



圆柱齿轮的基本知识

曹存昌 著



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

圓柱齒輪的基本知識

曹存昌著



机械工业出版社

1960

出版者的話

这本小册子曾在1957年[机械工人]月刊上以[齿輪基本知識講座]为題連續刊載过，頗受讀者欢迎。这次应讀者要求，由原作者修訂补充成册出版。

本书介紹圓柱齒輪的基本知識，包括正齒輪和螺旋齒輪兩类，而每类又分标准齒輪和变位齒輪两种。对于这两类四种齒輪的尺寸計算、漸开綫齿形、測量方法、切削实施及未知尺寸齒輪的測量分析均有比較詳細的介紹和丰富的例題。尤其是有关牙齿厚度的測量和計算方法，有更詳細的敘述，不但說明測量方法，并且讲清計算原理。現代的圓柱齒輪大部分采用变位齒輪，本书特別作了深入淺出的讲解，务求讀者閱讀本书后能有明确的概念。

本书是一本用比較淺显文字說明齒輪中較深道理的书。作者对于取材和說明均曾作了仔細的安排和較大的努力，适合具有初中程度的机械工人学习。一般技術人員想在短期內掌握齒輪基本知識的也可以閱讀。

NO. 3064

1960年1月第一版 1960年1月第一版第一次印刷
787×1092^{1/32} 字數76千字 印張3^{11/16} 0,001—9,050册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第008号 定价(9)0.40元。

目次

第一章 正齿輪的初步知識5

1. 从正齿輪的作用說起 (5)——2. 牙齿的排列 (6)——3. 牙齿的大小 (6)——4. 牙齿的齿形曲綫 (7)——5. 牙齿的半徑方向的尺寸 (9)——6. 牙齿的圓周方向的尺寸 (10)——7. 吃刀深度和側面間隙 (10)——8. 实际工作中的問題 (11)

第二章 正齿輪的牙齿卡尺量法和常弦量法12

9. 弦齿高和弦齿厚 (12)——10. 实际弦齿厚 (16)——11. 牙齿卡尺 (16)——12. 常弦量法 (16)——13. 常弦公式的来源 (17)——14. 常弦的公差 (19)——15. 怎样糾正牙齿卡尺測量上的誤差 (20)——16. 怎样使切出的齿厚与規定相符 (21)

第三章 正齿輪的公法綫长度測量法22

17. 公法綫长度測量法的好处 (22)——18. 漸开綫的另一种形成法 (22)——19. 公法綫 (23)——20. 公法綫长度 (23)——21. 公法綫长度測量法 (27)——22. 卡尺所含的齿数 (27)——23. 測出的差和齿厚进刀距的关系 (29)

第四章 內齿輪和公法綫測量30

24. 內齿輪的一般知識 (30)——25. 內齿輪的公法綫測量法 (31)——26. 公法綫长度的公差 (32)——27. 公法綫长度变动的原由 (34)

第五章 用变位齿輪消除齿根沉切36

28. 从齿根沉切說起 (36)——29. 滾刀和工件怎样啮合 (37)——30. 齿根沉切的过程 (39)——31. 多少齿数才沒有齿根沉切 (40)——32. 用变位齿輪消除齿根沉切 (42)——33. 变位齿輪的用途 (44)

第六章 正齿輪的变位計算和測量方法45

34. 中心距不变的变位算法 (45)——35. 节圓上齿厚的計算 (46)——36. 中心距改变的变位算法 (47)——37. 公法綫长度的測量 (50)——38. 齿厚的牙齿卡尺測量法 (50)——39. 齿厚的常弦測量法 (51)——40. 变位齿輪滾切法 (53)

第七章 漸开綫函数表 and 母圓53

41. 单位渐开线 (53)——42. 渐开线函数 (54)——43. 渐开线函数表 (55)——44. 什么是母圆 (56)——45. 母圆啮合角 (58)——46. 基圆齿厚 (59)——47. 母圆齿厚 (61)

