



全国高等农林院校“十二五”规划教材

土壤·水·植物

理化分析教程

张 韪 主编



中国林业出版社

高等农林院校“十二五”规划教材

土壤·水·植物 理化分析教程

张 韪 主编

中国林业出版社

内 容 简 介

本书是针对全国高等农林院校林学、水土保持、植物生产类、环境生态类专业学生编写的实验教材。由土壤理化性质分析、水化学分析、植物养分分析三部分构成,共4篇13章。第1篇(1~5章)为土壤物理性质分析,介绍土壤样品采集制备、土壤水分含量和土水势、土壤颗粒组成及土壤团聚体组成等分析项目;第2篇(6~9章)为土壤化学性质分析,介绍土壤养分、土壤酸碱性及阳离子交换性能、土壤水溶性盐、土壤矿质全量等分析项目;第3篇(10~11章)为土壤水分析,介绍土壤水采集和水样化学性质分析方法;第4篇(12~13章)为植物养分全量分析,介绍植物样品采集制备和养分全量的分析方法。

本书可用作本科生土壤学实验课程教材,以及水文学、生态学、植物生理学等课程的补充实验教材;同时,也可用作相关专业研究生和科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土壤·水·植物理化分析教程/张韞主编. —北京:中国林业出版社,2011.10
全国高等农林院校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5038-6368-4

I. ①土… II. ①张… III. ①土壤-物理化学分析-高等学校-教材②土壤水-物理化学分析-高等学校-教材③植物-物理化学分析-高等学校-教材 IV. ①S151.9②S152.7③Q946

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第218446号

中国林业出版社·教材出版中心

责任编辑:肖基洵

电话:83282720 83220109 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:jaocai@public.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 2011年10月第1版

印 次 2011年10月第1次

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 17.25

字 数 385千字

定 价 30.00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

《土壤·水·植物理化分析教程》 编写人员

主 编 张 韪

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王良梅 (南京林业大学)

刘宝东 (北华大学)

吉艳芝 (河北农业大学)

李素艳 (北京林业大学)

桑 英 (东北林业大学)

余 雕 (西北农林科技大学)

侯洪波 (中南林业科技大学)

张 韪 (东北林业大学)

主 审 孙向阳 (北京林业大学)



PREFACE

前言

多年来,由于受课时和发行量等因素所限,我国林业高校鲜见适用的土壤学本科实验教材出版;对于研究生和科研人员,尽管土壤理化分析方面已有行业标准可依,但与土壤学密切相关的一些水化学分析方法和植物养分分析方法却只能从其他途径获得,在方法选择和操作细节上难免有些偏颇。

本书是针对全国高等农林院校林学、园艺、草业科学、水土保持与荒漠化防治、环境科学等专业学生编写的教科书,由土壤理化分析、水化学分析、植物养分分析三部分构成,可用作本科生土壤学课程的完整实验教材,以及水文学、生态学、植物生理学等课程的补充实验教材。

全书由东北林业大学张韞担任主编,国内多所农林高校相关专业教师参与编写。具体分工如下:张韞编写了第1章,第2章中的2.3,第4章,第6章中的6.1.1、6.2、6.4.3至6.4.6、6.5,第7章中的7.1.3、7.1.4、7.2.2至7.2.4,第8章中的8.3至8.5,第9章,第10章,第11章中的11.1至11.14,第12章,第13章中的13.3至13.14,以及各章链接部分;李素艳编写了第2章中的2.1,第3章中的3.1,第6章中的6.1.2,第7章中的7.2.1;侯洪波编写了第2章中的2.2,第6章中的6.3.2、6.3.3、6.4.2;吉艳芝编写了第3章中的3.2、3.3,第8章中的8.1、8.2;余雕编写了第5章,第11章中的11.15、11.16;刘宝东编写了第6章中的6.1.3、6.1.4,第13章中的13.1、13.2;王良梅编写了第6章中的6.3.1、6.4.1,第7章中的7.1.1、7.1.2;桑英编写了第8章中的8.6和8.7。全书由东北林业大学郭亚芬教授和东北农业大学谷思玉教授担任专业审校,并最终由北京林业大学孙向阳教授主审。

