



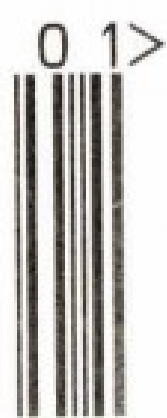
高等学校教材

农田水利学习题试验集

河北农业大学 张增圻 合编
武汉水利电力大学 沈荣开



ISBN 7-80124-370-6



ISBN 7-80124-370-6
定价：15.00 元



高等学校教材

农田水利学习题试验集

河北农业大学 张增圻
武汉水利电力大学 沈荣开 合编

中国水利水电出版社



内 容 提 要

本书是根据高等学校教材《农田水利学》(第二版)编写的配套教材。本书共分三部分:第一部分为习题,与《农田水利学》教材各章内容相对应,共编入各类习题 63 道;第二部分为试验,共编入 8 个试验,涉及土壤水及地下水运动参数测定、地下水渗流规律、各种灌水方法、地下排水及盐碱土冲洗等方面的问题;第三部分为课程设计,共选择了 6 个题目,分别代表了不同的气候条件、地形特征、种植作物、存在问题及其规划设计要求等。

本书除作为高等学校农田水利工程专业的通用教材外,也可供从事农田水利工作的工程师和技术人员参考。

高等学校教材

农田水利学习题试验集

河北农业大学 张增圻
武汉水利电力大学 沈荣开 合编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路 6 号 100044)

北京科水图书销售中心(零售)

电话:(010) 88383994、63202613

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京市兴怀印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16 开本 10 印张 221 千字 3 插页

1994 年 6 月第 1 版 2006 年 12 月第 5 次印刷

印数 8991—10490 册

ISBN 7-80124-370-6

(原 ISBN 7-120-01946-5/TV·695)

定价 15.00 元



前 言

本书是根据水利部 1989 年 7 月印发的《1990~1995 高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划（第一部分）》编写的，与武汉水利电力大学郭元裕主编的《农田水利学》（第二版）配套使用。全书共分三部分。

第一部分为习题，共有 63 道题，与《农田水利学》教材各章内容相对应。习题的编写体裁大致是：每一题目都包括“基本资料”、“要求”和“答案”三部分，个别题目没编“答案”；题目深度和难度大一些的，增加了“提示”部分，给学生指出解题的思路和方法；也有个别题目写了“解”，给学生提供解题示例；此外，有几个题目所使用的解题方法，在郭元裕编的《农田水利学》中没有介绍或介绍过于简略的，便在该题之后以“附录”的形式加以补充。

第二部分为试验，共编入 8 个试验，涉及土壤水及地下水运动参数测定、地下水渗流规律、各种灌水方法、地下排水及盐碱土冲洗方面的问题。试验的编写体裁大致是：试验目的、试验原理、试验装置及测量设备、试验步骤及人员分工、数据处理及成果分析，以及思考题等部分。

第三部分为课程设计，共选择了 6 个题目。这些题目代表了不同的气候条件、地形特征、种植作物、存在问题及规划设计要求等。每个课程设计都包括“题目类型”、“基本资料”、“设计内容”及“设计成果”等部分。

在本书编写过程中我们尽量注意选题的代表性，力求使这本教材能适于全国不同地区的兄弟院校使用。

长期以来，全国各兄弟院校之间有相互学习、取长补短、交流经验、交换资料的优良传统。我们在教学中使用的各种题目，不少是在学习兄弟院校经验的基础上集体编写的。在本书编写过程中，兄弟院校的老师又寄来了不少资料，对编写工作给予了大力支持，仅在此我们表示衷心的感谢。

本书的习题与课程设计两部分由河北农业大学张增圻编写，试验部分由武汉水利电力大学沈荣开编写。全书由张增圻统稿。陕西机械学院王云涛担任主审。

由于我们是第一次编写此种类型的教材，经验不足，加之水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1990 年 12 月

