"十二五"普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育管理科学与工程类规划教材

运筹学习题集

第5版

胡运权　主编

清华大学出版社

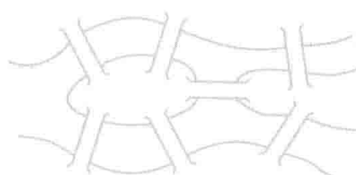
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

普通高等教育管理科学与工程类规划教材

运筹学习题集

第5版

胡运权　主编



清华大学出版社

北京

内容简介

本书是学习掌握运筹学理论和方法的重要辅助教材，也是教师备课、学生自学运筹学以及研究生入学考试的常备参考资料。本书分为习题、习题答案、案例分析与讨论三部分，内容含线性规划与单纯形法、对偶理论与灵敏度分析、运输问题、目标规划、整数规划、非线性规划、动态规划、图与网络分析、网络计划与图解评审法、排队论、存储论、对策论、决策论共 13 章，740 余题，分别给出答案、证明或题解；25 个应用案例都有详细的分析讨论。

同第 4 版相比，本次修改订增加了 10 个运筹学应用案例和 130 多道习题，主要选自近年来硕士生和博士生入学试题以及根据国外教材有关内容进行的改编，从而使习题集的题型更广泛，内容更丰富，更具启发性。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学习题集/胡运权主编. —5 版. —北京：清华大学出版社，2019
ISBN 978-7-302-52398-7

Ⅰ. ①运… Ⅱ. ①胡… Ⅲ. ①运筹学—高等学校—习题集 Ⅳ. ①O22-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 041441 号

责任编辑：高晓蔚
封面设计：傅瑞学
责任校对：宋玉莲
责任印制：沈　露

出版发行：清华大学出版社
http://www.tup.com.cn
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座
邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175
邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：清华大学印刷厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×230mm　**印张**：24　**插页**：1　**字　　数**：511 千字
版　　次：1995 年 8 月第 1 版　2019 年 3 月第 5 版　**印　　次**：2019 年 3 月第 1 次印刷
印　　数：1～5000
定　　价：45.00 元

产品编号：078427-01

第 5 版 前言

习题是消化领会教材和巩固所学知识的重要环节，是学习掌握运筹学理论和方法不可或缺的手段。本书从 1995 年第 1 版出版以来，就一直得到广大读者的厚爱，被教育部管理科学与工程类专业教学指导委员会列为普通高等教育管理科学与工程类规划教材，2014 年又被评选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。本书从 1995 年初版以来，累计印量达 20 多万册，已成为很多讲授运筹学课程教师的案头图书。本习题集除被用作运筹学课程的辅助教材外，还被广泛用作研究生入学考试的参考教材，此外书中一些习题、案例被编入多本教材图书中。

本次修订，一是增加了 10 个颇有启发性的运筹学应用案例；二是新增了 130 多道习题；三是删除了原书第十四章和两个案例。修订中除注意加强运筹学理论和方法的基础训练外，侧重培养学生应用运筹学解决实际问题的能力，启发兴趣，提高创新思维能力。

作为辅助教材，本习题集服务于各类运筹学教材，但名词、符号和编排体系，则主要同清华大学出版社出版的《运筹学》《运筹学教程》和高等教育出版社出版的《运筹学基础及应用》一致。

参加本书第 3 版编写的有：胡运权（主编，哈尔滨工业大学）、钱国明（哈尔滨工业大学）、胡祥培（大连理工大学）、郭耀煌（西南交通大学）、甘应爱（华中科技大学）和李英华（原北京机械学院）。第 4 版和第 5 版的修订工作由胡运权、胡祥培和钱国明完成。

在本书的编写和多次修订中，得到了教育部管理科学与工程类专业教学指导委员会和清华大学出版社《运筹学》《运筹学教程》教材很多编者的关心指导，得到了清华大学出版社的关心和支持。天津大学的李维铮教授曾为本书第 2 版进行了审稿。谨在此一并感谢！

