参考文献的同行、专家表示深深的歉意。

编 者

2004年11月

目 录

绪 论	(1)
0.1 世界灌溉与排水发展概况及趋势	(1)
0.2 我国灌溉排水研究现状、差距与发展趋势	(3)
0.3 灌溉排水新技术主要内容	(5)
第 1 章 水分与作物	(6)
1.1 作物与水分的关系	(6)
1.2 土壤—作物—大气连续体水分运动	(12)
1.3 土壤水分特点及运移特性	(14)
小 结	(25)
习 题	(26)
第 2 章 作物水分生产函数	(27)
2.1 概 述	(27)
2.2 作物水分生产函数	(31)
2.3 传统灌溉制度	(37)
2.4 非充分灌溉基本概念与灌溉制度	(53)
小 结	(58)
习 题	(58)
第 3 章 节水灌溉技术	(61)
3.1 概 述	(61)
3.2 渠道防渗技术	(64)
3.3 低压管道输水技术	(76)

3.4	地面节水灌溉技术	(88)
3.5	喷 灌	(95)
3.6	微 灌	(115)
3.7	渗 灌	(127)
3.8	水稻节水灌溉技术	(131)
3.9	雨水集蓄灌溉工程	(137)
小 结		(144)
习 题		(145)
第 4 章	灌区水资源优化管理	(147)
4.1	概 述	(147)
4.2	灌区用水量计算及可利用水量预测	(153)
4.3	水库灌区水资源优化调度	(160)
4.4	地面水与地下水联合运用灌区水资源优化调度	(174)
4.5	模拟技术	(181)
小 结		(188)
习 题		(188)
第 5 章	低洼涝渍区治理技术	(189)
5.1	概 述	(189)
5.2	低洼涝渍区除涝防渍标准	(195)
5.3	低洼易涝区除渍防涝的水利工程措施	(200)
小 结		(212)
习 题		(212)
第 6 章	盐碱地改良	(213)
6.1	概 述	(213)
6.2	盐碱土的类型、成因和治理原则	(214)
6.3	土壤水盐运动的数学模型	(220)
6.4	改良盐碱地的主要措施	(221)
6.5	盐碱地改良的其他措施	(235)
小 结		(238)
习 题		(238)

第 7 章 灌溉管理评估指标体系	(239)
7.1 概 述	(239)
7.2 节水灌溉管理评估指标体系	(240)
7.3 节水灌溉综合评价指标	(249)
7.4 灌溉管理质量评估指标	(249)
7.5 灌溉管理质量综合评估	(268)
小 结	(271)
习 题	(271)
第 8 章 灌溉计划用水	(272)
8.1 概 述	(272)
8.2 计划用水的编制	(274)
8.3 配水计划的编制	(277)
8.4 计划的执行与调配	(286)
小 结	(290)
习 题	(290)
第 9 章 灌区现代化管理技术	(292)
9.1 灌区现代化管理主要内容及作用	(292)
9.2 量水自动化技术	(296)
9.3 IC 卡灌溉管理系统	(302)
9.4 灌溉工程自动化控制技术	(306)
9.5 计算机在灌排系统管理中的应用	(314)
小 结	(327)
习 题	(327)
参考文献	(328)

绪 论

0.1 世界灌溉与排水发展概况及趋势

灌溉与排水这一古老工程技术可以追溯到新石器时代。从世界范围而言,有文字记载的最早的灌溉工程是公元前 3400 年左右美尼斯王朝修建在埃及孟菲斯城附近截引尼罗河洪水的淤灌工程。大约在公元前 2200 年,巴比伦在底格里斯和幼发拉底河河谷建造了当时世界上规模最大的奈赫赖万灌溉渠道。中国、印度、古罗马、古波斯等国的灌溉,起源也都很早。伊朗、叙利亚、意大利等国的灌溉,也有几千年的历史。美国在 19 世纪中叶对西部大盐湖河谷地带,开始了移民垦殖,发展灌溉,到了 20 世纪初,美国西部 17 个州进行了以灌溉为主的水利综合开发。公元前 6 世纪,前苏联在阿姆河和刚果河流域开始灌溉,十月革命后,灌溉事业有了较大的发展,主要灌区集中在中亚细亚。

