



技巧与禁忌系列丛书

数控加工编程操作 技巧与禁忌

顾雪艳 等编著

取材实践 正反对比
寻求捷径 避免失误



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

技巧与禁忌系列丛书

数控加工编程操作技巧与禁忌

顾雪艳 吕加兵 支双林
林其桥 裴小龙 季 鹏 编著
缪德建 主审

机 械 工 业 出 版 社

本书围绕着数控机床的编程、操作、加工方面的问题,着重讲述数控车、数控铣、加工中心和线切割等方面的编程、加工的技巧与禁忌。本书涉及手工编程、自动编程和宏程序编程的内容,并用具体的编程加工实例介绍编程概念、加工技巧和禁忌,突出实例的代表性和技术的先进性,取材新颖。读者通过本书的学习,可了解关键问题的禁忌,避免走弯路,从而快速掌握编程、操作方面的技巧,更好、更快地掌握数控加工方面的知识。

本书可作为数控教学、培训和数控加工人员以及参加数控机床操作比赛人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工编程操作技巧与禁忌/顾雪艳等编著. —北京:机械工业出版社, 2007.4

(技巧与禁忌系列丛书)

ISBN 978-7-111-21206-5

I. 数... II. 顾... III. 数控机床—程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第039497号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王英杰 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:饶薇 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市明辉装订厂装订)

2007年6月第1版第1次印刷

140mm×203mm·8.125印张·214千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21206-5

定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

进入 21 世纪，我国已成为“制造业大国”，制造业的主力军——技能型人才，尤其是高技能人才的严重缺乏正成为我国向“世界制造强国”转变的瓶颈。为此，劳动和社会保障部制定了“新技师培养带动计划”，其重点内容是“5 年培养 190 万技师和高级技师，700 万高级工”。图书在培养技能型人才中的作用是毋庸置疑的，但综观目前图书市场上的技术图书大多不是侧重理论，就是针对性不强，不能解决生产中出现的問題。

基于此，我们组织一批作者编写了本套“技巧与禁忌系列丛书”。这些作者有的是企业中的高级工程师，有的是职业培训机构和高职院校执教多年的老师，与岗位联系密切。他们既有丰富的实践经验，又有深厚的理论基础。本套丛书从正反两方面编写技术工人在实际工作中经常要用到的内容（加工、装配、维修、检验、编程、施工等），正面写技巧方法，反面写禁忌事宜，使读者读后知道应该怎样做，不该怎样做，十分明晰。

技巧部分选择一些中级工经常接触的操作技术，将工作要求、加工方法、操作步骤等中的技巧加以总结。禁忌部分以相关工种的加工操作、安全和质量检验以及相关技术文献为依据，对“不宜做”、“不应做”、“禁止做”和“必须注意”的事情，以反向思维，用具体的事例，加以说明和表达，并总结出操作过程中具有典型性



的禁忌问题，旨在为读者提供一本具有指导意义的工具书，从加工操作和安全方面给人们一些告诫，提示操作者注意，使操作者在工作中少一些失误，保证加工质量，减少废品，避免出现事故。

本套丛书的内容取材于实践，以中级工要求的内容为主，兼顾初级工和高级工，基础知识的内容占 10% 的比例。

在本套丛书的编写过程中，得到了许多企业的领导、专家、技术人员的大力支持和帮助，在此谨向为本套丛书的出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

前 言

随着制造业的快速发展,各种数控机床的精确性、柔性、可靠性、集成性和宜人性等各方面性能越来越完善,它在自动化加工领域中的占有率也越来越高。数控机床的应用已渗透到机械制造业的各个领域,数控加工越来越普及,企业对数控加工高技能人才的需求也越来越大。许多工科院校、技师学院、技工学校都开设了数控编程与操作方面的课程,市场上也出现了很多涉及数控编程与操作方面的书籍,但传统的数控加工入门书籍已不能完全满足发展的需要。针对这样的形势,我们组织了多位具有多年丰富的数控教学实践和工程实践经验的专业人员,参考了大量的资料,把实际加工中的经验和遇到的一些问题,进行总结、归纳后而编写成本书。

