

〔美〕 E.W. 麦卡利斯特 主编

刘玲莉 刘严强 李红旗 张学增 权忠舆 杨祖佩 译

# 管道经验 法则手册

石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

# 管道经验法则手册

[美] E. W. 麦卡利斯特 主编

刘玲莉 刘严强 李红旗 张学增 权忠舆 杨祖佩 译

石油工业出版社

8228170

## 内 容 提 要

本手册汇集了管道设计、施工及运行维护的数百个简明法则，内容涉及管道基础资料、管道工程技术、流体力学、机电设备、仪表与控制、腐蚀防护、储罐计算、泄漏探测、维护以及经济问题等，所提供的经验方法、简化公式、算图及表格方便实用，可快速解决管道工程师、承包商及设计人员所遇到的日常问题，即使最难的管道问题也能找到一目了然的解决方法。

本书是管道专业技术人员不可多得的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

管道经验法则手册/ (美) 麦卡利斯特 (McAllister, E. W.) 主编; 刘玲莉等译. —北京: 石油工业出版社, 2004. 11  
书名原文: Pipeline Rules of Thumb Handbook  
ISBN 7-5021-4083-2

- I. 管…
- II. ①麦…②刘…
- III. 油气运输: 管道运输 - 技术手册
- IV. TE832-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 106835 号

Copyright © 2002 by Butterworth - Heinemann

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means or transmitted or translated into machine language without the written permission of the publisher.

本书经 Butterworth - Heinemann 授权翻译出版, 中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。  
版权登记号: 01 - 2003 - 1747

### 管道经验法则手册

[美] E. W. McAllister (E. W. 麦卡利斯特) 主编

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 47.75

字数: 1219 千字 印数: 1—1500 册

定价: 150.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

## 译者的话

美国 Gulf 出版公司出版的由 E. W. McAllister 主编的《Pipeline Rules of Thumb Handbook》(管道经验法则手册), 是一本用于解决油气管道日常问题的快捷、准确的指导性工具书。它自 1978 年首次发行第一版以后, 又于 1983、1993、1998 年和 2001 年 4 次修订再版。该书主要收集了“Pipe Line Industry”杂志(现更名为“Pipe Line & Gas”)发表的文章。它涉及油气输送管道行业内十分广泛的技术内容, 包括基础资料、管材管件、动力机械、管道设计、电气设计、铺设施工、焊接、水压试验、清管、防腐蚀、液体与气体输送的水力学、储罐、管道系统仪表与控制、泄漏检测、维修与修复以及经济问题等等。该书内容的最大特色在于编入大量实用的经验公式、算图和简明的法则, 有些堪称“诀窍”。其目的是使管道工程技术人员能在远离办公室或手头缺少详细资料的情况下, 仅靠该书即可便捷地查找到有用的数据和极为实用的经验方法。正是因为如此, 该书才得以 20 多年来屡屡再版广泛发行。

该书 1978 年的第一版曾由大庆油田组织力量译成中文, 在 20 世纪 80 年代初已由石油工业出版社出版。发行后在我国石油储运界反响很好。现该书时隔 20 多年后, 补充了许多新的资料并有不少修订。2000 年我国参加第 16 届世界石油大会的代表在加拿大购得该书第四版的原版书。我们阅读之后觉得很有必要将其译成中文, 以飨读者。在与美国 Gulf 出版公司协商翻译版权时, 该出版公司又主动提供了 2001 年最新的第五版, 并欣然同意依此翻译为中文出版发行。

在翻译过程中, 我们发现由于该书是杂志上已发表文章的汇编, 内容编排上略有一些凌乱, 但为了遵从原著一律未做改动, 只是增添了层次编号以方便查阅。原书中物理量的单位是英制、公制混用, 因为牵涉到公式的经验常数和算图的形状, 只能不做换算和调整。另外, 书后的原文索引也予略去。

该书绝大部分资料是经典的和长期经验验证过的, 其实用意义毋庸置疑。但有些资料, 例如在计算机、自动控制、流体减阻、防腐蚀、检测技术等方面, 显然跟不上现代科技日新月异的发展, 可能当这个译本发行到读者手中时已流于陈旧。考虑到保持该书的完整原貌, 对这些部分未做删减。在这些方面敬请读者注意除旧纳新去伪存真。

