

水和蒸汽的性质

〔德〕 W.瓦格纳 A.克鲁泽 著



科学出版社

www.sciencep.com

水和蒸汽的性质

- 水和蒸汽性质国际协会公布的热力学性质新工业标准 IAPWS-IF97 和增补的其他性质方程
- 标准数据表

〔德〕W. 瓦格纳 A. 克鲁泽 著
项红卫 译

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是水和蒸汽性质国际协会公式化委员会主席 W. 瓦格纳教授及其合作者 A. 克鲁泽博士 1998 年所著的同名书的中译本。本书给出了水和蒸汽性质国际协会 1997 年公布的 IAPWS-IF97 热力学性质的新标准和粘度、导热系数、表面张力、介电常数及折射率等各性质的最新方程和数据。水和蒸汽热力学性质 IAPWS-IF97 显著提高了热力学性质的精度和计算机运行速度,取代了自 20 世纪 60 年代后期以来形成电厂计算等工业应用的 IFC-67 公式及由斯米特和格里古尔编辑的《国际单位制的水和蒸汽性质》一书及其译本。这要求使用者,尤其是锅炉和透平生产商、电力公司及相应的工程部门,必须采用新标准以修正工业应用中的 IFC-67 作为标准设计程序和参考数据。

本书可作为涉及该领域的有关研究单位、大学及科技部门图书馆、资料室等的标准工具书,也可作为从事化学化工、能源动力、环境材料、石油地矿等行业的工程技术及研究人员的参考书。

图字:01-2001-2445

图书在版编目(CIP)数据

水和蒸汽的性质/[德]W. 瓦格纳,A. 克鲁泽著;项红卫译.-北京:科学出版社,2003

ISBN 7-03-009865-X

I. 水… II. ①瓦… ②克… ③项… III. ①水-性质 ②蒸汽-性质
N.O661.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 075333 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 3 月第 一 版 开本: 850×1168 1/16
2003 年 3 月第一次印刷 印张: 18 3/4
印数: 1—2 500 字数: 397 000

定价: 48.00 元(附彩图 2 张)

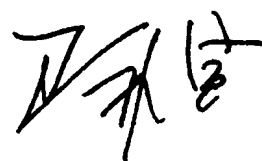
(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

译 序

水是与人类的生存和社会发展密切相关的重要物质，在能源动力、化学化工、环境材料等许多工业领域中都具有广泛的应用。

1997 年水和蒸汽性质国际协会经过 30 年的研究公布了水和蒸汽性质的新工业标准。新公布的 IAPWS-IF97 工业公式显著改善了热力学性质的计算，从而取代了自 20 世纪 60 年代后期以来形成的电厂计算等其他工业应用基础的 IFC-67 公式。W. 瓦格纳教授基于此，于 1998 年在德国出版的《水和蒸汽的性质》一书中给出了该协会公布的热力学性质工业标准 IAPWS-IF97 和增补的其他性质方程及其数据表。

项红卫同志多年来致力于该领域的研究，现将本书译为中文介绍给国内读者，期望本书中译本的出版将对我国的科学研究和工业发展起到积极的促进作用。



清华大学教授
中国科学院院士

译者的话

正如 W. 瓦格纳教授在前言、王补宣院士在译序中阐明的,1997 年水和蒸汽性质国际协会新公布的工业标准 IAPWS-IF97 取代了前 IFC-67 公式,从而显著提高了水和蒸汽性质的计算精度和在工业应用中的计算速度。本书已在美国、俄罗斯、日本等国出版发行,译者希望中译本的出版能推动我国该领域的学术研究和工业应用。

译者感谢 W. 瓦格纳教授在本书翻译过程中所给予的帮助,感谢德国施普林格出版公司(Springer-Verlag)的 H. von Riedesel 博士和 Alice Essenpreis 女士及科学出版社的彭斌主任,中国科学院工程热物理研究所蔡睿贤院士、清华大学过增元院士、北京化工大学李斯特教授、清华大学王补宣院士、哈尔滨工业大学严家骏教授、清华大学朱明善教授等为本书中译本的出版所给予的积极支持和热忱帮助。刘冬霞、李岩在本书翻译过程中给予了帮助,朱明善教授校阅了译稿,王补宣院士热情为之作序,译者在此一并致谢。