目 录

前 言

第一部分 习 题

| | |
|---|----|
| 第一章 农田水分状况和土壤水分运动 | 1 |
| 【习题 1-1】 农田土壤有效含水量的计算 | 1 |
| 【习题 1-2】 土壤入渗水量的计算 | 2 |
| 【习题 1-3】 土壤蒸发计算 (解题示例) | 2 |
| 【习题 1-4】 土壤蒸发计算 | 4 |
| 第二章 作物需水量和灌溉用水量 | 6 |
| 【习题 2-1】 用“以水面蒸发为参数的需水系数法”求水稻耗水量 | 6 |
| 【习题 2-2】 用“以产量为参数的需水系数法”求棉花需水量 | 7 |
| 【习题 2-3】 用(1979年改正的)彭曼公式求潜在腾发量从而计算作物需水量 | 7 |
| 【习题 2-4】 冬小麦播前灌水定额计算 | 19 |
| 【习题 2-5】 用水量平衡方程式估算冬小麦全生育期的灌溉定额 | 19 |
| 【习题 2-6】 西北干旱地区春小麦灌溉制度设计——图解法 | 20 |
| 【习题 2-7】 北方半干旱、半湿润地区棉花灌溉制度设计——图解法 | 21 |
| 【习题 2-8】 南方湿润地区早稻灌溉制度设计——列表计算法 | 21 |
| 【习题 2-9】 水库灌区灌溉用水量计算 | 23 |
| 【习题 2-10】 引水灌区灌水率图的制定 | 24 |
| 第三章 地面灌水方法和田间渠系 | 25 |
| 【习题 3-1】 畦灌灌水技术要素计算 | 25 |
| 【习题 3-2】 沟灌灌水技术要素计算 | 25 |
| 【习题 3-3】 生产单位内部田间渠系工程规划 | 25 |
| 【习题 3-4】 井灌区地下输水管网的水力计算 (解题示例) | 26 |
| 【习题 3-5】 井灌区地下输水管网的水力计算 | 28 |
| 第四章 喷灌和滴灌 | 30 |
| 【习题 4-1】 喷灌强度计算 | 30 |
| 【习题 4-2】 喷灌均匀系数计算 | 30 |
| 【习题 4-3】 喷灌灌溉制度设计 | 31 |
| 【习题 4-4】 喷头组合形式设计 | 31 |
| 【习题 4-5】 固定式喷灌系统规划设计 | 32 |
| 【习题 4-6】 滴灌设计 | 34 |
| 【习题 4-7】 滴灌毛管水力计算 | 35 |

| | |
|--|----|
| 【习题 4-8】 滴灌支管水力计算 | 36 |
| 第五章 灌溉水源和取水方式 | 38 |
| 【习题 5-1】 灌溉取水枢纽型式与位置选择 (解题示例) | 38 |
| 【习题 5-2】 灌溉取水枢纽位置的选择 | 40 |
| 【习题 5-3】 无坝取水渠首工程的水力计算 | 41 |
| 【习题 5-4】 有坝取水渠首工程的水力计算 | 41 |
| 第六章 灌溉渠道设计 | 42 |
| 【习题 6-1】 灌区总体规划 | 42 |
| 【习题 6-2】 渠道水利用系数与渠系水利用系数的计算 | 42 |
| 【习题 6-3】 渠道流量减少时, 渠系水利用系数的计算 | 42 |
| 【习题 6-4】 续灌渠道流量的推算 | 44 |
| 【习题 6-5】 灌溉渠道工作制度的拟定 | 45 |
| 【习题 6-6】 灌溉渠道系统的流量推算 | 45 |
| 【习题 6-7】 土质渠床渠道断面的水力计算 | 46 |
| 【习题 6-8】 护面渠床渠道断面的水力计算 | 47 |
| 【习题 6-9】 上、下级渠道水位衔接设计 | 47 |
| 【习题 6-10】 灌溉渠道纵横断面设计 | 47 |
| 第七章 井灌 | 50 |
| 【习题 7-1】 深层承压地下水资源计算 | 50 |
| 【习题 7-2】 承压含水层抽水降深曲线的计算 | 50 |
| 【习题 7-3】 浅层地下水的多年调节运用计算 | 51 |
| 【习题 7-4】 水井布置规划 | 52 |
| 第八章 田间排水 | 53 |
| 【习题 8-1】 大田蓄水能力计算 | 53 |
| 【习题 8-2】 干旱地区防盐地下水排水沟深度与间距的确定 | 53 |
| 【习题 8-3】 湿润地区稻田排水沟深度与间距的确定 | 53 |
| 【习题 8-4】 半干旱、半湿润地区防盐防渍地下水排水沟深度与间距的确定 | 54 |
| 【习题 8-5】 低平原区竖井排水防渍、防盐及防涝计算 | 54 |
| 第九章 排水沟道系统 | 56 |
| 【习题 9-1】 地区排模经验公式的确定 (解题示例) | 56 |
| 【习题 9-2】 用最大排模经验公式计算排水河道的设计流量 | 59 |
| 【习题 9-3】 用平均排除法计算水网圩区抽水站的排水流量 | 61 |
| 【习题 9-4】 排水沟道系统设计流量的推算 | 62 |
| 【习题 9-5】 圩垸区排水沟道断面选择 | 62 |
| 第十章 分区水利问题及其治理 | 65 |
| 【习题 10-1】 山丘区大、中、小水源工程联合运用水量调配演算 | 65 |
| 【习题 10-2】 采用各种水土保持措施前、后, 土壤流失量的计算 | 66 |
| 【习题 10-3】 河网圩垸区滞涝排水演算 | 71 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 【习题 10-4】 盐渍土冲洗改良措施的制定 | 73 |
| 第十一章 灌溉排水管理 | 75 |
| 【习题 11-1】 某灌区年度引水、配水计划的编制 | 75 |
| 【习题 11-2】 支渠配水计划的编制 | 77 |
| 第十二章 灌排工程经济分析 | 78 |
| 【习题 12-1】 水库灌区工程投资和还本年限的计算 | 78 |
| 【习题 12-2】 水库的经济效益分析 | 79 |

