



中华人民共和国航空工业部部标准

HB/Z 124-88

指导性技术文件

航空锥齿轮优化设计

计算机程序

198 - - 发布

198 - - 实施

中华人民共和国航空工业部

批准

目 录

1	航空锥齿轮传动优化设计程序.....	1
2	源程序说明	1
2.1	程序梗概.....	1
2.2	主要过程.....	4
2.3	主要标识符.....	5
3	输入数据说明.....	9
3.1	输入量.....	9
3.2	有关输入量的解释.....	10
4	输出信息说明.....	12
5	其他	13

本程序是航空锥齿轮传动优化设计程序，源程序采用 FORTRAN 77 语言编制。

本程序适用于航空钢制硬齿面直齿和弧齿锥齿轮（包括零度锥齿轮）传动的设计，齿轮轴交角为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。

本程序所采用的相对应的锥齿轮精度标准为 HB0-92-76，相对应的锥齿轮承载能力计算标准为 HB/Z 89.1-85~89.4-85。

程序中，直齿、零度和弧齿锥齿轮传动的几何尺寸，分别按“格里森直齿锥齿轮制”，“格里森零度锥齿轮制”和“AGMA 209 弧齿锥齿轮制”确定。

1 航空锥齿轮传动优化设计程序

〔另附〕

2 源程序说明

2.1 程序梗概

锥齿轮优化设计的数学模型为：

$$\min F(X)$$

$$s.t. G_j(X) \leq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

$$X_{li} \leq X_i \leq X_{ui}$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots(1)$$

式中： $F(X)$ ——目标函数；

$G_j(X)$ ——约束函数；

$X = [X_1, X_2, \dots, X_n]^T$ ——设计变量；

X_{li}, X_{ui} ——设计变量取值的下限和上限。

2.1.1 设计变量

对直齿和零度锥齿轮，设计变量为：法向压力角 α_n 、小轮齿数 Z_1 ，大端端面模数 m_t 。

对弧齿锥齿轮，设计变量为：法向压力角 α_n 、小轮齿数 Z_1 ，大端端面模数 m_t 和齿宽中点螺旋角 β_m 。

各设计变量的取值范围如下：

α_n 取 $14.5^\circ, 16^\circ, 20^\circ, 22.5^\circ, 25^\circ$ 五个标准值；

Z_1 取 $10 \sim 50$ ；

m_t 可作为连续变量，取非标准值，也可以取一系列标准值。当 m_t 取非标准值时，取直范围为 $1 \sim 15\text{mm}$ ；取标准值时，为 $1 \sim 16\text{mm}$ 。

β_m 取为 $20^\circ \sim 40^\circ$ 。在此范围内， β_m 可以作为连续变量，也可以取 $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$ 五个系列值。

2.1.2 目标函数

程序中锥齿轮优化的目标函数为：

$$F(X) = 0.1(V_1 + C_r \cdot V_2) / T_1 \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中： V_1, V_2 ——小轮和大轮的体积， mm^3 ；

T_1 ——小轮扭矩， $\text{N} \cdot \text{m}$ ；

C_r ——加权系数。

2.1.3 约束条件

锥齿轮优化的约束条件如下：

$$G_1(X) = 1 - S_{\sin t} / S_{\sin t \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$G_2(X) = 1 - S_{F1} / S_{F \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$G_3(X) = 1 - S_{F2} / S_{F \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$G_4(X) = 1 - S_{H1} / S_{H \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$G_5(X) = 1 - S_{H2} / S_{H \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$G_6(X) = 1 - K_{v \max} / K_v \leq 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$G_7(X) = 1 - d_{f11} / d_{\min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$G_8(X) = 1 - S_{anm1} / S_{an \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$G_9(X) = 1 - S_{anm2} / S_{an \min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$G_{10}(X) = S_{anm1} / S_{anm2} - 1.5 \leq 0 \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$G_{11}(X) = S_{anm2} / S_{anm1} - 1.5 \leq 0 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$G_{12}(X) = 1 - s_{v\gamma} / 1.2 \leq 0 \quad \dots\dots\dots(14)$$

对直齿锥齿轮

$$G_{13}(X) = 1 - \theta_{\max} / \theta_1 \leq 0 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$G_{14}(X) = 1 - \theta_{\max} / \theta_2 \leq 0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

对零度锥齿轮

$$G_{13}(X) = I - \alpha_n / \alpha_{\min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

