

工程塑性理論基础

O·霍夫曼 G·沙克斯 著

乔端 孙梁 译



中国工业出版社

52.55
788



工程塑性理論基础

O·霍夫曼 G·沙克斯 著

乔端 孙梁 译

中国工业出版社

本书根据 O. 霍夫曼和 G. 沙克斯1953年合著的“工程塑性理論基础”一书譯出。书中扼要地总结了 1953 年以前塑性理論基本原理及其在工程应用上的一些重要成就；介绍了塑性理論的基本定律，主要学說，理想塑性与应变硬化材料的塑性流动，以及塑性稳定等問題；尤其着重地討論了金属压力加工中的大变形問題，对于各种压力加工方法进行了較為系統、全面而又扼要的討論。书中包括了作者之一 G. 沙克斯及其合作者的工作成就。

本书文字簡练，內容扼要，尽量使用較為浅近的数学工具。为了我国讀者閱讀方便，在中文譯本中已将原书中的英制图表改換成 1957 年俄文譯本中的公制图表。可作为高等工业学校金属压力加工、冶金机械、机械制造等专业“塑性理論”或“金属压力加工”課程的致学参考书，也可供固体力学等专业及有关工程技术人員参考。

O. Hoffman, G. Sachs
INTRODUCTION TO
THE THEORY OF PLASTICITY
FOR ENGINEERS
MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC.

1 9 5 3

* * *

工程塑性理論基础

乔 端 孙 梁 譯

*

冶金工业部工业教育司編輯（北京舊市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路10号）

（北京市书刊出版事业許可證出字第 110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ ·印张 $10\frac{3}{8}$ ·字数269,000

1964 年 2 月北京第一版；1964 年 2 月北京第一次印刷

印数0001—1,400·定价（10-7）1.75元

*

統一书号：K15165·2544(冶金-433)

作者序言

本书介绍塑性理论的基本原理及其在工程技术上最重要的应用。連續介质力学的这个分支——研究延展性金属超过弹性阶段后性态的塑性理论，历史还比較短。在 1868 年到 1875 年間，当屈雷斯卡 (Tresca)、圣維南 (Saint-Venant) 和列維 (Lévy) 等人首次尝试建立較能令人滿意的塑性变形理论公式时，研究弹性阶段性态的弹性理论，不論在基本原理方面，或者在它的应用方面，都已经发展到相当高的水平。塑性理论迈出了重要的第一步后，出现了約 40 年左右的停滞期。一直到卡尔曼 (von Kármán)、哈尔 (Haar) (1909 年) 和密悉司 (von Mises) (1913 年) 等人重新开拓这个领域，并推动了第一次世界大战后塑性理论的巨大发展。

几年前，作者們感到需要对近三十年来塑性理论方面所作的工作加以总结，同时对塑性理论的基本原理和它在工程上的重要应用，能够以深入浅出的叙述方式和較严谨的结构层次加以阐述。

本书的第一篇叙述連續介质的力学基础和塑性理论的几个主要学说。这一篇的内容是为看懂本书以后各篇所必需的。在应用方面着重介绍工程问题的实际解法及其与实验结果的比較。第二、三篇讨论几个塑性经典问题，包括小塑性变形，即与弹性变形同数量级的塑性变形问题。第三篇的最后一章和整个第四篇讨论大塑性变形问题，而第四篇专门讨论工程技术上很重要的金属压力加工的各种方法。

因为本书计划作为高等工业学校高年级学生的教科书，以及工程技术人員的参考书，作者們根据多年讲授这门课程的經驗，采用最适合这些讀者的叙述方法。所使用的数学工具，只須讀者們具备微积分学的运用知識，而这是現代工程师训练中的一个重

要部份。超出了这个范围的张量概念，我們是从应力状态和应变状态的物理概念推导出来的；并以应力或应变的九个分量的矩陣形式来表示张量。为了簡便起見，該矩陣也用一個黑体大写字母（例如， $\mathbf{S}$ ）来代表。这和通常用黑体小字母代表矢量是相似的（例如， $\mathbf{s}$ ）。这个符号使相应张量分量之間的几个綫性关系式（一般为九个）概括为一个单一的关系式，并給出了应力—应变的簡明公式。