鉴于译者水平所限,错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

前 言

水和蒸汽性质国际协会 (IAPWS) 于 1997 年采纳了适用于工业应用的水和蒸汽热力学性质的新公式。该公式称为“水和蒸汽热力学性质的工业公式 1997” (“IAPWS 工业公式 1997”) 或缩写为“IAPWS-IF97”。新 IAPWS-IF97 公式取代了以前工业公式 IFC-67。IFC-67 公式自 20 世纪 60 年代后期以来形成了电厂计算和其他工业应用的基础。IAPWS-IF97 显著提高了热力学性质的计算精度和计算速度。它与 IFC-67 公式的差别将要求许多使用者, 尤其是锅炉和透平生产商及电力公司和相应的工程部门, 必须采用新标准来修正现今仍在工业应用中使用 IFC-67 作为设计和应用的程序。除此之外, IAPWS-IF97 公式也对化学工业中的能源工程领域及其他工业分支都具有重要意义。综上所述, 本书给出了为工业应用而计算水和蒸汽的热力学性质的 IAPWS-IF97 方程。

工业公式 IAPWS-IF97 是在国际研究项目下完成的。由本书作者之一 (W. 瓦格纳) 主持的 IAPWS 新工业公式工作组协同完成了该工作。IAPWS-IF97 的最终形成得益于以下人们的贡献: J. R. 库珀, R. 马雷什, Y. 高石, A. 迪特曼, K. 小口, I. 谷下, J. 来岛, H. 佐藤, J. 特鲁本巴克, H. -J. 克雷奇马尔, I. 施特克尔, W. 瓦格纳, A. 克鲁泽, O. 西夫纳, Th. 威尔考曼。

还有许多其他的 IAPWS 同事, 尤其工业计算及水和蒸汽热物理性质的两个工作组的会员们都对这个综合性项目的圆满成功作出了贡献, 我们非常感激他们。我们尤其感谢这两个工作组的主席 B. 鲁克斯和 J. R. 库珀。另外, 我们还要感谢 IAPWS 新工业公式评价工作组的成员, 他们考虑了 IAPWS-IF97 的所需性能及检验了对实际动力循环的影响, 鉴于此重要方面, 我们特别感谢该工作组的主席 K. 宫川及其同事 R. 斯潘塞、R. B. 姆可林脱克和 P. 布拉德利的不同寻常的努力。

除了水和蒸汽的热力学性质的工业标准 IAPWS-IF97, 本书也描述了迁移性质粘度和导热系数的最新方程, 另外还给出了表面张力、介电常数、折射率等方程。

本书内容分三部分, 由两种语言描述。第一部分用英文描述, 包括以上提到的热物理性质方程; 第二部分对应德文; 第三部分以两种语言给出了主要的水和蒸汽热物理性质的数据表。

第三部分数据表无一例外是从第一部分和第二部分总结的对应方程分别计算而得的。主要基于新工业公式 IAPWS-IF97 的这些数据表取代了由 E. 斯米特和 U. 格里古尔编辑的《国际单位制的水和蒸汽性质》(施普林格出版公司, 第四版, 增补本, 1989) 一书中基于以前工业公式 IFC-67 的数据表。

我们对 C. 邦森先生表示最诚挚的感谢, 他处理了计算迁移性质和产生数据表的计算程序。我们也感谢 A. -M. 西格女士打印了手稿的文字。我们特别感激德国研究协会对在波鸿鲁尔大学完成的 IAPWS-IF97 研究的财政支持。

W. 瓦格纳

A. 克鲁泽

1998 年 2 月于波鸿

符 号 表

a	系数
c_p	比定压热容
c_v	比定容热容
f	比亥姆霍兹自由能, $f = u - T_s$
g	比吉布斯自由能, $g = h - T_s$; Harris-Alder g -因子
h	比焓
Δh_v	比蒸发焓, $\Delta h_v = h'' - h'$
I	指数
i	序数; 指数
J	指数
j	序数; 指数
k	玻尔兹曼常量
M	摩尔质量
N_A	阿伏伽德罗常量
n	系数; 折射率
Pr	普朗特数, $Pr = \eta c_p \lambda^{-1}$
p	压力
R	比气体常数
R_m	摩尔气体常数
s	比熵
Δs_v	比蒸发熵, $\Delta s_v = s'' - s'$
T	热力学温标 ¹⁾
t	摄氏温度, $t [^{\circ}\text{C}] = T[\text{K}] - 273.15\text{K}$
u	比内能
v	比容
w	声速
α	单水分子的平均分子极化率
β	转换压力, 见方程(3.22a)
γ	无量纲吉布斯自由能, $\gamma = g/(RT)$
Δ	量差
δ	对比密度, $\delta = \rho/\rho^*$
ϵ	介电常数
ϵ_0	真空介电常数