本书以数控加工为主线,围绕着数控机床的编程、操作、加工方面的问题,着重讲述数控车、数控铣、加工中心和线切割等方面的编程、加工的技巧与禁忌。本书涉及手工编程、自动编程、和宏程序编程的内容,用具体的编程加工实例介绍编程、加工的技巧和禁忌,突出实例的代表性和技术的先进性,取材新颖。读者通过本书的学习,可了解关键问题的禁忌,避免走弯路,从而快速掌握编程、操作方面的技巧,更好、更快地掌握数控加工方面的知识。

本书可作为数控教学、培训和从事数控加工人员以



及参加数控机床操作比赛的人员的参考书。

本书由顾雪艳主编，吕加兵、支双林、林其桥、裴小龙、季鹏参编。全书由顾雪艳统稿。

蒙缪德建审阅全书，并提出许多宝贵的修改和补充意见，特此表示衷心的感谢。

在本书编写过程中，得到了胡胜、左安刚、赵建峰、丁俊、赵艺兵、卢孔宝、张俊、翟中华等同志的关心、支持和帮助，在此表示衷心的感谢！同时，在本书编写过程中，还参阅了国内外兄弟院校的教材、资料和文献，在此谨致谢意。

数控加工中会遇到各种各样的情况，本书旨在抛砖引玉，使读者在数控加工中遇到问题时有一定的启发。由于时间仓促，编者水平有限，对书中存在的不妥和错误之处请读者给予批评、指正。

编 者

目 录

丛书序

前言

一、数控车床部分 1

1. 螺纹车削加工的技巧与禁忌	1
2. 数控车削中刀尖圆弧半径补偿功能的使用技巧与禁忌	4
3. 用参数编程方法车削大螺距梯形螺纹的技巧	7
4. 用参数编程方法车削异形螺纹的技巧	9
5. 车削加工薄壁零件的技巧	11
6. 在数控车床上车削细长轴零件时刀具的选择技巧	14
7. 在 FANUC 数控车床上车削变螺距螺纹的技巧	17
8. 螺纹刀的安装及对刀技巧	18
9. 数控车床试切法对刀的技巧与禁忌	19
10. 切削无退刀槽螺纹的编程技巧与禁忌	21
11. G158 指令在轮廓编程中的使用技巧	23
12. 数控车削孔类零件的试切法对刀技巧	25
13. 无刀具半径补偿功能的数控车床编程技巧	26
14. 不锈钢零件切断时刀具的选用与刃磨技巧	27
15. FANUC Oi 系统中 G71 指令的使用技巧与禁忌	29
16. FANUC Oi 系统中 G72 指令的使用技巧与禁忌	30
17. FANUC Oi 系统中 G73 指令的使用技巧与禁忌	31
18. FANUC Oi 系统中 G76 指令的使用技巧与禁忌	32
19. FANUC Oi 系统中用 G92 指令车削多线螺纹的 技巧与禁忌	35
20. FANUC Oi 系统中的倒角、倒圆编程技巧	36
21. FANUC Oi 系统中的角度编程技巧	38
22. SIEMENS 系统中用参数编写二次曲线轮廓加工程序的	



方法与技巧	43
23. 在 FANUC 系统中, 把用户宏程序的内容放在 G73 固定循环里 编写椭圆程序的技巧	45
24. 使用宏程序功能编写粗、精加工程序的技巧	48
25. 内孔椭圆零件轮廓程序编制的技巧	51
26. 外椭圆轮廓曲线零件程序编制的技巧	53
27. 抛物线旋转轮廓的车削加工技巧	56
28. 用户宏程序指令 G65 的调用方法	58
29. 在数控车床上用 G65 指令编写标准二次曲线轮廓零件 通用加工程序的技巧	60
30. 用标准宏程序调用的方法编写含双曲线轮廓零件 程序的技巧	66
31. 数控车床加工长径比大于 7 的孔时刀具安装技巧与禁忌	71
32. 数控车床主轴的维护保养技巧与禁忌	74
33. 通过修改部分数控机床参数以方便编程的技巧	74
34. 数控机床与计算机通信传输格式的选择技巧	76
35. 数控机床与计算机通信时串行接口线路连接方法的 选择技巧	78
36. 数控机床与计算机通信传输程序时通信传输格式的 选择技巧	79