第二部分 试 验

| | |
|---|-----|
| 试验 1 非饱和土壤的入渗特性及渗吸速度测定试验 | 80 |
| 试验 2 野外钻孔法测定渗透系数试验 | 86 |
| 试验 3 利用河(渠)附近地下水动态资料反求水文地质参数的模拟试验 | 90 |
| 试验 4 暗管排水功能试验 | 98 |
| 试验 5 沟灌条件下土壤水分运动规律试验 | 105 |
| 试验 6 喷头水力性能测试试验 | 110 |
| 试验 7 滴灌试验 | 116 |
| 试验 8 盐碱土冲洗试验 | 120 |

第三部分 课 程 设 计

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 课设 1 <i>M</i> 灌区灌溉排水系统的规划设计 | 129 |
| 课设 2 <i>H</i> 垦区排水灌溉系统的规划设计 | 133 |
| 课设 3 <i>Q</i> 灌区灌溉系统的规划设计 | 138 |
| 课设 4 <i>B</i> 湖坑排水系统的规划设计 | 142 |
| 课设 5 <i>G</i> 农场灌溉渠系的规划设计 | 144 |
| 课设 6 <i>S</i> 城郊区菜田喷灌系统规划设计 | 148 |
| 附录 I 农田水利课程设计 1: <i>M</i> 灌区地形图 | |
| 附录 II 农田水利课程设计 2: <i>H</i> 垦区地形图 | |
| 附录 III 农田水利课程设计 3: <i>Q</i> 灌区地形图 | |
| 附录 IV 农田水利课程设计 4: <i>B</i> 湖坑地形图 | |
| 附录 V 农田水利课程设计 5: <i>G</i> 农场地形图 | |

第一部分 习 题

第一章 农田水分状况和土壤水分运动

【习题 1-1】 农田土壤有效含水量的计算

基本资料

某冲积平原上的农田，1m 深以内土壤质地为壤土，其空隙率为 47%，悬着毛管水的最大含水率为 30%，凋萎系数为 9.5%（以上各值皆按占整个土壤体积的百分数计），土壤容重为 $1.40\text{t}/\text{m}^3$ ，地下水面在地面以下 7m 处，土壤计划湿润层厚度定为 0.8m。

要求

计算土壤计划湿润层中有效含水量的上、下限，具体要求有：

- (1) 分别用 $\text{m}^3/\text{亩}$ ， m^3/ha 和 mm 水深三种单位表示有效含水量的计算结果；
- (2) 根据所给资料，将含水率转换为以干土重的百分比及用空隙体积的百分比表示（只用 $\text{m}^3/\text{亩}$ 表示计算结果）。

提示

(1) 计算土壤含水量的方法有：

- 1) 当土壤含水率以占土壤体积的百分比表示时

$$W = \Omega \cdot H \cdot \theta$$

- 2) 当土壤含水率以占干土重的百分比表示时

$$W = \Omega H \gamma_{\pm} \frac{1}{\gamma_{\text{水}}} \theta'$$

- 3) 当土壤含水率以占空隙体积的百分比表示时

$$W = \Omega H n \theta''$$

上列各式中的符号意义如下：

W ——土壤含水量，以若干面积上的立方米计，当 Ω 取亩时，则 W 之单位为 $\text{m}^3/\text{亩}$ ；当

Ω 取公顷时，则 W 之单位为 m^3/ha ；

Ω ——计算面积，一般用亩 (667m^2) 或公顷 (10000m^2)，亦可取其他尺寸的面积；

H ——土壤计划湿润层深度 (m)；

θ ——按体积比计的土壤含水率，即土壤中的水分体积与整个土壤体积的比值；

θ' ——按重量比计的土壤含水率，即土壤中的水分重量与干土重量的比值；

θ'' ——按空隙体积比计的土壤含水率，即土壤中的水分体积与空隙体积的比值；

γ_{\pm} ——土壤容重 (t/m^3)；

$\gamma_{\text{水}}$ ——水的容重，在一般情况下，纯水的容重为 $1\text{t}/\text{m}^3$ ；

n ——土壤空隙率，即土壤中空隙体积与整个土壤体积之比。

(2) 土壤含水量亦可以像降雨量、蒸发量一样，用 mm 水深计，其公式为 $W = 1000H\theta$

(mm)。

式中 1000 为从 m 换算成 mm，其他符号同前。实际上 $\text{m}^3/\text{亩}$ 和 m^3/ha 的量纲与 mm 的量纲相同，皆可与之换算，即

$$1\text{m}^3/\text{亩} = 15\text{m}^3/\text{ha}$$

$$1\text{m}^3/\text{亩} = 1.5\text{mm}$$

$$1\text{m}^3/\text{ha} = 1/15\text{m}^3/\text{亩}$$

$$1\text{m}^3/\text{ha} = 1/10\text{mm}$$

$$1\text{mm} = 1/1.5\text{m}^3/\text{亩}$$

$$1\text{mm} = 10\text{m}^3/\text{ha}$$

答案

见表 1-1-1。

表 1-1-1 有效含水量计算结果

| 项目 | 用 $\text{m}^3/\text{亩}$ 表示 | 用 m^3/ha 表示 | 用 mm 表示 | 项目 | 用 $\text{m}^3/\text{亩}$ 表示 | 用 m^3/ha 表示 | 用 mm 表示 |
|------------|----------------------------|-----------------------------|---------|------------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| W_{\min} | 50.7 | 760 | 76 | W_{\max} | 160.0 | 2400 | 240 |