对弧齿锥齿轮

$$G_{13}(X) = I - Z_{901} / Z_{1\min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$G_{14}(X) = I - Z_{902} / Z_{2\min} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中： S_{sint} ——胶合承载能力的计算安全系数；

$S_{sint\min}$ ——胶合承载能力计算的最小安全系数；

S_{F1}, S_{F2} ——小轮，大轮轮齿弯曲强度的计算安全系数；

$S_{F\min}$ ——弯曲强度计算的最小安全系数；

S_{H1}, S_{H2} ——小轮、大轮齿面接触强度的计算安全系数；

$S_{H\min}$ ——接触强度计算的最小安全系数；

K_v ——动载系数；

$K_{v\max}$ ——动载系数最大值；

d_{f1} ——小轮小端根圆直径，mm；

$d_{\min}$ ——小轮小端齿根圆直径的许用最小值，mm；

S_{anm1}, S_{anm2} ——小轮、大轮齿宽中点法向齿顶厚，mm；

$S_{an\min}$ ——齿宽中点法向齿顶厚的最小值，mm；

$\varepsilon_{v\gamma}$ ——当量圆柱齿轮总重合度；

θ_1, θ_2 ——小轮、大轮齿根角，(°)；

$\theta_{\max}$ ——无根切最大齿根角，(°)；

α_n ——法向压力角，(°)；

$\alpha_{\min}$ ——无根切的最小压力角，(°)；

Z_{901}, Z_{902} ——小轮、大轮相当于90°轴交角的齿数；

$Z_{1\min}, Z_{2\min}$ ——轴交角为90°时小轮、大轮无根切的最少齿数。

小轮小端齿根圆直径的许用最小值按下式确定：

$$d_{\min} = d + 2S_e$$

式中： d ——小轮安装轴外径，mm；

S_e ——小轮小端轮缘厚度，mm；

$$S_e = C_s \cdot m_t$$

C_s ——小轮小端轮缘厚度系数。

2.1.4 优化方法

本程序采用的优化方法是一种约束非线性离散变量组合型优化设计方法。

2.1.4.1 基本算法

本程序采用的优化方法的基本算法是离散复合形法。这种算法的基本原理是：

首先在离散空间中产生若干个初始离散点，以这些初始点为顶点构成一个不规则的多面体，然后对复合形进行调优迭代运算，即利用复合形各顶点目标函数值的大小关系，判断目标函数值的下降方向，并沿此方向进行搜索，不断丢掉最坏点，代之以使目标函数值有所下降的一个新离散点。如此重复计算，使复合形不断向最优点移动和收缩，达到一定的收敛条件为止。

2.1.4.2 辅助功能

为了保证复合形调优迭代运算能顺利进行，提高运算效率和增加求得最优解的可靠性，本程序在离散复合形运算的基础上配备了以下几项辅助功能：

a. 重新启动；

这一功能包括改变搜索方向和复合形收缩两项措施。

b. 加速措施：

o. 单位邻域的查点；

d. 离散复合形重构；

e. 全域优化搜索。

各项辅助功能使用与否由使用者自己掌握。

2.2 主要过程

PROGRAM ODABG —— 锥齿轮优化设计主程序；

SUBROUTINE COMPLE —— 离散组合型调优运算主过程；

FUNCTION EF —— 有效目标函数过程；

SUBROUTINE ROUND —— 变量由均匀空间向真实设计空间转换过程；

SUBROUTINE COMPAR —— 将离散复合形各顶点按有效目标函数值从小到大排列过程；

SUBROUTINE SEARCH —— 一维离散搜索过程；

SUBROUTINE QUADR —— 二次轨线加速过程；

SUBROUTINE CONST —— 约束函数过程；

SUBROUTINE GEOM —— 锥齿轮几何计算过程；

SUBROUTINE LOCA

SUBROUTINE QST

} 锥齿轮胶合、弯曲、接触承载能力计算过程；

SUBROUTINE YBS }
 SUBROUTINE FFX ——目标函数过程；
 SUBROUTINE HCHK } 弧齿锥齿轮弧齿厚系数计算过程；
 SUBROUTINE ATK }
 SUBROUTINE MINZ ——弧齿锥齿轮最少齿数计算过程；
 BLOCK DATA ——数据块辅助程序。