翻译工作由中国石油天然气管道科技中心组织多人集体完成。第 1 至 3、5、6、8、22 章由刘玲莉翻译, 第 4、7、14 章由张学增翻译, 第 9 至 11 章由李红旗翻译, 第 12、13 章由权忠舆翻译, 第 15 至 21 章由刘严强翻译。全书由权忠舆、杨祖佩、刘玲莉校译、统稿。

本书的出版得到石油工业出版社的大力支持, 在此谨表诚挚的谢意。

限于水平和时间, 译文恐难免错漏。敬希广大读者不吝批评指正。

2002 年 3 月

# 目 录

第1章 通用资料	(1)
1.1 基本公式	(1)
1.2 线缆及钢索	(4)
1.3 传动皮带及传动轴	(11)
1.4 其他	(12)
1.5 管道清管	(30)
1.6 陆上石油溢漏量的估算	(32)
1.7 水上溢漏量的估算	(34)
第2章 工程施工	(36)
2.1 工程资料	(36)
2.2 管道通行带	(38)
2.3 开挖管沟	(41)
2.4 混凝土工程	(42)
2.5 布管	(43)
2.6 管道沉放——如何将 在役管道不停输沉放	(58)
2.7 焊接	(62)
2.8 管线焊接	(64)
2.9 平均每名焊工每小时焊接多少焊缝	(72)
2.10 每英里 40ft 长钢管需要多少焊条	(72)
2.11 管道上每道焊口需要多少焊条	(73)
2.12 焊接标准所允许的安全而有效的管道修补	(73)
2.13 野外埋地管道——下向焊焊条消耗, 每个接头需要的焊条量	(79)
2.14 成功的定向穿越工程投标指南	(80)
第3章 管道设计	(89)
3.1 钢管设计	(89)
3.2 钢管参数	(96)
3.3 弯管长度	(99)
3.4 管道弯头计算	(101)
3.5 管道支点间距	(103)
3.6 美国锥管螺距标准	(105)
3.7 英国标准锥管螺纹	(106)
3.8 阴阳螺纹紧密连接的标准接合	(107)
3.9 便携计算机计算管道质量、容量及速度	(108)
3.10 处理有关管状物问题的公式及常数值	(112)
3.11 如何计算管道的膨胀或收缩	(113)

3.12	估算管道质量	(113)
3.13	如何根据外径和壁厚确定管道质量	(114)
3.14	管道不加支撑的最大允许长度	(114)
3.15	通过直接测量确定管材等级号	(115)
3.16	确定裸钢管的浮力	(115)
3.17	确定裸管及混凝土涂敷管在水和泥浆中的浮力	(115)
3.18	管材质量	(116)
3.19	碳钢管的允许工作压力	(118)
3.20	确定因管内压在管壁中引起的应力	(119)
3.21	如何计算管道地上/地下变换时的应力	(120)
3.22	如何确定法兰的序列号	(123)
3.23	正切线三径弯头的尺寸	(123)
3.24	聚合物管道设计数据	(124)
<b>第4章</b>	<b>电气设计</b>	<b>(129)</b>
4.1	电气设计	(129)
4.2	危险区域	(131)
4.3	美国电气制造商协会 (NEMA) 电机机壳类型	(132)
4.4	移动式发电机的选型	(133)
4.5	电气和电气工具的常用功率	(133)
4.6	顶出器尺寸	(134)
4.7	美国电气规程 (NEC) 表	(134)
4.8	电工公式	(144)
4.9	满负荷电流—单相变压器	(144)
4.10	三相变压器满负荷电流	(145)
4.11	马达控制器规格	(146)
4.12	钢质穿线管中使用 600V 铜导线时电路中的电压降	(147)
4.13	电力导线最经济规格的确定	(147)
4.14	如何确定铜导线的电阻和质量	(148)
4.15	应记住的电工公式	(149)
4.16	微波传播水平跨距的计算	(149)
4.17	不同电压下三相异步电动机每安培电流所需功率 (hp) 的快速计算	(149)
4.18	泵机组电机功率 (hp) 算图	(150)
4.19	泵站	(151)
4.20	泛光照明概念	(152)
<b>第5章</b>	<b>管道的静水压试验</b>	<b>(156)</b>
附录 5A		(163)
附录 5A.1	充满试验管段所需水量	(163)
附录 5A.2	试验压力下需要的水量	(163)
附录 5B		(165)
附录 5B.1	如何利用图表估算试验水温变化引起的压力变化量	(165)