1) 本书中所有温度都采用 1990 国际温标(ITS-90)。

η	对比焓, $\eta = h/h^*$; 动力粘度
θ	对比温度, $\theta = T/T^*$
ϑ	转换温度, 见方程(3.22b)
κ	等熵指数, $\kappa = -v p^{-1}(\partial p / \partial v)$,
Λ	对比导热系数, $\Lambda = \lambda / \lambda^*$; 对比波长, $\Lambda = \lambda / \lambda^*$
λ	导热系数; 波长
μ	单水分子的偶极距
ν	运动粘度, $\nu = \eta \rho^{-1}$
π	对比压力, $\pi = p / p^*$
ρ	质量密度
σ	对比熵, $\sigma = s / s^*$; 表面张力
τ	反对比温度, $\tau = T^* / T$
ϕ	无量纲亥姆霍兹自由能, $\phi = f / (RT)$
Ψ	对比动力粘度, $\Psi = \eta / \eta^*$

上标

o	理想气体部分; 理想气体
r	过剩部分
*	对比量
'	饱和液态
"	饱和气态

下标

b	正常沸点
c	临界点
max	最大值
s	饱和态
t	三相点

目 录

符号表	ix
第一部分 水和蒸汽热物理性质的计算方程	1
1 导言	3
2 参考常数	4
3 水和蒸汽的热力学性质的工业公式 IAPWS-IF97	5
3.1 IAPWS-IF97 的特点	5
3.1.1 IAPWS-IF97 的结构	5
3.1.2 IAPWS-IF97 的特性	6
3.2 区域 1 的方程	7
3.2.1 基本方程	7
3.2.2 反推方程	9
3.2.2.1 反推方程 $T(p, h)$	9
3.2.2.2 反推方程 $T(p, s)$	10
3.3 区域 2 的方程	10
3.3.1 区域 2、3 的边界辅助方程	10
3.3.2 基本方程	11
3.3.3 亚稳态气相区的补充方程	14
3.3.4 反推方程	15
3.3.4.1 子区 2a、2b 和 2c 的反推方程 $T(p, h)$	16
3.3.4.2 子区 2a、2b 和 2c 的反推方程 $T(p, s)$	18
3.4 区域 3 的基本方程	21
3.5 区域 4 的方程	23
3.5.1 饱和压力方程(基本方程)	23
3.5.2 饱和温度方程(反推方程)	24
3.6 区域 5 的基本方程	24
3.7 IAPWS-IF97 的不确定性	26
4 迁移性质及其他性质方程	29
4.1 动力粘度	29
4.2 导热系数	30
4.3 表面张力	31
4.4 介电常数	32
4.5 折射率	33
参考文献	35
第二部分 水和蒸汽的性质表	37

1 饱和态(温度表).....	39
2 饱和态(压力表).....	58
3 理想气体态.....	66
4 单相区(IAPWS-IF97 的 1~3 区)	69
5 高温区(IAPWS-IF97 的 5 区)	256
6 饱和态:运动粘度、普朗特数、介电常数和表面张力.....	262
7 运动粘度	265
8 普朗特数	270
9 介电常数	275
10 折射率(含饱和态).....	280

第一部分

水和蒸汽热物理 性质的计算方程

1 引言

本书该部分介绍了目前国际公认的最新方程,以用于水和蒸汽热物理性质的工业计算。

水和蒸汽热力学性质的新工业标准“**IAPWS 1997 工业公式**”(IAPWS-IF97),包括了计算热力学性质的所有方程。该新公式是水和蒸汽性质国际协会(International Association for the Properties of Water and Steam, IAPWS)于1997年在德国埃朗根召开的年会上采用的。该新公式,即 IAPWS-IF97,取代了以前工业标准 IFC-67^[1]。第一部分第3章将详细介绍新工业标准 IAPWS-IF97。