2.3 主要标识符

2.3.1 控制变量和标识变量

I1, I2, I3, I4, I5, I6 ——控制变量（整型量）；
 ICZ ——齿轮类型标识变量（整型量）；
 SIDE ——工作齿面标识变量（整型量）；
 MBE ——齿宽中点螺旋角取值类型标识变量（整型量）；
 MBZ ——端面模数取值类型标识变量（整型量）；
 KVC ——动载系数约束控制变量（整型量）；
 BZ ——设计齿宽控制量；
 DDT ——小轮安装轴外径控制量；
 PVP ——加权系数控制量。

以上各变量的取值说明见“3.2”条。

2.3.2 其它变量

AN ——法向压力角，(°)；
 ANO ——法向压力角初始值，(°)；
 ANMIN ——零度锥齿轮无根切最小压力角，(°)；
 AT ——齿宽中点端面压力角，(°)；
 B ——齿宽，mm；
 BETB ——齿宽中点基圆螺旋角，(°)；
 BETM ——齿宽中点螺旋角，(°)；
 BETMO ——齿宽中点螺旋角初始值，(°)；
 C ——顶隙，mm；
 D1 ——小轮分度圆直径，mm；

- D_2 ——大轮分度圆直径，mm；
 DA_1 ——小轮齿顶圆直径，mm；
 DA_2 ——大轮齿顶圆直径，mm；
 D_{FL1} ——小轮小端齿根圆直径，mm；
 DLS ——小轮小端轮缘厚度系数；
 DM_1 ——小轮齿宽中点分度圆直径，mm；
 DM_2 ——大轮齿宽中点分度圆直径，mm；
 DT_1 ——小轮分度圆锥角，(°)；
 DT_2 ——大轮分度圆锥角，(°)；
 DTA_1 ——小轮齿顶圆锥角，(°)；
 DTA_2 ——大轮齿顶圆锥角，(°)；
 DTF_1 ——小轮齿根圆锥角，(°)；
 DTF_2 ——大轮齿根圆锥角，(°)；
 DV_1 ——小轮齿宽中点当量圆柱齿轮分度圆直径，mm；
 DV_2 ——大轮齿宽中点当量圆柱齿轮分度圆直径，mm；
 DVN_1 ——小轮齿宽中点当量圆柱齿轮法向分度圆直径，mm；
 DVN_2 ——大轮齿宽中点当量圆柱齿轮法向分度圆直径，mm；
 DX ——设计变量离散增量数组；
 η_{AQ} ——工作油温下润滑油的动力粘度， $mPa \cdot s$ ；
 EVA ——当量圆柱齿轮端面重合度；
 EVB ——当量圆柱齿轮纵向重合度；
 EVG ——当量圆柱齿轮总重合度；
 EP ——按 HB 0-92-76 确定的大轮周节极限偏差， μm ；
 HA_1 ——小轮大端齿顶高，mm；
 HA_2 ——大轮大端齿顶高，mm；
 HAM_1 ——小轮齿宽中点齿顶高，mm；
 HAM_2 ——大轮齿宽中点齿顶高，mm；
 HE ——大端全齿高，mm；

- HF1——小轮大端齿根高，mm；
 HF2——大轮大端齿根高，mm；
 HFM1——小轮齿宽中点齿根高，mm；
 HFM2——大轮齿宽中点齿根高，mm；
 HGM——齿宽中点工作齿高，mm；
 HM——齿宽中点全齿高，mm；
 KA——使用系数；
 KHBO——安装系数；
 KV——动载系数；
 KVM——动载系数最大值；
 MMN——齿宽中点法向模数，mm；
 MMT——齿宽中点端面模数，mm；
 MT——大端端面模数，mm；
 MTO——大端端面模数初始值，mm；
 N1——主动轮转速，r/min；
 P——传动功率，kW；
 PM——齿宽中点端面周节，mm；
 QFLT——试验齿轮沿啮合线的平均温升，℃；
 QH——按 HB 0-92-76 的精度等级；
 QINT——积分温度，℃；
 QMT——试验齿轮的本体温度，℃；
 QOIL——润滑油温，℃；
 QT1——小轮齿根角，(°)；
 QT2——大轮齿根角，(°)；
 QTMAX——直齿锥齿轮无根切最大齿根角，(°)；
 R——外锥距，mm；
 RA1——小轮齿廓粗糙度的算术平均值， μm ；
 RA2——大轮齿廓粗糙度的算术平均值， μm ；
 RAOC1——小轮刀顶圆角半径系数；