本书由多家林业(农林)高校土壤学及相关专业教师合作编写,将土壤—水—植物作为一个系统整体,在适应本科教材、研究生参考教材、科研人员参考工具书等多用途方面做了一些努力,希望能起到抛砖引玉的作用。由于是初次尝试,且时间仓促,加之编者水平有限,因此缺点、错误难免,恳请广大同仁热心批评指正。

本书出版得益于南京林业大学陈金林教授、西北农林科技大学耿增超教授、中南林业科技大学吴立潮教授、河北农业大学李惠卓教授以及中国林业出版社的大力支持,东北林业大学崔晓阳教授做了大量组织工作,在此深表感谢。

编者

2011-05-30



前 言

第 1 篇 土壤物理性质分析

第 1 章 土壤样品的采集、制备与保存	3
1.1 土壤样品的采集	3
1.1.1 土壤剖面样品的采集	3
1.1.2 土壤物理性质样品的采集	4
1.1.3 混合土壤样品的采集	4
1.1.4 土壤盐分动态样品的采集	5
1.2 土壤样品的制备	6
1.3 土壤样品的保存	7
第 2 章 土壤含水量、土水势和土壤水分特征曲线的测定	8
2.1 土壤含水量的测定	8
2.2 土水势的测定	9
2.3 土壤水分特征曲线的测定.....	12
第 3 章 土壤水分物理性质的测定	19
3.1 土粒密度的测定.....	19
3.2 土壤密度的测定.....	22
3.3 土壤水分物理性质的测定.....	24
第 4 章 土壤颗粒组成分析	27
4.1 吸管法.....	27
4.1.1 方法选择.....	27
4.1.2 基本原理.....	27
4.2 比重计法.....	35
4.3 简易比重计法.....	39
4.4 读数的校正(比重计法).....	41
4.4.1 比重计有效沉降深度(L)校正	41
4.4.2 刻度及弯液面校正.....	42

4.4.3	温度校正	43
4.4.4	土粒密度校正	44
第5章	土壤团聚体组成的测定	45
5.1	土壤大团聚体组成的测定	45
5.2	土壤微团聚体组成的测定	47

第2篇 土壤化学性质分析

第6章	土壤养分分析	53
6.1	土壤中氮的测定	53
6.1.1	土壤全氮量的测定	53
6.1.2	土壤水解性氮的测定	59
6.1.3	土壤中铵态氮的测定	61
6.1.4	土壤中硝态氮的测定	64
6.2	土壤中磷的测定	66
6.2.1	土壤全磷量的测定	67
6.2.2	土壤有机磷的分离测定	71
6.2.3	土壤无机磷的分级测定	72
6.2.4	土壤有效磷含量的测定	76
6.3	土壤中钾的测定	81
6.3.1	土壤全钾量的测定	81
6.3.2	土壤缓效钾的测定	84
6.3.3	土壤速效钾的测定	85
6.4	土壤中微量元素有效含量的测定	87
6.4.1	土壤有效铁的测定	87
6.4.2	土壤有效锰的测定	89
6.4.3	土壤有效铜的测定	93
6.4.4	土壤有效锌的测定	96
6.4.5	土壤有效钼的测定	97
6.4.6	土壤有效硼的测定	102
6.5	土壤有机质的测定	103
6.5.1	土壤有机质含量的测定	104
6.5.2	土壤腐殖质组成的测定	106
第7章	土壤酸碱性及阳离子交换性能分析	110
7.1	土壤酸碱性分析	110
7.1.1	土壤pH值的测定	110