除了水和蒸汽的热力学性质方程外,第4章还总结了迁移性质动力粘度和热传导的最新方程,同时还给出了表面张力、介电常数和折射率等方程。

在本书第二部分,将给出由第一部分第3章和第4章所描述的对对应方程计算的水和蒸汽主要性质的数据表。

2 参考常数

本章总结了用于评价第 3 章和第 4 章给出方程所需的所有参考常数。

水物质的气体常数

$$R = 0.461526 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (2.1)$$

是从普适气体常数^[2]

$$R_m = 8.31451 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (2.2)$$

及水的摩尔质量

$$M = 18.015257 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad (2.3)$$

而导出的。

水的摩尔质量来自于氢的摩尔质量 $M_H = 1.00797597 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (基于 ^1H 和 ^2H 同位素的摩尔质量^[3]以及对应的摩尔分数分别为 0.99985、0.00015 时的同位素浓度^[4])和氧的摩尔质量 $M_O = 15.9993047 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ (基于氧 ^{16}O 、 ^{17}O 和 ^{18}O 同位素的摩尔质量^[3]和对应的摩尔分数分别为 0.99762、0.00038 和 0.002 时的同位素浓度,考虑了所有自然界存在的氧特性^[4])。

临界参数

$$T_c = 647.096 \text{ K} \quad (2.4)$$

$$p_c = 22.064 \text{ MPa} \quad (2.5)$$

$$\rho_c = 322 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (2.6)$$

来自于相应的 IAPWS 发行物^[5]。对应于 1990 国际温标(ITS-90)^[6]的三相点温度为

$$T_t = 273.16 \text{ K} \quad (2.7)$$

三相点压力为

$$p_t = 611.657 \text{ Pa} \quad (2.8)$$

该值是由 Guildner 等确定的^[7]。按照水热力学性质的科学标准,IAPWS-95 公式^[8],水的正常沸点(压力 0.101325MPa 或 1 atm) 为

$$T_b = 373.124 \text{ K} \quad (2.9)$$

3 水和蒸汽的热力学性质的工业公式 IAPWS-IF97

在 20 世纪 60 年代,水和蒸汽热力学性质的工业公式称为“适用于工业使用的 1967 IFC 公式”(IFC-67)^[1]。自 1967 年以来,IFC-67 正式用于计算任何应用场合的水和蒸汽的热力学性质,例如动力循环的性能计算。除此之外,IFC-67 还广泛地用于其他工业应用中。然而,在最近几年中,IFC-67 显露出了许多不足。这些不足及用于发展准确状态方程的数学方法所取得的进展导致了由水和蒸汽性质国际协会(IAPWS)发起和协调了该国际研究课题,以发展新的工业公式。

1997 年,在德国埃朗根召开的水和蒸汽性质国际协会年会上,采用了新公式作为水和蒸汽热力学性质的国际工业标准。该新工业标准为水和蒸汽热力学性质的 IAPWS 1997 工业公式、IAPWS 工业公式 1997 或简称为 IAPWS-IF97。新公式 IAPWS-IF97 取代了前 IFC-67 工业标准公式^[1]。与 IFC-67 相比,IAPWS-IF97 有效提高了热力学性质的计算精度和速度。

开发新工业公式这一课题是由 IAPWS“工业计算”工作组发起和连续指导的,此工作组的许多成员是国际动力循环公司的代表。德国的 B. 鲁克斯为现任主席,该工作组其前身是“IAPWS 工业计算分委员会”。在 1990 年布宜诺斯艾利斯召开的 IAPWS 年会上,成立了新工业公式工作组,从那时起开始了该综合课题的研究。由本书其中一位作者(W. W.)任主席、来自 7 个国家的 12 名成员组成了这个工作组,直接负责了 IAPWS-IF97 的研究。日本的 K. Miyagawa 主持了“新工业公式-评价”组,根据所需性能和对实际动力循环计算的影响,检验了该公式,完成了整个课题中非常重要的工作。

本章介绍了 IAPWS-IF97 的各方程,这些方程对计算水和蒸汽热力学性质是必不可少的。对于各方程的发展概况、精度、所达到的区域边界一致性,以及比较于前工业标准公式 IFC-67 的计算速度等详细情况,读者可参考在国际期刊发表的 IAPWS-IF97^[9]。

3.1 IAPWS-IF97 的特点

这一节总体介绍了在全部有效范围内的新公式的结构,并对 IAPWS-IF97 的精度、区域边界的一致性比较于前工业标准公式 IFC-67 的计算速度也作了大致评述。

3.1.1 IAPWS-IF97 的结构

IAPWS 工业标准 1997 包括了不同区域的一系列方程,其有效范围为

$$\begin{aligned} 273.15\text{K} \leq T \leq 1073.15\text{K} & \quad p \leq 100\text{MPa} \\ 1073.15\text{K} < T \leq 2273.15\text{K} & \quad p \leq 10\text{MPa} \end{aligned}$$