克里夫兰，俄亥俄
賽勒庫斯，紐 約
1953年1月

O. 霍夫曼
G. 沙克斯

本书采用的符号

a ——内半径	E ——应变张量
b ——外半径；梁的宽度	F ——应力函数；拉拔力
e ——自然对数的底	G ——剪切模量
e ——无旋的相对位移矢量	I_1, I_2, I_3 ——应力张量的不变量
f ——摩擦系数	J_1, J_2, J_3 ——应变张量的不变量
f ——力矢量	K ——体积模量
h ——梁的高度；带材的厚度	L ——平板的长度
k ——应力—应变关系中的系数	M ——弯矩
l ——点的位置矢量	P ——作用于柱状杆上的轴向载荷
m ——应变硬化指数	R ——半径；面积减缩率
n ——单位法线矢量	S ——纵列連續式拉拔时模孔的間距
r ——径向距离	S ——应力张量
s ——应力矢量	T ——扭矩
t ——时间	U ——单位体积內的弹性应变能
u_x, u_y, u_z ——位移分量	W ——单位体积內的塑性变形功
w ——轧制理論中的参数	τ ——（条件）剪应变
x, y, z ——直角坐标	$\bar{\tau}$ ——对数剪应变
A ——面积；应力—应变关系中的常数；轧制理論中的常数	$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ ——直角坐标系中剪应变分量
B ——应力—应变关系中的常数；线材拉拔理論中的常数	τ_8 ——八面体剪应变
C ——积分常数	ε ——（条件）线应变
D ——密度；线材或棒材的直径	$\bar{\varepsilon}$ ——对数线应变
E ——杨氏模量	

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ ——直角坐标系中的
綫应变

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ ——主应变

$\varepsilon_1, \varepsilon_{II}, \varepsilon_{III}$ ——最大的, 中間
的, 最小的主应变

ε_m ——平均应变

ε_8 ——八面体綫应变

ϑ ——单位长度扭轉角

λ ——圣維南塑性流动定律中
的系数

μ ——粘性系数; 罗德应力参
量

ν ——泊松比; 罗德应变参量

ρ ——弹塑性交界处的半径

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——直角坐标系中
的正应力

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ——主应力

$\sigma_1, \sigma_{II}, \sigma_{III}$ ——最大的, 中間
的, 最小的主
应力

σ_m ——平均应力

σ_8 ——八面体正应力

σ_0 ——拉伸屈伏极限

$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ ——直角坐标系
中的剪应力
分量

τ_8 ——八面体剪应变

φ ——摩擦角($\tan^{-1} f$)

ω ——角速度

Δ ——(条件)体应变

$\bar{\Delta}$ ——对数体应变

目 次

作者序言

本书采用的符号

第一篇 基本定律和主要学说

第一章 应力状态	1
§ 1.1 一点的应力	1
§ 1.2 应力张量	4
§ 1.3 主应力	5
§ 1.4 应力张量的不变量	8
§ 1.5 球形应力张量和应力偏量	9
§ 1.6 莫尔的应力状态表示法	10
§ 1.7 八面体应力	16
§ 1.8 第一种特殊情况: 单向应力状态	18
§ 1.9 第二种特殊情况: 平面应力状态	19
第二章 应变状态	23
§ 2.1 一点的无穷小应变。应变张量	23
§ 2.2 主应变	28
§ 2.3 应变张量的不变量	29
§ 2.4 球形应变张量和应变偏量	30
§ 2.5 应变状态的莫尔圆	31
§ 2.6 八面体应变	32
§ 2.7 有限变形	33
第三章 材料的弹性	38
§ 3.1 弹性应力—应变关系	39
§ 3.2 弹性应变能	40
第四章 强度理论	41

§ 4.1	古典强度理論.....	42
§ 4.2	屈伏条件或“塑性条件”.....	45
§ 4.3	赫艾—卫斯特哥阿德应力空間.....	47
§ 4.4	屈伏曲面.....	48
第五章	塑性应力—应变关系.....	52
§ 5.1	拉伸試驗.....	52
§ 5.2	应变硬化金属的普遍应力—应变关系.....	54
§ 5.3	圣維南塑性流动理論.....	56
§ 5.4	柔埃斯彈—塑性变形理論.....	60
§ 5.5	汉基小塑性变形理論.....	61
§ 5.6	塑性变形功.....	62
第六章	实验資料.....	65
§ 6.1	塑性条件.....	65
§ 6.2	薄壁管在軸向載荷和內压力联合作用下的实验.....	66
§ 6.3	薄壁管在軸向拉伸和扭轉联合作用下的实验.....	68
§ 6.4	圣維南塑性流动理論的实验验证.....	69
§ 6.5	关于塑性实验的評論.....	71
§ 6.6	关于摩擦力的实验資料.....	75

