

● 董维川 编著

机械产品清洁度

机械工业出版社

TH116
30

机械产品清洁度

董维川 编著



机械工业出版社

本书对清洁度的基本概念、清洁度保证体系、测定用物、基本操作、测定及分析方法、抽样及取样、清洁度检测室、测定误差及数据处理等作了比较详尽的介绍。为使读者掌握国外清洁度的动向和趋势，还介绍了有关清洁度的国际标准及发达国家的先进标准，包括名词术语，质量分析法，计数测定法，分析方法，人、物及环境，清洁度等级，清洁度分析报告，清洁度保证体系等。

本书密切结合实际，内容深入浅出，是汽车、机床、轴承、内燃机、仪表、工程机械等机械产品有关清洁度方面的比较系统完整的一本书。

本书适于机械工业企业质量管理、质量检测人员使用，也可供机械产品设计、工艺、使用、维修和科研人员阅读。

2R71/17

机械产品清洁度

董维川 编著

责任编辑：孙慧波 责任校对：李秀娥
封面设计：姚毅 版式设计：胡金珠
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外大街22号）

（北京市书刊出版业营业性印出书许可证出字第017号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $10^{5/4}$ ·字数282千字

1989年9月北京第一版·1989年9月北京第一次印刷

印数0,001—2,360·定价：10.30元

ISBN 7-111-01419-7/TB·64



前 言

清洁度的概念是70年代末、80年代初才引进的。所谓清洁度是指产品规定部位的清洁程度。它直接关系到机械产品的质量和可靠性。搞好清洁度工作是提高机械产品质量和可靠性最有效的途径之一。

本书着重介绍了清洁度的基本概念、基本测定方法。为使读者掌握国外清洁度工作的动向和发展趋势，还介绍了有关清洁度的国际标准和发达国家的先进标准。由于本书是根据汽车产品清洁度同机械产品清洁度的共性，在由作者起草的 JB4072.1—85《汽车清洁度工作导则》的基础上，经过扩充，延伸写成的。因此，这是机械产品有关清洁度方面比较完整、系统的一本书。

本书曾得到中国汽车工业联合会宁士奎、徐渭彬、詹同震等同志的关怀和支持，承徐渭彬同志担任本书的主审，并自始至终对本书的编写给予极大关心。费文杰、郭荣濂等同志也提出了不少宝贵意见。

搜集资料过程中曾得到凌兆石等同志的协助。

中国汽车技术研究中心朱德照、刘雨亭、田炜等同志曾予支持。

农民企业家、杭州万向节厂厂长鲁冠球同志曾予帮助。

在此一并感谢。

作 者

目 录

第一篇 清洁度的测定

第一章 绪论	1
一、何谓清洁度	1
二、清洁度和可靠性	6
三、测定及分析方法的概要和选择	8
四、清洁度保证体系	10
五、清洁度限值	17
第二章 测定及分析用物	24
一、玻璃仪器	24
二、滤膜	28
三、滤网	32
四、清洗液	35
五、分析天平	39
六、显微镜	42
七、干燥箱	44
八、箱式电阻炉	45
九、真空泵	46
十、空气压缩机	47
十一、超声波清洗器	48
十二、电动搅拌机	51
十三、离心沉淀机	51
十四、加压旋转器	52
十五、液压油污染度测定仪	53
十六、原子吸收分光光度计	54
十七、火焰分光光度计	55
第三章 测定及分析的基本操作	57
一、器皿的洗涤	58

二、称量	59
三、烘干和恒重	61
四、磨合	63
五、清洗	63
六、脱脂	65
七、样液抽样与搅拌	66
八、过滤	67
第四章 测定及分析方法	70
一、质量法	70
二、显微镜计数法	72
三、最大颗粒分析法	78
四、自动粒子计数法	78
五、斑点试验法	82
六、微片法	84
七、油滴分析法	85
八、质量分析法	86
九、淤积指数法	87
十、划痕法	88
十一、原子吸收分光光度法	89
十二、火焰分光光度法	94
第五章 抽样及取样	98
一、抽样	98
二、取样	109
第六章 清洁度检测室	116
一、检测室的基本设计要求	116
二、检测室的组成	117
三、检测室的总平面布置	120
四、检测室的监测	122
五、检测室的管理	124
第七章 测定误差及数据处理	127
一、测定误差	127
二、误差产生的原因及减免的方法	128
三、数据处理	131

