



服务号：王道讲书

严选名校状元级学长学姐剖析习题思路，归纳重点难点。选择题讲解视频全免费，综合题讲解视频仅19.9元/科，且含答疑服务，扫码即看。



订阅号：王道在线

推送计算机考研相关信息，实时发布王道书勘误信息，获取王道程序员训练营信息，了解程序员的学习与发展。



2020年 数据结构 考研复习指导

◎王道论坛 组编

王道考研系列

2020年

数据结构考研复习指导

王道论坛 组编



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是计算机专业研究生入学考试“数据结构”课程的复习用书，内容包括绪论、线性表、栈和队列、树与二叉树、图、查找、排序等。全书严格按照最新计算机统考大纲的数据结构部分，对大纲所涉及的知识进行集中梳理，力求内容精炼、重点突出、深入浅出。本书精选各名校的历年考研真题，并给出详细的解题思路，力求实现讲练结合、灵活掌握、举一反三的功效。通过本书“书本+在线”的学习方式和网上答疑方式，读者在使用本书时遇到的任何疑难点，都可以在王道论坛发帖与道友互动。

本书可作为考生参加计算机专业研究生入学考试的备考复习用书，也可作为计算机专业的学生学习数据结构课程的辅导用书。

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。

图书在版编目（CIP）数据

2020 年数据结构考研复习指导/王道论坛组编. —北京：电子工业出版社，2019.1
ISBN 978-7-121-35599-8

I. ①2… II. ①王… III. ①数据结构—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. ①TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 263063 号

策划编辑：谭海平

责任编辑：谭海平

印 刷：山东华立印务有限公司

装 订：山东华立印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编：100036

开 本：787×1092 1/16 印张：22 字数：563.2 千字

版 次：2019 年 1 月第 1 版

印 次：2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价：58.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：（010）88254552，tan02@phei.com.cn。

本书编委会

总主编：赵 霖（网名：风华漫舞）

副主编：张鸿林 梅蓝尹 韩京儒 何家乐

编 委：陈 赫 陈敬坤 甘海波 高艾华 贺志鹏 黄松林
兰 婷 兰 钊 李克亮 李维娜 李志龙 刘兵兵
刘 立 刘政学 刘中磊 罗 乐 罗文浩 倪宝宝
王 聪 王 浪 席润芝 于 佳 余 勇 张瑞霞
张 松 赵淑芳 赵淑芬 赵思成

序 言

当前，随着我国经济和科技的高速发展，特别是计算机科学突飞猛进的发展，对计算机相关人才，尤其是中高端人才的需求将不断增长。硕士研究生入学考试可视为人生的第二次大考试，它是改变命运、实现自我理想的又一次机会，而计算机专业一直是高校考研的热门专业之一。

自计算机专业研究生入学考试实行统一命题以来，初试科目包含了最重要的四门基础课程（数据结构、计算机组成原理、操作系统、计算机网络）。很多学生普遍反映找不到方向，复习也无从下手。倘若有一本能够指导考生如何复习的好书，将使考生受益匪浅。我的学生风华他们策划和编写了这一系列的计算机专业考研辅导书，重点突出，层次分明。他们结合了自身的复习经验、理解深度，以及对大纲把握程度的体会，对考生而言是很有启发和指导意义的。

对于计算机这门学科，任何机械式的死记硬背都是收效甚微的。在全面深入复习之后，首先对诸多知识点分清主次，并结合做题，灵活运用所掌握的知识点，再选择一些高质量的模拟试题来检测自己理解和掌握的程度，查漏补缺。这符合我执教四十余年来一直坚持“教材—习题集—试题库”的教学体系。

从风华他们策划并组建编写团队到初稿成形，直至最后定稿，我能体会到风华和他的团队确实倾注了大量的精力。这套书的出版一定会受到广大考研学生的欢迎，它会使你在考研的路上得到强有力的帮助。



前 言

2011年，由王道论坛（www.cskaoyan.com）组织名校状元级选手，编写了4本单科辅导书。单科书是基于王道之前作品的二代作品，不论是编排方式还是内容质量，都较前一版本的王道书有了较大的提升。这套书也参考了同类优秀的教材和辅导书，更是结合了高分选手们自己的复习经验。无论是对考点的讲解，还是对习题的选择和解析，都结合了他们对专业课复习的独特见解。2019年，我们继续推出“王道考研系列”单科书，一共4本：

- 《2020年数据结构考研复习指导》
- 《2020年计算机组成原理考研复习指导》
- 《2020年操作系统考研复习指导》
- 《2020年计算机网络考研复习指导》