第八章 齿轮的圆棒量法.....62

48. 用圆棒测量齿厚 (62)——49. 圆棒的直径 (63)——50. 跨棒距算法 (64)——51. 双数齿和单数齿的不同算法 (66)——52. 内齿轮的圆棒量法 (67)——53. 用特殊圆棒简化计算 (68)——54. 变位齿轮的圆棒量法 (69)——55. Δt 、 Δh 、 ΔM 和 M 的公差 (70)

第九章 怎样测知变位正齿轮的尺寸.....72

56. 从标准齿轮说起 (72)——57. 变齿制和双模数制 (73)——58. 碰到变位齿轮怎么办 (74)——59. 怎样决定变位率 (76)——60. 其它应知尺寸 (77)——61. 怎样检验测定的结果 (77)——62. 配制中应注意的问题 (80)

第十章 螺旋齿轮的初步知识.....81

63. 从正齿轮说起 (81)——64. 螺旋角和导程 (81)——65. 端面、法向、轴向节距和模数 (82)——66. 齿轮尺寸算法 (85)——67. 法向和端面啮合角 (86)——68. 牙齿的法向形状 (87)

第十一章 螺旋齿轮的牙齿曲面和测量方法.....90

69. 跟螺旋齿轮配对的齿条 (90)——70. 由直线形成牙齿曲面 (92)——71. 螺旋角和压力角的变化 (93)——72. 用齿条牙齿测量螺旋角 (94)——73. 基圆柱法向尺寸 (97)——74. 公法线测量法 (97)

第十二章 螺旋齿轮的圆球测量和变位计算.....99

75. 从圆球测量说起 (99)——76. 跨球距算法 (100)——77. 圆棒测量法 (103)——78. 两种螺旋齿轮 (104)——79. 变位螺旋齿轮 (105)——80. 避免齿根沉切 (105)——81. 变位螺旋齿轮尺寸算法 (106)——82. 变位齿轮的齿厚测量法 (109)——83. 变位螺旋齿轮滚铣法 (110)

第十三章 怎样测知变位螺旋齿轮的尺寸.....111

84. 再从正齿轮说起 (111)——85. 测量项目和方法 (111)——86. 测量 β_0 角 (112)——87. 先算 m_n (113)——88. 再算 β 、 α_s 和 W_N (114)——89. 法向变位率 x_n 的计算 (115)——90. 怎样检验测定的结果 (116)——91. 配制中应注意的问题 (116)

第一章 正齒輪的初步知識

1 从正齒輪的作用說起 要把一根軸的轉動，傳到另一根平行的軸上，并且使它們的轉數有一定的比例，可以用两只圓盤來完成，像圖 1 那樣。如果我們均勻地搖動主動軸甲上的手柄 1，就能使被動軸乙作等速旋轉。這里两根軸的轉動是靠圓盤 2 和 3 周边的摩擦力，因此也就難免發生滑脫的現象。為了使两根軸的傳動能確實可靠，就必須在這兩個圓盤上做出牙齒，使它們互相嚙合，像圖 2 那樣。這就是人們

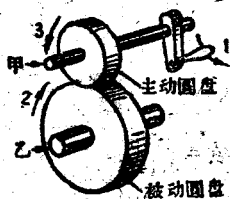


圖 1

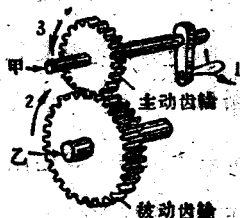


圖 2

為什麼要用正齒輪的道理。所以，正齒輪的作用就是通過牙齒來連接两根平行的軸，使被動軸產生和主動軸成一定比例的轉動。這個代表齒輪的圓盤的圓就叫節圓。這里「節」字就是竹枝上一節一節的「節」，是分度的意思所以也有人稱做分度圓，節圓的直徑簡稱「節徑」。節徑和每分鐘轉數的關係，可用下式表示：

$$\frac{\text{主動軸轉數}}{\text{被動軸轉數}} = \frac{\text{被動輪節徑}}{\text{主動輪節徑}} \quad (1)$$