由于编者水平有限，书中如有不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

2018 年 10 月

目 录

第一部分 习 题

第二部分 习题答案

第三部分 案例分析与讨论

第一部分

习　题

第一章

线性规划与单纯形法

本章复习概要

1. 试述线性规划数学模型的结构及各要素的特征。

2. 求解线性规划问题时可能出现哪几种结果？哪些结果反映建模时有错误？

3. 什么是线性规划问题的标准形式？如何将一个非标准型的线性规划问题转化为标准形式？

4. 试述线性规划问题的可行解、基解、基可行解、最优解的概念以及上述解之间的相互关系。

5. 试述单纯形法的计算步骤。如何在单纯形表上判别问题是具有唯一最优解、无穷多最优解、无界解还是无可行解？

6. 如果线性规划的标准型变换为求目标函数的极小化 $\min z$，则用单纯形法计算时如何判别问题已得到最优解？

7. 在确定初始可行基时，什么情况下要在约束条件中增添人工变量？在目标函数中人工变量前的系数为$(-M)$的经济意义是什么？

8. 什么是单纯形法计算的两阶段法？为什么要将计算分成两个阶段进行？如何根据第一阶段的计算结果来判定第二阶段的计算是否需要继续进行？

9. 简述退化的含义及处理退化的勃兰特规则。

10. 举例说明生产和生活中应用线性规划的可能案例，并对如何应用进行必要描述。

是非判断题

(a) 图解法同单纯形法虽然求解的形式不同，但从几何上理解，两者是一致的；

(b) 线性规划模型中增加一个约束条件，可行域的范围一般将缩小，减少一个约束条

件，可行域的范围一般将扩大；

(c) 线性规划问题的每一个基解对应可行域的一个顶点；

(d) 如线性规划问题存在可行域，则可行域一定包含坐标的原点；

(e) 对取值无约束的变量 x_j，通常令 $x_j=x_j'-x_j''$，其中 $x_j'\geqslant 0, x_j''\geqslant 0$，在用单纯形法求得的最优解中有可能同时出现 $x_j'>0, x_j''>0$；

(f) 用单纯形法求解标准型的线性规划问题时，与 $\sigma_j>0$ 对应的变量都可以被选作换入变量；

(g) 单纯形法计算中，如不按最小比值原则选取换出变量，则在下一个解中至少有一个基变量的值为负；

(h) 单纯形法计算中，选取最大正检验数 σ_k 对应的变量 x_k 作为换入变量，将使目标函数值得到最快的增长；

(i) 一旦一个人工变量在迭代中变为非基变量，则该变量及相应列的数字可以从单纯形表中删除，而不影响计算结果；

(j) 线性规划问题的任一可行解都可以用全部基可行解的线性组合表示；

(k) 若 $\boldsymbol{X}^1, \boldsymbol{X}^2$ 分别是某一线性规划问题的最优解，则 $\boldsymbol{X}=\lambda_1\boldsymbol{X}^1+\lambda_2\boldsymbol{X}^2$ 也是该线性规划问题的最优解，其中 λ_1、λ_2 可以为任意正的实数；

(l) 线性规划用两阶段法求解时，第一阶段的目标函数通常写为 $\min z=\sum_i x_{ai}$（x_{ai} 为人工变量），但也可写为 $\min z=\sum_i k_i x_{ai}$，只要所有 k_i 均为大于零的常数；

(m) 对一个有 n 个变量、m 个约束的标准型的线性规划问题，其可行域的顶点恰好为 C_n^m 个；

(n) 单纯形法的迭代计算过程是从一个可行解转换到目标函数值更大的另一个可行解；

(o) 线性规划问题的可行解如为最优解，则该可行解一定是基可行解；

(p) 若线性规划问题具有可行解，且其可行域有界，则该线性规划问题最多具有有限个数的最优解；

(q) 线性规划可行域的某一顶点若其目标函数值优于相邻的所有顶点的目标函数值，则该顶点处的目标函数值达到最优；

(r) 将线性规划约束条件的“$\leqslant$”号及“$\geqslant$”号变换成“$=$”号，将使问题的最优目标函数值得到改善；

(s) 线性规划目标函数中系数最大的变量在最优解中总是取正的值；

(t) 一个企业利用 3 种资源生产 4 种产品，建立线性规划模型求解得到的最优解中，最多只含有 3 种产品的组合；

(u) 若线性规划问题的可行域可以伸展到无限，则该问题一定具有无界解；

(v) 一个线性规划问题求解时的迭代工作量主要取决于变量数的多少，与约束条件的数量关系相对较小；

(w) 单纯形法的迭代过程是从一个可行解转换到目标函数值更大的另一个可行解。

选择填空题

下列各题中请将正确答案的代号填入指定空白处。

1. 已知某求极小化的线性规划问题具有最优解 $\boldsymbol{X}^*=(3,0,1)$，模型分别发生以下变化时，使问题最优解可能发生变化的有________。

