ICS 23.140
J 72

中华人民共和国国家标准

GB/T 13277.4—2015

压缩空气
第4部分：固体颗粒测量方法

Compressed air—Part 4：Test methods for solid particle content

(ISO 8573-4：2001，MOD)

2015-12-31 发布　　2016-06-30 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

苏州长留净化科技

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　单位 …… 1
5　颗粒 …… 2
6　测量方法选择指南 …… 2
7　取样技术 …… 2
8　测试方法 …… 6
9　测试结果评估 …… 7
10　不确定度 …… 7
11　报告 …… 8
附录A（资料性附录）　测量方法介绍 …… 9
附录B（资料性附录）　压缩空气中固体颗粒含量取样试验报告 …… 11
附录C（资料性附录）　本部分与ISO 8573-4:2001的技术性差异及其原因 …… 12

苏州长留净化科技

前　言

GB/T 13277《压缩空气》分为 9 部分：

——第 1 部分：污染物净化等级；

——第 2 部分：悬浮油含量测量方法；

——第 3 部分：湿度测量方法；

——第 4 部分：固体颗粒测量方法；

——第 5 部分：油蒸气及有机溶剂测量方法；

——第 6 部分：气态污染物含量测量方法；

——第 7 部分：活性微生物含量测量方法；

——第 8 部分：固体颗粒质量浓度测量方法；

——第 9 部分：液态水含量测量方法。

本部分为 GB/T 13277 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 8573-4：2001《压缩空气　第 4 部分：固体颗粒测量方法》(英文版)。

考虑到我国国情，本部分在采用 ISO 8573-4：2001 时，做了一些修改。有关技术性差异已编入正文中，并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 C 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

为了便于使用，本部分还做了下列编辑性修改：

a) “本国际标准”一词改为“本部分”；

b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；

c) 压力单位用“MPa”代替“bar”；

d) 删除 ISO 8573-4：2001 前言。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国压缩机标准化技术委员会(SAC/TC 145)归口。

本部分起草单位：合肥通用机械研究院、杭州日盛净化设备有限公司、广州市汉粤净化科技有限公司、无锡市华灵过滤设备有限公司、合肥通用环境控制技术有限责任公司、上海超滤压缩机净化设备有限公司、西安联合超滤净化设备有限公司、杭州比埃斯过滤技术有限公司、深圳市宏日嘉净化设备科技有限公司。

本部分主要起草人：任芳、谭跃进、李金禄、鲍军、章建、王合广、杨耀峰、张剑敏、李大明、冯金虎、刘柏藩。

苏州长留净化科技

压缩空气
第4部分：固体颗粒测量方法

1 范围

GB/T 13277的本部分规定了压缩空气中不同尺寸颗粒浓度的测量方法，包括方法的选用指南、取样技术、测量方法、结果评定、不确定度分析和试验报告等。

本部分适用于压缩空气中固体颗粒的计数测量。

注1：本部分叙述的方法适合于确定GB/T 13277.1《压缩空气　第1部分：污染物净化等级》所定义的0～5级颗粒浓度。

注2：ISO 8573-8《压缩空气　第8部分：固体颗粒质量浓度测量方法》叙述的方法适合于确定GB/T 13277.1《压缩空气　第1部分：污染物净化等级》所定义的6～7级颗粒浓度。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3853　容积式压缩机验收试验(GB/T 3853—1998，eqv ISO 1217：1996)

GB/T 4975　容积式压缩机术语　总则 (GB/T 4975—1995，eqv ISO 3857-1：1977，ISO 3857-2：1977)

GB/T 17446　流体传动系统及元件　词汇(GB/T 17446-2012，ISO 5598：2008，IDT)

ISO 8573-7　压缩空气　第7部分：活性微生物含量测量方法(Compressed air—Part 7：Test methods for viable microbiological particle content)

3 术语和定义

GB/T 17446、GB/T 4975及GB/T 3853界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固体颗粒　solid particle

微小的单个固体物质。

3.2

微生物颗粒　microbiological particle

由有生命的微生物群形成的固体颗粒。

3.3

空气动力学颗粒直径　aerodynamic particle diameter

在无风的空气中，在正常温度、压力和相对水蒸气压力下，与具有同样特定速度(在无风空气中的重力加速度)、密度为1 g/cm^{3}的球相当的颗粒直径。

4 单位

本部分采用的单位为国际单位制(SI)常用的单位。

苏州长留净化科技

5 颗粒

5.1 固体颗粒

固体颗粒可以从形状、尺寸、密度和硬度特性等方面去定义。固体颗粒包括微生物颗粒。在本部分中对于如何区分微生物颗粒和非微生物颗粒以及何时使用本部分和 ISO 8573-7 给出了参考。