2 牙齿的排列 在圆盘上布置牙齿，当然只能沿着节圆圆周来等分排列。这里就出现了周节。周节就是全周齿数除节圆圆周长度所得的商数，写成式子便是：

$$\text{周节} = \frac{\text{节圆圆周长度}}{\text{齿数}} = \frac{3.1416 \times \text{节径}}{\text{齿数}} \quad (2)$$

如果节径是个整数，那末从上式可以看出，周节一定是个带尾数的值，因为3.1416是个零星的不尽数。在实际上也常把节径取做简单的数字。

3 牙齿的大小 上面提到的周节长度，虽然可以代表牙齿的大小，但是有3.1416在内，很不方便。所以实际上多用模数来表示牙齿的大小。模数便是公式(2)中的节径/齿数。一般节径用毫米表示，模数的单位也是毫米，所以模数就是一个牙齿在节径上所占的长度。模数在用公制做单位的国家，如我国和苏联都很通用。

$$\text{因为 } \text{周节} = 3.1416 \times \frac{\text{节径}}{\text{齿数}}; \text{ 而模数} = \frac{\text{节径}}{\text{齿数}}; \quad (3)$$

$$\text{所以 } \text{周节} = 3.1416 \times \text{模数}, \text{ 模数} = \frac{\text{周节}}{3.1416} \quad (3a)$$

在用英吋做单位的国家里不用模数，而用[径节]。径节是模数的倒数，它代表齿輪节圆直径每一英吋中所含的牙齿数。

$$\text{写成式子便是： } \text{径节} = \frac{\text{齿数}}{\text{节径(吋)}} \quad (4)$$

这个式子又可改写成：

$$\text{径节} = \frac{3.1416 \times \text{齿数}}{3.1416 \times \text{节径}} = 3.1416 \times \frac{\text{齿数}}{\text{节圆圆周长度}}$$

$$\text{但是, } \frac{\text{齿数}}{\text{节圆圆周长度}} = \frac{1}{\frac{\text{节圆圆周长度}}{\text{齿数}}} = \frac{1}{\text{周节}}$$

$$\text{所以, } \text{径节} = 3.1416 \times \frac{1}{\text{周节}} = \frac{3.1416}{\text{周节}} \quad (4a)$$

所以， $\text{徑节} \times \text{周节(吋)} = 3.1416$ 。

(4b)

还可改写成：

$$\begin{aligned}\text{徑节} &= \frac{\text{齿数}}{\text{节徑(吋)}} = \frac{\text{齿数}}{\text{节徑(毫米)}1125.4} \\ &= \frac{25.4}{\text{节徑(毫米)}/\text{齿数}} = \frac{25.4}{\text{模数}},\end{aligned}\quad (5)$$

所以， $\text{徑节} \times \text{模数} = 25.4$ 。

(5a)

式子 (3a)、(4b)、(5a) 表明了模数和它的周节，徑节和它的周节，以及徑节和模数的三种基本关系。



图 3

例 1 正齿輪的节徑 = 100 毫米，齿数 = 20，求模数、周节和徑节。

解 $\text{模数} = \frac{\text{节徑}}{\text{齿数}} = \frac{100}{20} = 5 \text{ (毫米)};$

$\text{周节} = 3.1416 \times \text{模数} = 3.1416 \times 5 = 15.708 \text{ (毫米)};$

$\text{徑节} = \frac{25.4}{\text{模数}} = \frac{25.4}{5} = 5.08 \text{ (吋/吋)}。$

4 牙齿的齿形曲线 在节圓上等分地做上牙齿，虽然能保証被动輪轉过和主动輪齿数相同的齿数，即两軸的轉数能够保持一定的比例；但并不能保証这个比例在任一瞬間都不变。像图 3 所示的牙齿，虽然主动輪等速旋轉，被动輪的轉动，也是不均匀的。要保証两軸轉数的比，在任一瞬間都不变，必須把牙齿的齿形曲线（共軛曲线）做成合适的形状。