(A) 去掉一个约束 $6x_1-x_2+2x_3\geqslant 20$　　(B) 去掉一个约束 $4x_1-3x_2\leqslant 15$

(C) 增加一个约束 $x_1+x_2+x_3\leqslant 2$　　(D) 增加一个约束 $2x_1+7x_2+x_3\leqslant 7$

2. 建立实际问题的线性规划模型时，要求目标函数和约束条件符合线性要求。以下情况中，不符合线性要求的有________。

(A) 每件产品 10 元，但购买 10 件以上时可打 9 折

(B) 到某风景区游览，A 景区票价 20 元，B 景区票价 40 元，C 景区票价 30 元，也可购买游三个景区的套票 70 元

(C) 商家为促销，规定购买一箱啤酒，赠送一瓶可乐

(D) 东方航空公司有每天从上海飞纽约的航班。为吸引更多旅客从上海转机去纽约，规定凡购东方航空从上海转机去纽约机票的旅客可享受上海中转时不超过 24 小时的免费食宿安排

3. 线性规划问题

$$\min z=c_1x_1+c_2x_2$$

$$\text{s. t.}\begin{cases}a_{11}x_1+a_{12}x_2\geqslant b_1 & ①\\ a_{21}x_2+a_{22}x_2\geqslant b_2 & ②\\ x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

求解得目标函数最优值为 z^*，当分别发生以下变化时，其新的最优解 $(z^*)'<z^*$，答案正确的有________。

(A) 目标函数中 c_1 变为 c'_1，其中 $c'_1>c_1$

(B) 第①个约束中用 b' 替换 b_1，且 $b'_1\leqslant b_1$

(C) 第②个约束中用 a'_{22} 替换 a_{22}，且有 $a'_{22}\geqslant a_{22}$

(D) 增加一个约束 $a_{31}x_1+a_{32}x_2\geqslant b_3$

4. 已知线性规划问题 min LP，原问题变量 $x_j\geqslant 0(j=1,\cdots,n)$，最优解 $\boldsymbol{X}^*=(0,4,2)$；对偶问题变量 $y_i(i=1,\cdots,m)$，最优解为 $\boldsymbol{Y}^*=(1,0,6)$。当分别发生如下变化时，问题最优解不变的有________。

(A) 原问题中去除变量 x_1

(B) 原问题中去除变量 x_2

(C) 原问题模型中增加一个变量,其在目标函数中系数为 18,在三个约束系数为$(2,1,3)^T$

(D) 原问题中增加一个变量,其在目标函数系数为 50,在三个约束系数为$(1,0,2)^T$

5. 线性规划模型

$$\min z=12x_1+9x_2$$

$$\text{s.t.}\begin{cases} x_1 \qquad\quad + x_3 \qquad\qquad\qquad\qquad = 1000 \\ \qquad x_2 \qquad\quad + x_4 \qquad\qquad\quad = 1500 \\ x_1 + x_2 \qquad\qquad\quad + x_5 \qquad = 1750 \\ 4x_1 + 2x_2 \qquad\qquad\qquad\quad + x_6 = 4800 \\ x_j \geqslant 0 (j=1,\cdots,6) \end{cases}$$

在下列向量组成的矩阵中,不构成可行基的有________。

(A) $(\boldsymbol{P}_2,\boldsymbol{P}_3,\boldsymbol{P}_4,\boldsymbol{P}_5)$　　(B) $(\boldsymbol{P}_2,\boldsymbol{P}_4,\boldsymbol{P}_5,\boldsymbol{P}_6)$

(C) $(\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_2,\boldsymbol{P}_5,\boldsymbol{P}_6)$　　(D) $(\boldsymbol{P}_1,\boldsymbol{P}_4,\boldsymbol{P}_5,\boldsymbol{P}_6)$