第二篇 理想塑性体的塑性流动问题

第七章	在內压力作用下厚壁的球形壳体.....	79
§ 7.1	不可压缩的空間径向流动.....	79
§ 7.2	平衡微分方程式.....	82
§ 7.3	不可压缩的弹性壳体.....	83
§ 7.4	开始屈伏的条件.....	85
§ 7.5	弹塑性壳体中的应力.....	86
§ 7.6	弹塑性壳体的变形.....	89
第八章	在內压力作用下的厚壁管.....	92
§ 8.1	平面的径向流动.....	92
§ 8.2	平衡微分方程式.....	93
§ 8.3	不可压缩的弹性管.....	95
§ 8.4	开始塑性变形的条件.....	98

§ 8.5	平面应变条件下弹—塑性管中的应力	99
§ 8.6	平面应变条件下弹—塑性管的变形	103
§ 8.7	广义平面应变条件下的完全塑性管	104
§ 8.8	平面应力条件下的完全塑性管	108
第九章	旋轉的圓柱体和圓盘	111
§ 9.1	弹性的旋轉圓柱体	111
§ 9.2	塑性状态下的旋轉圓柱体	114
§ 9.3	弹性旋轉圓盘	115
§ 9.4	塑性状态下的旋轉圓盘	117
§ 9.5	弹性旋轉圓环	118
§ 9.6	塑性状态下的旋轉圓环	119
第十章	扭轉和弯曲	121
§ 10.1	实心圓截面杆的扭轉	121
§ 10.2	狭矩形截面杆的弯曲	126
第十一章	平面塑性流动問題	130
§ 11.1	不可压缩的平面流动	130
§ 11.2	“平面应变”条件下塑性材料中的应力	136
§ 11.3	在任意直角坐标系中的平衡方程式	141
§ 11.4	以滑移綫为参考系的平衡方程式	144
§ 11.5	最简单的滑移綫场	148
§ 11.6	例題 I: 介于二粗糙平行平板間的板条压缩問題	151
§ 11.7	例題 II: 半无限体上作用着条形载荷	154

第三篇 应变硬化材料的塑性流动问题

第十二章	应变硬化阶段的扭轉和弯曲	159
§ 12.1	实心圓截面柱体的扭轉	159
§ 12.2	狭矩形截面杆的弯曲	162
第十三章	压杆的屈曲	164
§ 13.1	狭矩形截面杆的軸向压缩和弯曲的組合	164
§ 13.2	压杆的塑性屈曲	168
第十四章	拉伸时的失稳現象	170
§ 14.1	普遍应力—应变关系的簡化	171

§ 14.2 拉伸試件的成類	172
§ 14.3 双向拉伸作用下平板的成類	174
§ 14.4 在内压力作用下薄壁球形壳体的失稳	178
§ 14.5 在内压力作用下薄壁管的失稳	180

第四篇 金属加工变形方法的理论

第十五章 无摩擦的拉拔和挤压	187
§ 15.1 一般概述	187
§ 15.2 空間的径向流动	187
§ 15.3 綫材拉拔时的应力	190
§ 15.4 綫材拉拔时的最大減縮率	192
§ 15.5 圆柱形杆挤压时的应力	192
§ 15.6 圆柱形杆挤压时的最大減縮率	194
§ 15.7 平面径向流动	194
§ 15.8 带材拉拔和挤压时的应力	196
§ 15.9 带材拉拔和挤压时的最大減縮率	199
§ 15.10 拉拔和挤压时所消耗的功	199
§ 15.11 由功的消耗来确定拉拔应力	200
第十六章 圆柱体的拉拔和挤压	201
§ 16.1 一般概述	201
§ 16.2 綫材拉拔	201
§ 16.3 后张力的影响	206
§ 16.4 弹性后张力	209
§ 16.5 挤压	210
§ 16.6 应变硬化的影响	211
第十七章 平面应变条件下通过楔形模孔的拉拔和挤压	212
§ 17.1 一般概述	212
§ 17.2 带材拉拔时的微分方程式	213
§ 17.3 带材拉拔时的应力	215
§ 17.4 管子带心棒拉拔时的微分方程式	215
§ 17.5 管子的各种拉拔方法的常数 B	218
§ 17.6 无摩擦的拉拔	219