图 3.1 给出在整个有效范围内 IAPWS-IF97 的五个区域。除区域 2、3 之间的边界外,其他区域之边界都可从图 3.1 直接看出。区域 2、3 之边界用 3.3.1 节中给出的 B23 方程描述。区域 1、2 可用各自对应的吉布斯自由能基本方程 $g(p, T)$ 描述,区域 3 用对应的亥姆霍兹自由能基本方程 $f(\rho, T)$,对应于区域 4 的饱和曲线使用饱和压力方程 $p_s(T)$ 描述,高温区域 5 也用 $g(p, T)$ 方程描述。这五个方程在图 3.1 中为长方形的加框文字,它们组成了所谓的基本方程。

工业标准 IAPWS-IF97 结合了科学标准,即适合于通常和科学使用的水热力学性质的 IAPWS1995 公式^[8],随后被简称为 IAPWS-95。根据 IAPWS-95 计算的比体积 v 、比焓 h 、比定压

热容 c_p 和声速 w 值拟合了区域 1~3 和区域 5 的基本方程而达到了这种结合^[8]。同样地,从 IAPWS-95 计算的饱和压力值 p_s 拟合了区域 4 的饱和压力基本方程。

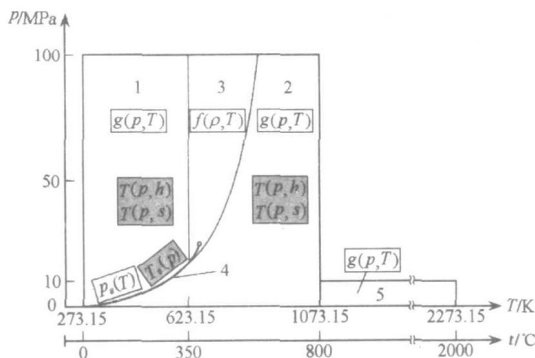


图 3.1 IAPWS-IF97 的各区域和方程

除这些基本方程外, IAPWS-IF97 也提供了区域 1 和 2 的 $T(p, h)$ 和 $T(p, s)$ 及区域 4 的 $T_s(p)$ 的所谓的反推方程。在图 3.1 中以灰色表示的这些反推方程与所对应的基本方程在数值上非常一致。因此, 以 p, h 或 p, s 表示的区域 1 和 2 的性质及以 p 作为自变量的区域 4 的性质无需迭代即可计算。如此, 可直接从反推方程或结合相应的基本方程计算得到 $T(p, h)$, $h(p, s)$ 和 $h'(p)$ 这些性质。例如, $h(p, s)$ 可以通过关系式 $h(p, T(p, s))$ 计算。发展新工业标准 IAPWS-IF97 的这一独特构想的结果是许多重要性质能以极快速度计算, 见 3.1.2 节。

3.1.2 IAPWS-IF97 的特性

工业公式 IAPWS-IF97 所达到的总体特性可用精度、区域边界的一致性和计算速度 3 个标准的一般结果来体现。

IAPWS-IF97 的精度可用以下事实说明: 在整个有效范围内, 比容 v 的计算偏差只有 0.2%, c_p 为 6%, w 为 2%, 计算的 p_s 在 IAPWS-95 的相应偏差之内^[8]。与前工业标准 IFC-67 进行相同的计算, IFC-67 有 47% 的 v 值、80% 的 p 值在 IAPWS-95 值的相应偏差之外。根据所有的比较, 可以确定 IAPWS-IF97 比 IFC-67 准确一个数量级以上^[9]。IAPWS-IF97 在整个有效范围内对性质 v, c_p, w 和 p_s 所做的估计偏差结果在 3.7 节中给出。除了描述稳态的单相区及饱和区对应的性质外, IAPWS-IF97 方程也分别得到了接近饱和和液体线及饱和蒸汽线的亚稳过热液体区及亚稳过冷气态区的合理结果。

与 IFC-67 相比, IAPWS-IF97 取得的另一个重要的质的飞跃, 是在区域边界上明显符合一致性的要求, 见图 3.1。下面列出的一些所谓的布拉格值^[10], IAPWS-IF97 明显地在允许的不一致性之内:

a) 单相区

比容:	$\pm 0.05\%$
焓:	$\pm 0.2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
热容:	$\pm 1\%$
熵:	$\pm 0.0002 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
吉布斯自由能:	$\pm 0.2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
声速:	$\pm 1\%$

b) 饱和区

饱和压力:	$\pm 0.05\%$
饱和温度:	$\pm 0.02\%$
吉布斯自由能:	$\pm 0.2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