二、数控铣床、加工中心部分

1. 合理选用顺铣、逆铣的方法与技巧	81
2. 使用立铣刀时顺铣与逆铣的判断方法与技巧	83
3. 使用面铣刀时顺铣与逆铣的选择技巧	84
4. 解决拐角处切削振动的技巧	85
5. 用球头刀切削工件时切削用量 S 和 F 的选择技巧	85
6. 用球头刀加工三维型腔零件时切削方式的选择技巧	87
7. 型腔类零件最佳下刀方法的选择技巧	88
8. 铣削淬硬工具钢材料零件时刀具应用参数的选择技巧	89
9. 用 G10 功能实现三维倒圆角、倒角的技巧	89
10. G18、G19 平面中圆柱面的加工技巧	93
11. 三维椭球上半部铣削程序的编制技巧	98



12. 粗加工外椭圆球面的编程技巧	100
13. 圆柱面模腔的加工技巧	103
14. 变螺距螺杆的四轴加工技巧	110
15. 圆盘零件工件零点的找正技巧	114
16. 使用刀具半径补偿功能编程的技巧与禁忌	115
17. 刀具长度补偿指令的使用技巧与禁忌	120
18. 加工中心多把刀的对刀技巧	122
19. 拉钉选择的注意事项	125
20. 通用数控刀具选择的技巧与禁忌	127
21. 急停开关的使用方法与技巧	130
22. 加工中心主轴维护保养的技巧与禁忌	131
23. 纯铜零件的加工技巧	132
24. 薄壁箱体零件加工刀具的选择	132
25. 插铣法加工的应用技巧	134
26. 铣削箱体零件上大直径小螺距螺纹的技巧	136
27. 用铣刀精镗孔的技巧与禁忌	137
28. 大批量孔加工的高效刀具方案	141
29. 镗削加工的技巧	144
30. 数控加工中, 粗、精加工时切削用量的选择技巧	145
31. 高速切削刀具的选择技巧与禁忌	147
32. 高速加工中数控编程的技巧	148
33. 高速加工的刀柄选择	151
34. 高速加工中影响刀具寿命的几个因素	154
35. 薄壁零件的铣削加工技巧	156
36. 验收数控铣床或加工中心时, 用“圆棱方”标准试件 进行精度检验的技巧	158
37. “圆棱方”试件的加工技巧与禁忌	162
38. 数控镗铣床上大直径螺纹加工的技巧与禁忌	168
39. 用调用子程序的方法铣削大直径或非标螺纹的技巧	172
40. 密封沟槽类零件的加工技巧	174
41. 攻螺纹的技巧与禁忌	176
42. 挖槽类零件进刀点及进刀方式的编程技巧	178
43. 薄壁、深腔、小圆角铝合金材料工件的加工技巧	179



44. 薄壁、深腔、小圆角铝合金材料工件的加工实例	180
45. 通腔隔框零件的加工技巧	185
46. 大尺寸、深腔、薄底工件的加工技巧	187
47. 利用铣刀实现钻孔功能的技巧	189
48. 有平面度要求的厚板的加工技巧	190
49. 制作工具吸盘来加工薄板类工件的技巧与禁忌	190
50. 有平面度要求的薄板的加工技巧	191
51. 交叉公差编程加工的技巧	192
52. 用磁条压紧工件方法加工薄板长槽零件的技巧	192
53. 大槽和宽缺口工件的加工技巧	193
54. 当机床的行程不够时, 利用软件零点偏置功能实现大尺寸 工件加工的技巧	195
55. 车削中心上车、铣综合加工的编程技巧	196
三、线切割部分	205
1. 合理选择高速走丝线切割或低速走丝线切割加工方法的 技巧	205
2. 典型方形零件在线切割机床上的装夹技巧与禁忌	206
3. 典型圆盘类零件的装夹技巧与禁忌	209
4. 加工凹凸模或凸模外形的留料技巧与禁忌	212
5. 过滤器的选择技巧与禁忌及被加工零件对水路过滤系统的 影响	213
6. 树脂的使用及被加工零件对离子度的影响	215
7. 电极丝的选择技巧与禁忌	218
8. 影响加工效率的因素及若干补救技巧	221
9. 引起断丝故障的几点原因及若干补救技巧	223
附录 常用切削用量表	226
参考文献	245