7.1.2	土壤交换性酸的测定	114
7.1.3	土壤水解性总酸度的测定	116
7.1.4	石灰需要量的测定与计算	117
7.2	土壤阳离子交换性能的分析	119
7.2.1	土壤阳离子交换量的测定	119
7.2.2	土壤交换性盐基及其组成的测定	123
7.2.3	土壤交换性钠的测定	129
7.2.4	土壤碱化度的计算	130
第 8 章	土壤水溶性盐分析	132
8.1	土壤水溶性盐的浸提	132
8.2	土壤水溶性盐总量的测定	133
8.2.1	质量法	133
8.2.2	电导法	135
8.3	碳酸根和重碳酸根的测定	138
8.3.1	双指示剂滴定法	138
8.3.2	电位滴定法	140
8.4	氯离子的测定	141
8.5	硫酸根的测定	143
8.5.1	土壤浸出液中硫酸根的预测	143
8.5.2	硫酸钡质量法	143
8.5.3	EDTA 间接络合滴定法	145
8.5.4	硫酸钡比浊法	147
8.6	钙、镁离子的测定	148
8.6.1	EDTA 络合滴定法	148
8.6.2	原子吸收分光光度法	150
8.7	钠、钾离子的测定	152
第 9 章	土壤矿质全量分析	154
9.1	样品的熔融与提取	154
9.1.1	碳酸钠碱熔法	154
9.1.2	偏硼酸锂熔融法	157
9.2	系统分析待测液的制备及硅的测定	158
9.2.1	动物胶脱硅—质量法	158
9.2.2	容量法	160
9.3	铁的测定	162
9.3.1	邻菲罗啉比色法	162
9.3.2	原子吸收分光光度法	164
9.4	钛的测定	165

9.5	铝的测定	166
9.6	锰的测定	169
9.6.1	甲醛肟比色法	169
9.6.2	原子吸收分光光度法	170
9.7	钙、镁的测定	172
9.7.1	EDTA 络合滴定法	172
9.7.2	原子吸收分光光度法	174
9.8	钾、钠的测定	175
9.9	磷的测定	177
9.10	硫的测定	179
9.11	烧失量的测定	182

第 3 篇 土壤水化学分析

第 10 章	土壤水和天然水样品的采集与保存	187
10.1	土壤水和天然水样品的采集要点	187
10.2	土壤水和天然水样品的保存	187
第 11 章	水样化学性质的测定	188
11.1	烘干残渣总量及盐分总量的测定	188
11.1.1	质量法	188
11.1.2	电导法	189
11.2	pH 值的测定	190
11.3	总氮的测定	190
11.3.1	开氏法	190
11.3.2	过硫酸钾氧化—紫外分光光度法	192
11.4	铵态氮的测定	193
11.5	硝酸根的测定	194
11.5.1	酚二磺酸比色法	194
11.5.2	紫外分光光度法	196
11.6	亚硝酸根离子的测定	196
11.7	磷酸根的测定	198
11.8	钾、钠的测定	200
11.9	钙、镁的测定	201
11.9.1	EDTA 络合滴定法	201
11.9.2	原子吸收分光光度法	203
11.10	硅的测定	204
11.11	铁的测定	205

11.11.1	α, α' -联吡啶比色法	205
11.11.2	原子吸收分光光度法	207
11.12	铝的测定	207
11.13	锰的测定	209
11.13.1	甲醛肟比色法	209
11.13.2	原子吸收分光光度法	210
11.14	碳酸根、重碳酸根(总碱度)的测定	211
11.15	氯离子测定	212
11.16	硫酸根的测定	213
11.16.1	EDTA 间接滴定法	213
11.16.2	硫酸钡比浊法	215

第 4 篇 植物养分全量分析

第 12 章	植物样品的采集和处理	219
12.1	植物样品采集的原则	219
12.2	植物样品的制备	219
12.3	植物样品的保存	220
12.4	注意事项	220
第 13 章	植物灰分及营养元素的测定	221
13.1	植物粗灰分的测定	221
13.2	全氮量分析	222
13.2.1	待测液的制备	222
13.2.2	待测液中氮的定量分析	225
13.3	全磷量分析	229
13.3.1	待测液的制备	229
13.3.2	待测液中磷的定量分析	232
13.4	钾的测定	236
13.5	钙、镁的测定	237
13.5.1	待测液的制备	237
13.5.2	待测液中钙、镁离子的测定	237
13.6	硫的测定	240
13.6.1	待测液的制备	240
13.6.2	待测液中硫的测定	241
13.7	铁的测定	242
13.7.1	待测液的制备	242
13.7.2	待测液中铁的测定	242

13.8 锰的测定	244
13.8.1 待测液的制备	244
13.8.2 待测液中锰的测定	245
13.9 铜的测定	247
13.9.1 待测液的制备	247
13.9.2 待测液中铜的测定	247
13.10 锌的测定	248
13.10.1 待测液的制备	248
13.10.2 待测液中锌的测定	248
13.11 硼的测定	249
13.12 钼的测定	251
13.13 氯的测定	253
13.14 硅的测定	254
13.14.1 消煮液中二氧化硅的分离	254
13.14.2 硅含量的测定	254
参考文献	257
附录	259