最难满足区域边界一致性的是区域 2、3 之间的边界, 尤其在此涉及到定压热容。在该边界,

IAPWS-IF97 得到的 c_p 的最大不一致性为 0.35%, 而 IFC-67 的则大于 6%。

IAPWS-IF97 的第三个可能也是最大的一个优点就是与 IFC-67 相比, 计算速度有了很大提高。对于最重要的区域 1、2 和 4 而言, 计算时间与这几个区域有显著关系, IAPWS-IF97/IFC-67 的计算速度因子达到 5.1。这个值的确定是通过考虑在这些区域的许多相关性质函数的使用频率而得的。这些区域的许多相关性质函数的使用频率是根据对一些国际动力循环公司和相关工业所做的调查得到的。这表明对于这些重要区域, 若将单个方程合理地编入程序, IAPWS-IF97 要比 IFC-67 快 5 倍以上; 对于区域 3, IAPWS-IF97 比 IFC-67 快 3.6 倍; 对于区域 5, 甚至快 12.2 倍以上。

精度、区域边界一致性和计算速度的详细描述将在 IAPWS-IF97 的综合性论文中给出^[9]。

3.2 区域 1 的方程

这节介绍 IAPWS-IF97 区域 1 的基本方程和反推方程的所有详细情况。对于根据 IAPWS-IF97 计算的许多相关性质的偏差估计, 见 3.7 节。

3.2.1 基本方程

该区域的基本方程是比吉布斯自由能 g 的基础方程。该方程以无量纲形式表达, 即 $\gamma = g/(RT)$, 有

$$\frac{g(p, T)}{RT} = \gamma(\pi, \tau) = \sum_{i=1}^{34} n_i (7.1 - \pi)^{I_i} (\tau - 1.222)^{J_i} \quad (3.1)$$

式中 $\pi = p/p^*$, $\tau = T^*/T$, $p^* = 16.53 \text{ MPa}$, $T^* = 1386 \text{ K}$, R 值已在方程(2.1)中给出, 表 3.1 给出了方程(3.1)的系数 n_i 及指数 I_i 和 J_i 。

表 3.1 方程(3.1)的系数和指数

i	I_i	J_i	n_i	i	I_i	J_i	n_i
1	0	-2	0.14632971213167	18	2	3	$-0.44141845330846 \times 10^{-5}$
2	0	-1	-0.84548187169114	19	2	17	$-0.72694996297594 \times 10^{-15}$
3	0	0	$-0.37563603672040 \times 10^1$	20	3	-4	$-0.31679644845054 \times 10^{-4}$
4	0	1	$0.33855169168385 \times 10^1$	21	3	0	$-0.28270797985312 \times 10^{-5}$
5	0	2	-0.95791963387872	22	3	6	$-0.85205128120103 \times 10^{-9}$
6	0	3	0.15772038513228	23	4	-5	$-0.22425281908000 \times 10^{-5}$
7	0	4	$-0.16616417199501 \times 10^{-1}$	24	4	-2	$-0.65171222895601 \times 10^{-6}$
8	0	5	$0.81214629983568 \times 10^{-3}$	25	4	10	$-0.14341729937924 \times 10^{-12}$
9	1	-9	$0.28319080123804 \times 10^{-3}$	26	5	-8	$-0.40516996860117 \times 10^{-6}$
10	1	-7	$-0.60706301565874 \times 10^{-3}$	27	8	-11	$-0.12734301741641 \times 10^{-8}$
11	1	-1	$-0.18990068218419 \times 10^{-1}$	28	8	-6	$-0.17424871230634 \times 10^{-9}$
12	1	0	$-0.32529748770505 \times 10^{-1}$	29	21	-29	$-0.68762131295531 \times 10^{-18}$
13	1	1	$-0.21841717175414 \times 10^{-1}$	30	23	-31	$0.14478307828521 \times 10^{-19}$
14	1	3	$-0.52838357969930 \times 10^{-4}$	31	29	-38	$0.26335781662795 \times 10^{-22}$
15	2	-3	$-0.47184321073267 \times 10^{-3}$	32	30	-39	$-0.11947622640071 \times 10^{-22}$
16	2	0	$-0.30001780793026 \times 10^{-3}$	33	31	-40	$0.18228094581404 \times 10^{-23}$
17	2	1	$0.47661393906987 \times 10^{-4}$	34	32	-41	$-0.93537087292458 \times 10^{-25}$