6. 图 1-1 为某线性规划问题的可行域,图中虚线为目标函数的直线,在 P_6 点实现最优。用单纯形法求解时,迭代的步骤可能为________。

(A) $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_7 \rightarrow P_6$

(B) $P_1 \rightarrow P_8 \rightarrow P_7 \rightarrow P_6$

(C) $P_1 \rightarrow P_3 \rightarrow P_6$

(D) $P_1 \rightarrow P_4 \rightarrow P_6$

(E) $P_1 \rightarrow P_5 \rightarrow P_6$

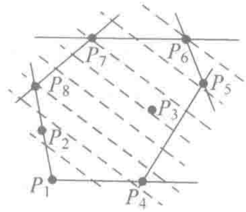


图 1-1

7. 当线性规划问题存在可行域时,对应的正确答案为________。

(A) 存在唯一最优解　　(B) 存在最优解,不一定唯一

(C) 可能无可行解　　(D) 可能出现无界解

8. 线性规划可行域的顶点对应的解为________。

(A) 基解　　(B) 最优解

(C) 基可行解　　(D) 可行解

9. 一个求目标函数极小化的线性规划问题,若增加一个新的约束条件,其目标函数的最优值将为________。

(A) 可能增大　　(B) 不变

(C) 可能减小　　(D) (A)(B)(C)均有可能

10. 一个标准形式的线性规划问题,判别出现无界解的准则为________。

(A) 对某一 $\sigma_j>0$,存在两个相同的最小比值 b_i/a_{ij}

(B) 对某一 $\sigma_j>0$，有 $P_j\leqslant 0$

(C) 对某一 $\sigma_j>0$，有 $P_j\geqslant 0$

(D) 对某一 $\sigma_j=0$，有 $P_j\leqslant 0$

11. 用图解法求解线性规划时，以下选项中正确的有________。

(A) 用于表示两个变量的坐标轴的单位长度必须一致

(B) 如存在可行域，坐标原点一定包含在可行域内

(C) 如存在最优解，最优解一定是可行域的某个顶点

(D) 上述说法均不正确或不确切

12. 对取值无约束的变量 x_j，标准化时通常令 $x_j=x'_j-x''_j$，其中 $x'_j\geqslant 0,x''_j\geqslant 0$，用单纯形法求解时会出现________。

(A) $x'_j>0,x''_j>0$　　(B) $P'_j+P''_j=0$

(C) $\sigma'_j>0,\sigma''_j>0$　　(D) (A)(B)(C)均不会出现

13. 用单纯形法求解线性规划问题时，通常总是选取最大正检验数对应的变量作为换入基的变量，理由是________。

(A) 使迭代后目标函数增加值最大　　(B) 避免出现退化

(C) 可以减少迭代次数　　(D) (A)(B)(C)均不确切

14. 一个有 m 个约束、n 个变量的线性规划问题基可行解的个数一定有________。

(A) $\geqslant C_n^m$　　(B) $=C_n^m$

(C) $\leqslant C_n^m$　　(D) $<C_n^m$

15. 用两阶段法求解线性规划问题时，第一阶段计算的单纯形表中人工变量系数的取值，以下叙述正确的有________。

(A) 必须为“-1”，其余变量系数为 0

(B) 可取某一负的常数值，其余变量系数为 0

(C) 取值为 0，其余变量系数为原目标函数中的系数 C_j

(D) 为某一正的常数值，其余变量系数取值为 0

16. 实际问题中，下列情况中不符合线性的含义有________。

(A) 购买达到一定数量时享受折扣优待

(B) 由于人工费和油墨、纸张价格的上涨，书的价格每本上涨 1.12 元

(C) 购买国际机票时，国内段免费或享受优惠

(D) 因国际油价下跌，每升汽油下降 0.15 元

17. 已知线性规划模型(Ⅰ)和(Ⅱ)分别为

(Ⅰ) $\min z=c_1x_1+c_2x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}3x_1+2x_2\leqslant 12\\ x_1+2x_2\leqslant 6\\ x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

(Ⅱ) $\max z=2x_1+3x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases}3x_1+2x_2\leqslant 12\\ x_1+2x_2\leqslant 6\\ x_1,x_2\geqslant 0\end{cases}$$

(Ⅰ)和(Ⅱ)具有相同最优解,则 c_1/c_2 的值正确的应有________。

(A) 0.8　　(B) 1.0　　(C) 1.2　　(D) 1.6

练习题

1.1 用图解法求解下列线性规划问题,并指出各问题是具有唯一最优解、无穷多最优解、无界解还是无可行解。

(a) $\min z = 6x_1 + 4x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} 2x_1 + x_2 \geqslant 1 \\ 3x_1 + 4x_2 \geqslant 1.5 \\ x_1,\ x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(b) $\max z = 4x_1 + 8x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 \leqslant 10 \\ -x_1 + x_2 \geqslant 8 \\ x_1,\ x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(c) $\max z = x_1 + x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} 8x_1 + 6x_2 \geqslant 24 \\ 4x_1 + 6x_2 \geqslant -12 \\ 2x_2 \geqslant 4 \\ x_1,\ x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(d) $\max z = 3x_1 + 9x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leqslant 22 \\ -x_1 + x_2 \leqslant 4 \\ x_2 \leqslant 6 \\ 2x_1 - 5x_2 \leqslant 0 \\ x_1,\ x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