每一版，我们不仅会修正之前发现的全部错误，而且还会对考点讲解做出尽可能的优化，也重新审视论坛的交流帖，针对大家提出的疑问和建议对本书做出针对性的优化；此外还重新筛选了部分习题，尤其是对习题的解析做了改进。

后期在冲刺阶段，王道还将出版2本冲刺用书：

- 《2020年计算机专业基础综合考试历年真题及思路分析》
- 《2020年计算机专业基础综合考试最后8套模拟题》

当然，深入掌握专业课内容没有捷径，考生也不应抱有任何侥幸心理，扎扎实实打好基础、踏踏实实做题巩固，最后灵活致用才是高分的保障。我们只希望这套书能够指导大家复习考研，但学习还是得靠自己，高分不是建立在任何空中楼阁之上的。对于一个想继续在计算机专业领域深造的考生来说，认真学习和扎实掌握这4门计算机专业中最基础的专业课，是最基本的前提。

“王道考研系列”是计算机专业考生口碑相传的辅导书，自出版以来在同类书中的销量始终遥遥领先。有这么多学长的成功经验，我相信只要考生合理地利用好本书，并采用合理的复习方法，就一定会收获属于自己的那份回报。

读者在复习时遇到的疑问，可以通过读者QQ群（346165686）交流。从2019版起，我们就陆续制作了配套辅导及习题讲解视频，2020版将免费为读者提供所有选择题的讲解视频，读者可扫相应二维码观看。此外，请读者关注王道论坛微信公众号（[wangdaoluntan](https://www.wangdaoluntan.com)），里面会及时推送勘误及配套视频的相关情况。

“不打广告、不发证书、不包就业，专注于培养有梦想、有能力的高级码农”王道程序员训练营是王道团队举办的线下程序员魔鬼式训练。打下扎实的编程和算法基本功，培养程序员式的学习能力和学习方法，期待有梦想有追求的你加入！

予人玫瑰，手有余香，王道论坛伴你一路同行！

致读者

——王道单科使用方法的道友建议

我是“二战考生”，2012年第一次考研成绩333分（专业代码408，成绩81分），痛定思痛后决心再战。潜心复习了半年后终于以392分（专业代码408，成绩124分）考入上海交通大学计算机系，这半年里我的专业课成绩提高了43分，成了提分主力。从未达录取线到考出比较满意的成绩；从蒙头乱撞到有了自己明确的复习思路，我想这也是为什么风华哥从诸多高分选手中选我给大家介绍经验的一个原因吧。

整个专业课的复习是围绕王道材料展开的，从一遍、两遍、三遍看单科书的积累提升，到做8套模拟题时的强化巩固，再到看思路分析时的醍醐灌顶。王道书能两次押中原题固然有运气成分，但这也从侧面说明他们的编写思路和选题方向与真题很接近。

下面说说我的具体复习过程。

每天划给专业课的时间是3~4小时。第一遍细看课本，看完一章做一章单科书（红笔标注错题），这一遍共持续2个月。第二遍主攻单科书（红笔标注重难点），辅看课本。第二遍看单科书和课本的速度快了很多，但感觉收获更多，常有温故知新的感觉，理解更深刻（风华注，建议这里再速看第三遍，特别针对错题和重难点。模拟题做完后再跳看第四遍）。

以上是打基础阶段，注意单科书和课本我仔细精读了两遍，弄懂每个知识点和习题。大概11月上旬开始做模拟题和思路分析，期间遇到不熟悉的地方不断回头查阅单科书和课本。8套模拟题的考点覆盖得很全面，所以大家做题时如果忘记了某个知识点，千万不要慌张，赶紧回去看这个知识盲点，最后的模拟就是查漏补缺。模拟题一定要严格按考试时间去做（14:00—17:00），注意应试技巧，做完试题后再回头研究错题。算法题的最优解法不太好想，如果实在没思路，建议直接“暴力”解决，结果正确也能有10分，总比苦拼出15分来而将后面比较好拿分的题耽误了好（这是我第一年的切身教训）。最后剩了几天看标注的错题，第三遍跳看单科书，考前一夜浏览完网络，踏实地睡着了……