附录 5B.2 水的压缩系数 .....	(167)
<b>第6章 管道干燥</b> .....	(168)
6.1 管道除水、清理及干燥 .....	(168)
6.2 空气的含水量 .....	(171)
6.3 石化产品管道的投产 .....	(177)
6.4 真空干燥 .....	(181)
<b>第7章 调节阀</b> .....	(184)
7.1 调节阀选择计算公式 .....	(184)
7.2 调节阀流量计算 .....	(189)
7.3 调节阀的选择 .....	(195)
7.4 泄压阀计算、选择、安装和试验 .....	(198)
7.5 爆破片尺寸的确定 .....	(204)
7.6 用流动阻力法 ( $K_R$ ) 确定爆破片大小 .....	(205)
7.7 变孔径旋转调节阀 .....	(208)
7.8 气体和蒸气阀门的口径计算 .....	(212)
<b>第8章 腐蚀与防护</b> .....	(215)
8.1 手持计算机确定混凝土涂层厚度 (工程师用技术数据) .....	(215)
8.2 管道涂敷商协会 (NAPCA) 技术要求 .....	(218)
8.3 1mile 管道用多少底漆 .....	(223)
8.4 1mile 管道用多少煤焦油瓷漆 .....	(223)
8.5 1mile 管道用多少缠带 .....	(224)
8.6 估算每英里管道所需要的涂敷和缠绕材料用量 .....	(224)
8.7 管道涂层材料的摩擦系数 .....	(225)
8.8 阴极保护系统故障检修: 镁阳极系统 .....	(228)
8.9 管道阴极保护 .....	(228)
8.10 海上管道所需阳极材料质量的估算 .....	(237)
8.11 25°C下, 其他参比电极电位与铜/硫酸铜参比电极电位对比 .....	(239)
8.12 用于计算阳极地床电阻与整流器电源费用的图表 .....	(239)
8.13 如何预测镁阳极的输出 .....	(241)
8.14 如何确定阴极保护整流器的效率 .....	(241)
8.15 如何快速计算阳极床电缆上的电压降 .....	(241)
8.16 整流器电缆最经济的尺寸是多少 .....	(242)
8.17 对于裸管或腐蚀热点的保护如何估算镁阳极的数量及间距 .....	(242)
8.18 如何根据化学分析确定淡水的电阻率 .....	(243)
8.19 单支石墨阳极的接地电阻 .....	(243)
8.20 如何估算阴极保护整流器的月度电消耗 .....	(244)
8.21 以单支阳极接地电阻表示的一组石墨阳极的接地电阻是多少 .....	(244)
8.22 如何预测镁阳极棒用于热交换器壳阴极保护时的电流输出 .....	(244)
8.23 管道电流测试点的间距是多少 .....	(244)
8.24 附加保护一个短接套管需要多少镁阳极 .....	(245)