第二篇 国内外清洁度标准介绍

第八章 名词、术语	139
一、JB4072.1—85《汽车清洁度工作导则 名词、术语》	139
二、JIS Z8122—1974《污染控制用语》	143
三、ISO 5725—1981(E)《试验方法的精度 通过实验室之间的 试验确定重复度和再现度》	153
四、ISO 3534—1977(E/F)《统计学 术语和符号》	154
五、《液压传动工业污染控制》一书中的名词、术语	150
第九章 测定方法 质量法	16
一、GB 3821—83《中小功率内燃机清洁度测定方法》	16
二、JB 4072.2—85《汽车清洁度工作导则 测定方法》	167
三、ISO/DIS 4405《液压传动 流体污染用质量法测定颗粒污物》	173
四、ISO/DP 5884/4《宇航 液压流体 固体污染测定方 法 第4部分：测定》	176
五、ISO 4020/1—1979(E)《汽车用柴油滤清器试验方法》	180
六、国外某发动机公司的柴油发动机清洁度测定方法	182
七、日本小松发动机零件清洁度标准	184
第十章 测定方法 计数法	187
一、ISO/DP4407《液压传动 流体用反射光显微镜计数法 确定固体颗粒污物》	187
二、ISO/DP 4408《液压传动 流体 透射光显微镜计数法确 定固体颗粒污物》	192
三、ISO/DP 5884/4《宇航 液压流体 固体污染测定方法》 中的显微镜法和自动粒子计数法	195
四、JIS B 9930—1977《液压油中微粒测定方法 计数法》	202
第十一章 分析方法	216
一、JB4072.5—85《汽车清洁度工作导则 杂质分析方法》	216
二、JIS K0121—1970《原子吸收分析方法通则》	218
三、JIS K0050—1964《化学分析通则》	228
四、国外某发动机公司的柴油发动机清洁度——杂质分析方法(节录)	233
五、日本小松发动机零件清洁度标准	235

第十二章 人、物及环境	237
一、人.....	237
二、用物.....	238
三、环境.....	268
第十三章 抽样及取样	275
一、JB4072.4—85《汽车清洁度工作导则 抽样规则》.....	275
二、JB4072.2—85《汽车清洁度工作导则 测定方法》(节录).....	277
三、ISO 2859—1974(E)《计数抽样检查程序与抽样检查图表》 附件1.....	277
四、ISO 4021—1977《液压传动 微粒污染 从工作系统管 路中提取样液》.....	28
五、ANSI/B93.44—1978《液压传动系统油箱取样方法》.....	28 ⁴ 7
六、ISO5884/3《宇航 液压流体固体粒子污染测定方法 取样》.....	291
第十四章 清洁度等级	294
一、SAE 749D—1963《液压油污染度等级》.....	294
二、NAS 1638《液压系统零件的清洁度要求》.....	294
三、MIL std 1246A《美国军工标准》.....	297
四、MIL H 5606C—1971《美国军工标准 固体污染颗粒》.....	298
五、ISO/DIS 4406《液压传动 流体 固体污染等级》.....	298
六、ISO17216—71《工业清洁度标准 液体清洁度等级》.....	303
七、NJ324—84《中小功率内燃机清洁度限值》.....	305
八、日本小松发动机零件清洁度限值.....	311
第十五章 清洁度分析报告	313
一、ISO/DIS3938《液压传动 污染分析数据报告形式》(与 ANSI/B93.30M—1980等效).....	313
二、ISO/DP5884/5《宇航 液压流体固体粒子污染测定方 法 分析报告》.....	318
三、JB4072.2—85《汽车清洁度工作导则 测定方法》附录B “清洁度测定及分析报告”.....	319
第十六章 清洁度保证体系	320
一、ISO/DP5884/1《宇航 液压流体固体粒子污染测定方	

法 概述》	320
二、JPAS 006—1975《空气压缩机及其系统的污染管理导则》	321
附录	326
附录A 其它相关标准及资料	326
附录B 清洁度检测室用物明细表	329
附录C 检测室工作台、器皿柜设计要求	333
附录D 在玻璃器皿上写字的方法	334

第一篇 清洁度的测定

第一章 绪 论

一、何谓清洁度

所谓清洁度，一言以蔽之，是指产品规定部位的清洁程度。

近年来，因不注重机械产品清洁度而造成产品质量低、寿命短、可靠性差的事例屡见不鲜。使愈来愈多的人认识到要保证产品质量、可靠性而不在清洁度上下功夫是很难奏效的。但是，并非所有的部门都把清洁度工作放在应有的位置上。有的虽已感到不抓清洁度工作的危害，但又对如何开展清洁度工作不太明白。因此，首先应搞清楚清洁度的概念。