考完专业课，走出考场终于长舒一口气，考试情况也胸中有数。回想这半年的复习，耐住了寂寞和诱惑，雨雪风霜从未间断地跑去自习，考研这人生一站终归没有辜负我的良苦用心。佛教徒说世间万物生来平等，都要落入春华秋实的代谢中去，辩证唯物主义认为事物作为过程存在，凡是存在的终归要结束，你不去为活得多姿多彩拼搏，真到了和青春说再见时你是否会可惜虚枉了青春？风华哥说过我们都是有梦想的青年，我们正在逆袭，你呢？

感谢风华大哥的信任，给我这个机会分享专业课复习经验给大家，作为一个铁杆道友在王道受益匪浅，也借此机会回报王道论坛。祝大家金榜题名！

王道程序员训练营

经常有人问：“为什么不做线下考研辅导？这个市场很大。”

下面试着简单地回答这一问题。王道尊重的不是考研这个行当，而是考研学生的精神和梦想，仅此而已。考研可能是部分 CS 学生实现梦想的阶段，但很多应试的内容，对 CSer 的职业生涯毕竟没有太多意义。对计算机专业的学生而言，专业基本功和学习能力才是受用终生的资本，它决定了学生未来在技术道路上能走多远。从论坛资源、专业图书到专业课程，再到编程和就业培训，王道团队只专注于计算机专业课及编程领域。

从 2008 年初创办至今，王道创始团队经历了从本科到考研成功、从硕士到社会历练，积累了不少经验和社会资源，但也走过不少弯路。

计算机是一个靠能力吃饭的专业。和很多现在的你们一样，当年的我们也经历过本科时的迷茫，而无非是自觉能力太弱，以致底气不足。学历只是敲门砖，同样是名校硕士，有人走上正确的方向，如鱼得水，成为 Offer 帝；有人却始终难入“编程与算法之门”，始终与好 Offer 无缘，再一次体会就业之痛，最后只能“将就”签约。即便是名校硕士，Offer 的成色也分三六九等。考研高分不等于 Offer 高薪，我们更欣赏技术上的牛人。

考研结束后的日子，或许是一段难得的提升编程能力的完整时光，趁着还有时间，也该去弥补本科期间应掌握的能力，也是缩小与那些大牛们的差距的时候了。

把参加训练营视为一次对自己的投资，投资自身、投资未来才是最好的投资。

你将从王道训练营获得

编程能力的迅速提升，结合项目实战，逐步打下坚实的编程基础，培养积极、主动的学习能力。以动手编程为驱动的教学模式，解决你在编程、算法思维上的不足，也是为未来的深入学习提供方向指导，掌握编程的学习方法，引导进入“编程与算法之门”。

道友们在训练营里从菜鸟逐步成长，训练营中目前已有不少研究生道友陆续拿到百度、腾讯、阿里、美团、小米等一线互联网公司的 Offer。这就是竞争力！

正如八期道友孟亮所言：“来了你就发现，这里无关程序员以外的任何东西，这是一个过程，一个对自己认真、对自己负责的过程。”

王道训练营的优势

这里都是王道道友，他们信任王道，乐于分享与交流，纯粹。

因为都是忠实的王道道友，都曾经经历过考研……训练营的住宿、生活都在一起，其乐融融，很快大家也将成为互帮互助的好朋友，相互学习对方的优点。

本科+硕士的生源。考研绝非人生唯一的出路，给自己换一条路走，去职场上好好发展或许会更好。考上研究生也并不意味着高枕无忧，人生的道路还很漫长。

王道团队皆具有扎实的编程基本功，他们用自己的态度、思维去影响训练营的道友，尽可能引导他们走上正确的发展方向……是对道友信任的回报，也是一种责任！

王道训练营只是一个平台，网罗王道论坛上有梦想、有态度的青年，并为他们的梦想提供土

壤和圈子。始终相信那句“物竞天择，适者生存”，这里的生存不是指简单地活着，而是指活得有价值、活得有态度！

王道训练营的参与条件

1. 面向就业

面临就业，但编程能力偏弱的学生。

用“打酱油”模式虚度大学本科时光，投简历如石沉大海，好不容易有次面试机会，又由于基础薄弱、编程太少，以至于面试时哑口无言，面试结果可想而知。开始偿债吧，再不抓住当下，未来或将持续迷茫，逝去了的青春是无法复返的，这个世界上后悔药是确定没有的。