8.25	牺牲阳极的成组安装	(245)
8.26	如何预测镁阳极的寿命	(245)
8.27	若通过给定阳极床排出定量电流, 如何确定整流器的额定电压	(246)
8.28	确定涂敷管道的保护电流需求	(246)
8.29	当管地电位为估算值时, 如何确定涂敷管道的电流需求	(247)
8.30	管道上高压直流电 (HVDC) 的影响	(247)
8.31	阴极保护系统故障排除: 整流器—地床	(251)
8.32	如何对压缩机组进行腐蚀控制	(252)
8.33	工程泄漏增长趋势	(254)
8.34	管道保护的进展	(254)
8.35	估算管道防腐蚀用胶带的平方数	(261)
8.36	估算胶带底漆用量	(261)
8.37	管件用胶带的量	(261)
8.38	管道上的交流感应电压可能存在的严重危害	(261)
8.39	管道上有害交流电流的测量	(265)
8.40	将高压交流电力线附近管道上的电击危害降至最低	(268)
<b>第9章</b>	<b>气体通则</b>	(270)
9.1	气体定律知识	(270)
9.2	通过气体分析计算气体的性质	(273)
9.3	烃类与其他化学物质以及气体的物理特性	(278)
9.4	用算图计算气体和蒸气的比容和密度	(287)
9.5	能量测试设备选择应考虑的因素	(288)
9.6	甲烷的特性	(295)
9.7	纯甲烷气体换算表	(303)
9.8	天然气的种类及气藏术语	(303)
9.9	通用燃气工业术语汇编	(304)
<b>第10章</b>	<b>气体压缩</b>	(309)
10.1	压缩机	(309)
10.2	往复式压缩机性能计算	(310)
10.3	往复式压缩机脉动控制吸入和排出体积缓冲瓶尺寸的估算	(313)
10.4	压缩功率的确定	(314)
10.5	通用压缩因子	(317)
10.6	算图法诊断压缩机汽缸故障	(318)
10.7	离心式压缩机数据	(320)
10.8	压缩机站燃气管线尺寸的估算	(328)
10.9	估算发动机所需冷却水量	(329)
10.10	估算内燃机耗燃油量	(330)
10.11	估算压缩机安装所需燃气量	(330)
<b>第11章</b>	<b>气体水力学</b>	(331)
11.1	气管道的水力计算	(331)



11.2	基于 Panhandle A 的多管段当量长度	(333)
11.3	低压气管道系统流量计算	(334)
11.4	确定管道当量系数的算图	(334)
11.5	计算给定管段中气体含量	(335)
11.6	如何估算气管道的当量长度因子	(336)
11.7	气管道相对容量的估算	(336)
11.8	气管道用压力降法确定管道泄漏量	(337)
11.9	确定集输管道流量的快捷方法	(338)
11.10	能量换算数据表	(338)
11.11	估算输气管道密闭试验所需时间及新建管道近似的允许最大压力损失	(339)
11.12	如何确定输量增加与投资增加的关系	(340)
11.13	估算天然气输量增加所需管子尺寸	(340)
11.14	气压试验时, 用截面积表计算干线损失	(341)
11.15	管道中燃气流量	(343)
11.16	管内气体流速的计算	(344)
11.17	确定放空系统的临界截面压力	(344)
11.18	管道孔泄漏量的估算	(345)
11.19	计算管道中气体流量的实用方法	(346)
11.20	如何计算管内气体质量	(346)
11.21	用上游和下游压力估算管内气体的平均压力	(347)
11.22	确定天然气粘度的图表	(347)
11.23	气体流动	(348)
11.24	多相流动	(355)
11.25	清洁钢管和熟铁管道可压缩流体摩阻系数及雷诺数算图	(361)
<b>第12章</b>	<b>液体通则</b>	(361)
12.1	原油粘度的确定	(364)
12.2	快速得出混合油 API 重度的图表	(364)
12.3	换算液体重度与密度的图表	(365)
12.4	计算液态烃在高压下粘度的算图	(365)
12.5	混合油粘度计算	(366)
12.6	混合油重度计算	(368)
12.7	粘度单位的换算	(368)
12.8	由相对密度到 API 重度的换算	(368)
12.9	体积弹性模量的计算	(368)
12.10	液态烃类的粘度	(369)
12.11	计算浆液粘度的算图	(369)
12.12	计算管道中液体速度的算图	(369)
12.13	计算管道中可压缩流体速度的算图	(373)
12.14	超声测量基本流动方程的推导	(374)
12.15	管道中油流的运动有多快	(377)