【习题 1-2】 土壤入渗水量的计算

基本资料

某土壤经试验测定，第一分钟末的入渗速度 $i_1 = 6\text{mm}/\text{min}$ ， $a = 0.4$ 。

要求

运用土壤入渗（渗吸）经验公式计算 30min 内的入渗水量及平均入渗速度，以及第 30min 末的瞬时入渗速度。

答案

$$I = 76.96\text{mm};$$

$$\bar{i} = 2.565\text{mm}/\text{min};$$

$$i_{30} = 1.539\text{mm}/\text{min}。$$

【习题 1-3】 土壤蒸发计算（解题示例）

基本资料

某均质土壤 1m 土层内初始含水率 $\theta_0 = 19\%$ （占土壤体积%，下同），小于临界含水率 θ_c ，土壤水的蒸发处于蒸发强度递减阶段。经测定风干含水率 $\theta_a = 6\%$ ，饱和含水率 $\theta_s = 48.9\%$ 。当含水率小于 30% 时，扩散率 $D(\theta)$ 的计算公式为 $D(\theta) = 4.77(\theta/\theta_s)^{3.876}$ (cm^2/min)

要求

(1) 绘制蒸发强度 ϵ 与时间 t 的关系曲线；

(2) 计算 3 天后 1m 土层内土壤含水率降至多少?

解

1. 绘制 $\epsilon \sim t$ 关系曲线

据题意土壤水的蒸发处于蒸发强度递减阶段, 此时的蒸发强度取决于土壤水的输水能力, 由 [郭元裕主编的《农田水利学》(第二版), 下同] 公式 (1-33), $\epsilon = (\theta_0 - \theta_a) \sqrt{\frac{\bar{D}}{\pi t}}$ 来计算各时的 ϵ 值, 从而绘制 $\epsilon \sim t$ 关系曲线。为此需先求出 \bar{D} 来。 \bar{D} 用式 (1-35) 计算, 即

$$\bar{D} = \frac{1.85}{(\theta_0 - \theta_a)^{1.85}} \int_{\theta_a}^{\theta_0} D(\theta) (\theta_0 - \theta_a)^{0.85} d\theta$$

式中 $\theta_0 = 19\%$;

$\theta_a = 0.06\%$;

$D(\theta) = 4.77 (\theta/\theta_s)^{3.876} \text{ (cm}^2/\text{min)}$;

$\theta_s = 48.9\%$;

所以

$$D(\theta) = 4.77 (\theta/0.489)^{3.876} = 76.34\theta^{3.876}$$

故

$$\begin{aligned} \bar{D} &= \frac{1.85}{(0.19 - 0.06)^{1.85}} \int_{0.06}^{0.19} 76.34\theta^{3.876} (0.19 - 0.06)^{0.85} d\theta \\ &= 0.0675 \text{ cm}^2/\text{min} \end{aligned}$$

用式 (1-33) 计算 ϵ , 即

$$\epsilon = (0.19 - 0.06) \sqrt{\frac{0.0675}{\pi t}} = 0.019 \frac{1}{\sqrt{t}} \text{ (cm/min)}$$

根据上式, 假设不同的 t 值, 计算出相应的 ϵ 值, 见表 1-3-1。

表 1-3-1 不同 t 值时的 ϵ 值计算表

| t (min) | 1 | 10 | 50 | 100 | 500 | 1000 | 10000 |
|---------------------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| ϵ (cm/min) | 0.019 | 0.006 | 2.7×10^{-3} | 1.9×10^{-3} | 8.5×10^{-4} | 6×10^{-4} | 1.9×10^{-4} |