§ 17.7 帶材拉拔和管子帶頂頭拉拔时的最大減縮率	220
§ 17.8 管子帶可動心棒的拉拔	222
§ 17.9 管子帶可動心棒拉拔时的最大減縮率	223
§ 17.10 管子帶可動心棒拉拔时的拉拔力	224
§ 17.11 實驗結果	227
§ 17.12 縱列連續式拉拔	229
第十八章 平面应变条件下通过圓柱形固定工具間的拉拔 和挤压	233
§ 18.1 一般概述	233
§ 18.2 微分方程式	233
§ 18.3 微分方程式的一般解	236
§ 18.4 固定模具間的拉拔	237
§ 18.5 固定模具間的挤压	239
§ 18.6 工具彈性压扁的影响	240
第十九章 平面应变条件下薄板和帶材的軋制	242
§ 19.1 一般概述	242
§ 19.2 无張力軋制	242
§ 19.3 无張力軋制的极限	245
§ 19.4 帶前后張力的軋制	246
§ 19.5 惰性軋輥間的拉拔	247
第二十章 平面应变条件下圓形工具間的非对称塑性流动	250
§ 20.1 一般概述	250
§ 20.2 通过不同約束的工具間的金属流动	251
§ 20.3 一个驅動輥和一个惰性輥的軋制問題	252
§ 20.4 用一个軋輥和一个固定的模具进行加工变形	256
§ 20.5 工具的圓半径不相同时的基本方程式	257
§ 20.6 用圓半径不相同的工具进行加工变形	258
§ 20.7 用固定的模具和固定的心棒进行管子拉拔	259
§ 20.8 用輥模和固定的心棒进行管子拉拔	260
§ 20.9 使用固定的心棒进行管子軋制	261
§ 20.10 用固定的模具和可動的心棒进行管子拉拔	262
§ 20.11 用輥模和可動的心棒进行管子拉拔	264

§20.12 使用惰性可动的心棒进行管子轧制	265
§20.13 加工变形时二接触表面上摩擦系数不相同的基本关系式	265
§20.14 接触表面上摩擦系数不相同的各种加工变形方法	266
§20.15 用一个固定的和一个驱动的工具的加工变形问题	267
第二十一章 鍛压	270
§21.1 一般概述	270
§21.2 平面应变条件下等厚度平板的鍛压微分方程式	270
§21.3 平面应变条件下金属与模具間用庫伦摩擦关系的 平板鍛压問題	271
§21.4 平面应变条件下金属与模具間用粘着关系的平板鍛压問題	273
§21.5 平面应变条件下用混合摩擦关系的平板鍛压問題	274
§21.6 平面应变条件下变厚度板的鍛压問題	277
§21.7 等厚度圆盘的鍛压問題	278
第二十二章 薄壁壳体的加工变形	280
§22.1 一般概述	280
§22.2 軸对称壳体的平衡方程式	282
§22.3 通过圓錐形模孔空心(无心棒)拉拔管子时的应力	284
§22.4 通过圓錐形模孔空心(无心棒)挤压管子时的应力	287
§22.5 用圓錐形模孔将管子收口时应力的其他解法	289
§22.6 用圓形模孔将管子收口时的应力	291
§22.7 无摩擦空心拉拔和挤压时的应力和应变	292
§22.8 在变壁厚条件下无摩擦的空心拉拔和挤压	294
§22.9 无摩擦深冲过程的应力和应变	296
第二十三章 平板的弯曲	300
§23.1 一般概述	300
§23.2 平衡微分方程式	301
§23.3 寬平板承受弯曲时的应力	302
§23.4 寬平板弯曲时的应变	304
俄文参考书目	308
人名索引	310
内容索引	312

第一篇 基本定律和主要學說

第一章 應力狀態

在本章中，根據以後講述塑性體力學的需要，推導和介紹連續介質處於平衡時的关系式。這些关系式，並不限定只適用於某些具有特殊力學性質的介質，而是普遍地適用於所有連續介質。