12.16	用内径估算每英尺管内的体积	(378)
12.17	给定管道的充装量(以 bbl/mile 计)是多少	(378)
12.18	管道小孔泄漏量的计算	(378)
12.19	不同管径和不同输送流速下的速度头列表	(379)
<b>第13章 液体水力学</b>		(381)
13.1	海上装卸软管资料	(381)
13.2	计算管道流量和压降的典型公式	(388)
13.3	水力坡降	(390)
13.4	当量长度	(394)
13.5	环形空间管段压力损失的计算	(397)
13.6	粘性原油(不小于 1000cP)压力和温度损失的计算	(398)
13.7	批次注入流量的确定	(403)
13.8	通过阀门与管件的压力损失	(404)
13.9	计算液体紊流流动压降的算图	(413)
13.10	减阻剂	(417)
13.11	如何计算从管道流出液体的流速	(437)
13.12	预测地面以下温度范围	(438)
13.13	流水管道的尺寸	(439)
13.14	根据管径如何近似计算输量	(440)
13.15	无液位计和流量计可用时的液体流量量度法	(440)
13.16	计算给定管径原油集输管道的输量	(440)
13.17	如何确定普通铁管输送清水时因摩阻而造成的压头损失	(441)
13.18	如何确定原油系统管径,如何计算压降和最优站距	(442)
13.19	原油输送管道最优工作压力的计算	(442)
13.20	为了对付输量增加应如何确定原油和成品油的管径	(442)
13.21	当主阀门突然关闭时如何确定液体满流管道的最大波动压力	(443)
13.22	在油柱 $H$ ft 高时静压力是多少	(443)
13.23	瞬变流态压力分析	(444)
13.24	罐区管道尺寸的确定	(453)
<b>第14章 泵</b>		(456)
14.1	离心泵	(456)
14.2	速度扭矩的计算	(469)
14.3	往复泵的脉动控制	(470)
14.4	离心泵的主要参数及应用	(480)
14.5	离心泵在不同转速下的流量估算	(492)
14.6	如何估算普通离心泵的压头	(492)
14.7	往复泵的流量计算	(493)
14.8	在给定流量和排出压力下,如何估算泵所需的功率	(493)
14.9	计算往复泵流量的算图	(494)
14.10	计算泵比转数的算图	(495)

14.11	计算泵所需功率的算图 .....	(497)
14.12	如何为现场集输泵选择电机 .....	(498)
14.13	往复泵 .....	(498)
14.14	回转式螺杆泵基本知识 .....	(509)
<b>第15章</b>	<b>测量 .....</b>	<b>(516)</b>
15.1	影响管道流量测量新的因素 .....	(516)
15.2	采用法兰孔板进行液体测量 .....	(519)
15.3	轻烃质量测量 .....	(524)
15.4	超临界二氧化碳管道的测量 .....	(526)
15.5	气体测量 .....	(533)
<b>第16章</b>	<b>仪表设备 .....</b>	<b>(573)</b>
16.1	控制系统的类型 .....	(573)
16.2	管道仪表设备的发展 .....	(576)
16.3	为集成 SCADA 通讯选择适当的技术 .....	(590)
<b>第17章</b>	<b>管道泄漏探测技术 .....</b>	<b>(597)</b>
17.1	概述 .....	(597)
17.2	泄漏起因及其经济性 .....	(597)
17.3	简单泄漏探测系统 .....	(598)
17.4	清管器检测系统 .....	(600)
17.5	基于计算机的监测系统 .....	(600)
17.6	管道泄漏现象 .....	(601)
17.7	管道模拟背景知识 .....	(601)
17.8	基本管道模拟方程 .....	(602)
17.9	仪器精度影响 .....	(603)
17.10	系统设计观点与指南 .....	(605)
17.11	管道监测系统发展 .....	(606)
17.12	结论 .....	(606)
<b>第18章</b>	<b>储罐 .....</b>	<b>(608)</b>
18.1	由图表获得内浮顶罐蒸气损失 .....	(608)
18.2	估算卧式圆柱形储罐的容积 .....	(611)
18.3	如何计量卧式圆柱形储罐 .....	(612)
18.4	利用算图计算罐容积 .....	(612)
18.5	将实际温度下的轻烃体积校正到 60 °F 下的体积 .....	(613)
18.6	垂直圆形储罐的液体体积 .....	(614)
18.7	油罐的蒸气生成速率算图 .....	(614)
18.8	用手持计算器程序简化防火堤计算 .....	(615)
<b>第19章</b>	<b>维护 .....</b>	<b>(622)</b>
19.1	如何针对管道泄漏制订综合应急工作计划 .....	(622)
19.2	泄漏应急初级反应、后继反应及特别工作组培训 .....	(625)
<b>第20章</b>	<b>经济 .....</b>	<b>(631)</b>