将眼光和视野放长远一点吧，在这个充分竞争的技术领域，当前的能力决定了你能找一份怎样的工作，踏实的态度和学习的能力决定了你未来能走多远。

王道训练营（C/C++或 Java 方向）的学费只有友商培训机构的一半多，而且这里的生源更加纯粹、更加优质，学习氛围更浓厚，最新的就业薪酬也相当给力。

2. 面向硕士

提升能力，刚考上计算机相关专业的准硕士或在读硕士。

名校硕士已没有什么可以值得骄傲的资本，我们身边所看到的都是名校硕士。同为名校，为什么有人能轻松拿到百度、腾讯、阿里、微软等的 Offer，年薪 20~30 万元，发展前景甚好；有人却只能拿 10 万元左右年薪的 Offer，在房价、物价高企的年代，这点收入也只能月光吧。家中父母可能因有名校硕士的孩子而骄傲，可不知孩子其实在外面过得很辛苦。

来王道训练营的一些要求

- 开课前的这段时间，请完成我们布置的各项作业，对于一些决心不够、耐力不足的同学而言，这些作业也算是设置的一道槛，决定了你能不能来。
- 保持内在的激情和踏实态度，不要打鸡血。第一次打鸡血能坚持一个月，第二次能坚持半个月，第三次只能坚持一周，但未来没有人会给你打鸡血。
- 不要总是期待老师灌输更多，要逐步培养自己积极主动的学习能力、独立解决问题的能力，未来发展更需要自己主动学习。
- 随遇而安、不轻浮，保持虚心的态度，多独立思考，也要多交流。
- 坚持做笔记，多向身边优秀的同学学习，少说多做，要沉浸在代码的世界中。
- 王道开放网络（友商机构通常不会开放网络），这有利有弊，我们希望培养同学积极主动学习的能力，锻炼同学独立解决问题的能力，因此需要擅于利用网络。

最后，我们并不太看重眼前的基础，不对专业做挑选。我们始终相信：眼前哪怕基础弱一些，但只要踏实努力，通过短期训练是完全可以赶超的，这也是往期学员的切身经验。

目 录

第1章 绪论	1	2.3.8 答案与解析	41
1.1 数据结构的基本概念	1	归纳总结	58
1.1.1 基本概念和术语	1	思维拓展	58
1.1.2 数据结构三要素	2	第3章 栈和队列	59
1.1.3 本节试题精选	3	3.1 栈	59
1.1.4 答案与解析	4	3.1.1 栈的基本概念	59
1.2 算法和算法评价	5	3.1.2 栈的顺序存储结构	60
1.2.1 算法的基本概念	5	3.1.3 栈的链式存储结构	62
1.2.2 算法效率的度量	5	3.1.4 本节试题精选	62
1.2.3 本节试题精选	6	3.1.5 答案与解析	66
1.2.4 答案与解析	9	3.2 队列	73
归纳总结	10	3.2.1 队列的基本概念	73
思维拓展	11	3.2.2 队列的顺序存储结构	73
第2章 线性表	12	3.2.3 队列的链式存储结构	75
2.1 线性表的定义和基本操作	12	3.2.4 双端队列	77
2.1.1 线性表的定义	12	3.2.5 本节试题精选	78
2.1.2 线性表的基本操作	13	3.2.6 答案与解析	81
2.1.3 本节试题精选	13	3.3 栈和队列的应用	85
2.1.4 答案与解析	13	3.3.1 栈在括号匹配中的应用	85
2.2 线性表的顺序表示	14	3.3.2 栈在表达式求值中 的应用	85
2.2.1 顺序表的定义	14	3.3.3 栈在递归中的应用	86
2.2.2 顺序表上基本操作 的实现	15	3.3.4 队列在层次遍历中 的应用	87
2.2.3 本节试题精选	17	3.3.5 队列在计算机系统中 的应用	88
2.2.4 答案与解析	19	3.3.6 本节试题精选	88
2.3 线性表的链式表示	27	3.3.7 答案与解析	90
2.3.1 单链表的定义	27	3.4 特殊矩阵的压缩存储	96
2.3.2 单链表上基本操作 的实现	28	3.4.1 数组的定义	96
2.3.3 双链表	31	3.4.2 数组的存储结构	96
2.3.4 循环链表	33	3.4.3 矩阵的压缩存储	97
2.3.5 静态链表	33	3.4.4 稀疏矩阵	99
2.3.6 顺序表和链表的比较	34	3.4.5 本节试题精选	99
2.3.7 本节试题精选	35	3.4.6 答案与解析	100