- RAOC2——大轮刀顶圆角半径系数；
 RC——计算刀盘半径，mm；
 RFL——小轮安装轴的内外径之比；
 RM——齿宽中点锥距，mm；
 SANM1——小轮齿宽中点法向齿顶厚，mm；
 SANM2——大轮齿宽中点法向齿顶厚，mm；
 SF1——小轮轮齿弯曲强度计算安全系数；
 SF2——大轮轮齿弯曲强度计算安全系数；
 SFL1——小轮材料弯曲疲劳极限， N/mm^2 ；
 SFL2——大轮材料弯曲疲劳极限， N/mm^2 ；
 SFMIN——弯曲强度计算的最小安全系数；
 SGF1——小轮计算齿根应力， N/mm^2 ；
 SGF2——大轮计算齿根应力， N/mm^2 ；
 SGH——计算接触应力， N/mm^2 ；
 SH1——小轮齿面接触强度计算安全系数；
 SH2——大轮齿面接触强度计算安全系数；
 SHL1——小轮材料接触疲劳极限， N/mm^2 ；
 SHL2——大轮材料接触疲劳极限， N/mm^2 ；
 SHMIN——接触强度计算的最小安全系数；
 SIGMA——锥齿轮传动的轴交角， $(^\circ)$ ；
 SINT——胶合承载能力的计算安全系数；
 SINTMI——胶合承载能力计算的最小安全系数；
 SNM1——小轮齿宽中点法向弧齿厚，mm；
 SNM2——大轮齿宽中点法向弧齿厚，mm；
 TAO——小轮安装轴材料的许用扭剪应力， N/mm^2 ；
 TIME——齿轮工作寿命，h；
 U——从动轮与主动轮齿数比；
 U90——相当于 90° 轴交角的大、小轮齿数比；
 UC——设计传动比；
 UV——大、小轮齿宽中点当量圆柱齿轮齿数比；
 XL——设计变量取值下限数组；

XN1——小轮法向高度变位系数；
 XN2——大轮法向高度变位系数；
 XS1——小轮切向变位系数；
 XS2——大轮切向变位系数；
 XU——设计变量取值上限数组；
 XW——金相结构系数；
 XXS——润滑系数；
 Z1——小轮齿数；
 Z10——小轮齿数初始值；
 Z1MIN——弧齿锥齿轮 90° 轴交角时小轮无根切最少齿数；
 Z2——大轮齿数；
 Z2MIN——弧齿锥齿轮 90° 轴交角时大轮无根切最少齿数；
 Z90 1——相当于 90° 轴交角的小轮齿数；
 Z90 2——相当于 90° 轴交角的大轮齿数；
 ZV1——小轮齿宽中点当量圆柱齿轮端面齿数；
 ZV2——大轮齿宽中点当量圆柱齿轮端面齿数；
 ZVN1——小轮齿宽中点当量圆柱齿轮法向齿数；
 ZVN2——大轮齿宽中点当量圆柱齿轮法向齿数。

3. 输入数据说明

3.1 输入量

程序开始运行前，需输入数据的变量及顺序如下：

第一段：I1, I2, I3, I4, I5, I6；

第二段：ICZ, SIDE, MBE, MBZ, KVC；

第三段：SIGMA, UC, P, N1, TIME, BZ, PVP, TAO, RFL, DDT, DLS；

第四段：SFL1, SFL2, SHL1, SHL2, QMT, QFLT, XW, XXS, QOIL, ETAQ；

第五段：RAOC1, RAOC2, QH, RA1, RA2, KA, KHBO, SINTMI, SFMIN, SHMIN；

第六段：ANO, Z10, BETMO, MTO。

3.2 有关输入量的解释

控制变量 I1, I2, I3, I4, I5, I6 的意义及取值说明如下:

I1——单位邻域查点。使用时输入“1”，否则输入“0”；

I2——加速措施。使用时输入“1”，否则输入“0”；

I3——改变搜索方向，重新启动。使用时输入“1”，否则输入“0”；

I4——复合形重构。使用时输入“1”，否则输入“0”；

I5——输出中间运算结果。使用时输入“1”，否则输入“0”；

I6——全域优化搜索。使用时输入“NC”（ $NC > 0$ ），否则输入“0”。

上述各项功能的使用与否完全由使用者自己决定，并通过相应的控制变量来进行控制。各项功能的使用是独立的。

当使用功能 I5 时，程序在运行中将输出各次迭代的复合形各顶点的有效目标函数值 F 和设计变量值 XU 。使用全域优化搜索功能（即 $I6 = NC$ ）时，还将输出所有伪随机点上的有效目标函数值 PT 和设计变量值 X 以及每一次优化迭代的初始点设计变量 $X0$ ，中间运算结果的输出量极大，除调试程序外，一般不宜使用。

