

机器制造中 部件的清洗

[苏]Ю.С.科兹洛夫等著

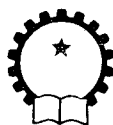


机械工业出版社

机器制造中部件的清洗

〔苏〕 IO. C. 科兹洛夫等著

罗世同 译
何理路 校



~~机~~械工业出版社

本书较全面地介绍了在机器制造中机械清理、射流清洗、浸渍清洗、循环清洗、综合清洗、各种涂层前的表面准备以及某些特定污物的清理；在洗涤剂方面，介绍了碱性化合物、表面活性剂、合成洗涤剂、溶剂、溶化乳化剂、乳化混合物、化学活性剂、碱性熔融物等。

本书可供从事机械加工和机械制造的工程技术人员参考。

Очистка изделий в машино—строении

Ю.С.Козлов О.К.Кузнецов

А.Ф.Тельнов

《Машиностроение》1982

机器制造中部件的清洗

〔苏〕Ю.С.科兹洛夫 等著

罗世同 译 何理路 校

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $10 \frac{1}{8}$ ·字数220千字

1986年8月北京第一版·1986年8月北京第一次印刷

印数 0,001—4,575·定价 2.45 元

统一书号：15033·6291

前 言

现代化机械制造的产品质量和可靠性在很大程度上是与完善所采用的清洗工艺过程和表面预加工有关的。表面清洗，也就是从表面上清除有害的或不应有的其它物质，如润滑油、氧化皮、金属屑等。

表面预加工，如在进行表面涂层时，包括表面清洗，即要使其具有相适应的外形和一定的理化特性以保证涂层的必要附着力和产品的商品外观。

清洗与表面预加工是密切相关的，有时是没有明显区别的。例如，针铣、金属的酸洗、清洗剂中的振动磨料处理、碱性熔融物中清洗以及一系列其它过程既可做表面清洗，也可做表面预加工。

鉴于机械工业制品日趋复杂，生产工艺日臻完善以及精度的增高，就提高了对于清洗质量和表面预加工的要求。在某些工业部门，清洗和表面预加工占部件生产劳动量的10%〔15〕。强化清洗过程和表面预加工是提高劳动生产率和降低产品成本的巨大潜力。高水平的、完善的清洗过程就得以保证生产出高质量的机工产品。

近10~15年来，在机械制造业各部门中，特别注意到发展与完善清洗工艺和表面预加工。苏联的一些主要单位，例如：阿尔泰机器制造工艺科学研究所（АНТИМ）（巴尔瑙尔），全苏仪器制造工艺科学研究所（ВНИТИПрибор）（莫斯科），全苏国家汽车拖拉机维修工艺科学研究所

(ГосНИТИ) (莫斯科), 工艺设计室 (КТБ) (纳尔契克), 汽车、拖拉机和农业机械制造工艺科学研究所 (НИИТМ) (顿河罗斯托夫), 拖拉机、农业机械制造工艺科学研究所 (НИИТракторосельхозмаш) (莫斯科), 钟表工业科学研究所 (НИИЧаспром) (莫斯科), “油漆层”科研生产联合公司 (НПО), 工艺设计院 (ПКТИ) (利彼茨克) 乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院电动液压设计室 (ПКБ Электрогидравлики АН УССР) (尼古拉耶夫), 汽车工业工艺实验研究所 (ЭКТИ автопром) (里沃夫), 金属切削机床实验科学研究所 (ЭНИМС) (莫斯科) 等, 都研制了一些新的清洗工艺过程和许多新的清洗设备 [2, 6, 9, 39, 41, 52, 70, 75]。

苏联各机械制造企业都积极参与清洗过程和清洗设备的完善工作 [14, 49, 52, 79]。

全苏自动开关设计科学研究所 (ВНИИПАВ) (雪贝基诺), 全苏化工设计科学研究所 (ВНИИХИМПроект) (基辅), 全苏国家汽车拖拉机维修工艺科学研究所 (ГОСНИТИ), 莫斯科造船工程学院 (МИИСП) (莫斯科), “油漆层”科研生产联合公司, 苏联科学院海洋研究所和苏联科学院西伯利亚分院无机化学研究所以及其他某些研究所和实验室正在从事新型洗涤剂的研制 [17, 39, 51, 62, 76, 101]。