1.2 某炼油厂根据计划每季度需供应合同单位汽油 15 万 t(吨)、煤油 12 万 t、重油 12 万 t。该厂从 A、B 两处运回原油提炼,已知两处原油成分如表 1-1 所示。又从 A 处采购原油每吨价格(包括运费,下同)为 200 元,B 处原油每吨为 310 元。试求:(a)选择该炼油厂采购原油的最优决策;(b)如 A 处价格不变,B 处降为 290 元/t,则最优决策有何改变?

表 1-1

原油成分	A	B
汽油	15	50
煤油	20	30
重油	50	15
其他	15	5

1.3 线性规划问题:

$\max z = c_1 x_1 + x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} x_1 + x_2 \leqslant 6 \\ x_1 + 2x_2 \leqslant 10 \\ x_1,\ x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

试用图解法分析,问题最优解随 $c_1(-\infty < c_1 < \infty)$ 取值不同时的变化情况。

1.4　将下列线性规划问题变换成标准型，并列出初始单纯形表。

(a) $\max z = 2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4$

$$
\text{s.t.}\begin{cases}
x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leqslant 7 \\
2x_1 - 3x_2 + 5x_3 = -8 \\
x_1 - 2x_3 + 2x_4 \geqslant 1 \\
x_1,\ x_3 \geqslant 0,\ x_2 \leqslant 0,\ x_4 \text{ 无约束}
\end{cases}
$$

(b) $\max z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} a_{ik} x_{ik} / p_k$

$$
\text{s.t.}\begin{cases}
\sum_{k=1}^{m} x_{ik} \leqslant b_i \quad (i = 1, \cdots, n) \\
\sum_{i=1}^{n} c_{ik} x_{ik} = d_k \quad (k = 1, \cdots, m) \\
x_{ik} \geqslant 0 \quad (i = 1, \cdots, n;\ k = 1, \cdots, m)
\end{cases}
$$

(c) $\min z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}$

$$
\text{s.t.}\begin{cases}
\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leqslant a_i \quad (i = 1, \cdots, m) \\
\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \cdots, n) \\
x_{ij} \geqslant 0 \quad (i = 1, \cdots, m;\ j = 1, \cdots, n)
\end{cases}
$$

1.5　判断下列集合是否为凸集：

(a) $X = \{[x_1, x_2] \mid x_1 x_2 \geqslant 30, x_1 \geqslant 0, x_2 \geqslant 0\}$

(b) $X = \{[x_1, x_2] \mid x_2 - 3 \leqslant x_1^2, x_1 \geqslant 0, x_2 \geqslant 0\}$

(c) $X = \{[x_1, x_2] \mid x_1^2 + x_2^2 \leqslant 1\}$

1.6　在下列线性规划问题中，找出所有基解。指出哪些是基可行解，并分别代入目标函数，比较找出最优解。

(a) $\max z = 3x_1 + 5x_2$

$$
\text{s.t.}\begin{cases}
x_1 + x_3 = 4 \\
2x_2 + x_4 = 12 \\
3x_1 + 2x_2 + x_5 = 18 \\
x_j \geqslant 0 \quad (j = 1, \cdots, 5)
\end{cases}
$$

(b) $\min z = 4x_1 + 12x_2 + 18x_3$

$$
\text{s.t.}\begin{cases}
x_1 + 3x_3 - x_4 = 3 \\
2x_2 + 2x_3 - x_5 = 5 \\
x_j \geqslant 0 \quad (j = 1, \cdots, 5)
\end{cases}
$$

1.7 已知线性规划问题：

$$\max z = x_1 + 3x_2$$

$$\text{s.t.}\begin{cases} x_1 + x_3 = 5 & ① \\ x_1 + 2x_2 + x_4 = 10 & ② \\ x_2 + x_5 = 4 & ③ \\ x_1, \cdots, x_5 \geqslant 0 & ④ \end{cases}$$