一、数控车床部分

1. 螺纹车削加工的技巧与禁忌

螺纹切削功能是数控车床加工中最常用的不可缺少的一种功能,如图 1-1 所示。用数控车床加工螺纹,是靠装在主轴上的编码器实时地读取主轴转速并转换为刀具的每分钟进给量来完成的,可以加工直螺纹、锥螺纹、端面螺纹和变螺距螺纹。

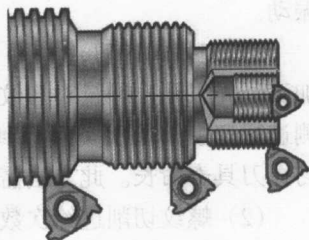


图 1-1 螺纹加工

(1) 螺纹切削进刀方式的选择技巧 螺纹切削共有三种不同的进刀方式:径向进刀,改进式侧向进刀和交替式进刀。进刀方式选择是否合理直接影响工件的加工质量以及刀具的寿命。

1) 径向进刀是最常用的传统的方式,如图 1-2a 所示,其切入方式是刀片直接进给到工件中,形成的切屑比较生硬,刀片两侧同时切削,易均匀磨损。刀具两侧排屑条件不好,当加工大螺距螺纹时,易引起振动,影响工件的加工质量。此方法适用于加工小螺距螺纹和淬硬材料(例如奥氏体不锈钢)。

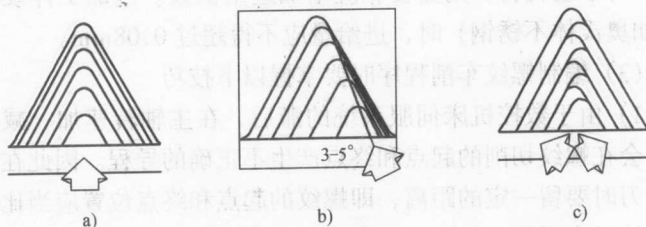


图 1-2 螺纹切削进刀方式



2) 改进式侧向进刀方式是最适宜在数控机床上采用的加工方法, 可通过编程方式来实现侧向进刀。如 FANUC 数控系统中的 G76 指令的进刀方式就是这种类型。如图 1-2b 所示, 刀片以小于后角的牙型角进给, 比如, 对于 60° 牙型角的螺纹切削, 轴向进给量可以简单地按 0.5 倍的径向进刀量来计算; 而对于 55° 牙型角, 则应以 0.42 倍的径向进刀量进行计算。这样便可以得到一个比螺纹的牙型角小 5° 的进刀角。因此刀尖上所产生的热量更少, 在加工粗牙螺纹或当接触长度很长时, 可有效降低振动。

3) 交替式进刀, 如图 1-2c 所示, 主要用于大牙型角螺纹的加工。先以几次增量对螺纹牙型的一侧进行切削, 然后再对另一侧进行切削, 依次类推直到切削完整个牙型为止, 刀片磨损均匀, 刀具寿命长。此方法需要在数控机床上编程来实现。

(2) 螺纹切削进给次数和每次进给量的选择技巧

1) 进给次数和每次进给量对螺纹切削加工具有决定性的影响。在大多数现代数控机床上, 应在螺纹切削中给定总螺纹深度和第一次或最后一次切深。通常, 刀具生产厂家会提供相应刀片推荐的进给量和进给次数。这些数据都是通过实验得出的, 有很高的参考价值。

2) 为了延长刀具寿命, 切削螺纹前的工件直径最好不要超过螺纹的最大直径。

3) 应避免进给量低于 0.05mm 。

4) 当螺纹要求公差值小时, 最后一次进给可不进刀 (空走刀)。对于硬材料, 则需要相应增加进给次数。当加工淬硬材料 (例如奥氏体不锈钢) 时, 进给量应不得超过 0.08mm 。

(3) 编制螺纹车削程序时要掌握以下技巧

1) 由于数控机床伺服系统的滞后, 在主轴转速加、减过程中, 会在螺纹切削的起点和终点产生不正确的导程。因此在进刀和退刀时要留一定的距离, 即螺纹的起点和终点位置应当比指定的螺纹长度要长。如图 1-3 所示, L_1 为空刀进入量, L_2 为空刀