現在最常用的牙齒曲線，是圓的漸開綫。要掌握這種曲線形狀，可以用下面的方法自己來畫一條。如图 4 乙，拿一個圓口的茶杯，倒放在圖紙上。在茶杯口的邊緣繞一根繩，繩的一端系一枝鉛筆。繩的另一端，壓在茶杯口的下面，使它不

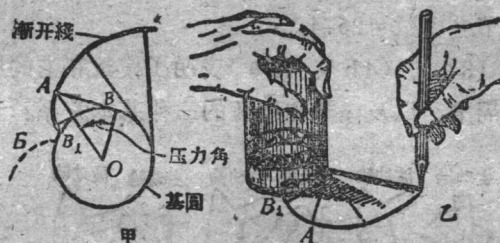


图 4

滑动。这样拉紧系铅笔的一端，使绳紧贴茶杯口的边缘，同时慢慢的旋展开来，就可以在图纸上画出一条圆的渐开线。图 4 甲就是这样画出的渐开线的正确形状。由图可见， AB 的长度等于圆弧 BB_1 ，因为 AB 就是从 B_1 点展开到 B 点的绳子的长度。展开的方向如果相反，就可以得到图 4 甲中虚线形状的渐开线。这正反两条渐开线，就构成了牙齿两侧齿形的曲线。图 4 甲的圆（茶杯口）称做渐开线的基础，因为它是构成渐开线的基础。图中 $\angle AOB$ 叫做 A 点的压力角， O 是基圆中心。从图上可以看到渐开线上各点的压力角是各不相同的。在实用上，我们把通过节圆上一点的压力角称做啮合角。这就是说，如果 OA 是节圆半径，那么 $\angle AOB$ 就是啮合角。在标准齿轮中，这个啮合角在全世界差不多都规定为 20° ，我国也是这样；美国造的齿轮，过去曾采用 $14\frac{1}{2}^\circ$ ；英国、德国和苏联造的齿轮过去曾采用过 15° 。基圆直径和节

徑有一定关系，就是：基圓直徑 = (节徑) × (啮合角余弦)。
 当啮合角是 20° 时，基圓直徑 = 节徑 $\times \cos 20^\circ = 0.94 \times$ 节徑。
 (6)

5 牙齿的半径方向的尺寸 图 5 表示牙齿的半径方向的尺寸。从图中可见，它包括了齿顶距、齿底距、全齿深和径向间隙。齿顶距是从节圆到牙齿顶部的半径方向的距离，等于顶圆半径减去节圆半径。齿底距是从节圆到牙齿底部的半径方向的距离，等于节圆半径减去底圆半径。互相衔接的两个标准齿轮的齿顶距

和齿底距各相等。

齿底距减去齿顶距

便是牙齿的径向间隙。

齿顶距加上齿

底距便是全齿深。

这几个数值和模数

都有一定的比例，

下面是苏联国家标准

中规定的，也是我国暂行的标准：

齿顶距 = 模数；齿底距 = $1.25 \times$ 模数；径向间隙 = $0.25 \times$ 模数；全齿深 = $2.25 \times$ 模数；顶圆半径 = 节圆半径 + 齿顶距；底圆半径 = 节圆半径 - 齿底距。

(7)

例 2 求 [例 1] 中的牙齿径向的尺寸和基圆、齿顶圆、齿底圆半径，规定的啮合角是 20° 。

解 从公式 (7)，用模数 = 5 代入，得：齿顶距 = 5 毫米；齿底距 = $1.25 \times 5 = 6.25$ 毫米；径向间隙 = $0.25 \times 5 = 1.25$ 毫米；全齿深 = $2.25 \times 5 = 11.25$ 毫米；顶圆半径 = $\frac{100}{2}$