由于表面活性剂的生产不断扩大, 仅在1980年就生产了近 5×10^4 t, 因而合成洗涤剂的生产 and 配制就都有了很大增长 [89, 109]。

在清洗过程中采用合成洗涤剂的水溶液, 就可以避免使用有失火危险的溶剂并可提高清洗质量 [26]。这样, 在近年

来,已有3000多个苏联国营企业把使用的易燃液体换成合成洗涤剂水溶液,这可节省 $25 \times 10^4 \text{t}$ 溶剂(汽油、煤油、石油溶剂等)[78]。

氯化碳氢化物和氟化碳氢化物生产的发展,使得制品在不易燃溶剂中的清洗得到改进[12, 26]。

除习惯的清洗过程——化学除油、电解去油、使用机械器具的清洗、气喷磨料清洗、滚筒清洗外,进而发展的清洗新法有——电解液力清洗、气水射流清洗、流体动力清洗、溶剂蒸气清洗、碱溶物蒸气清洗、准流化介质蒸气清洗等等。通过对于针铰清洗、各种振动磨料处理、超声激活、乳化清洗、浸渍清洗和其他方法的强化,而使传统清洗方法的潜力显著扩大[3, 8, 46, 97]。

在许多部门,已从事了清洗工艺过程和表面准备工作的标准化工作,这就可以协调清洗设备的研制。有关这个问题应参照PTM 37.002.002—70(技术参考资料)“1971~1975年清洗设备型号”(汽车工业);PTM 23.7—25—71“防护层下表面准备用标准工艺过程,设备,机械化和自动化工具”(拖拉机与农机制造);ГОСТ 9.047—75“防腐和防老化的统一制。金属敷层和非金属无机敷层。敷层工艺过程的工序”。

本书介绍了研究设计单位有关表面清洗方面的成果;总结了国内单位和外国公司在完善清洗技术和工艺问题上的经验。

第一、二和四章由Ю.С.科兹洛夫(Ю.С.Козлов),第三、六、八和九章由О.К.库兹涅佐夫(О.К.Кузнецов),第五、七、十~十二章由А.Ф.捷里诺夫(А.Ф.Тельнов)撰写。

目 录

前言

第一章 表面的清洗方法	1
1. 污物类别和表面清洗方法	1
2. 表面清洁度的评价	9
3. 清洗设备分类和命名方式	12
第二章 洗涤剂及其组分	15
1. 洗涤剂分类	15
2. 清洗作用的物理化学原理	16
3. 碱性化合物	23
4. 表面活性剂	26
5. 合成洗涤剂	26
6. 溶剂	33
7. 溶化乳化剂	42
8. 乳化混合物	45
9. 化学活性剂	46
10. 碱性熔融物	50
11. 锈蚀阻化剂和钝化剂	52
12. 铁锈转化剂底漆	56
13. 洗涤剂和混合物的应用	59
第三章 表面的机械清理	76
1. 机械清理方法的分类	76
2. 手工器具和机械化工具的表面清理	76
3. 表面气喷磨料清理	81
4. 水喷磨料清洗	84
5. 抛丸清理	90
6. 滚光	95

7. 振动磨料清洗	102
第四章 射流清洗	114
1. 射流清洗过程原理	114
2. 蒸汽射流清洗	118
3. 流体动力清洗	125
4. 整联箱式射流清洗机特性	132
5. 射流清洗机在机器制造业中的应用	150
第五章 浸渍清洗	166
第六章 循环清洗	204
1. 管子的清洗	204
2. 蛇管和热交换器清洗	209
第七章 综合清洗	214
第八章 涂层前的表面准备	224
1. 油漆涂层	226
2. 聚合涂层	227
3. 搪瓷敷层	228
4. 电镀层	229
5. 无机敷层	232
第九章 表面上特定污物的清理	234
1. 陈旧漆层的清除	234
2. 表面的氧化皮和锈蚀物的清除	242
3. 焊剂残渣的清除	247
4. 机加工后的表面清洗	248
5. 磨削和研磨油膏存留物的清除	252
6. 油封脂的清除	255
第十章 洗涤液的净化和再生	259
1. 洗涤液污染特性	259
2. 清洗机中碱性溶液的工艺性净化	262
3. 中央溶液站	285