根据表 1-3-1 中计算的数据在双对数格纸上绘制成 $\epsilon \sim t$ 关系曲线, 如图 1-3-1 所示。

2. 计算 3d 后 1m 土层的含水率

3 天内总蒸发量按式 (1-34) 计算, 即

$$E = 2(\theta_0 - \theta_a) \sqrt{\frac{\bar{D}t}{\pi}}$$

式中 t 为 3d 的总分钟 $t = 3 \times 24 \times 60 = 4320 \text{ min}$

故 $E = 2(0.19 - 0.06) \sqrt{\frac{0.0675 \times 4320}{\pi}} = 2.505 \text{ cm}$

1m 土层未蒸发前总水量, 以深度计则为

$$h_{初} = 100H\theta_0 = 100 \times 1 \times 19\% = 19 \text{ cm}$$

3d 后剩余水量为

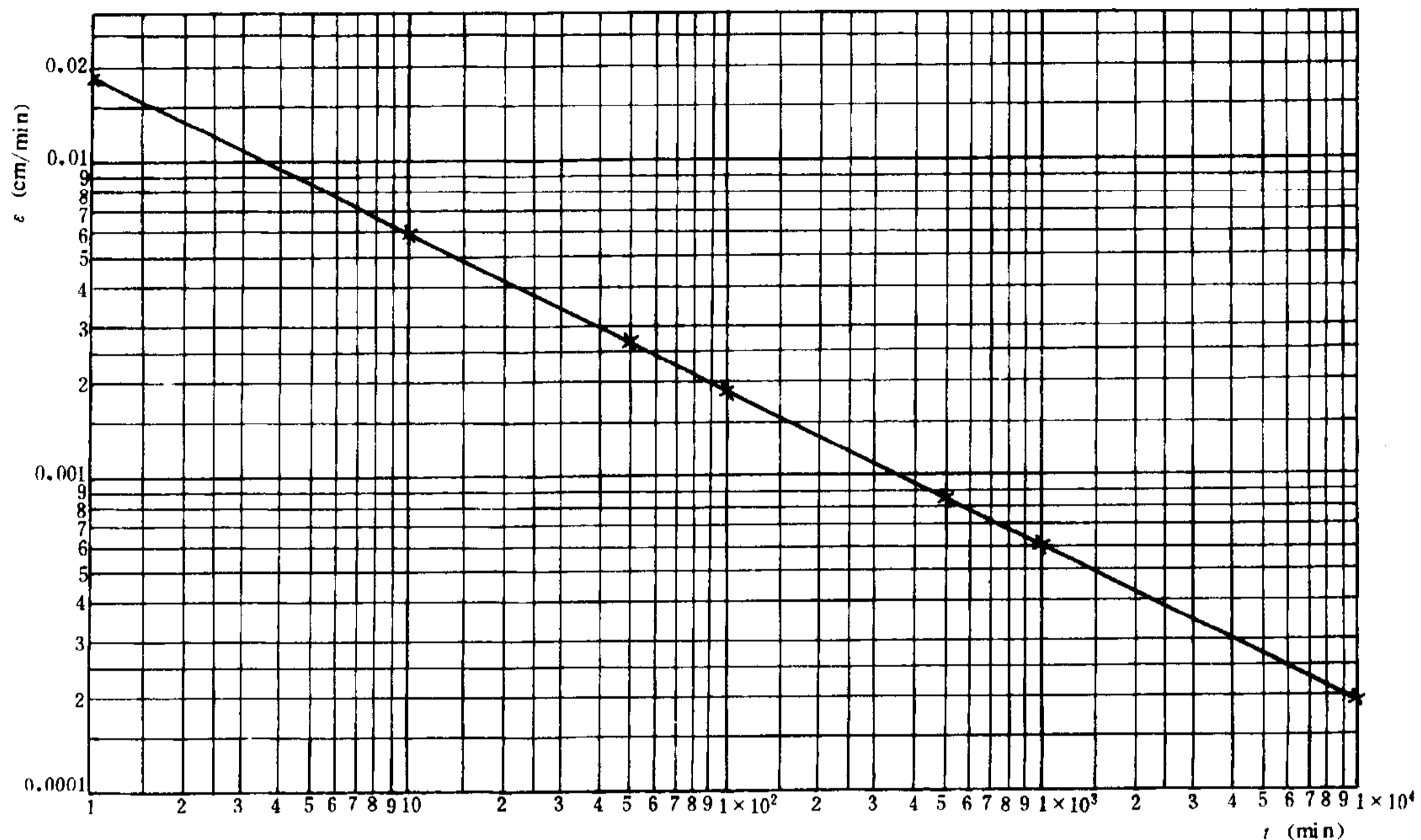


图 1-3-1 $\epsilon \sim t$ 关系线

$$h_{\text{末}} = 19 - 2.505 = 16.495 \text{ cm}$$

按含水率的%计, 则为

$$\theta_{\text{末}} = \frac{h_{\text{末}}}{100H} = \frac{16.495}{100 \times 1} = 16.495\%$$

【习题 1-4】 土壤蒸发计算

基本资料

某均质土壤 1m 土层内初始含水率 $\theta_0 = 18\%$ (占土壤体积的%, 下同), 小于临界含水率。土壤水的蒸发处于蒸发强度递减阶段。经测定风干含水率 $\theta_a = 6\%$, 饱和含水率 $\theta_s = 49.2\%$, 当含水率小于 20% 时, 扩散率 $\bar{D} = 0.0589 \text{ cm}^2/\text{min}$ 。

要求

- (1) 计算不同时间 t 的蒸发强度 ϵ , 并在对数纸上绘制 $\epsilon \sim t$ 关系线图;
- (2) 计算 1d 后、3d 后及 5d 后 1m 土层内的含水量。

答案

- (1) ϵ 与 t 的相应关系, 见表 1-4-1。

表 1-4-1 不同 t 时的 ϵ 值计算表

| t (min) | 1 | 10 | 50 | 100 | 500 | 1000 | 10000 |
|---------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ϵ (cm/min) | 0.0164 | 0.00519 | 0.00232 | 0.00164 | 0.00073 | 0.00052 | 0.00016 |