20.1	快速估算工资的经验法则	(631)
20.2	估算施工设备最佳服役期限的经验法则	(634)
20.3	如何估算管道建设成本	(637)
20.4	管道、泵站、末站的费用估算策略	(640)
20.5	经济	(646)
20.6	货币的时间价值：概念与公式	(653)
20.7	投资、财务项目决策和评估标准	(661)
20.8	敏感性分析	(664)
20.9	投资和财务项目决策树分析	(666)
20.10	会计学基础	(669)
20.11	管道费用估算	(673)
20.12	如何比较柴油发动机与天然气发动机的运转费用	(674)
20.13	如何估算不同输量管道的能耗费用	(675)
20.14	比较内燃机和电动机的燃料费用	(675)
20.15	计算设备或厂房放大费用的算图	(676)
20.16	计算储罐放大费用的算图	(676)
20.17	年限总和折旧算图	(678)
20.18	估算投资收益率（“获利指数”）的算图	(679)
20.19	确定盈亏平衡点的算图	(681)
20.20	不同动力驱动的往复式压缩机的单位制动功率费用图表	(683)
20.21	一个站安装往复式压缩机数量对单位成本的影响	(683)
20.22	不同动力驱动的离心式压缩机单位制动功率费用图表	(684)
<b>第21章</b>	<b>修复——风险评估</b>	<b>(685)</b>
21.1	何时一条管道需要重新确认	(685)
21.2	管道风险管理	(694)
<b>第22章</b>	<b>换算系数</b>	<b>(700)</b>
22.1	从一种测量单位制到另一种测量单位制的换算	(700)
22.2	粘度——绝对粘度当量	(727)
22.3	图解求普通液体密度	(728)
22.4	密度换算	(729)
22.5	石油相对密度—温度关系图	(730)
22.6	各类液体的密度和相对密度	(731)
22.7	公制换算——公制→英制、英制→公制	(732)
22.8	温度换算	(734)
22.9	粘度——当量运动粘度	(735)
22.10	粘度——当量运动粘度及赛氏通用粘度换算	(735)
22.11	粘度——122 °F下的当量运动粘度与赛氏傅洛粘度	(736)
22.12	粘度——一般换算	(737)
22.13	压力换算图	(739)
22.14	确定平方根的简单方法	(739)

22.15	国际单位制数据 .....	(740)
22.16	能量转换图 .....	(741)
22.17	流量转换图 .....	(742)
22.18	不同燃料形式的转换 .....	(742)
22.19	各种温度下每立方英尺水的质量 .....	(746)
22.20	工程常数 .....	(747)
22.21	度量单位 .....	(748)
22.22	分钟到十进制小时的换算表 .....	(748)
22.23	如何比较天然气与替代燃料的费用 .....	(749)
22.24	燃料油的特性 .....	(750)

# 第 1 章 通用资料

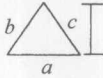
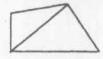
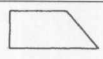
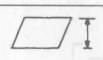