应消除液体对固体颗粒尺寸和数量的影响，以便得到准确的结果。

选择试验方法时应考虑除了水分之外的其他液体的影响。

为了区别非微生物颗粒和微生物颗粒，测量时间应控制在 4 h 之内。

5.2 微生物颗粒

本部分测量所测得的颗粒包括微生物颗粒。测量方法中没有对微生物颗粒直接进行区分，如需要单独测定微生物颗粒，可使用 ISO 8573-7。

5.3 空气动力学颗粒直径

空气动力学颗粒的直径是与密度有关的参数。本部分为了试验方法的描述，假设固体颗粒有着均匀的密度。

6 测量方法选择指南

测量方法的选择依据颗粒的浓度和尺寸来确定。表 1 给出了每种方法适合的颗粒浓度和尺寸的大致范围。

测量设备的参数需参照设备制造商说明。

表 1 选择指南

测量方法	颗粒浓度范围 颗粒数/m^3	固体颗粒直径 d/μm $\leqslant 0.10$ 0.5 1 $\leqslant 5$
激光粒子计数器法	$0 \sim 10^5$	|——————|
凝结核计数器法	$10^2 \sim 10^8$	|——————|
微分迁移率分析仪法	—	|——————|
扫描电迁移率粒径谱仪法	$10^2 \sim 10^8$	|——————|
用显微镜观察膜片表面法	$0 \sim 10^3$	|——————|