全世界的灌溉面积由 1980 年的 2.07 亿 hm^2 增加到 1995 年的 2.55 亿 hm^2 ,在这 15 年中灌溉面积增加了 20.6%,灌溉用水量增加了 29%。世界上灌溉面积最多的国家为印度,其次为中国、美国和巴基斯坦(见表 0-1)。表 0-1 给出 16 个国家的灌溉状况。现代灌溉是指喷灌、滴灌和微灌等节水灌溉技术。表 0-1 中 16 个国家的灌溉面积占全世界总灌溉面积的 73.7%。由表 0-1 可知,灌溉用水比例大于 50% 的有 11 个国家,现代灌溉面积占总灌溉面积的比例在 61% ~ 100% 之间的有 4 个国家,比例在 31% ~ 60% 之间的有 3 个国家,比例在 11% ~ 30% 之间的有 3 个国家,比例在 0 ~ 10% 之间的有 6 个国家。据预测,全世界人口到本世纪中叶,将增加 47%,而耕地只能增加 4%,为满足未来对粮食的需求,主要靠提高单位面积产量,因此,发展灌溉仍将是今后发展农业的重要措施之一。今后世界灌溉发展的趋势是:①灌溉方面仍将以地面灌溉为主,现代灌溉将有较大的发展;②为缓解水资源紧缺状况,提高灌溉水的利用系数,管道输水、渠道防渗、污水灌溉、雨水利用等可持续灌溉农业和科学的灌溉方法以及节水灌溉技术将日益发展;③改进农田水土管理,提高自动控制技术;④激光平地技术、红外线遥测、遥控等新技术将广泛地得到应用。

表 0-1 世界部分国家灌溉面积统计表 (1995 年)

序号	国 家	总灌溉 面积/hm ² (×10 ⁴)	地面灌溉		现代灌溉		人均水 资源占 有量/ m ³	人均 饮用 水量/ m ³	灌溉 用水 比例/ %
			面积/hm ² (×10 ⁴)	比例/ %	面积/hm ² (×10 ⁴)	比例/ %			
1	以色列	22.0	0.0	0.0	22.0	100.0	365	275	62
2	德 国	53.0	0.0	0.0	53.0	100.0	2 071	579	4
3	奥地利	8.0	0.0	0.0	8.0	100.0	11 012	303	8
4	塞浦路斯	3.3	1.0	30.6	2.3	69.4	764		
5	南 非	122.0	50.0	41.0	72.0	59.0	1 151	561	72
6	法 国	237.0	133.9	56.5	103.1	43.5	3 357	665	21
7	西班牙	340.0	227.0	66.8	113.0	33.2	2 375	781	62
8	美 国	1 999.0	1 472.0	73.6	527.0	26.4	8 952	1 870	35
9	埃 及	323.0	278.0	86.1	45.0	13.9	1 018	913	79
10	意大利	271.0	236.5	87.3	34.5	12.7	2 909	986	51
11	中 国	5 000.0	4 903.0	98.1	97.0	1.9	2 206	461	73
12	土耳其	380.0	375.0	98.7	5.0	1.3	2 800	542	73
13	澳大利亚	181.0	179.1	99.0	1.9	1.0	18 245	933	73
14	印 度	7 616.0	7 538.0	99.0	78.0	1.0	2 083	611	83
15	韩 国	95.6	95.1	99.5	0.5	0.5	1 453	632	70
16	巴基斯坦	1 396.0	1 396.0	100.0	0.0	0.0	2 750	1 278	75

关于国外排水事业,在公元前5世纪中叶,希腊历史学家罗多德曾记载了尼罗谷的排水工程。荷兰的农田排水历史悠久,在世界上享有盛名,它是与围海造地联系在一起。荷兰低于海平面的面积,约占国土的1/4,排除渍水和控制地下水位是荷兰农田排水的主要任务,其暗管排水技术在上世界上处于领先地位。英国的排水,始于13世纪,17世纪初首先使用鼠道式暗管,19世纪中叶,发明了挖沟机等。近100年来,世界上不少国家由于灌区急剧发生土壤次生盐碱化问题,进一步推动了排水事业的步伐。埃及于1909年后,大力发展深沟排水,解决了棉田的盐碱化问题。美国于1849~1850年建立了沼泽地法案,广泛开展了农田排水,到1960年,排水面积达4 100万hm²。日本大规模地发展排水事业,起始于20世纪50年代初期;到80年代中期,暗管排水面积已达水田排水面积的1/3,农田排水工程施工基本上已实现了机械化,大部分排水系统的闸、站建筑物,都实现了管理自动化,做到了雨量、水位、流量和水质等遥测和遥控。在其他工业发达的国家里,目前也多实现了排水工程的施工和管理的现代化。