归纳总结	102	5.1.2 本节试题精选	184
思维拓展	102	5.1.3 答案与解析	187
第 4 章 树与二叉树	103	5.2 图的存储及基本操作	189
4.1 树的基本概念	103	5.2.1 邻接矩阵法	189
4.1.1 树的定义	103	5.2.2 邻接表法	190
4.1.2 基本术语	104	5.2.3 十字链表	192
4.1.3 树的性质	105	5.2.4 邻接多重表	192
4.1.4 本节试题精选	105	5.2.5 图的基本操作	193
4.1.5 答案与解析	106	5.2.6 本节试题精选	194
4.2 二叉树的概念	107	5.2.7 答案与解析	196
4.2.1 二叉树的定义及其 主要特性	107	5.3 图的遍历	199
4.2.2 二叉树的存储结构	109	5.3.1 广度优先搜索	200
4.2.3 本节试题精选	110	5.3.2 深度优先搜索	201
4.2.4 答案与解析	113	5.3.3 图的遍历与图的 连通性	203
4.3 二叉树的遍历和线索二叉树	117	5.3.4 本节试题精选	203
4.3.1 二叉树的遍历	117	5.3.5 答案与解析	206
4.3.2 线索二叉树	120	5.4 图的应用	211
4.3.3 本节试题精选	122	5.4.1 最小生成树	211
4.3.4 答案与解析	128	5.4.2 最短路径	213
4.4 树、森林	145	5.4.3 拓扑排序	216
4.4.1 树的存储结构	145	5.4.4 关键路径	217
4.4.2 树、森林与二叉树 的转换	147	5.4.5 本节试题精选	219
4.4.3 树和森林的遍历	148	5.4.6 答案与解析	226
4.4.4 树的应用—并查集	148	归纳总结	237
4.4.5 本节试题精选	150	思维拓展	238
4.4.6 答案与解析	152	第 6 章 查找	239
4.5 树与二叉树的应用	157	6.1 查找的基本概念	239
4.5.1 二叉排序树	157	6.2 顺序查找和折半查找	240
4.5.2 平衡二叉树	160	6.2.1 顺序查找	240
4.5.3 哈夫曼树和哈夫曼 编码	162	6.2.2 折半查找	242
4.5.4 本节试题精选	164	6.2.3 分块查找	243
4.5.5 答案与解析	169	6.2.4 本节试题精选	244
归纳总结	179	6.2.5 答案与解析	248
思维拓展	180	6.3 B 树和 B+树	253
第 5 章 图	181	6.3.1 B 树及其基本操作	253
5.1 图的基本概念	181	6.3.2 B+树的基本概念	256
5.1.1 图的定义	181	6.3.3 本节试题精选	257
		6.3.4 答案与解析	259
		6.4 散列表	263
		6.4.1 散列表的基本概念	263

6.4.2	散列函数的构造方法	264	7.3.4	答案与解析	304
6.4.3	处理冲突的方法	265	7.4	选择排序	309
6.4.4	散列查找及性能分析	266	7.4.1	简单选择排序	309
6.4.5	本节试题精选	266	7.4.2	堆排序	310
6.4.6	答案与解析	269	7.4.3	本节试题精选	312
6.5	串	274	7.4.4	答案与解析	315
6.5.1	串的定义	274	7.5	归并排序和基数排序	318
6.5.2	串的存储结构	275	7.5.1	归并排序	318
6.5.3	串的基本操作	276	7.5.2	基数排序	319
6.5.4	串的模式匹配	276	7.5.3	本节试题精选	320
6.5.5	改进的模式匹配算法—— KMP 算法	277	7.5.4	答案与解析	322
6.5.6	本节试题精选	280	7.6	各种内部排序算法的 比较及应用	324
6.5.7	答案与解析	281	7.6.1	内部排序算法的比较	324
归纳总结		289	7.6.2	内部排序算法的应用	325
思维拓展		289	7.6.3	本节试题精选	326
第 7 章	排序	290	7.6.4	答案与解析	327
7.1	排序的基本概念	291	7.7	外部排序	330
7.1.1	排序的定义	291	7.7.1	外部排序的基本概念	330
7.1.2	本节试题精选	291	7.7.2	外部排序的方法	330
7.1.3	答案与解析	292	7.7.3	多路平衡归并与 败者树	331
7.2	插入排序	292	7.7.4	置换-选择排序(生成 初始归并段)	332
7.2.1	直接插入排序	292	7.7.5	最佳归并树	333
7.2.2	折半插入排序	293	7.7.6	本节试题精选	334
7.2.3	希尔排序	294	7.7.7	答案与解析	336
7.2.4	本节试题精选	295	归纳总结		338
7.2.5	答案与解析	297	思维拓展		339
7.3	交换排序	299	参考文献		340
7.3.1	冒泡排序	299			
7.3.2	快速排序	300			
7.3.3	本节试题精选	301			