1. 清洁度定义

清洁度是指零件、总成以及整机（或整车）特定部位的清洁程度或被杂质污染的程度。用从规定部位以规定方法采集到杂质微粒的质量、大小和数量来表示。所谓“特定部位”是指危及产品可靠性的特指部位。这里所说的杂质包括产品设计、制造、运输、使用、维修过程中，本身残留的、外界混入的和系统生成的全部杂质。

这一定义与过去的清洁度概念不尽一致，有必要加以说明。

1) 着眼于产品由设计至报废的全过程

从清洁度保证体系可知，影响清洁度的因素除了零件加工和装配过程（即所谓工艺因素）之外，还受设计过程，如设计结构、材料选用等因素的制约。不仅如此，产品在运输、使用、维修过程中混入及生成的杂质，都是清洁度保证体系所要研究的。从这

个意义上讲，清洁度的定义是广义的，即包括产品设计、工艺、运输、使用、维修过程中一切残留的、混入的和生成的杂质。

过去我们理解清洁度，仅仅局限于工艺因素，实践证明，从产品设计、生产工艺、质量管理、包装运输、使用保养直至产品报废的全过程，污染对产品可靠性所造成的损害已是无可怀疑的了，因此，一旦我们的视野打开了，广义的清洁度概念对于提高机械产品的可靠性、耐久性和适用性是大有裨益的。

2) 以杂质微粒的大小、数量和质量来表征

过去，仅以杂质微粒的质量来评价清洁度，现在，则主要以杂质微粒的大小和数量来描述，只有必要时才测定杂质质量。

究其原因，从磨损的机理得知，直接危及产品寿命的，是杂质微粒的大小和数量，与质量没有直接关系。

一般地讲， $5\sim 40\mu\text{m}$ 的颗粒是造成磨损的最有害的粒子，如果只知道微粒的质量，而不了解其尺寸分布和数量，是不能确切地判明对产品寿命的危害的。

3) 用规定的方法测定

由于清洁度是用杂质微粒的质量、大小和数量表征的，因此，很难用一种方法对杂质进行定性、定量的分析，也很难用一种方法对清洁度进行全面而准确的描述。由于清洁度的测定是相对测量，测定结果不仅因方法不同而有很大差异，就是采用同一方法也会随测定条件的随机变化有不少出入，因此，为使测定结果可比，有一定的重复性和再现性，不管使用哪种方法测定清洁度，都必须采用统一的、公认的“规定方法”，并严格按照选定的规定方法所要求的测定程序、测定规范进行。

4) 从特定零件、特定部位、特定表面取样

众所周知，清洁度和可靠性具有密切的关系。但是，并不是说构成产品的全部零件、所有部位和一切表面的清洁度都对保证可靠性有同等重要的作用。

以汽车为例，汽车发动机与汽车车身的清洁度对整车可靠性的影响截然不同。汽车发动机中燃油系、润滑系的清洁度与发动

机表面清洁度的重要程度也不同，即使就发动机润滑系而言，处于机油滤清器前、后部位的清洁度对其可靠性的影响也不一样。

因此，过去那种不分轻重把全部零件、所有部位、一切表面都等同起来的概念是不科学的。由此可知，将整机进行解体，并把全部零件、所有部位、一切表面进行全面清洗，然后将杂质叠加在一起的测定方法是不可取的。

定义中阐明的“规定部位”其含义就是指特定零件、特定部位、特定表面（简称“三特”）而非全部零件、所有部位、一切表面。

这样作，有二个优点，其一，对本来就是相对测定的清洁度检测方法而言，排除了诸多随机因素的影响，提高了方法的重复性和再现性。其二，加快了测定速度。

应该特别指出的是，以特定部位代表取样部位是为了在测定清洁度时突出重点，并不是说在加工过程中“三特”之外的零件、部位、表面不重要，或者对产品可靠性没影响以至在加工过程中干脆不用清洗这些部位。

至于哪些零件、部位、表面是“三特”，应根据产品的特点、结构、对可靠性的影响等因素决定。

2. 清洁度分类

零件清洁度 用以规定方法从零件特定部位、特定表面所采集到杂质微粒的质量、大小和数量来表示。与以往概念不同处是从零件特定部位、特定表面采样。

测定零件清洁度的目的是评价零件在机械加工生产线末端——最终清洗之后，涂油包装之前清洁度的状况。这个状况既能评价零件在加工过程中被污染的情况，又能从清洁度的角度来衡量零件设计的优劣。