0.2 我国灌溉排水研究现状、差距与发展趋势

农业是国民经济的基础,水利是农业的命脉。我国是一个农业大国,但却是一个水资源短缺且时空分布不均、旱涝灾害频繁的国家。因此,灌溉排水对我国的农业生产具有十分重要的作用,是实现农业优质生产、低耗高效的重要保障条件。我国的灌排事业历史悠久,特别是新中国成立50多年来,在党和政府的高度重视下,开展了大规模的农田水利基本建设,全国有效灌溉面积从1949年的0.16亿 hm^2 增加到2002年的0.553亿 hm^2 ,在占全国耕地面积41%的灌溉土地上生产了占全国总量3/4的粮食作物和4/5的经济作物,使我国以占世界9%的耕地面积,解决了占世界1/5人口的温饱问题,在保持国家社会稳定和国民经济快速发展的同时,人民物质生活质量不断提高,取得了举世瞩目的业绩,其中灌溉农业发展功不可没。

灌溉排水在中国有特定的历史地位,这是由于中国有一半的国土面积属于缺水的干旱区和半干旱区,其中没有灌溉就没有农业的地区占国土面积的30%,旱灾十分频繁,即使是在雨量较丰沛的南方,由于降雨的时程分配与作物的田间需水要求不够适应,也经常出现不同程度的春旱或秋旱,故仍需灌溉。中国还有一半以上的人口,居住在各大江河的中下游冲积平原区,地面高程大都在汛期的洪水位以下,内水不能自流外排,需要依靠堤防和其他工程措施来防护,因此防洪排涝问题也十分尖锐。

大禹治水的传说,反映了中国治水的悠久历史。公元前16世纪以后,农田沟洫已经有了文字记载,西周时更加有所发展。春秋战国时期,诸侯各国竞相修堤防,开沟渠,灌田通槽,开始了大规模的渠系工程。淮河流域的芍坡(公元前613~公元前591年)、海河流域的引漳十二渠(公元前422年)、长江流域的都江堰(公元前256~公元前251年)、黄河流域的郑国渠(公元前246年)等,都是在这个时期修建的。到了公元前1世纪以后,西汉在宁夏建设的河套灌渠,以及后来的新疆坎儿井等举世闻名的水利灌溉工程无不当时农业的发展做出过巨大贡献,有些工程,如都江堰等至今仍在发挥着效用。

但是随着历史变迁,灌溉发展历经兴衰,到1949年我国灌溉排水基础仍十分薄弱。全国总库容超过1亿 m^3 的大型水库仅6座(其中3座还是电站水库),库容1000万~1亿 m^3 的中型水库只有十几座,灌溉用机电井很少,机电排灌总动力仅有约6万kW。全国的灌溉面积约0.16亿

hm²，而且标准很低，农业生产基本上靠天吃饭。

新中国成立以后，我国的灌溉排水事业得到了迅速发展，创造和积累了许多有益的经验。一是在大力发展灌溉的同时，充分重视排水，做到灌排并重，蓄泄兼顾；二是充分利用水资源，节约水资源；三是因地制宜，针对不同地区的具体情况，采取不同的治理措施。特别是 20 世纪 90 年代以来，我国的灌溉排水新技术有了较大的发展，探索出多种适合不同类型的农业节水发展模式和技术体系，推广应用了渠道防渗、低区管道输水、大田喷灌、棉花膜下滴灌等灌溉节水技术，秸秆覆盖、地膜覆盖、旱地龙抗旱剂、保水剂、优良耐旱品种等农业节水技术。在北方井灌区优先推广了管道输水、喷灌、小畦灌；在黄淮海平原积极发展井渠结合、渠道防渗、管道输水、喷灌、小畦灌；在西北干旱、半干旱地区发展喷灌、滴灌、微喷灌、膜下滴灌、膜上灌等；在西北、西南山丘区，有条件的地方发展集雨节灌；在南方水稻区，大力推广水稻“薄、浅、湿、晒”等节水栽培技术；在东部及沿海发达地区、城市郊区建立现代化农业节水园区，调整作物种植结构，建设高效高标准旱涝保收农田；在山区和丘陵地区，大力发展果树等的喷、微灌；在温室和蔬菜大棚重点发展滴灌；在干旱、少雨、缺水地区，大力推广地膜、生物覆盖、保水性耕作、坐水种等技术，选育抗旱品种，推广抗旱保水剂、蒸腾抑制剂等蓄水保墒措施。电子计算机、遥测、遥控和激光控制土地精细平整等自动化技术已在灌溉排水工程中得到应用；而在灌溉排水基本理论的研究方面，例如，农田“五水”（大气水、地表水、地下水、土壤水、植物水）的转化关系和农田作物蒸发蒸腾量等蒸散发量的研究，“土壤—植物—大气”连续体水分运移规律及其与养分、水、热、化学物质运移结合起来进行的研究，水分胁迫对作物生理生态的影响及其提高水分生产率的机理研究，主要作物经济灌溉定额、节水高效灌溉制度的研究，作物需水规律和各种节水灌溉方法的理论研究，都取得了较大的进展。