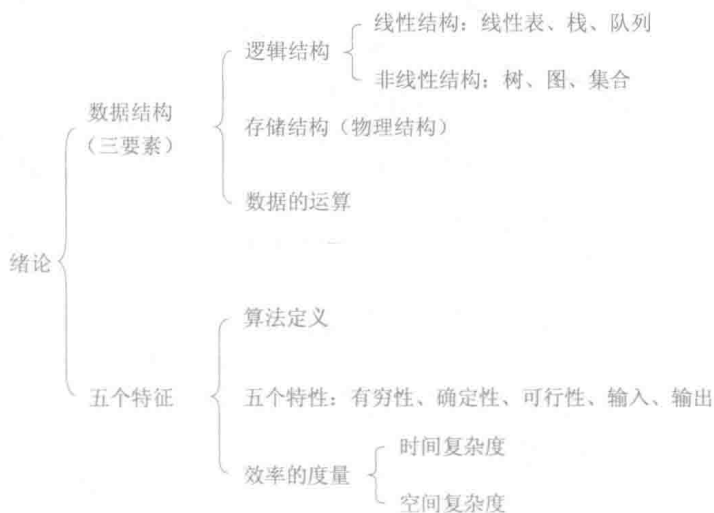
第1章

绪论

【考纲内容】

- (一) 数据结构相关的概念和术语
- (二) 数据结构的三要素：逻辑结构、物理结构和数据运算
- (三) 算法时间复杂度和空间复杂度的分析与计算

【知识框架】



【复习提示】

本章的内容是数据结构概述，并不在考研大纲中。然而，读者不能忽视本章，而要通过对本章的学习，初步了解数据结构的基本内容和基本方法。分析算法的时间复杂度和空间复杂度是本章的重点，属于必考内容，一定要熟练掌握，因为每年统考都会出现结合算法的设计题，同时会出现考查时间复杂度计算的选择題。

1.1 数据结构的基本概念

1.1.1 基本概念和术语

1. 数据

数据是信息的载体，是描述客观事物属性的数、字符及所有能输入到计算机中并被计算机程序识别和处理的符号的集合。

2. 数据元素

数据元素是数据的基本单位，通常作为一个整体进行考虑和处理。一个数据元素可由若干数据项组成，数据项是构成数据元素的不可分割的最小单位。例如，学生记录就是一个数据元素，它由学号、姓名、性别等数据项组成。

注意：不要混淆数据、数据元素、数据项的概念，同时要注意它们与数据库中相关术语（如数据记录、数据字段等）的区分。

3. 数据对象

数据对象是具有相同性质的数据元素的集合，是数据的一个子集。例如，整数数据对象是集合 $N = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ 。

4. 数据类型

数据类型是一个值的集合和定义在此集合上的一组操作的总称。

- 1) 原子类型。其值不可再分的数据类型。
- 2) 结构类型。其值可以再分解为若干成分（分量）的数据类型。
- 3) 抽象数据类型。抽象数据组织及与之相关的操作。

5. 抽象数据类型

抽象数据类型（ADT）是指一个数学模型及定义在该模型上的一组操作。抽象数据类型的定义仅取决于它的一组逻辑特性，而与其在计算机内部如何表示和实现无关，即不论其内部结构如何变化，只要它的数学特性不变，都不影响其外部的使用。通常用（数据对象、数据关系、基本操作集）这样的三元组来表示抽象数据类型。

6. 数据结构

在任何问题中，数据元素都不是孤立存在的，它们之间存在某种关系，这种数据元素相互之间的关系称为结构（Structure）。数据结构是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合。数据结构包括三方面的内容：逻辑结构、存储结构和数据的运算。数据的逻辑结构和存储结构是密不可分的两个方面，一个算法的设计取决于所选定的逻辑结构，而算法的实现依赖于所采用的存储结构^①。

1.1.2 数据结构三要素

1. 数据的逻辑结构

逻辑结构是指数据元素之间的逻辑关系，即从逻辑关系上描述数据。它与数据的存储无关，是独立于计算机的。数据的逻辑结构分为线性结构和非线性结构，线性表是典型的线性结构；集合、树和图是典型的非线性结构。数据的逻辑结构分类如图 1.1 所示。