第 1 篇

土壤物理性质分析

土壤是固、液、气三相物质组成的自然体。土壤基质是土壤的固体部分，它由不同比例、粒径、形状和组成的土壤颗粒组成，是保持和传导物质和能量的介质，其作用主要取决于土壤固体颗粒性质和土壤孔隙状况，土壤密度、土粒密度、孔隙度及土壤结构等是反映这些性质最基本的参数，它们也是引起土壤水分和土壤空气数量变化的主要因素。土壤水是土壤最重要的组成部分之一，与其共存于土壤孔隙中的土壤空气随其含量呈相应的消长关系。土壤水分的数量和能量特征直接影响土壤的固、液、气三相比，以及土壤的适耕性和植物的生长发育。土壤物理性质直接影响土壤水、肥、气、热的保持和运动，并与植物的生长发育密切相关。对其相关指标的分析，能够为研究土壤形成、性状和土壤生产力提供必要的依据。

第1章 土壤样品的采集、制备与保存

土壤样品的采集是土壤分析工作中的一个重要环节，是关系到分析结果和由此得出的结论是否正确的一个先决条件^[1]，因此，必须选择有代表性的地点和代表性的土壤。样品的采集、制备与保存必须严格认真地进行，否则尽管以后分析工作很精细，仍不能得出正确的研究结果。

1.1 土壤样品的采集

1.1.1 土壤剖面样品的采集

(1) 方法选择

土壤样品的采集方法根据分析目的不同而有差别。分析土壤基本理化性质，须按土壤发生层次采集土壤样品；进行土壤物理性质的测定，须采集原状土壤样品；研究土壤根层养分供求情况、合理施肥技术、营养丰缺诊断等问题，应选择代表性样地，多点采取混合土壤样品；研究土壤盐分动态，也应分层采集土样。

(2) 主要仪器用具

铁锹，土钻，削土刀，环刀，米尺，布袋，纸盒，铝盒，铅笔，标签等。

(3) 操作步骤

在选择好挖掘土壤剖面的位置后，先挖一个 1.0m×1.5m（或 1.0m×2.0m）的长方形土坑，长方形较窄的向阳一面作为观察面，观察面植被不破坏，挖出的土壤应顺序放在土坑两侧，以便按原来层次填土，土坑的深度根据具体情况确定，一般要求达到母质或地下水即可，大多在 1.0~2.0m。然后根据土壤剖面的颜色、结构、质地、坚实度、湿度、植物根系分布等，自上而下地划分土层，进行剖面特征的观察记载，作为土壤基本性质的资料及分析结果审查时的参考。观察记载后，自下而上在各发生层中部采集土壤样品，而不是在整个发生层都采^[2]。将采集的样品放入布袋（或纸盒）内，一般采土 1kg 左右，布袋内外均应附上标签，写明采集地点、剖面号数、土层深度、采样深度、土壤名称、采集人和采样日期。如果土壤样品还很潮湿，则需敞开袋口，直到土壤样品风干，再包装托运到实验室。

(4) 注意事项

【1】由于自然因素（地形、母质等）和人为因素（耕作、施肥等）等原因，土壤养分的异质性普遍存在。从采集的 1kg 样品中取出的几克或几百毫克样品能否代表一定面积的土壤，是分析结果合理与否的关键。

【2】土壤剖面按层次采样时，必须自下而上（这与剖面划分、观察及记载顺序恰恰相反）分层采取，以免采取上层样品时对下层土壤混杂污染。为了使样品能明显地反映各层次的特点，通常是在各层最典型的中部采集（表土层较薄的土壤，可自地面

向下全层采样), 这样可克服层次间的过渡现象, 从而增加样品的典型性或代表性。

1.1.2 土壤物理性质样品的采集

(1) 方法选择

方法参见 1.1.1 节内容。

(2) 主要仪器用具

主要仪器用具见 1.1.1 节内容。

(3) 操作步骤

研究土壤物理性质时, 须采集原状样品。如测定土壤密度、孔隙度和持水量等物理性质时, 可直接用环刀在各土层中部取样。在研究土壤结构性时, 采样需注意土壤湿度, 不宜过干或过湿, 以不粘铲的情况下采样最好。此外, 在采样过程中, 须保持土块不受挤压, 不使样品变形, 并剥去土块外面直接与土铲接触而变形的部分, 保留原状土样, 然后将样品置于铝盒中保存, 带回室内进行分析。