建国 50 多年来，我国的灌溉排水建设取得了巨大成绩，对抗御旱涝灾害、改良土壤、发展农牧林业等生产起了重大作用。然而，受自然地理条件和气候条件的约束，水资源紧缺和旱涝灾害频繁正严重制约着我国农业发展的潜力。一方面，供给农业使用的水资源受工业和城乡供水量激增的影响面临持续减少的威胁；另一方面，国民经济的高速发展和人口增长的压力，又迫切要求农业提供更高的产出，从而增加对农业用水的需求。目前，我国农业用水约占全国总用水量的 70%，农业用水的绝大部分为农田灌溉用水，但灌溉水的平均利用率仅为 0.45 左右。可见，我国农业一方面面临着水资源紧张，另一方面农业用水浪费的现象又十分严重。农

业灌溉中普遍存在着输配水系统效率偏低,灌区用水管理粗放,田间灌排应用技术落后,灌排工程不配套、老化失修严重等突出问题,这不仅造成有限水资源的浪费和能源的耗费,还带来较为严重的土壤盐渍化等农田生态环境问题,严重制约着我国农业高效用水的发展。因此,灌溉排水学科应围绕着现代农业的发展,不断向节水高效、环保的领域扩展,作物高效用水生理调控,作物水分信息采集与精量控用水,作物节水高效灌溉制度,劣质水高效安全应用,并渠结合灌区的地表水和地下水联合运用,农业节水的关键技术和设备产品,以及灌溉排水的应用基础研究成为今后研究的发展趋势。

0.3 灌溉排水新技术主要内容

灌溉排水的基本任务是研究技术上先进、经济上合理的各种工程技术措施,调节和改变土壤水分状况和有关地区水情的变化规律,消除水旱灾害和高效利用水资源,促进农业生产稳定的发展。灌溉排水主要研究以下一些基本内容:

(1) 土壤水分、盐分的运移规律,探求作物生长与土壤水分状况、盐分状况之间的内在联系;

(2) 作物水分生产函数及其变化规律;

(3) 作物传统灌溉制度和非充分灌溉原理;

(4) 现代节水灌溉技术的理论与设计方法;

(5) 低洼易涝区治理和盐碱地改良的基本原理和工程技术措施;

(6) 灌区水资源优化管理的基本原理和计算方法;

(7) 灌溉管理理论、配水原理和计算方法;

(8) 灌区现代化管理理论及计算机在灌排管理现代化中的应用。

第1章 水分与作物

学习指导

[学习要求]

1. 深刻理解作物与水的关系及在不同生育过程中的作用；
2. 了解 SPAC 系统水分运动的基本概念；
3. 了解土壤水分状况及其对农作物生长的有效性和适宜土壤含水量的范围；
4. 掌握土壤含水量的各种表示方法及换算关系和描述土壤水分运动的表达式。

[本章重点]

作物对水分状况的要求和土壤水分运动的基本理论。

作物生长所需的基本条件有日光（光能）、热量（热能）、空气（主要为氧及二氧化碳）、水分和养分，称为作物生长的五大因素。其中除日光以外，其他因素全部或部分由土壤提供。农作物需要的水分和养分，主要通过其根系从土壤中获得，空气和热量主要来自大气和太阳的光能，而土壤空气和土壤温度的变化，也直接或间接地影响作物的生长发育。

1.1 作物与水分的关系

作物与水分有极密切的关系。水既是植株体的主要构成成分，又是作物生长发育的主要生态与环境因素。水分的多少与作物生长发育的整个过程有着密切的联系，并最终影响作物的产量。作物水分主要通过根系来源于土壤。因此，农田水分状况不仅直接影响作物的生理活动，而且会通过土壤肥力、农田小气候和农业技术措施等影响作物。因此，必须了解作物与水分的关系及在不同生育过程中的作用，针对不同作物的需水规律和有关因素，采用合理的措施，为作物创造良好的环境条件，充分发挥水对作物的有利作用，避免水分不足或过多的不良影响。

1.1.1 水对作物的生理作用

水是原生质的主要成分。细胞作为植物的结构单位及功能单位，是由细胞壁和原生质体组成的。原生质体外面是质膜，里面是无数颗粒状和膜状的内容物浸埋在衬质中。原生质含水量一般在 80% 以上才可以保持溶胶状态，以保证各种生理生化过程的进行。如果含水量减少，原生质由溶胶状态变成凝胶状态，细胞生命活动将大大减缓（例如休眠种子）。如果原生质失水过多，就会引起生物胶体的破坏，导致细胞的死亡。另外，细胞膜和蛋白质等生物大分子表面存在大量的亲水基团，吸引着大量的水分子形成一种水膜，正是由于这些水分子层的存在，维系着膜分子以及其他生物大分子的正常结构。