退出量。

2) 在外螺纹切削时, 刀具起始定位在 X 方向必须大于螺纹外径; 内螺纹切削, 刀具起始定位在 X 方向必须小于螺纹内径。切削锥螺纹时按大端直径计算: 外锥螺纹, 起刀点大于外径大端直径; 内锥螺纹, 起刀点小于最小的内径直径, 否则会出现扎刀现象。

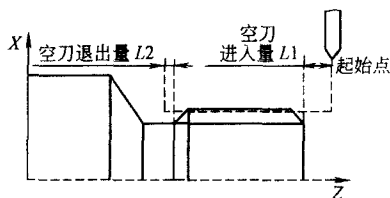


图 1-3 螺纹车削加工

3) 切削锥螺纹时, 由于刀具的起点和终点位置不是图样标注的螺纹的起点和终点位置, 因此螺纹半径差值应为刀具起点和终点位置的大小端半径差。否则螺纹锥度不正确, 如图 1-4 所示。

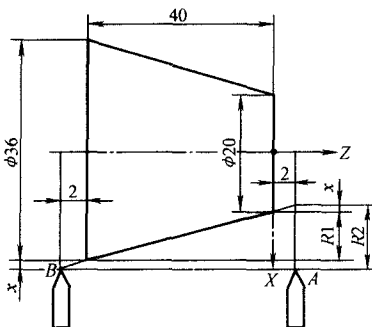


图 1-4 车削锥螺纹

① 螺纹锥角半径差应取 $R2$ 而不是 $R1$, 即是螺纹延长线上刀具起点与终点半径差值。

计算方法为: $R2 = R1 + 2x = 8\text{mm} + 2\text{mm} \times 0.4 = 8.8\text{mm}$

$x = (R1 \times \text{螺纹延伸长度}) / \text{螺纹长度} = (8 \times 2) \text{mm} / 40 = 0.4\text{mm}$ 。

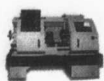
② 螺纹切削循环时, 通常在锥度的两头沿锥度方向各延长 2mm。刀具的起点位置应大于等于锥度大端的直径 (A 点)。

③ R 值有正、负之分: 正锥为负值, 倒锥为正值。

(4) 螺纹车削时的禁忌

1) 车削螺纹时不能使用恒切削速度功能, 因为恒切削速度车削时, 随着工件直径的减少, 转速会增加, 从而会导致导程产生变动而发生乱牙现象。

2) 车削螺纹的途中, 不能按暂停键, 以免发生乱牙现象。



2. 数控车削中刀尖圆弧半径补偿功能的使用技巧与禁忌

(1) 刀尖圆弧半径补偿功能的使用方法 在车削轮廓时, 刀位点假设为刀尖点。为了提高刀具强度和工件表面加工质量, 刀尖处都必须有圆弧, 不可能为尖点 (图 1-5)。在切削端面或圆柱面时不存在误差 (图 1-6), 而在切削锥面和圆弧时, 就会出现过切或欠切现象 (图 1-7)。当工件表面加工精度要求较高时, 就达不到精度要求。



图 1-5 假想刀尖

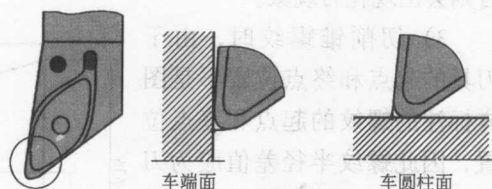


图 1-6 切削端面 and 圆柱面

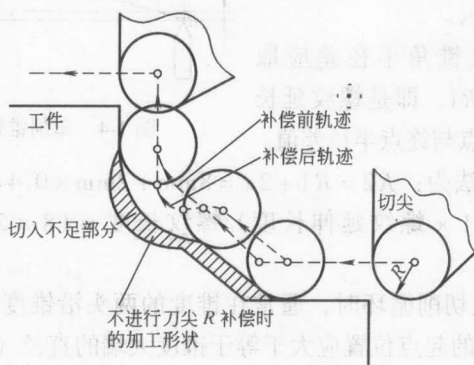


图 1-7 刀尖圆弧半径补偿轨迹

数控系统拥有刀尖圆弧半径自动补偿功能。因此, 由刀尖圆弧半径而造成的过切或欠切问题, 可通过刀具半径补偿功能 (G41 或 G42), 使刀具自动地沿轮廓方向偏置一个刀尖圆弧半径值 (图 1-8)。