7 取样技术

7.1 概述

固体颗粒的测量可以在大气压下，也可以在实际压力下进行，这取决于所使用仪器的种类。测量可以在部分流量或全流量下进行。

a) 全流量——采集所有的空气流量；

b) 部分流量——采集部分的空气流量。

苏州长留净化科技

当固体颗粒直径大于 1 μm 时，应采用等动力取样。

7.2 全流量取样

7.2.1 概述

对于使用物理方法的全流量取样，当固体颗粒直径大于 0.5 μm 时，应使用格栅膜。

本方法详细介绍了稳定气流时空气中固体颗粒的取样和分析。本方法允许对压缩空气系统中的颗粒数量和尺寸进行量化测定。

空气流通过一个适合的进气阀引入预先检查并且保证未被其他污染物污染的测量系统中。

特别要注意对测试系统进行清洁并预防污染，如阀门的清洗和测试工况的稳定。

如果空气是直接排入大气中的，则应当注意保持系统压力。

温度和流速要保持在仪器制造商的规定范围之内。

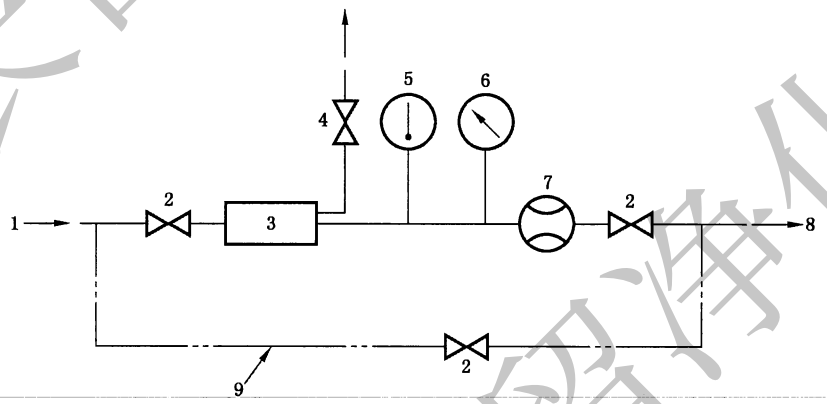
采用此方法时，全部的空气都要流经取样设备。

7.2.2 测量设备

全流量取样应通过格栅膜进行。

全流量取样的一般设备布置见图 1。测量设备不应影响取样。

便携式试验仪器可以在不同的测量地点试验，但需保证不要超出仪器规定的参数并且配备合适的阀门将试验设备接入系统中。



说明：

1——来自系统；

2——全流量截止阀；

3——膜片夹持器；

4——膜片夹持器减压设备；

5——温度指示器；

6——压力指标器；

7——流量测量装置；

8——排入大气或进入系统；

9——旁通(可选)。

图 1 全流量取样试验设备

7.3 等动力取样

7.3.1 概述

对于小颗粒(小于 1 μm)并不苛求精确的等动力取样，但是建议满足近似的等动力条件。

苏州长留净化科技

等动力装置应有如下的特征：

a) 取样管口距上游弯头或节流处的距离不得小于 10 倍管路通径，距下游弯头或限制处有最小 3 倍取样管径的距离；

b) 取样管不能影响空气流，取样管需针对不同的情况要有不同的形状和结构(见 7.3.3)；

c) 应考虑取样管内表面的撞击影响；

d) 需保证主空气流处于紊流状态(雷诺数>4 000)。在一般的工业使用中，满足式(1)的压缩空气会达到紊流状态：

$$Q \geqslant \frac{D}{20} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

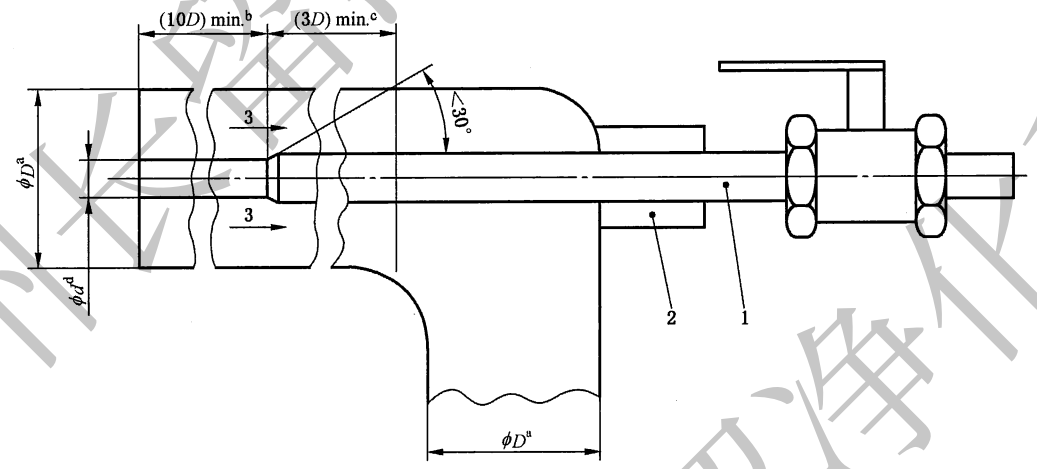
Q——管内流量，单位为升每秒(L/s)；

D——实际管内径，单位为毫米(mm)。

注：在规定的试验工况下，无需用取样管对测量管路直径截面的每一部分都进行取样。

7.3.2 等动力取样的设备设置

等动力取样设备的设置可参见图 2。



说明：

1——插进主气流中的取样管；

2——取样管调节压盖；

3——空气流动方向。

[a] 主管直径，D；

[b] 在取样口前最小直线长度，$10\times D$；

[c] 在取样口后最小直线长度，$3\times D$；

[d] 取样管内径，d。

图 2 等动力取样装置

7.3.3 等动力取样管的设计

取样管的设计见图 3。

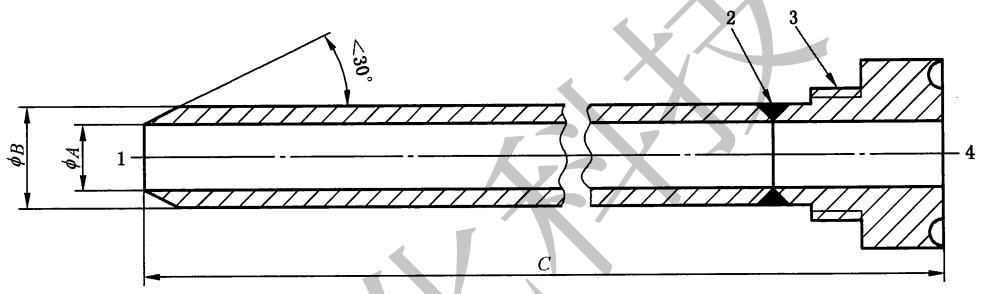
取样管需有圆形的横截面，管开口端的厚度需小于 1.5 mm，开口端的锥面角度不能大于 30°，参见图 2。