表 1-2 中所列的解(a)～(f)均满足约束条件①②③，试指出：表中哪些解是可行解？哪些是基解？哪些是基可行解？

表 1-2

序号	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
(a)	2	4	3	0	0
(b)	10	0	−5	0	4
(c)	3	0	2	7	4
(d)	1	4.5	4	0	−0.5
(e)	0	2	5	6	2
(f)	0	4	5	2	0

1.8 分别用图解法和单纯形法求解下列线性规划问题，并对照指出单纯形法迭代的每一步相当于图解法可行域中的哪一个顶点。

(a) $\max z = 10x_1 + 5x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 \leqslant 9 \\ 5x_1 + 2x_2 \leqslant 8 \\ x_1, x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

(b) $\max z = 100x_1 + 200x_2$

$$\text{s.t.}\begin{cases} x_1 + x_2 \leqslant 500 \\ x_1 \leqslant 200 \\ 2x_1 + 6x_2 \leqslant 1\,200 \\ x_1, x_2 \geqslant 0 \end{cases}$$

1.9 已知某线性规划问题的约束条件为

$$\text{s.t.}\begin{cases} 2x_1 + x_2 - x_3 = 25 \\ x_1 + 3x_2 - x_4 = 30 \\ 4x_1 + 7x_2 - x_3 - 2x_4 - x_5 = 85 \\ x_j \geqslant 0 \quad (j = 1, \cdots, 5) \end{cases}$$

判断下列各点是否为该线性规划问题可行域的凸集的顶点：

(a) $\boldsymbol{X}=(5,15,0,20,0)$

(b) $\boldsymbol{X}=(9,7,0,0,8)$

(c) $\boldsymbol{X}=(15,5,10,0,0)$

1.10　已知下述线性规划问题具有无穷多最优解，试写出其最优解的一般表达式。

$\max z=10x_1+5x_2+5x_3$

$$\text{s. t.}\begin{cases}3x_1+4x_2+9x_3\leqslant 9\\5x_1+2x_2+\ \ x_3\leqslant 8\\x_1,\ x_2\geqslant 0\end{cases}$$

1.11　线性规划问题：

$\min z=\boldsymbol{CX}$

$$\begin{cases}\boldsymbol{AX}=\boldsymbol{b}\\\boldsymbol{X}\geqslant 0\end{cases}$$

其可行域为 R，目标函数最优值为 z^*，若分别发生下列情形之一时，其新的可行域为 R'，新的目标函数最优值为 $(z^*)'$，试分别回答(a)(b)(c)三种情况下 R 与 R' 及 z^* 与 $(z^*)'$ 之间的关系：

(a) 增添一个新的约束条件；

(b) 减少一个原有的约束条件；

(c) 目标函数变为 $\min z=\dfrac{\boldsymbol{CX}}{\lambda}$，同时约束条件变为 $\boldsymbol{AX}=\lambda\boldsymbol{b}$，$\boldsymbol{X}\geqslant 0$ $(\lambda>1)$。

1.12　在单纯形法迭代中，任何从基变量中替换出来的变量在紧接着的下一次迭代中会不会立即再进入基变量，为什么？

1.13　会不会发生在一次迭代中刚进入基变量的变量在紧接着的下一次迭代中立即被替换出来？什么情况下有这种可能？试举例说明。

1.14　已知线性规划问题：

$\max z=c_1x_1+c_2x_2$

$$\text{s. t.}\begin{cases}5x_2\leqslant 15\\6x_1+2x_2\leqslant 24\\x_1+\ \ x_2\leqslant 5\\x_1,\ x_2\geqslant 0\end{cases}$$

用图解法求解时，得其可行域顶点分别为 O,Q_1,Q_2,Q_3,Q_4（见图 1-2）。试问：c_1，c_2 如何变化时，目标函数值分别在上述各顶点实现最优？

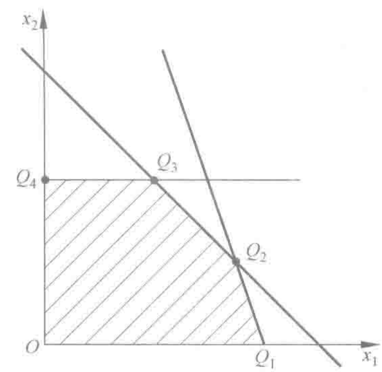


图　1-2

1.15　下述线性规划问题中，分别求目标函数值 z 的上界 $\bar{z}^*$ 和下界 $\underline{z}^*$：