1.1.3 混合土壤样品的采集

(1) 方法选择

方法参见 1.1.1 节内容。

(2) 主要仪器用具

主要仪器用具见 1.1.1。

(3) 操作步骤

① 采样点的设置 采集土样时首先根据土壤类型以及土壤的差异情况, 把土壤划分成若干个采样单元, 设置采样点^[1]。为了正确反映土壤养分动态和植物生长之间的关系, 可根据采样单元的面积、地形等来确定采样点的多少, 通常在地形平坦的地方测定土壤肥力时, 每 20hm² 采 11 个土样 (每个土样由 5 个土孔混合起来^[2]), 大约每 2hm² 采一个由 5 点样混合起来的土壤样品, 可采用图 1-1 所示正确的“S”形取样法进行采样^[3]。

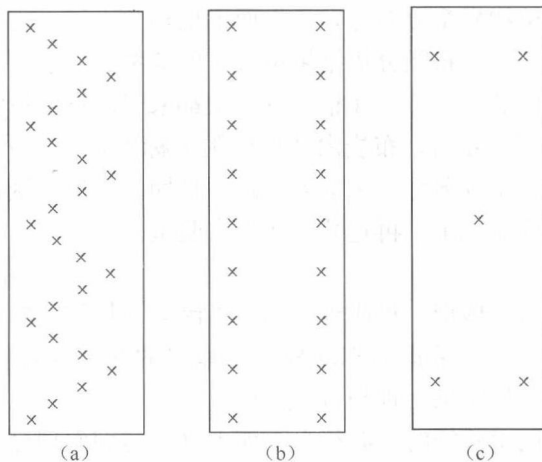


图 1-1 土壤采样点的布置 (x-样点位置)

(a) 正确 (b) 不适当 (c) 不适当

② 采样方法 在采取土壤样品时一般不需挖土坑，只需采取主要根系分布层的土壤（一般在10~50cm深度土层中采集）；对根系分布较深的土壤（如种子园、树木园土壤），可适当增加采样深度。在确定的采样点上，用土钻（湿润、不含石砾且疏松的土壤）采取混合样品，或用土铲（干燥、含石砾而坚硬的土壤）切取一片片的上下厚度相同的土壤样品（图1-2），然后将样品集中起来混合均匀。将采集的样品放入布袋（或纸盒）内，一般采土1kg左右，布袋内外均应附上标签，写明采集地点、剖面号数、土层深度、采样深度、土壤名称、采集人和采样日期。

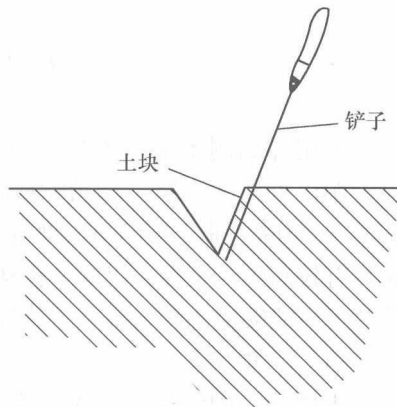


图1-2 土壤采样图

(4) 注意事项

【1】 每一点采取的土样厚度、深浅、宽窄应大体一致。采样地点应避免田边、路边、沟边和特殊地形的部位以及堆过肥料的地方。

【2】 一个混合样品是由均匀一致的许多点组成的，各点的差异不能太大，不然就要根据土壤差异情况分别采集几个混合土样，使分析结果更具代表性。

【3】 各点都是随机决定的，在样地观察了解情况后，随机定点可以避免主观误差，提高样品的代表性，一般按“S”形线路采样，从图1-1的3种土壤采样点的布置方式可以看出（b）和（c）两种情况容易产生系统误差。因为土地管理过程中耕作、施肥等措施往往顺着一定的方向进行。