当使用全域优化搜索功能时， $I6 = NC$ ， NC 为大于零的正整数，是所要选取的初始点的个数。 NC 越大，所取初始点的个数和优化迭代的次数就越多，搜索到全域最优点的可能性就越大，但计算时间也越长。建议在一般情况下取 $NC \leq 10$ 。

ICZ 是齿轮类型标识量，取值说明如下：

$$ICZ = \begin{cases} 1 & \text{直齿锥齿轮;} \\ 2 & \text{零度锥齿轮;} \\ 3 & \text{弧齿锥齿轮。} \end{cases}$$

SIDE 为工作齿面标识量，取值说明如下：

$$SIDE = \begin{cases} 0 & \text{零度和弧齿锥齿轮主动轮工作齿面为凹面;} \\ 1 & \text{零度和弧齿锥齿轮主动轮工作齿面为凸面。} \end{cases}$$

对直齿锥齿轮，取 $SIDE = 1$ 。

MBE 为齿宽中点螺旋角取值类型标识量，取值说明如下：

$$MBE = \begin{cases} 0 & \text{齿宽中点螺旋角取连续值;} \\ 1 & \text{齿宽中点螺旋角取系列值。} \end{cases}$$

对直齿和零度锥齿轮， MBE 无作用，可输入任意整数。

MBZ 是端面模数取值类型标识量, 取值说明如下:

$$MBZ = \begin{cases} 0 & \text{端面模数取连续值;} \\ 1 & \text{端面模数取标准值。} \end{cases}$$

KVC 是动载系数约束控制量, 取值说明如下:

$$KVC = \begin{cases} 0 & \text{不限制动载系数 KV 值;} \\ 1 & \text{限制动载系数 KV 值, 使之满足: } KV \leq KVM. \end{cases}$$

BZ 为设计齿宽控制量, 当取 $BZ = 0$ 时, 程序自动地将齿宽 B 取为 $\frac{1}{3}$ 外锥距与端面模数 10 倍两者中较小者 (对直齿和弧齿锥齿轮), 或 $\frac{1}{4}$ 外锥距与端面模数 10 倍两者中较小者 (对零度锥齿轮)。如果对齿宽有特殊要求, 可取 $BZ > 0$, 此时, 若 BZ 小于上述情况所确定的 B 值, 则齿宽 B 即取为 BZ 值 (mm), 若 BZ 大于上述情况所确定的 B 值, 则齿宽 B 将按上述情况 (即 $BZ = 0$) 取值。

PVP 为加权系数控制量, 控制大轮体积在两轮总体中所占比例, 即控制加权系数 C_r 的值 (参见式(2)), 它与大轮结构有关。一般情况下, 可取 $PVP = 0$, 此时程序中将取 $C_r = 1/\sqrt{U}$ (U 为大、小轮齿数比)。对某些结构特殊的大轮, 可取 $PVP > 0$, 此时程序中取 $C_r = PVP$ 。

DDT 为小轮安装轴外径控制量, 当取 $DDT = 0$ 时, 程序中小轮安装轴外径 d 将根据轴材料的许用扭剪应力下 TAO 和轴的内、外径之比 RFL 按下式计算:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1000T_1}{0.196 \cdot TAO \cdot (1 - RFL^4)}}$$

式中: T_1 ——小轮扭矩, N·m

若取 $DDT > 0$, 则程序中小轮安装轴外径 d 即取为 DDT (mm)。此时, TAO , RFL 无作用, 可输入任意值。

ANO, ZLO, BETMO, MTO 为设计变量初始点值。当不使用全域优化搜索功能 ($I6 = 0$) 时, 初始点值要求在设计变量的取值范围内 (ANO 须取某一标准值), 但不要求一定在可行域。对直齿和零度锥齿轮, BETMO 无作用, 可输入任意值。对弧齿锥齿轮, 若要求齿宽中点螺旋角取系列值 ($MBE = 1$), 则 BETMO 也须输入某一系列值。当使用全域优化搜索功能 ($I6 = NC$) 时, 初始点值不起作用, 可输入任意值。