(2) 在 1、3、5d 后 1m 土层剩余水量，见表 1-4-2。

表 1-4-2

1、3、5d 后 1m 土层剩余水量

| 天 数 (d) | 1 | 3 | 5 |
|----------------|-------|-------|-------|
| 1m 土层内的水量 (cm) | 16.75 | 15.84 | 15.21 |

第二章 作物需水量和灌溉用水量

【习题 2-1】 用“以水面蒸发为参数的需水系数法”求水稻耗水量

基本资料

(1) 根据某地气象站观测资料,设计年4月至8月80cm口径蒸发皿的蒸发量(E_0)的观测资料见表2-1-1。

表 2-1-1 某地蒸发量 (E_0) 的观测资料

| 月 份 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蒸发量 E_0 (mm) | 182.6 | 145.7 | 178.5 | 198.8 | 201.5 |

(2) 水稻各生育阶段的需水系数 α 值及日渗漏量, 见表2-1-2。

表 2-1-2 水稻各生育阶段的需水系数及日渗漏量

| 生育阶段 | | 返 青 | 分 蘖 | 拔节孕穗 | 抽穗开花 | 乳 熟 | 黄 熟 | 全生育期 |
|---------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 起止日期 | 月 | 4 5 | 5 5 | 5 6 | 6 6 | 7 7 | 7 7 | 4 7 |
| | 日 | 26 3 | 4 28 | 29 15 | 16 30 | 1 10 | 11 19 | 26 19 |
| 天 数 | | 8 | 25 | 18 | 15 | 10 | 9 | 85 |
| 阶段 α 值 | | 0.784 | 1.060 | 1.341 | 1.178 | 1.060 | 1.133 | |
| 日渗漏量 (mm/a) | | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | |

要求

根据上述资料,推求该地水稻各生育阶段及全生育期的耗水量。

提示

用式(2-1)计算出各生育阶段的 E 值(注意:取同期的 E_0 值计算),然后加上同期的渗漏量,即为各生育阶段的耗水量,将各生育阶段的耗水量累加,即为全生育期的耗水量。

答案

见表2-1-3。

表 2-1-3 水稻各生育阶段的耗水量

| 生育阶段 | 返 青 | 分 蘖 | 拔节孕穗 | 抽穗开花 | 乳 熟 | 黄 熟 | 全生育期 |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 耗水量 (mm) | 46.93 | 154.55 | 156.59 | 120.14 | 75.95 | 72.56 | 626.72 |

【习题 2-2】 用“以产量为参数的需水系数法”求棉花需水量

基本资料

(1) 棉花计划产量：籽棉 300kg/亩。

(2) 由相似地区试验资料得，当产量为籽棉 300kg/亩时，棉花需水系数 $K = 1.37 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。

(3) 棉花各生育阶段的需水量模比系数，见表 2-2-1。

表 2-2-1 棉花各生育阶段的模比系数

| 生育阶段 | | 苗 期 | 现 蕾 | 开花结铃 | 吐 絮 | 全生育期 |
|----------|--------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 起止日期 | 月 日 | 4 6 至 11 10 | 6 7 至 11 6 | 7 8 至 7 24 | 8 10 至 25 30 | 4 10 至 11 30 |
| 天 数 | | 61 | 26 | 49 | 67 | 203 |
| 模比系数 (%) | | 13 | 20 | 49 | 18 | 100 |

要求

计算棉花各生育阶段需水量累积值，以备在用图解法制定灌溉制度时绘制需水量累积曲线之用。

提示

首先求出全生育期总需水量，然后用模比系数法求各生育阶段的需水量，将阶段需水量逐阶段累加，即可得各生育阶段的累积需水量。

答案

见表 2-2-2。

表 2-2-2 棉花各生育阶段的累积需水量

| 生育阶段 | 苗 期 | 现 蕾 | 花 铃 | 吐 絮 | 全生育期 |
|---------------------------------|------|-------|-----|-----|------|
| 累积需水量 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 53.4 | 135.6 | 337 | 411 | 411 |

【习题 2-3】 用(1979年改正的)彭曼公式求潜在腾发量从而计算作物需水量

基本资料

(1) 华北平原某站位于东经 $115^{\circ}03'$ ，北纬 $38^{\circ}41'$ ，海拔高度 40.09m。该站的多年平均气象资料见表 2-3-1。