1.1.4 土壤盐分动态样品的采集

(1) 方法选择

方法参见1.1.1节内容。

(2) 主要仪器用具

主要仪器用具见1.1.1。

(3) 操作步骤

分层采集土样，但不必按发生层次采样，而是自地表起每10cm或20cm采集一个样品。取样方法多用“段取”，即在该取样层内，自上到下，整层地均匀取土，这样有利于储盐量的计算。研究盐分在土壤剖面中分布的特点时，则多采用“点取”的方法，即在该取样层的中部位置取土。根据盐土采样的特点，应特别重视采样的时间和深度，因为盐分上下移动受不同时间的淋溶与蒸发作用的影响很大。虽然土壤养分分析也要考虑采样季节和时间，但远不如其对盐碱土的影响大。鉴于花碱土碱斑分布的特殊性，必须增加样点的密度和样点的随机分布，或将这种碱斑占整块田地面积的百分比估计出来，按比例分配斑块上应取的样点数，组成混合样品，也可以将这种斑块另外组成一个混合样品，用作与正常地段土壤的比较。

1.2 土壤样品的制备

土壤样品制备步骤主要包括风干、研磨过筛、混合分样。样品制备目的是：①剔除土壤以外的侵入体（如植物残茬、石粒、砖块等）和新生体（如铁锰结核和石灰结核等），以除去非土壤的组成部分；②适当磨细，充分混匀，使分析时所称取的少量样品具有较高的代表性，以减少称样误差；③全量分析项目，样品需要磨细，以使分解样品的反应能够完全和匀致；④使样品可以长期保存，不致因微生物活动而霉坏。

(1) 主要仪器用具

土壤筛，硬纸板，木棒，瓷研钵，广口瓶，铅笔，标签等。

(2) 操作步骤

① 风干 从样地采回的土壤样品，应及时进行风干，以免发霉而引起性质的改变。其方法是：将土壤样品弄成碎块平铺在干净的纸上，摊成薄层放于室内阴凉通风处风干^[1]，经常加以翻动，加速其干燥，风干后的土样再进行研磨过筛、混合分样处理。

② 研磨过筛 在进行物理分析时，取 100~200g 风干土样，放在硬纸板上，挑去没有分解的有机物及石块，用木棒碾碎，通过 2mm 孔径土壤筛，留在筛上的土块再倒在硬纸板上重新碾碎，如此反复进行，使全部土壤过筛。留在筛上的碎石称重后须保存，以备砾石称重计算之用。同时将过筛的土样称重，以计算砾石质量百分数，然后将土样混匀后盛于广口瓶内，作为土壤颗粒分析及其他物理性质测定之用。倘若土壤中有铁锰结核、石灰结核、铁子或半风化体，应细心挑出称其质量，保存，以备专门分析之用。

在进行化学分析时，研磨前取风干样品一份，仔细挑去石块、根茎及各种新生体和侵入体。将土样倒在硬纸板上，用木棒研细，使全部通过 2mm 土壤筛，这种土样可供土壤速效养分、交换性能及 pH 等项目的测定^[2]。分析有机质、全氮、全磷、全钾等土壤全量项目时，可多点分取 20~30g 已通过 2mm 筛孔的土样，将其放入瓷研钵中进一步研磨，使其全部通过 0.149mm 土壤筛^[3]。分析微量元素，须改用尼龙丝网筛以避免用金属网筛造成污染。

③ 混合分样 如果采集的土壤样品数量太多，则用四分法进行混合、分样。四分法的具体方法是：将采集的土样弄碎混合并铺成四方形，平均划分成四份，再把对角的两份并为一份（图 1-3），如果所得的样品仍然很多，可再用四分法处理，直到所需数量为止。

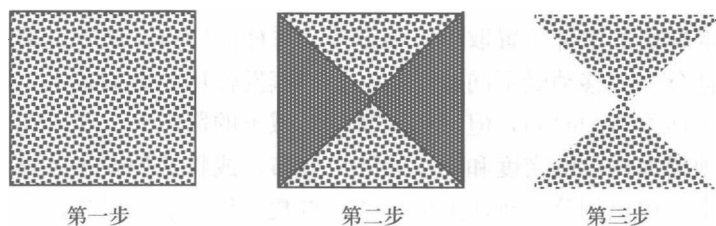


图 1-3 四分法取样步骤图