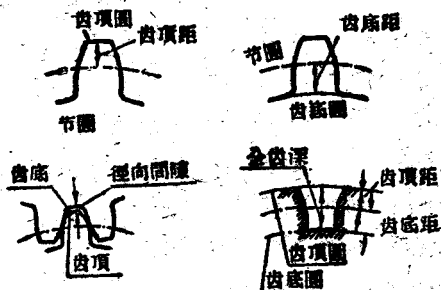


图 5

+5=55 毫米；底圓半徑 $=\frac{100}{2}-6.25=43.75$ 毫米；基圓半徑 $=0.94 \times \frac{100}{2}=47$ 毫米。

6 牙齒的圓周方向的尺寸 牙齒沿節圓圓周方向的尺寸，除了上面所講的周節外，還有圓周齒厚和側面間隙。在理論上牙齒的圓周齒厚應該是周節的一半。但是實際上牙齒的厚度，要比這小。這是為了使一對齒輪的牙齒在嚙合時，不傳達力量的一邊發生間隙（如圖 6）。這個間隙就叫做側面間隙。這個間隙有兩種，一種是圓周向側面間隙；一種是法向側面間隙。後者用兩齒中間最短距離表示，是垂直牙齒側面的尺寸。因為齒輪在傳動中，都是安裝在固定的心軸上的。而齒輪在製造中，牙齒的厚度不能完全一樣，牙齒曲線和周節也都有誤差，並且安裝時還會有偏心，兩軸的平行度也會不準確，負荷時並有變形，所以牙齒厚度如果都是周節的一半，那麼就不能保證牙齒運轉時不被卡住。而且中心距尺寸如果做得比規定的略小，和牙齒在運轉時發熱，都要減少牙齒的側面間隙。那末側面間隙究竟應該多大呢？一般有個簡單的算法：側面間隙的最大值 $= 0.05 \times \text{模數}$ ，中間值 $= 0.04$

$\times \text{模數}$ ；最低值 $= 0.03 \times \text{模數}$ （單位毫米）。 (8)

製造精度粗的牙齒，應該用最大間隙，中等精度的可用中間值，只有十分精密的才可用最低值。

7 吃刀深度和側面間隙 一般說來，齒輪的吃刀深度就

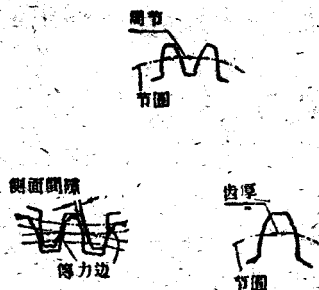


圖 6

是牙齿的全齿深。但是为了产生侧面間隙，必須增加吃刀深度才能达到。要增加多少呢，下面有个常数：

$$\text{增加吃刀深度} = \frac{\text{側面間隙}}{4 \times \sin \alpha (\text{嚙合角正弦})} \quad (9)$$

公式(9)是假定发生侧面間隙用的齿厚的减少，由两只相配齿輪平均分配的。如果两只相配的齿輪的大小相差很多，可以只从大齿輪的牙齿厚度上减去，这时大齿輪的吃刀深度增加的数值，应是公式(9)的二倍。

8 实际工作中的問題 在一般切齿工作中，除了使刀具正对齿輪中心，和齿輪中心应正在工作台旋轉中心外，怎样使牙齿的厚度符合图紙規定，常是最主要的問題。因为这件事直接影响到牙齿能否装配和運轉时能否灵活。太大的侧面間隙，一方面使牙齿瘦弱，另一方面也使齿輪傳动在低速时发生噪音和振动。太小的間隙可能使牙齿在運轉时卡住或装配时安不上。

切齿的深度一般是根据刀子剛剛碰到齿輪頂圓时算起，把进刀手柄上的刻度盘撥到0位。但是齿輪的頂圓一般規定公差很大，表面也做得很粗，因此作为基准面是很不可靠的。怎么办呢？在切第一只齿輪时，我們可以用頂圓作为参考的起点，定出約略的吃刀深度。但不可吃到全齿深，需要留些余量。在切出第一刀后并要进行测量，再按测出的厚度修正切齿深度。这样做去，直到牙齿厚度符合要求为止。在切一批齿輪中，定出进刀手柄上的吃刀深度，以后就可根据刻度进刀，不需再試。