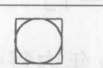



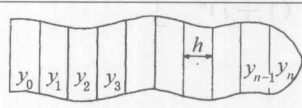
<p><b>1.1 基本公式</b></p>		
<p><b>1.1.1 收益率公式</b></p>		<p>终值三</p>
<p>(1) 一次支付终值公式, SPCA。</p>		<p>终值四即终下</p>
	$S = P(1+i)^n$	<p>(1-1)</p>
<p>系数 <math>(1+i)^n</math> 是指 1 美元的本利和。</p>		<p>终值</p>
<p>(2) 一次支付现值公式, SPPW。</p>		<p>终值四即终下</p>
	$P = S \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$	<p>(1-2)</p>
<p>系数 <math>\left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]</math> 是指将来付给 1 美元的现值。</p>		<p>终值三即终下</p>
<p>(3) 等额支付序列年金终值公式, USCA。</p>		<p>终值</p>
	$S = R \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$	<p>(1-3)</p>
<p>系数 <math>\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]</math> 是指每个周期的 1 美元, 到 <math>n</math> 年后的本利和。</p>		<p>终值三即终下</p>
<p>(4) 偿债基金押金, SFD。</p>		<p>终值</p>
	$R = S \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$	<p>(1-4)</p>
<p>系数 <math>\left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]</math> 是指为筹集几年后的 1 美元, <math>n</math> 年内每个周期需存储的金额。</p>		<p>终值三即终下</p>
<p>(5) 资本回收公式, CR。</p>		<p>终值三即终下</p>
	$R = S \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$	<p>(1-5)</p>
<p>系数 <math>\left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]</math> 指现在投资的 1 美元, <math>n</math> 年内每年应等额回收的值。</p>		<p>终值三即终下</p>
<p>(6) 年金现值公式, USPW。</p>		<p>终值三即终下</p>
	$P = R \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$	<p>(1-6)</p>
<p>式中 <math>P</math>——现值;</p>		<p>终值三即终下</p>
<p><math>S</math>——终值;</p>		
<p><math>R</math>——年金, 等额支付的金额;</p>		
<p><math>n</math>——计息次数;</p>		

$i$ ——利率。

系数  $\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n} \right]$  指  $n$  年内等额支付 1 美元的现值总额。

### 1.1.2 面积公式 (表 1-1)

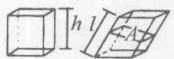
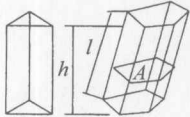
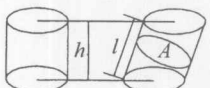

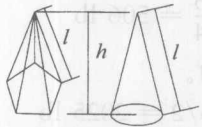

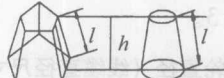
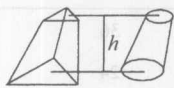


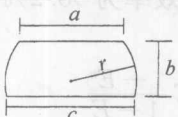
表 1-1 面积公式

形 状		面积计算方法
三角形		底 $\times$ 1/2 垂线高度 $\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$ $s = 1/2$ 三边 $a, b, c$ 的和
不规则四边形		两个三角形面积和
梯形		1/2 上下底之和 $\times$ 垂线高度
平行四边形		底 $\times$ 垂线高度
规则多边形		边长之和的 1/2 $\times$ 内切圆半径
圆		$\pi r^2 = 0.07958 \times \text{直径}^2$
圆的扇形部分		$\frac{\pi r^2 A^\circ}{360} = 0.0087266 r^2 A^\circ = \text{弧} \times 1/2 \text{ 半径}$
圆缺		$r^2 \left( \frac{\pi A^\circ}{180} - \sin A^\circ \right)$
与正方形同面积的圆		直径 = 边长 $\times 1.12838$
与圆同面积的正方形		边长 = 直径 $\times 0.88623$
椭圆		长径 $\times$ 短径 $\times 0.78540$
抛物线		底 $\times 2/3$ 垂线高度
不规则平面		$n$ 的数值越大, 近似值的精确度越高 $A = \frac{h}{3} [(y_0 + y_n) + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2})]$