零件清洁度这个概念适用于绝大多数机械产品。它可通过对零件清洁度的分析来寻找装配之前的污染源。

毛坯清洁度 以用规定方法从毛坯规定部位（即毛坯的特定

部位、特定表面)所采集到的杂质质量表示。适用于铸、锻、焊接零件等。

由于铸、锻、焊接毛坯的清洁度对零件、总成或整机清洁度的影响很大,不保证毛坯的清洁度,而想保证零件、总成乃至整机的清洁度,只能是一句空话。

由于毛坯中型砂、重皮、焊渣等杂质很多,有的毛坯还需要进行机械加工和多次清洗,故只以规定部位的杂质质量表征清洁度。

凡因非加工表面不清洁或其它原因而影响整机可靠性的铸、锻、焊坯,都应进行毛坯清洁度的测定。

解体清洁度 对总成、整机(或整车)而言,是以从经磨合的总成或整机解体后的规定部位,采集到杂质微粒的质量、大小和数量来表示。

顾名思义,解体清洁度是要解体的,因此,测定过程冗长,影响测定结果的随机因素极多,测定结果欠准确。但是,在机械产品中却常常采用解体方法,这是因为,虽然该法比较繁琐,但操作起来比较简单,另外还可通过解体观察一下产品内部的清洁度状况。

实践证明,可采用下述方法克服因解体而造成的弊端:即解体前进行磨合;只进行部分解体;解体后只测定特定部位,即只测产品的润滑油、工作液及其容器。这同不经磨合而进行全部解体,解体后清洗全部零件、全部表面(或全部内表面)相比,具有测定速度快、再现性好的优点。

为什么要磨合呢?解体前的磨合相当于用润滑油和工作液把零件清洗一遍,是以磨合代替清洗。由于磨合工况类似于实际工作状况,磨合不仅能把附在零件表面上的杂质,甚至将摩擦副中的磨粒搜集到润滑油或工作液中。因此,此时的清洁度不仅可以反映产品在制造过程中被污染的情况,而且,还可以评价产品设计清洁度的优劣。

为什么要解体?解体的目的旨在将含有杂质、类似于零件清

洗液的润滑油或工作液，连同附在容器上的杂质取出来。这与过去将产品解体然后进行全面清洗相比，既简便又能全面真实地反映清洁度。

能用磨合后的润滑油和工作液之清洁度表征产品的清洁度吗？根据清洁度的“三特”规则，允许使用“特定部位”的清洁度代表该产品的清洁度。实践也证明，以润滑油工作液及其容器作为“特定部位”来描述产品的清洁度是可取的。这种方法是根据国外一些快速测定方法所得到的启示设计的。

根据上述理由，传统的解体清洁度将被新的、需要磨合的解体清洁度所取代。

这种新的、先磨合后解体、只测特定部位的所谓解体清洁度适用于有润滑油或工作液的几乎所有机械产品。

快速不解体清洁度 适于总成或整机。用规定方法（如色度比较法）测定经磨合而不解体的总成或整机的清洁程度。

这种快速不解体清洁度与解体清洁度的相同点是都要磨合，不同点是前者无需解体，因此，测定速度、精度以及重复性比解体清洁度略高一筹；常用来对大批量生产的机械产品进行快速测定。

既然不解体，又怎样进行测定呢？其实，不解体清洁度和解体清洁度的测定对象都是经磨合的润滑油及工作液，区别只是解体清洁度需解体取出，快速不解体清洁度是采用解体之外的其它方法在机内测定润滑油和工作液。比如用泵通过管路或系统将油泵出，然后将其过滤以评价其清洁度。由于比解体方法快，故名为快速不解体清洁度。

既然这种方法速度快，能够及时反映总成和整机的清洁度状况，理应得到广泛应用，但是，由于在评价方法，标准膜片和专用滤膜（比一般的厚，断面为波纹状，有一定强度）制备上，还存在一些技术问题而没能推广使用。

装配清洁度 适用于总成和整机。用以规定方法从解体的、不经磨合的总成和整机规定部位采集到杂质微粒的质量、大小和

数量表示。

由于过去对清洁度定义的理解比较狭窄，虽然装配清洁度测定比较繁琐，但还容易，因此，在机械行业中被广泛采用。装配清洁度和解体及快速不解体方法的异同如表1-1所列，不推荐使用装配清洁度和不经磨合的解体清洁度。

表1-1 几种总成、整机清洁度的比较

类 别	磨合否	解体否	测定对象	特 征
解体清洁度	磨合	部分解体	磨合后的润滑油等	测定速度较快，随机误差小，测定精度较真实
快速不解体清洁度	磨合	不解体	磨合过程中的部分润滑油等	测定速度快，能迅速反馈信息，测定精度真实，适于大批量生产的产品
装配清洁度	不磨合	全部解体	全部零件的所有表面(或内表面)	测定方法繁琐冗长，测定精度不高