第二章 正齒輪的牙齒卡尺量法和 常弦量法

9 弦齿高和弦齿厚 决定齿輪厚度的方法，最古老也最常見的是測量牙齒的弦齒高和弦齒厚(如图 7)。这里弦齒厚的意思是指牙齒厚度在節圓上兩點間沿直線(弦)量得的距離，和上一節談到的牙齒弧齒厚不同。第 6 節談到的是指沿着節圓圓周量出的圓弧的長度。實際上這個長度不好測量，所以只是理論值，一般就是周節的一半。從齒頂圓到節圓間



图7 弦齿厚、弦齿高、
弧齿厚、弧齿高

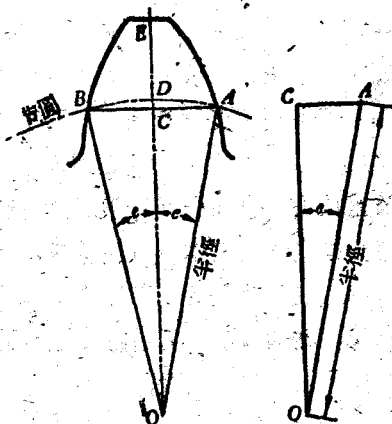


图8 弦齿厚、弦齿高计算原理图

距离是弧齿高，它就是齿顶距。从齿顶圆到上述弦间距离叫做弦齿高，它比齿顶距还多出一段距离，这距离叫做弓高，

就是节圆圆周上顶点离开弦的高度。弦齿高和弦齿厚的值都要通过计算决定，它的原理(见图8)如下：

牙齿弦长 = $2\overline{AC}$,

在 $\triangle AOC$ 中, $\overline{AC} = \frac{\text{弦长}}{2} = \text{半径} \times e \text{ 角正弦} = \overline{AO} \times \sin e$,

但是 $\angle e = \frac{1}{2} \angle AOB$,

当牙齿厚度(弧的)是周节的一半时:

$$\angle AOB = \frac{360^\circ}{\text{齿数} \times 2} = \frac{360^\circ}{2z} = \frac{180^\circ}{z} \quad (z = \text{齿数}),$$

$$\angle e = \angle AOC = \frac{\angle AOB}{2} = \frac{90^\circ}{z},$$

$$\overline{AO} = \text{节圆半径} = \text{齿数} \times \text{模数} \div 2 = \frac{zm}{2} \quad (m = \text{模数}),$$

$$\therefore \overline{AC} = \frac{zm}{2} \cdot \sin \frac{90^\circ}{z}.$$

$$\text{弦齿厚} = \overline{AB} = 2\overline{AC} = m \cdot \left[z \cdot \sin \frac{90^\circ}{z} \right], \quad (10)$$

$$\text{又 弓高} = \overline{CD} = \text{半径} - \overline{OC} = \overline{OD} - \overline{OC} = \frac{zm}{2} - \overline{AO} \cos \angle e$$

$$= \frac{zm}{2} - \frac{zm}{2} \times \cos \frac{90^\circ}{z} = \frac{zm}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right).$$

$$\begin{aligned} \text{弦齿高} &= \text{齿顶距} + \text{弓高} = \overline{ED} + \overline{CD} = m + \frac{zm}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right) \\ &= m \left[1 + \frac{z}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

在实际上为求应用方便把公式(10)及(11)中用方括号括出的二值，用符号 t'' 及 a'' 表出：

$$t'' = z \times \sin \frac{90^\circ}{z}, \quad (12)$$

$$a'' = \left[1 + \frac{z}{2} \left(1 - \cos \frac{90^\circ}{z} \right) \right], \quad (13)$$