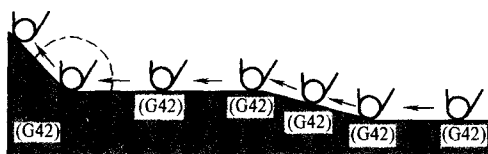


图 1-8 刀补轨迹

G41——左补（沿刀具加工方向看，刀具位于工件左侧时为左补）

G42——右补（沿刀具加工方向看，刀具位于工件右侧时为右补）

G40——取消刀补

(2) 使用刀尖圆弧半径补偿功能的技巧与禁忌

1) 机床前置刀架与后置

刀架方式下的刀补方向及假想刀尖方位有一定的区别，如图 1-9 和图 1-10 所示。

2) 前置刀架与后置刀架方式下，不同形状的刀具假想刀尖方位也有所不同。如图

图 1-11 和图 1-12 所示是各种刀具的假想刀尖位置及编号。当用假想刀尖编程时，假想刀尖号设为 1~8；当用假想刀尖圆弧中心编程时，假想刀尖号设为 0 或 9。

3) 由于刀具在起刀程段中，进行偏置过渡运动，因此建议该段程序不要切入工件轮廓，以免对工件产生误切。

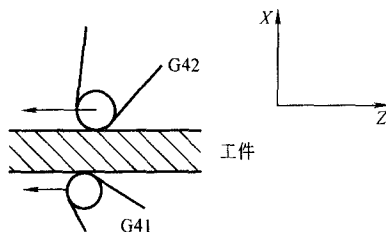


图 1-9 后置刀架的刀补方向

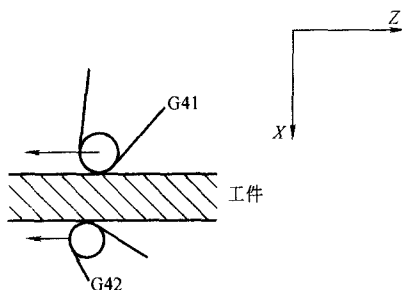


图 1-10 前置刀架的刀补方向

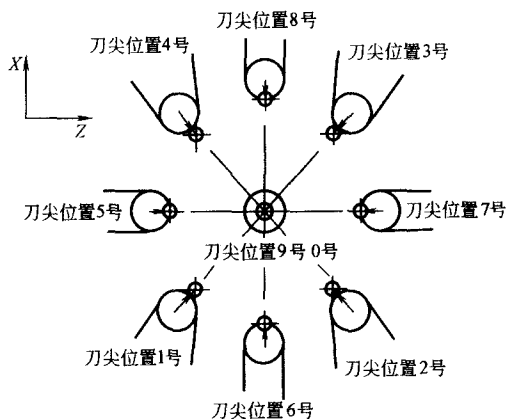


图 1-11 后置刀架刀尖位置示意图

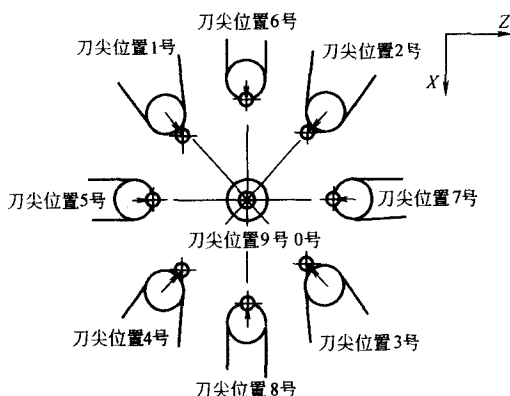


图 1-12 前置刀架刀尖位置示意图

4) 刀补指令 G41, G42 或 G40 必须跟在直线段上, 否则会出现语法错误。例: G42 G01 X100 Z80 是正确的, G42 G02 X100 Z80 R10 是错误的。

5) 必须在刀具补偿页内 (刀具偏置所在内存区) 的刀尖半径处填入刀具的刀尖圆弧半径值, 系统会自动计算应该移动的补偿量, 作为刀尖圆弧半径补偿的依据。