4. 超滤	289
第十一章 一般生产建议	291
1. 洗涤溶液和清洗质量的检验	291
2. 清洗设备和洗涤剂在使用时的安全技术	296
第十二章 清洗过程的技术经济评价	300
参考文献	310

第一章 表面的清洗方法

1. 污物类别和表面清洗方法

在生产（制造、加工、储存）过程中，各种零件和装配件的表面上会产生一些污物——异物，这些异物在表面上的存在是不适宜的或是有害的。

产生污物的原因是多种多样的：金属表面的氧化（氧化物、腐蚀生成物）、润滑油的热分解（炭渣、沥青·树脂沉积物）、乳剂膜及油膜、机械微粒（磨料、金属屑等）、切削加工存留物（金属屑、磨料、毛刺、磨光和抛光膏存留物、乳化液）、压力加工和铸造加工（石墨脂与润滑脂、砂皮、型砂）、熔焊与钎焊（焊剂存留物、焊渣）、储存与运输（润滑脂、防腐油）、周围介质的污物沉落于表面上等等。

使用不同的方法（冲制、压制、铸造、锻造等）成形零件时，零件的表面和边缘会存留有能够破坏零件外形和加工表面精度的余料。在零件精加工时应将这些余料清除，因而这些东西叫做清除物。清除物包括：毛口、毛边、毛刺、氧化皮、砂皮、引入微粒。

毛口、毛边——是零件上在压模，锻模分型面处呈瘤状的余料。

毛刺——在零件表面的边缘与棱角处存留的毛糙边缘的凸出余料。

砂皮——在高温作用下，零件表面烧焦的型砂存留物。

氧化皮——在高温作用下所形成的类似表皮的金属氧化

物。热处理时，氧化皮浸透并覆盖一层烧焦的润滑油膜。

引入微粒——在修整工序和清理工序时，引入被加工面材料中的磨料微粒。

污物特性，必须事先清除污物的那些工序，加工对于零件表面的污移影响分别列于表 1 ~ 3。

表1 污 物 特 性

污物与表面结合性质	污物与表面结合强度	污 物 类 别
与表面机械结合的污物	强	清漆、油漆、树脂、胶、密封胶
	中	油、脂、油膏(抛光膏、研磨膏、磨光膏)
	弱	灰尘、锉屑、金属屑
与表面化学结合的污物	氧化物和氢氧化物	天然氧化膜——锈，腐蚀生成物。加工时所产生的氧化物——氧化皮，腐蚀生成物
	盐和类盐化合物	铸造砂皮，熔渣，搪瓷，磷酸盐，碳酸盐，硅酸盐

表2 必须事先清除污物的一些工序

工 序	必须清除的污物
切削 加工	氧化皮、铸造砂皮、熔渣
冷压 加工	氧化皮、铸造砂皮、熔渣、焊剂、磨料粉尘
装配 工序	油、脂、锉屑、粉尘、腐蚀生成物、焊渣、焊剂、氧化物、毛刺、毛口
涂 层	氧化物、腐蚀生成物、油、脂、油膏、乳液存留物、毛刺、盐类