(2) 该站的冬小麦作物系数 K_c 值见表 2-3-2。

(3) 该站的棉花生育期为：4月23日播种，10月20日收割，共 181d。全生育期的作物系数为 0.751。

表 2-3-1

某站多年平均气象资料表

| 月份 | 气温 (°C) | | | 平均相对 湿度 RH_{av} (%) | 最大风速 (m/s) | 平均风速 (m/s) | 日照时数 (h/mon) | 降雨量 (mm) | 蒸发量 (mm) |
|----|----------|----------|-------------|-----------------------------|---------------|---------------|-----------------|-------------|-------------|
| | 最高 T_M | 最低 T_m | 平均 T_{av} | | | | | | |
| 1 | 3.3 | -11.2 | -4.6 | 49 | 8.3 | 1.9 | 193.2 | 2.3 | 45.1 |
| 2 | 6.6 | -8.9 | -1.6 | 57 | 8.5 | 2.3 | 180.3 | 6.9 | 58.7 |
| 3 | 13.7 | -1.6 | 5.6 | 57 | 11.0 | 2.7 | 232.2 | 5.9 | 137.2 |
| 4 | 21.8 | 5.4 | 13.8 | 55 | 9.7 | 3.0 | 236.5 | 18.1 | 214.0 |
| 5 | 28.1 | 11.4 | 20.1 | 59 | 8.7 | 2.6 | 283.5 | 27.2 | 283.2 |
| 6 | 32.3 | 16.7 | 24.6 | 62 | 8.4 | 2.5 | 278.0 | 64.5 | 294.5 |
| 7 | 31.8 | 20.5 | 26.2 | 80 | 5.5 | 1.9 | 222.2 | 165.5 | 192.9 |
| 8 | 30.4 | 19.1 | 24.7 | 83 | 5.7 | 1.6 | 218.5 | 204.2 | 152.1 |
| 9 | 27.1 | 12.0 | 19.5 | 77 | 5.6 | 1.4 | 234.5 | 40.9 | 144.9 |
| 10 | 20.9 | 4.8 | 12.6 | 73 | 7.0 | 1.7 | 227.2 | 26.4 | 119.9 |
| 11 | 11.4 | -2.2 | 4.3 | 69 | 7.6 | 2.0 | 182.7 | 8.7 | 65.9 |
| 12 | 3.9 | -8.3 | -2.7 | 62 | 8.8 | 2.0 | 184.0 | 3.1 | 41.5 |

表 2-3-2

某站冬小麦作物系数 K_c 值表

| 生育期 | 播种至分蘖 | 分蘖至返青 | 返青至拔节 | 拔节至抽穗 | 抽穗至灌浆 | 灌浆至成熟 | 全 期 |
|------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 起止日期 | 10月1日 至 10月24日 | 10月25日 至 3月14日 | 3月15日 至 4月17日 | 4月18日 至 5月8日 | 5月9日 至 5月23日 | 5月24日 至 6月14日 | 10月1日 至 6月14日 |
| 天 数 | 24 | 141 | 34 | 21 | 15 | 22 | 257 |
| 作物系数 | 0.58 | 0.58 | 0.93 | 1.52 | 1.28 | 0.65 | 0.88 |

(4) 该站的夏玉米生育期为：6月21日播种，9月28日收割，共100d。全生育期的作物系数为0.838。

要求

- (1) 计算潜在腾发量 E_p ；
- (2) 计算作物需水量 E 。

提示

- (1) 潜在腾发量用（1979年改正的）彭曼公式计算，其方法步骤可参看附录。
- (2) 根据教学要求及学生的具体情况可以采用不同的方案完成此项习题。例如：①可以计算冬小麦各生育阶段的需水量，从而绘出全生育期的需水量累积曲线，以备在进行灌溉制度设计时使用，这就要求分别计算出冬小麦全生育期各月的潜在腾发量 E_p 。②可以计算棉花或夏玉米的全生育期的需水量。③也可以只计算冬小麦某一、两个生育阶段的需水量。

答案

- (1) 逐月潜在腾发量 E_p ，见表 2-3-3。

表 2-3-3

某站逐月潜在腾发量表

| 月 份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| E_p (mm/d) | 1.04 | 1.19 | 2.12 | 3.77 | 4.79 | 5.05 | 4.08 | 3.49 | 2.68 | 1.61 | 0.72 | 1.18 |

(2) 冬小麦需水量累积值 $E_{累}$, 见表 2-3-4。

表 2-3-4 冬小麦需水量累积值表

| 生育阶段 | 播种至分蘖 | 分蘖至返青 | 返青至拔节 | 拔节至抽穗 | 抽穗至灌浆 | 灌浆至成熟 | 全生育期 |
|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $E_{累}$ (mm) | 22.41 | 117.93 | 117.53 | 310.15 | 401.93 | 472.74 | 472.74 |

(3) 棉花全生育期总需水量 $E_{总} = 725.25\text{mm}$ 。

(4) 夏玉米全生育期总需水量 $E_{总} = 301.86\text{mm}$ 。

附录 用 (1979 年改正的) 彭曼公式计算潜在腾发量

彭曼公式问世以来, 得到了广泛的重视, 并在实践检验的基础上加以改进, 因而先后出现了联合国粮农组织 (FAO) 1977 年的改正公式及 1979 年的改正公式。近年来我国各试验站场及科研机构广泛使用 1979 年改正的彭曼公式来计算潜在腾发量, 并制定了各省、市、自治区及全国的潜在腾发量等值线图, 供生产中使用。