二、清洁度和可靠性

1. 可靠性

所谓可靠性，就是“时间领域”的质量。现在广泛使用的定义是：在给定条件下和规定时间内，元器件、设备或者系统完成规定功能的概率。

可靠性并不是平常所说的可靠或不可靠。它不用“非常可靠”或“相当可靠”之类的方式来表达，而要求用概率作定量的、客观的描述。

零件、器件、设备或系统是可靠性问题的主要对象。单一的零件、器件是如此，就是由器件装配成的设备，由设备组成的包括有关人员在内的系统而言，也是如此。而且，设备比零件、系统比设备的可靠性问题更复杂。

完成规定的功能是制造设备或系统的目的。它与产品的质量标

标准不一定一致。当完不成功能时，就称其为故障。故障的内容也不一定是单一的，有不能工作、工作不稳定、功能退化等几种。

规定的时间也称为任务时间，在可靠性问题上，这是一个极为重要的条件。规定的条件也是如此。这个条件就是使用条件、环境条件等，它包括所有物理、化学及人一机工程学的因素，甚至还包括使用次数、放置时间、运转累计时间等时间条件。

2. 清洁度和可靠性的关系

综上所述可知，清洁度本身正是一个不折不扣的可靠性问题。一般来说，保证清洁度是保证可靠性的主要前提和基础，可以用清洁度的优劣来大体评价可靠性。这个结论还可以从清洁度和可靠性之间的密切关系得到证明。

研究对象相同 清洁度和可靠性的研究对象都是零件、总成、整机乃至包括有关人员在内的系统。对于清洁度要研究“包括有关人员在内的系统”这一点，要着重说一下。

一切机械产品都是由人直接或间接使用、操纵和管理的。毫无疑问，为保证整机的使用寿命，清洁度除了要研究整机之外，还要研究由人、物、环境和机器组成的系统。例如，为了保证汽车的使用寿命，只从汽车本身来研究保证长期使用寿命是不够的，还要分析驾驶员操纵是否得当，使用的燃料、润滑油、工作液是否洁净，使用环境是否符合设计要求，有没有进行定期维护保养等等，这一切就组成了包括汽车、驾驶员、燃料、润滑油、使用环境、使用保养制度在内的一个完整的系统。

外理的问题和途径相同 可靠性所要处理的问题大体上分为如下五个项目：

- (1) 规划、设计产品时，可靠性要求和质量标准的确定；
- (2) 充分保证可靠性的产品设计；
- (3) 保证产品可靠性的生产；
- (4) 产品可靠性的评价；
- (5) 确保使用中的可靠性。

从清洁度保证体系来看，清洁度所要处理的问题是：

- (1) 规划、设计产品时清洁度要求和清洁度指标的确定；
- (2) 保证所需清洁度的产品设计；

- (3) 保证所需清洁度的产品的生产;
- (4) 产品清洁度的评价;
- (5) 确保使用中的清洁度。

对比上述各点可知: 清洁度和可靠性所要处理的问题是类似的。研究两者的途径是从保证清洁度或可靠性的产品标准的确立开始, 包括产品设计、制造、评价直至使用的全过程。

研究的目的相同 保证清洁度的目的是使产品达到规定的寿命, 不使产品在制造、使用、维修过程中因污染而缩短使用寿命。

保证可靠性的目的是在规定的时间内完成规定功能。

显而易见, 清洁度和可靠性研究的实质是相同的。

三、测定及分析方法的概要和选择

1. 选择测定及分析方法的条件

适用范围广 无论是对杂质微粒质量、尺寸和大小的测定, 还是对杂质微粒化学成分和物理性质的分析, 希望尽量能够在广泛范围内使用。

灵敏度高 由于大多数是以较稀浓度的混浊液为对象, 所以多数情况下, 要求灵敏度高的测定及分析方法。

操作简便准确 要求只要具备清洁度测定及分析所必须的基础知识, 通过短期训练, 任何人都能掌握, 而且操作简便, 是较少产生意外误差的可靠方法。

迅速 由于清洁度测定和分析的结果, 需要进行信息反馈, 以防止污染的扩散, 所以要求能迅速给出测定结果。

可比 为克服在测定及分析过程中诸多随机因素的影响, 要求有好的重复性和再现性。

实用性 操作比较简单, 而且使用价廉的装置就能进行, 同时, 所需的费用较少。

2. 方法概要及选择

以测定杂质微粒的质量、大小和数量为目的的方法谓之测定