表面污移可分为三个等级：弱、中、强。弱污移时，在零件表面覆盖一薄层不均匀的污物（油、粉尘）。中等污移时，零件表面覆盖一层不太厚而均匀的油脂，掺杂有金属屑

表3 加工对于零件表面污物的影响

加 工 类 别		污 物
轧 制	热 轧	氧化皮、粉尘
	冷 轧	润滑油、氧化物、粉尘
切 削	切削加工	金属屑、锯屑、粉尘、润滑冷却液
	粗 磨	磨料粉尘、磨屑、润滑冷却液
机械精加工	研磨、精磨、抛光	油膏、磨料粉尘
压力加工	热加工（锻、压、冲压）	焦炭、树脂、砂皮①、熔渣
	冷加工（拔丝、拉伸、冲压）	石墨、油、脂、润滑冷却液
热 处 理	正火、退火、回火	氧化皮、氧化物、烟黑
	淬火	油脂、氧化皮、树脂
铸 造	非金属铸型	氧化物、砂皮
	金属铸型压力铸造	氧化物
熔 焊	惰性气体中用不涂药焊条	氧化物
	涂药焊条	氧化皮、熔渣
钎 焊	软 焊 料	树脂、盐类
	硬 焊 料	氧化物、焊药、熔渣
表面装饰、喷漆	喷漆	漆、清漆
	上珐琅	珐琅
成品油封保存	油脂	油、脂、树脂
	无机阻化剂	氧化物，盐类
	有机阻化剂	氧化物、有机化合物

① 原文пригар, 可能有误。——译者注

的乳化冷却液。这种污物主要表现在正处于机加工阶段的零件。这一污秽等级的特征是，污物含量直到 $5 \times 10^{-3} \text{kg/m}^2$ 。在强污秽（ $5 \times 10^{-3} \text{kg/m}^2$ 以上）条件下，零件表面覆盖很厚一层热处理后的防腐油或油脂。

表面清洗——即将表面污物清除使达到一定的清洁度。表面清洗可用各种不同方法（表4）：机械法，物理法，化学法，理化法及热化学法。在每种方法的原理中，都有着破坏污物并从表面将污物清除掉的一种特定方法。

为了加速清洗过程，采用了各种强化方法：提高清洗介质的温度和压力，清洗介质振动激活等（图1）。

表面清洗与破坏污物（克服强内聚力）和清除表面污物（克服附着力）所需的能量消耗密切相关。总之，清洗所做的总功 A_0 ，是由清洗介质本身的理化活性所做的功 $A_{\phi x}$ 和介质对污物及其表面结合的破坏的机械作用相关的功 A_M 组成：

$$A_0 = A_{\phi x} + A_M$$

清洗介质的理化性能愈活泼，即 $A_{\phi x}$ 愈大，则所需的机械能就愈小。相反， $A_{\phi x}$ 愈小，则为达到相同清洗效应而必须消耗的 A_M 就愈大。

有一些清洗方法，实际上无其中一种能量的消耗。例如，在溶剂中进行表面脱脂时 $A_M = 0$ ，用玻璃微珠吹刷进行表面清洗时则 $A_{\phi x} = 0$ 。而在大部分情况下，实际上存在着上述两种方式的能量消耗。依靠 $A_{\phi x}$ 或 A_M 而使清洗过程强化方法的选择是依据工艺和经济要求而决定的。这时必须考虑到以下诸因素。功 $A_{\phi x}$ 是与清洗介质的清洗活性——清洗介质的类别（合成洗涤剂溶液、溶剂、溶化乳化剂），及其浓度和温度有关。各种清洗介质之间，就其清洗作用而言，其相互差别在10~50倍之间；而温度每提高10~15℃，清洗速