选择管口的角度应尽量减小其在取样管末端造成的影响。取样管直径的选择应该保证取样管中的

苏州长留净化科技

流动与主管路中的流动一致。

取样管的设计应当与测试仪器相适应。取样应当保证等动力状态，当无法保证时则应得到同意才可进行。



说明：

1——流动方向；

2——打磨光滑的焊接接头；

3——耐压密封螺纹；

4——至膜片夹持器或检测装置。

规格	A mm	B mm	C mm
1	7	9.6	200
2	10	12.6	200
3	17	19.6	400

图 3　等动力取样管

7.3.4　压缩空气流速

取样管内的流速和主管路中的流速在取样阶段应保持一致，这可以通过流量的调节来加以完成，流量值可从流量计上读取。

主管路流量和取样管流量都要测量并读取。

当压力保持恒定、相等，并满足式(2)条件时主管路和取样管的流速一致：

$$\frac{Q}{q}=\frac{D^2}{d^2} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

Q ——主管路流量，单位为升每秒(L/s)；

q ——取样管流量，单位为升每秒(L/s)；

D ——主管路内径，单位为毫米(mm)；

d ——取样管内径，单位为毫米(mm)。

7.4　测试之前释放系统的压力

如果系统在测试前需要减压，则减压不应对固体颗粒的数量和分布造成影响。

7.5　平均值

平均值与测试方法的重复性、测试装置以及测试人员的经验有关，应在同一取样点连续测量以获取平均值。

7.6 操作工况

实际的操作工况需要记录在报告上。

8 测试方法

8.1 概述

下面列出了一些固体颗粒计数含量的首选测量方法，但这并不是全部，其他一些方法经协商认可仍可使用。

应注意仪器使用说明书给出的仪器校准要求。

预计的颗粒浓度应在所用仪器的测试范围之内。

取样和测试仪器不能影响被测定颗粒的分布情况。

更多详细情况可参见附录 A。

8.2 激光粒子计数器(Laser particle counter)法

激光粒子计数器(LPC)法适合测量空气动力学颗粒直径在 0.1 μm～5 μm 之间的固体颗粒。

8.3 凝结核计数器(Condensation Nucleus Counter)法

凝结核计数器(CNC)法是让过饱和蒸汽在颗粒表面上凝结以放大颗粒尺寸到方便测量的程度，CNC 可以测量 0.01 μm～3 μm 的颗粒。

测试方法中压力和温度的限制由仪器制造商规定。这种方法常与扫描电迁移率粒径谱仪法结合使用。

8.4 微分迁移率分析仪(Differential Mobility Analyser)法

微分迁移率分析仪(DMA)可以认为是一个颗粒带通滤波器，DMA 法是基于带电颗粒的电迁移率进行粒径选择。

8.5 扫描电迁移率粒径谱仪(Scanning mobility particle sizer)法

扫描电迁移率粒径谱仪(SMPS)法结合使用 DMA 和 CNC。固体颗粒进入 DMA 按粒径分级后再进入 CNC 进行浓度分析。SMPS 可以测量的浓度范围在 100 个/m^3～10^8 个/m^3 间，它是唯一可以精确测量直径在 0.1 μm 以下颗粒的仪器。

8.6 用显微镜观察膜片表面(Sampling on membrane surface in conjunction with a microscope)法

此系统使用与欲测量颗粒尺寸对应的格栅膜，并对应使用一台显微镜。它测量速度不如激光粒子计数器法和扫描电迁移率粒径谱仪法那样即插即测。此方法用来测量直径在 0.5 μm～5 μm 之间的固体颗粒。

8.7 测试的一般要求

在进行测试方法的选择前都要先行进行近似颗粒浓度的测试。当进行测量时，一般都要将测试空气引回到系统中去，以减少空气消耗。也可以将空气排放掉。无论选择哪种测试方法，流量的测量都是必须的。要注意突然的释压，它会对测试设备产生损害，或引起空气再污染。相应的物理参数，如温度、压力、流量和流速，都应按 11.2 所述记录。