集合。结构中的数据元素之间除“同属于一个集合”的关系外，别无其他关系。

线性结构。结构中的数据元素之间只存在一对一的关系。

树形结构。结构中的数据元素之间存在一对多的关系。

图状结构或网状结构。结构中的数据元素之间存在多对多的关系。

2. 数据的存储结构

存储结构是指数据结构在计算机中的表示（又称映像），也称物理结构。它包括数据元素的表示和关系的表示。数据的存储结构是用计算机语言实现的逻辑结构，它依赖于计算机语言。数

^① 读者应通过后续章节的学习，逐步理解设计与实现的概念与区别。

据的存储结构主要有顺序存储、链式存储、索引存储和散列存储。

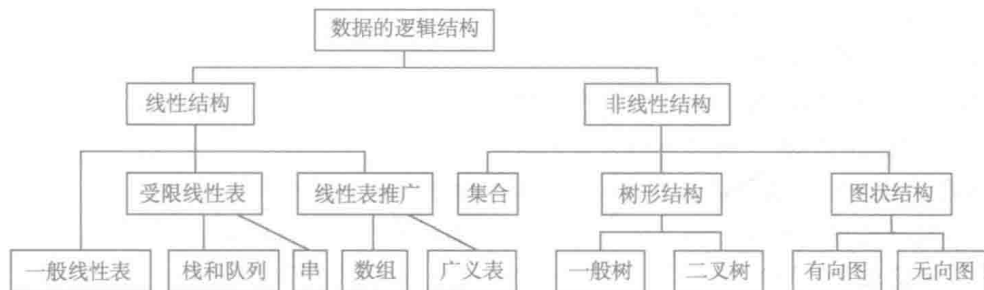


图 1.1 数据的逻辑结构分类图

- 1) 顺序存储。把逻辑上相邻的元素存储在物理位置上也相邻的存储单元中，元素之间的关系由存储单元的邻接关系来体现。其优点是可实现随机存取，每个元素占用最少的存储空间；缺点是只能使用相邻的一整块存储单元，因此可能产生较多的外部碎片。
- 2) 链式存储。不要求逻辑上相邻的元素在物理位置上也相邻，借助指示元素存储地址的指针来表示元素之间的逻辑关系。其优点是不会出现碎片现象，能充分利用所有存储单元；缺点是每个元素因存储指针而占用额外的存储空间，且只能实现顺序存取。
- 3) 索引存储。在存储元素信息的同时，还建立附加的索引表。索引表中的每项称为索引项，索引项的一般形式是（关键字，地址）。其优点是检索速度快；缺点是增加附加的索引表后会占用较多的存储空间。另外，在增加和删除数据时要修改索引表，因而会花费较多的时间。
- 4) 散列存储。根据元素的关键字直接计算出该元素的存储地址，又称 Hash 存储。其优点是检索、增加和删除结点的操作都很快；缺点是若散列函数不好，则可能出现元素存储单元的冲突，而解决冲突会增加时间和空间开销。

3. 数据的运算

施加在数据上的运算包括运算的定义和实现。运算的定义是针对逻辑结构的，指出运算的功能；运算的实现是针对存储结构的，指出运算的具体操作步骤。

1.1.3 本节试题精选

一、单项选择题

1. 可以用（ ）定义一个完整的数据结构。

A. 数据元素	B. 数据对象
C. 数据关系	D. 抽象数据类型
2. 以下数据结构中，（ ）是非线性数据结构。

A. 树	B. 字符串
C. 队列	D. 栈
3. 以下属于逻辑结构的是（ ）。

A. 顺序表	B. 哈希表
C. 有序表	D. 单链表
4. 以下与数据的存储结构无关的术语是（ ）。

A. 循环队列	B. 链表
C. 哈希表	D. 栈



5. 以下关于数据结构的说法中, 正确的是 ()。
- A. 数据的逻辑结构独立于其存储结构
 B. 数据的存储结构独立于其逻辑结构
 C. 数据的逻辑结构唯一决定了其存储结构
 D. 数据结构仅由其逻辑结构和存储结构决定
6. 在存储数据时, 通常不仅要存储各数据元素的值, 而且要存储 ()。
- A. 数据的操作方法
 B. 数据元素的类型
 C. 数据元素之间的关系
 D. 数据的存取方法
7. 链式存储设计时, 结点内的存储单元地址 ()。
- A. 一定连续
 B. 一定不连续
 C. 不一定连续
 D. 部分连续, 部分不连续