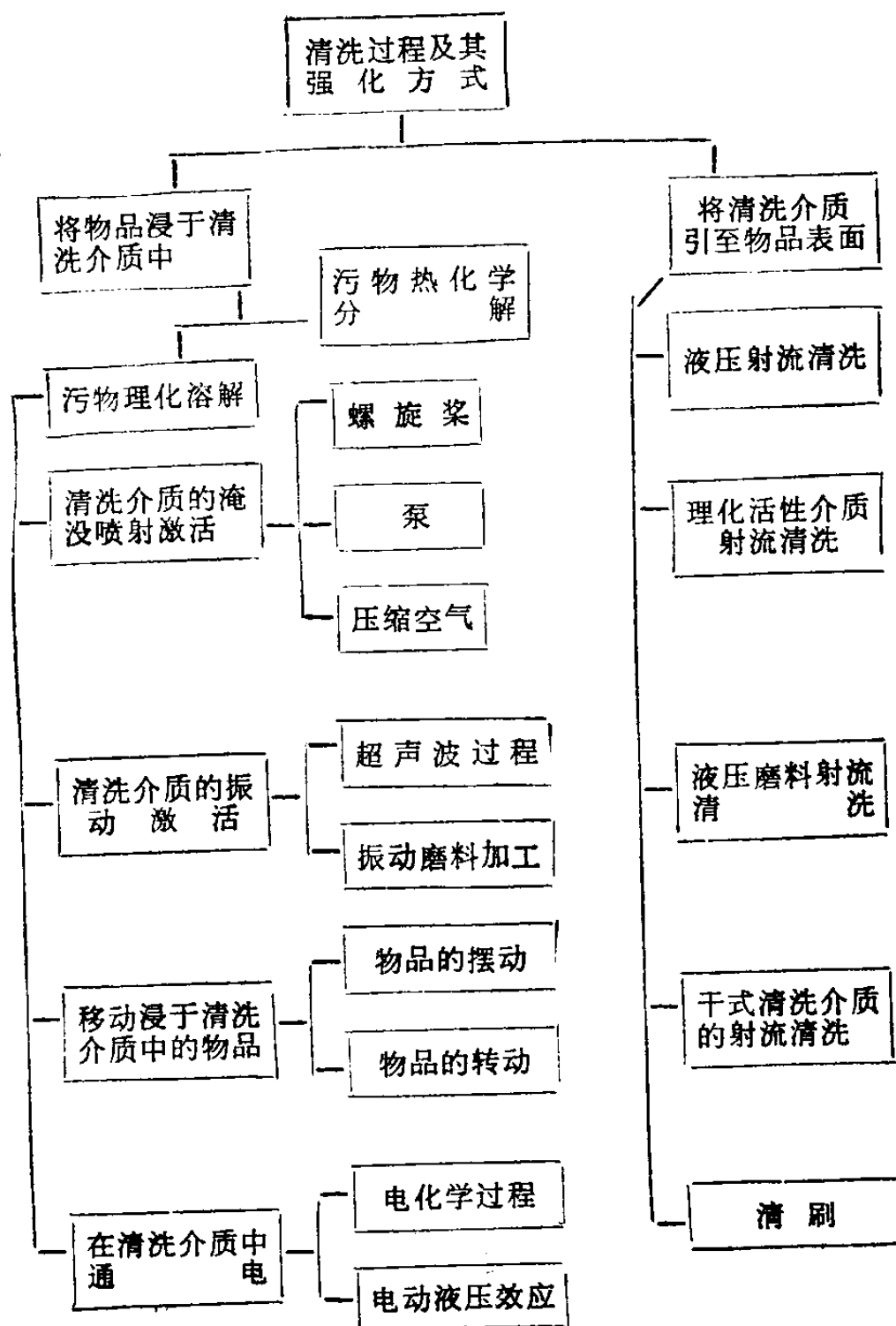


图1 清洗过程分类及其强化方式

表4 表面清洗方法及其强化办法

清洗方法	清洗机构 (破坏污物的方式)	清洗过程的强化方式	优缺点
机械	以擦、刮、铣方法机械破坏污物；水流、空气、固体微粒（玻璃珠、铁丸、磨石粉）的相互作用	1.采用电动或气动工具（刷子，针形铣刀）的机械方式 2.提高流压到5~63 MPa	优点 1.清洗过程的能耗低 2.通用性强（能清除各种污物） 3.废料处理简单（无废料程度高） 缺点 需要手工劳动
物理	溶解污物	1.采用超声波 2.采用射流浇淋及溶剂蒸气	优点 1.清洗速度快 2.清洗质量高 3.无废料程度高 4.清洗过程有可能机械化和自动化 缺点 1.生产有危害性 2.清除废料复杂 3.适用于少数几种污物
理化	化学腐蚀污物和被清洗表面	提高清洗过程的温度	优点 1.清洗速度快 2.清洗过程的能耗低 3.清洗过程可以机械化 缺点 1.适用于少数几种污物 2.对被清洗表面有损坏 3.无废料程度低
理化	溶解，乳化及化学破坏污物（在合成洗涤剂溶液中采用溶化乳化剂和冲洗）	在清洗过程中移动（摆动、转动）被清洗物品	优点 1.清洗速度快 2.清洗质量高 3.清洗过程能耗低 4.清洗过程温度适宜（20~50℃）