§ 1.1 一點的應力

同工程上的習慣用法一樣，術語“應力”在這裡用來表示內力的強度，該內力作用於被假想平面截開的物體質點之間。

我們在物體內取一點，並假想它被很小的封閉曲面包圍着；在封閉曲面上的每一個平面單元 dA 上作用着力 $d\mathbf{f}$ ，或者說，每一個平面單元上作用着其值為 $d\mathbf{f}/dA$ 的應力（應力即是單位面積上的力）。

上述一點的應力狀態，今後將認為它是均勻的應力狀態。均勻應力狀態由下述特性所定義：即在均勻應力狀態下，應力與平面單元 dA 的形狀和實際大小無關，和 dA 到給定點所取的微小距離也無關；但與平面單元的方位有關，平面單元的方位則由該平面單元外法綫方向的單位矢量 $\mathbf{n}$ 來確定^①。對於一點的應力狀態，如給出點上任意指定的單位法綫矢量 $\mathbf{n}$ ，相應的應力矢量

$$\mathbf{s}_n = \frac{d\mathbf{f}}{dA}$$

已知時，則一點的應力狀態就確定了。下標 n 表示應力與平面單

① 這裡所說的均勻應力狀態是指封閉曲面每一平面單元上的應力是均勻分布的，而不是說每一平面單元上的應力值都相等——譯者。

元的外法线方向 $\mathbf{n}$ 有关。

在直角坐标系的三个坐标轴 x 、 y 、 z 上 $\mathbf{n}$ 的三个分量为：

$$n_x = \cos(n, x);$$

$$n_y = \cos(n, y);$$

$$n_z = \cos(n, z),$$

其中 (n, x) 是矢量 $\mathbf{n}$ 与 x 轴之间的夹角，余类推。 $\mathbf{s}_n$ 的分量为：

$$s_{nx};$$

$$s_{ny};$$

$$s_{nz}.$$

根据本书采用的符号系统，应力的直角坐标分量的记号有

两个下标：其中第一个表示应力作用面的法线方向；第二个表示应力分量的方向。另外，当单位矢量 $\mathbf{n}$ 和三个坐标轴中某一个坐标轴重合时，常应用特别符号：应力的法向分量以字母 σ 表示，并只用一个下标；切向分量用字母 τ 来表示。图 1.1 表示一个小平行六面体，各个面垂直于 x 、 y 、 z 轴，而

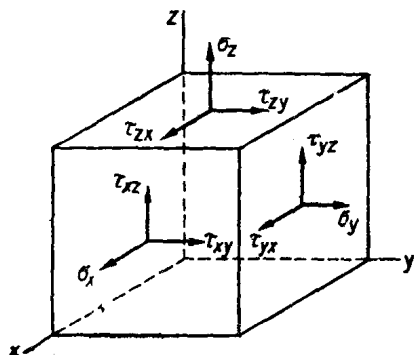


图 1.1 作用于单元体上的应力分量

应力作用于靠近读者的面上^①。均匀应力状态，要求作用于距读者较远的面上的应力分量，同靠近的面上相应的应力分量大小相等方向相反。

下表为两种符号系统之间的对应关系：

$\mathbf{n}$ 的方向：	x	y	z
x 分量：	$s_{xx} \equiv \sigma_x$	$s_{yx} \equiv \tau_{yx}$	$s_{zx} \equiv \tau_{zx}$
y 分量：	$s_{xy} \equiv \tau_{xy}$	$s_{yy} \equiv \sigma_y$	$s_{zy} \equiv \tau_{zy}$

① 指六面体的正面、右面、上面三个面——译者。

$$z \text{ 分量: } s_{xz} \equiv \tau_{xz} \quad s_{yz} \equiv \tau_{yz} \quad s_{zz} \equiv \sigma_z$$

上面列成一个表的九个分量, 是描写围绕一点的封闭面上的应力最少的数据。下面将证明, 已知九个分量就能计算任意方位平面上的, 也即任意单位矢量 $\mathbf{n}$ 上的应力 $\mathbf{s}_n$ 。为此, 围绕这一点取一个四面体作为单元体, 它的三个面垂直于相应的坐标轴, 而第四个面垂直于给定的单位矢量 $\mathbf{n}$ (见图 1·2)。根据单元体的静力平衡, 可以分别写出沿 x 、 y 、 z 三个方向的平衡方程式:

$$\begin{aligned} s_{nx} A_{ABC} - \sigma_x A_{OBC} - \tau_{yx} A_{OAC} - \tau_{zx} A_{OAB} &= 0; \\ s_{ny} A_{ABC} - \tau_{xy} A_{OBC} - \sigma_y A_{OAC} - \tau_{zy} A_{OAB} &= 0; \quad (1 \cdot 1) \\ s_{nz} A_{ABC} - \tau_{xz} A_{OBC} - \tau_{yz} A_{OAC} - \sigma_z A_{OAB} &= 0, \end{aligned}$$