水对作物的生理作用，主要表现在以下 5 个方面：

(1) 细胞原生质的重要成分

原生质是细胞的主体，很多生理过程都在原生质中进行。在正常情况下，原生质内含水量为 80% 以上。如果水分不足，原生质内的生理活动便会减弱，甚至停止。

(2) 光合作用的重要原料

作物在生长发育过程中，能利用叶绿素吸收太阳的能量，同二氧化碳和水，制造出有机质，这就是光合作用。光合作用所产生的有机质主要是碳水化合物（糖、淀粉等）。在光合作用中，水是不可缺少的原料，水分不足，就会使光合作用受到抑制。

(3) 一切生化反应的介质

例如， CO_2 进入叶部后，只有溶于细胞液转成液相，才能参与光合作用。各种有机质的合成与分解也必须以水为介质，在水的参与下才能进行。

(4) 溶解和输送养分

作物所需的矿质养分必须溶解于水中才能被利用；各种有机质也只有溶于水才能输送至植物的各个部位。

(5) 保持作物体处于一定形态

作物体内水分充足时，细胞常保持数个大气压的膨压以维持细胞及作物的形态，使正常的生长、生理活动得以进行。例如，使叶片展开，以接受阳光和交换气体；使根尖具有刚性，能够伸入土壤；使花朵开放，便于授粉等。

1.1.2 作物对水的吸收

土壤是作物吸水的源，作物主要靠根系从土壤中吸收水分。由土壤进入作物根系的水流量，既与土壤水分状况有关，也决定于作物根系本身的吸水能力。如图 1-1 所示，在根的横切面上，由外向内依次为根毛、表皮、皮层、内皮层、木质部。表皮是由伸长了的外壁细胞所构成。在这些伸长了的细胞中，有些能够孕育出根毛。作物吸入的水分大部分是经由根毛完成的。皮层系由 6~8 层薄外壁细胞构成。经过一定时间，其侧壁特别是内侧壁可能变厚或木质化。中柱鞘围绕的中心部分为中柱。中柱内的维管束由木质部和韧皮部组成。木质部中有导管和管胞，具有吸收水分并将水分及养分向作物地上部分运送的作用。根系吸水可以用叶面蒸腾产生的拉力和根压产生的上压力加以解释。

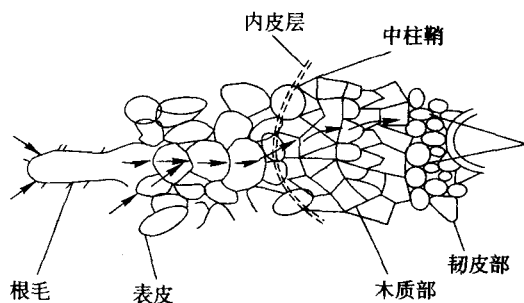


图 1-1 小麦根横切面

1.1.3 作物水分的散失—蒸腾作用

作物吸收的水只有很小一部分（不足 1%）用于组成植物体，其余绝大部分（99% 以上）均通过蒸腾作用以气态形式散失到外界大气中。这种水分散失固然在物理上属于蒸发现象，但却因同时受作物本身的控制和调节，比普通水面蒸发复杂得多，故为区别起见，命名为蒸腾。蒸腾对于作物，既不可避免，亦不可缺少。与普通蒸发一样，只要有水分补给和热能条件，就会产生液态水向气态水转化并向周围的扩散，即从作物向外界的蒸腾。作物为了适应环境维持生活，也缺少不了蒸腾。首先，蒸腾是作物吸收和转运水分的主要动力；第二，蒸腾作用引起的上升液流能使进入作物的各种矿物盐类分配到各个部位；第三，每蒸腾 1 g (20 ℃) 水需消耗

蒸腾拉力：
作物在蒸腾作用下，气孔下腔附近的叶肉细胞因失水而造成细胞溶液浓度增加和体积缩小，因而溶质势和压力势均减小，叶水势的降低会依次传递到茎和根系，进而形成由土壤经过根、茎到叶部的水势梯度，水在水势梯度作用下，就会由土壤进入根系，经过茎上升到叶部，这种吸水是由蒸腾引起的，一旦蒸腾停止，吸水也随之减弱，所以称它为被动吸水。
根压：作物无蒸腾时也会吸水，这时靠根压吸水，它是一种主动吸水。