1979 年改正的彭曼公式为:

$$E_p = \frac{\frac{P_0}{P} \frac{\Delta}{\gamma} R_n + E_a}{\frac{P_0}{P} \frac{\Delta}{\gamma} + 1}, \text{ mm/d} \quad (2-3-1)$$

现将该公式中各项的意义及其确定方法分别加以介绍:

一、 $\frac{P_0}{P} \frac{\Delta}{\gamma}$

P_0 为海平面的平均气压, $P_0 = 1013.25 \text{ mb}$;

P 为计算地点的平均气压 (mb);

Δ 为气温与饱和水汽压关系曲线上的斜率;

γ 为湿度计常数。

已知计算地点的海拔高度 (m) 及气温 ($T^\circ\text{C}$), 便可从表 2-3-5 中查得 $\frac{P_0}{P} \frac{\Delta}{\gamma}$ 。

表 2-3-5 $\frac{P_0}{P} \cdot \frac{\Delta}{\gamma}$ 的计算值 [根据气温 ($T^\circ\text{C}$) 和海拔高度 (m) 查算值]

| 气温 $^\circ\text{C}$ | 海拔高度 (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | 2600 | 2800 | 3000 | 3200 | 3400 | 3600 |
| 0 | 0.67 | 0.69 | 0.71 | 0.72 | 0.74 | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.93 | 0.95 | 0.97 | 1.00 | 1.03 | 1.05 |
| 1 | 0.72 | 0.74 | 0.75 | 0.77 | 0.79 | 0.81 | 0.83 | 0.85 | 0.87 | 0.89 | 0.92 | 0.94 | 0.96 | 0.99 | 1.01 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.12 |
| 2 | 0.76 | 0.78 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.86 | 0.88 | 0.91 | 0.93 | 0.95 | 0.97 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.07 | 1.10 | 1.13 | 1.16 | 1.20 |
| 3 | 0.81 | 0.83 | 0.86 | 0.88 | 0.90 | 0.92 | 0.94 | 0.97 | 0.99 | 1.01 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.12 | 1.15 | 1.18 | 1.21 | 1.24 | 1.27 |
| 4 | 0.87 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.96 | 0.98 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.08 | 1.11 | 1.13 | 1.16 | 1.19 | 1.22 | 1.25 | 1.29 | 1.32 | 1.36 |
| 5 | 0.92 | 0.94 | 0.97 | 0.99 | 1.01 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.12 | 1.15 | 1.17 | 1.21 | 1.24 | 1.27 | 1.30 | 1.33 | 1.37 | 1.40 | 1.44 |
| 6 | 0.98 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.08 | 1.10 | 1.13 | 1.16 | 1.19 | 1.22 | 1.25 | 1.28 | 1.31 | 1.35 | 1.38 | 1.41 | 1.45 | 1.49 | 1.53 |
| 7 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.12 | 1.15 | 1.17 | 1.21 | 1.24 | 1.27 | 1.30 | 1.33 | 1.36 | 1.40 | 1.43 | 1.47 | 1.51 | 1.55 | 1.59 | 1.63 |
| 8 | 1.11 | 1.13 | 1.16 | 1.19 | 1.22 | 1.25 | 1.28 | 1.31 | 1.35 | 1.38 | 1.41 | 1.45 | 1.48 | 1.52 | 1.56 | 1.60 | 1.64 | 1.69 | 1.73 |
| 9 | 1.17 | 1.20 | 1.23 | 1.26 | 1.29 | 1.32 | 1.36 | 1.39 | 1.43 | 1.46 | 1.50 | 1.54 | 1.58 | 1.62 | 1.66 | 1.70 | 1.74 | 1.79 | 1.84 |
| 10 | 1.25 | 1.28 | 1.31 | 1.34 | 1.37 | 1.41 | 1.44 | 1.48 | 1.52 | 1.55 | 1.59 | 1.63 | 1.67 | 1.72 | 1.76 | 1.80 | 1.85 | 1.90 | 1.95 |
| 11 | 1.32 | 1.35 | 1.39 | 1.42 | 1.45 | 1.49 | 1.53 | 1.57 | 1.61 | 1.65 | 1.68 | 1.73 | 1.77 | 1.82 | 1.86 | 1.91 | 1.96 | 2.01 | 2.07 |
| 12 | 1.40 | 1.43 | 1.47 | 1.50 | 1.54 | 1.57 | 1.62 | 1.66 | 1.70 | 1.74 | 1.78 | 1.83 | 1.87 | 1.92 | 1.97 | 2.02 | 2.07 | 2.13 | 2.18 |
| 13 | 1.48 | 1.52 | 1.55 | 1.59 | 1.65 | 1.67 | 1.71 | 1.76 | 1.80 | 1.84 | 1.89 | 1.94 | 1.99 | 2.04 | 2.09 | 2.14 | 2.20 | 2.26 | 2.32 |
| 14 | 1.57 | 1.61 | 1.64 | 1.68 | 1.72 | 1.77 | 1.81 | 1.86 | 1.91 | 1.95 | 2.00 | 2.05 | 2.10 | 2.16 | 2.21 | 2.26 | 2.32 | 2.39 | 2.45 |