### 1.1.3 表面积和体积公式

实体表面积和体积的计算方法见表 1-2。

表 1-2 表面积和体积公式

平行六面体		$S = \text{垂直于边的周长 } P \times \text{侧边长度 } l$ $V = \text{底面积} \times \text{垂线高度 } h$ $V = \text{垂直于边的截面面积 } A \times \text{侧边长度 } l$
垂直、倾斜、规则及不规则棱柱		$S = \text{垂直于边的周长 } P \times \text{侧边长度 } l$ $V = \text{底面积} \times \text{垂线高度 } h$ $V = \text{垂直于边的截面面积 } A \times \text{侧边长度 } l$
垂直、倾斜、圆形或椭圆柱体		$S = \text{底周长} \times \text{垂直高度}$ $V = \text{底面积} \times \text{垂线高度}$ $V = \text{垂直于边的截面面积 } A \times \text{侧边长度 } l$
任意棱柱或圆柱的截头锥体		$V = \text{底面积} \times \text{底到对面重力中心的垂直高度 } h$ 对于圆柱体, 为 $1/2A(l_1 + l_2)$
正角锥或圆锥		$S = \text{底周长} \times 1/2 \text{ 斜高 } l$ $V = \text{底面积} \times 1/3 \text{ 垂线高度 } h$
正、斜、规则、不规则角锥或圆锥		$V = \text{底面积} \times 1/3 \text{ 垂线高度 } h$ $V = 1/3 \text{ 同底同垂高棱柱或圆柱体积}$ $V = 1/2 \text{ 同底同垂高半球体积}$
正规则、两端平行角锥台或圆锥台		$S = (\text{底周长} + \text{顶周长}) \times 1/2 \text{ 斜高 } l$ $V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$ $A_1, A_2$ 分别为上、下底面积
两端平行的任意角锥台或圆锥台		$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$ $A_1, A_2$ 分别为上、下底面积
球体		$S = 4\pi r^2$ $V = 4/3\pi r^3$
扇形球体(球冠)		$V = 2/3\pi r^2 b$ $S = 1/2\pi r(4b + c)$
球台		$S = 2\pi r b$ $V = 1/24\pi b(3a^2 + 3c^2 + 4b^2)$

注: S 表示侧面或外凸面积, V 表示体积。



## 1.2 线缆及钢索

### 1.2.1 线缆强度估算

法则：

- (1) 将线缆直径换算为分母为 8 的分数；
- (2) 分子求平方；
- (3) 以分母除之；
- (4) 结果即为线缆强度，单位：t。

示例：估算 1/2in 钢缆的强度：

直径 = 1/2 = 4/8,  $4^2/8 = 2$

1/2in 钢缆的大致强度为 2t。

### 1.2.2 确定马尼拉绳索的工作强度

马尼拉绳索的工作强度约为  $900 \times \text{直径}^2$ ； $W = 900d^2$ ，式中  $d$  以 in 表示， $W$  用 lb 表示。

示例：3/4in 马尼拉绳索的工作强度是多少？

最大推荐拉力为：

$$W = 900 \times \frac{3 \times 3}{4 \times 4} = 506 \text{ lb}$$

示例：确定 1 1/2 in 马尼拉绳的最大工作拉力。

$$W = 900 \times 3/2 \times 3/2 = 2025 \text{ lb}$$

对于直径大于 2 in 的马尼拉索，应采用小于 900 的系数。在采用更重的绳索工作时，最好参照经过认可的手册确定安全工作强度。

### 1.2.3 各类线缆所需鼓轮和绞轮直径

最有效利用线缆的绞轮或鼓轮直径见表 1-3。

表 1-3 各类线缆所需绞轮和鼓轮直径 (线缆直径尺寸倍数)<sup>①</sup>

线缆类型	6×19	6×37	8×19	5×28	6×25	18×7	6×7
最佳匹配	45	27	31	36	45	51	72
较好匹配	30	18	21	24	30	34	42
临界匹配	16	14	14	16	16	18	28

<sup>①</sup>Construction Methods and Machinery, F. H. Kelloy, Prentice-Hall, Inc., 1954.

示例：如果线缆为 6×19 组合，直径 3/4 in，牵引索提升轮尺寸多少？

查表，较好配合要求为直径的 30 倍，本示例中为 22 1/2 in。载荷、速度、弯曲以及工作条件都会影响到拉索的使用寿命，因此采用表中“较好配合”与“最佳配合”之间的系数。

### 1.2.4 考虑牵拉摩阻时滑轮和索具的机械效率

不同滑轮组的效率是不同的。对于滚动轴，效率为 96.2%；而对于简单轴，通常效率为 91.7%。下列公式可以给出近似结果：

$$MA = \frac{W}{w} = E \frac{1 - E^n}{1 - E} \quad (1-7)$$

式中  $MA$ ——机械效率；

$W$ ——被装置提升起的总重量；