其中, A_{ABC} = 三角形 ABC 的面积

$$A_{OBC} = \text{三角形 } OBC \text{ 的面积} = A_{ABC} \cos(\mathbf{n}, x)$$

$$A_{OAC} = \text{三角形 } OAC \text{ 的面积} = A_{ABC} \cos(\mathbf{n}, y)$$

$$A_{OAB} = \text{三角形 } OAB \text{ 的面积} = A_{ABC} \cos(\mathbf{n}, z)$$

将 A_{OBC} 、 A_{OAC} 、 A_{OAB} 的表达式代入方程式 (1·1), 整理后, 则得到作用于法线为 $\mathbf{n}$ 的平面单元上的应力分量:

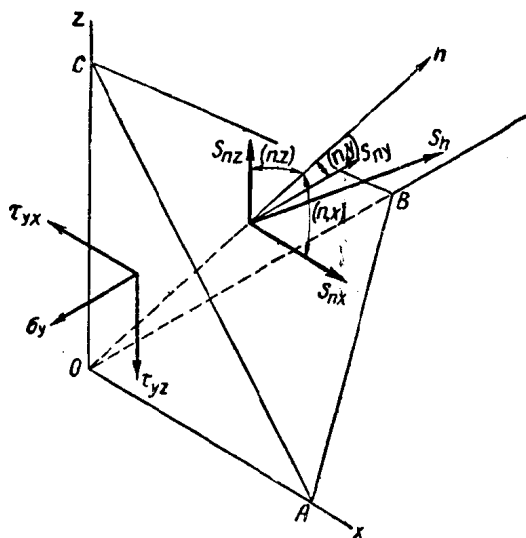


图 1·2 作用于四面体单元上的应力

$$s_{nx} = \sigma_x \cos(n, x) + \tau_{yx} \cos(n, y) + \tau_{zx} \cos(n, z)$$

$$s_{ny} = \tau_{xy} \cos(n, x) + \sigma_y \cos(n, y) + \tau_{zy} \cos(n, z) \quad (1 \cdot 2)$$

$$s_{nz} = \tau_{xz} \cos(n, x) + \tau_{yz} \cos(n, y) + \sigma_z \cos(n, z)$$

对于如图1·1所示单元体上的应力，还可以写出三个表示所有力对于三个坐标轴的力矩等于零的平衡方程式。把这三个方程式整理后，即可得到所谓剪应力互等定理的下列三个关系式：

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} \quad (1 \cdot 3)$$

$$\tau_{zx} = \tau_{xz}$$

归结起来，当六个分量 σ_x 、 σ_y 、 σ_z 、 τ_{xy} 、 τ_{yz} 、 τ_{zx} 已知后，一点的应力状态便确定了。

§1.2 应力张量

三个线性方程式 (1·2) 表示由任意给定的矢量 $\mathbf{n}$ 到另一个矢量 $\mathbf{s}_n$ 的变换；方程式 (1·2) 的九个系数构成一个数学上的整体，称为张量，并且由于方程式 (1·3) 表明剪应力互等，所以它还是一个对称张量。系数 $\sigma_x \cdots \tau_{xy} \cdots$ 称为应力张量的分量，它们的值决定于参考系的选择。

为了方便起见，可以用一个（黑体）字母来表示张量，或者，为了更清楚起见，用分量的矩阵来表示它。因此可以选取下面符号中的一种来表示应力张量：

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{pmatrix}$$

从 x 、 y 、 z 坐标系变到另一个 x' 、 y' 、 z' 坐标系，这些分量的新值，可以根据它们的物理意义分两个步骤计算。现在来计算 $\sigma_{x'}$ 和 $\tau_{x'y'}$ ，其余分量的计算公式和这两个分量的计算公式是相同的。所以有这两个计算的例子就足够了。

第一步，使 $\mathbf{n}$ 和 x' 轴重合，应用方程式 (1·2) 求出法线方向为 x' 轴的平面单元上应力矢量的 x 、 y 、 z 分量，为：