其他输入量的含义及单位见“2.3.2”款。

4 输出信息说明

程序开始运行时，打印：

“ * * * * * O D A B G * * * * * ”

然后顺序打印出如下信息：

- a. 除设计变量初始点值外的其他所有输入数据；
- b. $AN, Z1, BETM, MT$ 的取值上限值 XU 、下限值 XL 、离散增量值 DX 、初始点值 XO ；
- c. 若 $IG = 0$ ，则打印：设计变量初始点上的所有约束函数值 G 、有效目标函数值 PFO 、以及初始点设计方案的以下主要几何和性能参数： $D1, D2, DT1, DT2, R, B, HE, Z2, QT1, QT2, Z901, Z902, EVA, EVB, EVG, SNM1, SNM2, SANM1, SANM2, DFL1, SINT, SF1, SF2, SH1, SH2, QINT, SGF1, SGF2, SGH, FP, KV, KVM$ 以及 $QTMAX$ （直齿锥齿轮）或 $RC, ANMIN$ （零度锥齿轮）、 $RC, Z1MIN, Z2MIN$ （弧齿锥齿轮）。

$IG \neq 0$ 时，此项不打印。

程序正常运行结束时，打印信息：

“ * * * * * R E S U L T * * * * * ”

然后顺序打印如下信息：

- a. 本次优化运算中，复合形重构次数 $CYCLE$ 、进行一维搜索的次数 SCH 、调用加速措施次数 QUN 、调用目标函数次数 FUN 、调用约束函数次数 CST 、调用离散复合形调优运算的次数 NNC ；
- b. 与初始点相比，最优点有效目标函数的下降率 RAT ；（ $IG \neq 0$ 时，此项不打印）
- c. 最优点的约束函数值 $G(i), i = 1, 2, \dots$ ；
- d. 最优点的设计变量值 $AN, Z1, BETM, MT$ （直齿和零度锥齿轮： $BETM=0$ ）；
- e. 最优点的目标函数值 $F(X)$ ；
- f. 最优点设计方案的如下几何和性能参数： $D1, D2, DA1, DA2, B, DT1, DT2, DTA1, DTA2, R, HA1, HA2, HF1, HF2, HE, DTF1, DTF2, AT, BETB, C, U, Z2, U90, Z901, Z902, QT1, QT2, EVA, EVB, EVG, DM1, DM2, MMN, MMT, RM, HAM1,$

HAM2, HFM1, HFM2, BM, BGM, XN1, XN2, XS1, XS2, ZV1, ZV2, DV1, DV2, UV, ZVN1, ZVN2, DVN1, DVN2, PM, SNM1, SNM2, SANM1, SANM2, DFL1, SINT, SF1, SF2, SH1, SH2, QINT, SGF1, SGF2, SGE, FP, KV, KVM, 以及 QTMAX (直齿锥齿轮) 或 RC, ANMIN (零度锥齿轮), RC, Z1MIN, Z2MIN (弧齿锥齿轮)。

如果程序运行中搜索不到可行点, 则运行结束时, 给出如下信息:

“ NO FEASIBLE POINT ”

然后给出有效目标函数值最小点的约束函数值 $G(i)$; $i = 1, 2, \dots$ 、设计变量值 AN , $Z1$, $BETM$, MT 有效目标函数值 $F(X)$ 、以及该点设计方案的有关几何和性能参数。

此时, 使用者应检查输入数据是否合理。

当 $I6 = 0$ 时, 若输入的初始点值超出设计变量取值的上限或下限, 则程序将打印信息:

“ THE INITIAL POINT VIOLATES THE BOUND FOR VARIABLE ”

然后停止运行。

程序运行结束并输出全部结果或信息后, 打印:

“ * * * * * END * * * * * ”

5 其他

本程序是在 IBM4341 机上调试通过的, 还可直接或稍加修改后在其他 IBM 系列机 (如 IBMPC, IBM PC-XT) 上使用, 对其他型号或系列的计算机应根据其语言文本, 对程序进行某些必要的修改。

其源程序占内存约 185 K。

本程序在 IBM4341 机上运行的操作系统是 VM/SP CMS。

附加说明：

本标准由航空工业部三〇一所提出。

本标准由南京航空学院负责起草。