(续)

清洗方法	清洗机构 (破坏污物的方式)	清洗过程的强化方式	优缺点
理化			5.清洗过程有可能机械化和自动化 缺点 1.适用于少数几种污物 2.生产有危害性 3.无废料程度低
热化学	在高温 (400~450℃) 火焰或碱性熔融物中化学破坏(燃烧)污物; 改变污物的体积及结构	碱性熔融物成分的最佳化和清洗过程的自动化	优点 1.清洗速度快 2.质量高 3.清洗过程有可能机械化和自动化 缺点 1.适用于少数几种污物 2.清洗过程的能耗高 3.可导致零件变形及破坏

度就会提高1.5~2倍。

功 A_M 与清洗过程的机械强化(射流, 振动, 超音频振动等等)有关。各种机械激活方法对于清洗速度的影响而言, 可以有1~24倍的差别。

所以, 正确选择清洗介质的理化活性, 温度及清洗过程的适当激活能使清洗加快10~100倍。

对主要清洗过程的分析表明, 其能耗很高[46]。例如, 为了清除最常见的污物要消耗如下能量, 以 $\text{kJ/m}^2(\text{kW}\cdot\text{h/m}^2)$ 计:

油污	7200 (2)
沥青-树脂污垢	10800 (3)
旧漆层	14400 (4)

积炭

36000 (10)

这是很大的能耗。清洗的直接能耗不超过输入（消耗）能量的 2.5 %，这说明有很大潜力来改善清洗过程并降低其能耗。

为了改善清洗过程就必须知道这些过程的速度〔48〕。

清洗速度是根据单位时间内从表面上清除掉的污物数量而确定的。清洗速度在整个污物清除过程中在不断变化，并随表面污物的减少而降低。

要指出，平均90~95%的污物是在整个清洗时间前半小时内清除掉，而其余的 5~10%是在后半段时间清除的(图2)。

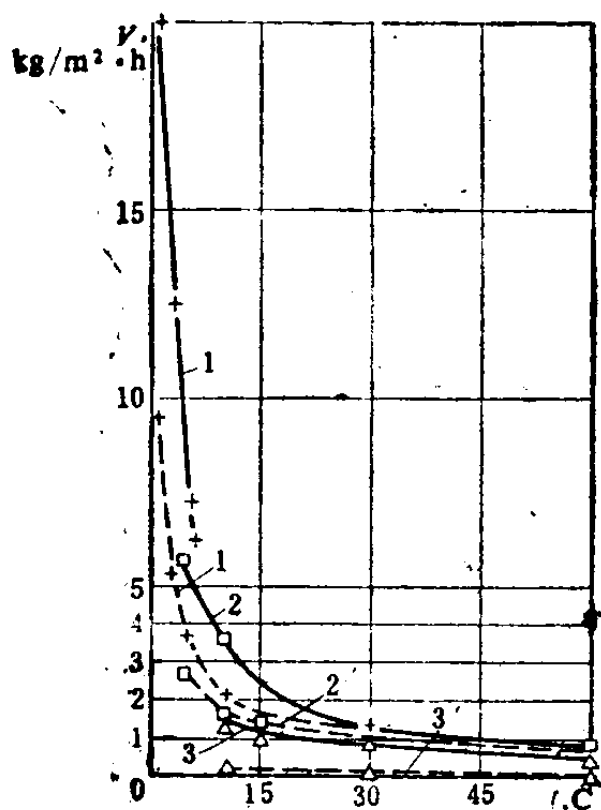


图2 动态条件下（实线）和静态条件（虚线）下清洗速度 v 的变化

1 和 1'—兰波米德-312 (лабомид) 2 和 2'—AM-15 3 和 3'—兰波米德-203