并且对照着 z 齿数列出表来，如表1，由上面公式和表可见这个值和齿轮牙齿的啮合角没有关系。同时，只要按着齿数

表1 弦齿厚和弦齿顶常数表

齿数	i''	a''	齿数	i''	a''	齿数	i''	a''
6	1.5529	1.1022	50	1.5705	1.0123	94	1.5707	1.0066
7	1.5568	1.0873	51	1.5706	1.0121	95	1.5707	1.0065
8	1.5607	1.0769	52	1.5706	1.0119	96	1.5707	1.0064
9	1.5628	1.0684	53	1.5706	1.0117	97	1.5707	1.0064
10	1.5643	1.0616	54	1.5706	1.0114	98	1.5707	1.0063
11	1.5654	1.0559	55	1.5706	1.0112	99	1.5707	1.0062
12	1.5663	1.0514	56	1.5706	1.0110	100	1.5707	1.0061
13	1.5670	1.0474	57	1.5706	1.0108	101	1.5707	1.0061
14	1.5675	1.0440	58	1.5706	1.0106	102	1.5707	1.0060
15	1.5679	1.0411	59	1.5706	1.0105	103	1.5707	1.0060
16	1.5683	1.0385	60	1.5706	1.0102	104	1.5707	1.0059
17	1.5686	1.0362	61	1.5706	1.0101	105	1.5707	1.0059
18	1.5688	1.0342	62	1.5706	1.0100	106	1.5707	1.0058
19	1.5690	1.0324	63	1.5706	1.0098	107	1.5707	1.0058
20	1.5692	1.0308	64	1.5706	1.0097	108	1.5707	1.0057
21	1.5694	1.0294	65	1.5706	1.0095	109	1.5707	1.0057
22	1.5695	1.0281	66	1.5706	1.0094	110	1.5707	1.0056
23	1.5696	1.0268	67	1.5706	1.0092	111	1.5707	1.0056
24	1.5697	1.0257	68	1.5706	1.0091	112	1.5707	1.0055
25	1.5698	1.0247	69	1.5707	1.0090	113	1.5707	1.0055
26	1.5698	1.0237	70	1.5707	1.0088	114	1.5707	1.0054
27	1.5699	1.0228	71	1.5707	1.0087	115	1.5707	1.0054
28	1.5700	1.0220	72	1.5707	1.0086	116	1.5707	1.0053
29	1.5700	1.0213	73	1.5707	1.0085	117	1.5707	1.0053
30	1.5701	1.0208	74	1.5707	1.0084	118	1.5707	1.0053
31	1.5701	1.0199	75	1.5707	1.0083	119	1.5707	1.0052
32	1.5702	1.0193	76	1.5707	1.0081	120	1.5707	1.0052
33	1.5702	1.0187	77	1.5707	1.0080	121	1.5707	1.0051
34	1.5702	1.0181	78	1.5707	1.0079	122	1.5707	1.0051
35	1.5702	1.0176	79	1.5707	1.0078	123	1.5707	1.0050
36	1.5703	1.0171	80	1.5707	1.0077	124	1.5707	1.0050
37	1.5703	1.0167	81	1.5707	1.0076	125	1.5707	1.0049
38	1.5703	1.0162	82	1.5707	1.0075	126	1.5707	1.0049
39	1.5704	1.0158	83	1.5707	1.0074	127	1.5707	1.0049
40	1.5704	1.0154	84	1.5707	1.0074	128	1.5707	1.0048
41	1.5704	1.0150	85	1.5707	1.0073	129	1.5707	1.0048
42	1.5704	1.0147	86	1.5707	1.0072	130	1.5707	1.0047
43	1.5705	1.0143	87	1.5707	1.0071	131	1.5708	1.0047
44	1.5705	1.0140	88	1.5707	1.0070	132	1.5708	1.0047
45	1.5705	1.0137	89	1.5707	1.0069	133	1.5708	1.0047
46	1.5705	1.0134	90	1.5707	1.0068	134	1.5708	1.0046
47	1.5705	1.0131	91	1.5707	1.0068	135	1.5708	1.0046
48	1.5705	1.0129	92	1.5707	1.0067			
49	1.5705	1.0126	93	1.5707	1.0067			