二、综合应用题

1. 对于两种不同的数据结构, 逻辑结构或物理结构一定不相同吗?
 2. 试举一例, 说明对相同的逻辑结构, 同一种运算在不同的存储方式下实现时, 其运算效率不同。



1.1.4 答案与解析

一、单项选择题

1. D

抽象数据类型 (ADT) 描述了数据的逻辑结构和抽象运算, 通常用 (数据对象, 数据关系, 基本操作集) 这样的三元组来表示, 从而构成一个完整的数据结构定义。

2. A

树和图是典型的非线性数据结构, 其他选项都属于线性数据结构。

3. C

顺序表、哈希表和单链表表示几种数据结构, 既描述逻辑结构, 又描述存储结构和数据运算。而有序表是指关键字有序的线性表, 可以链式存储也可以顺序存储, 仅描述元素之间的逻辑关系, 故它属于逻辑结构。

4. D

数据的存储结构有顺序存储、链式存储、索引存储和散列存储。循环队列 (易错点) 是用顺序表表示的队列 (见 3.2.2 节), 是一种数据结构。栈是一种抽象数据类型, 可采用顺序存储或链式存储, 只表示逻辑结构。

5. A

数据的逻辑结构是从面向实际问题的角度出发的, 只采用抽象表达方式, 独立于存储结构, 数据的存储方式有多种不同的选择; 而数据的存储结构是逻辑结构在计算机上的映射, 它不能独立于逻辑结构而存在。数据结构包括三个要素, 缺一不可。

6. C

在存储数据时, 不仅要存储数据元素的值, 而且要存储数据元素之间的关系。

7. A

链式存储设计时, 各个不同结点的存储空间可以不连续, 但结点内的存储单元地址必须连续。

二、综合应用题

1. 解答:

应该注意到,数据的运算也是数据结构的一个重要方面。

对于两种不同的数据结构,它们的逻辑结构和物理结构完全有可能相同。比如二叉树和二叉排序树,二叉排序树可以采用二叉树的逻辑表示和存储方式,前者通常用于表示层次关系,而后者通常用于排序和查找。虽然它们的运算都有建树、插入结点、删除结点和查找结点等功能,但对于二叉树和二叉排序树,这些运算的定义是不同的,以查找结点为例,二叉树的时间复杂度为 $O(n)$,而二叉排序树的时间复杂度为 $O(\log_2 n)$ 。

2. 解答:

线性表既可以用顺序存储方式实现,又可以用链式存储方式实现。在顺序存储方式下,在线性表中插入和删除元素,平均要移动近一半的元素,时间复杂度为 $O(n)$;而在链式存储方式下,插入和删除的时间复杂度都是 $O(1)$ 。

1.2 算法和算法评价

1.2.1 算法的基本概念

算法 (Algorithm) 是对特定问题求解步骤的一种描述,它是指令的有限序列,其中的每条指令表示一个或多个操作。此外,一个算法还具有下列 5 个重要特性:

- 1) 有穷性。一个算法 (对任何合法的输入值) 必须总是在执行有穷步之后结束,且每一步都可在有穷时间内完成。
- 2) 确定性。算法中每条指令必须有确切的含义,读者理解时不会产生二义性,即对于相同的输入只能得出相同的输出。
- 3) 可行性。一个算法是可行的,即算法中描述的操作都是可以通过已经实现的基本运算执行有限次来实现的。
- 4) 输入。一个算法有零个或多个输入,这些输入取自于某个特定的对象的集合。
- 5) 输出。一个算法有一个或多个输出,这些输出是与输入有着某种特定关系的量。

通常,设计一个“好”的算法应考虑达到以下目标:

- 1) 正确性。算法应能够正确地解决求解问题。
- 2) 可读性。算法应具有良好的可读性,以帮助人们理解。
- 3) 健壮性。输入非法数据时,算法能适当地做出反应或进行处理,而不会产生莫名其妙的输出结果。
- 4) 效率与低存储量需求。效率是指算法执行的时间,存储量需求是指算法执行过程中所需要的最大存储空间,这两者都与问题的规模有关。

1.2.2 算法效率的度量

算法效率的度量是通过时间复杂度和空间复杂度来描述的。

1. 时间复杂度

一个语句的频度是指该语句在算法中被重复执行的次数。算法中所有语句的频度之和记为 $T(n)$,它是该算法问题规模 n 的函数,时间复杂度主要分析 $T(n)$ 的数量级。算法中基本运算 (最深层循环内的语句) 的频度与 $T(n)$ 同数量级,因此通常采用算法中基本运算的频度 $f(n)$ 来分析算法