苏州长留净化科技

9 测试结果评估

9.1 标准状态

固体颗粒测量的标准状态见表 2。

表 2 标准状态

压缩空气温度	20 ℃
压缩空气绝对压力	0.1 MPa
相对水蒸气压力	0

9.2 湿度的影响

测得的颗粒浓度需要把干空气压力当作取样点分压力来重新计算。

9.3 压力的影响

颗粒浓度需要参照标准状态的压力进行重新计算。

颗粒浓度与取样点的绝对压力是成正比关系的。

9.4 温度的影响

固体颗粒浓度需要参照标准状态下温度进行重新计算。

当测试温度对颗粒的稳定性造成影响或取样设备超出其温度使用范围时，温度也可能对粒子测试结果造成影响。

9.5 其他污染物的影响

在选择试验方法时应考虑除水以外的液体的影响。

10 不确定度

由于物理测量的特性，不可能测量一个物理量而没有误差，或者说事实上确定任何一项特定测量的真实误差是不可能的。然而，如果测量条件充分已知，则可能估算出或者计算出所测值与真值间的特性偏差，因而能以一定的置信度断定其真实误差小于此偏差，此偏差的值（通常是 95%的置信度）就成为该特定测量精度的判断指标。

假定测量各独立量和气体特性时，可能产生的系统误差可以通过修正补偿。如果读数的数量足够多，还可进一步假定，读数的置信限和积累误差可以忽略不计。

可能产生的（小的）系统误差包含在测量的不确定度中。

由于除例外情况外（例如电子传感器），各独立测量的不确定度仅仅是精度级和极限误差的几分之一，所以经常采用精度级和极限误差来确定这种不确定度。

有关确定各独立测量的不确定度和各气体特性置信限的数据都是一些近似值，改善这些近似程度则耗费巨大。

注：本条所述的不确定度的计算并非绝对必需。

11 报告

11.1 综述

在试验报告中，压缩空气颗粒含量应以这样形式描述：按照 GB/T 13277.4 规定的试验程序，所测数值均能得到验证。如有影响固体颗粒含量测试的液体呈现，则应予以记录。

11.2 报告格式

固体颗粒的测试报告需包含如下内容：

a) 压缩空气系统及其运行工况的描述，并包括下述细节参数：
   ——容积流量；
   ——取样时间；
   ——压力；
   ——温度；
   ——其他污染物(包括水/油)。
b) 对取样点的描述。
c) 采用的取样方法及测量系统的描述，尤其是材料及已校准的记录。
d) 说明固体颗粒含量是按 GB/T 13277.4 测得，同时具体说明：
   ——换算到标准状态的实测固体颗粒平均值；
   ——按照实际工况的实测固体颗粒平均值；
   ——在实际工况和标准状态下各粒径区间的的固体颗粒计数浓度；
   ——测试压力和温度；
   ——不确定度；
   ——仪器校验日期。
e) 取样和测量的日期。

取样试验报告范例参见附录 B。

苏州长留净化科技

附 录 A
（资料性附录）
测量方法介绍

A.1 激光粒子计数器(Laser particle counter)法

激光粒子数器(LPC)法是利用所发出的光束照射镜头前所通过的气流。光束尽量贴近气流，然后依赖颗粒的形态折射光线来进行测量。激光粒子计数器可以测量 0.1 μm～5 μm 的颗粒，并且价格和维护费用都很低。

多数测量设备的取样流量都较低，通常为 1 cm^3/s 以下。它的最主要问题是取样网路容易将额外污染物混入。

A.2 凝结核计数器(Condensation Nucleus Counter)法

凝结核计数器(CNC)法和扫描电迁移率粒径谱仪联合使用。

CNC 的测量范围在 0.01 μm～3 μm 之间。

CNC 是通过将过饱和蒸汽(类似丁基乙醇)凝结在颗粒表面，以放大颗粒尺寸到方便光学可测的程度。相对来说变大的颗粒通过一个简单的光学检测器进行计数。所有的颗粒直径都变成相似大小的直径，无所谓其从前的尺寸，所以 CNC 探测器可以方便地将它们检测出来，但不区分其大小。

放大的颗粒产生一个比较强的信号，因此，CNC 有较高的信号防干扰能力，其错误率可以忽略。由于极其大的凝聚范围和低错误率，CNC 法被广泛用于高精密和精密过滤器后压缩空气的固体颗粒含量测量。

A.3 微分迁移率分析仪(Differential Mobility Analyser)法

微分迁移率分析仪(DMA)可以认为是一个颗粒带通滤波器，DMA 从气雾中提取特定的测量尺寸进行测量。而尺寸的选择则是可以视欲测量颗粒来定。DMA 由同心圆柱电极组成，外部是接地极而内部是高压极。空气流进入其间的环形区域中，颗粒视其极性的不同流向内部的电极，其轨迹由气流流速和其颗粒电属性(与颗粒尺寸成反比)所决定。通过改变不同的电压可以测量不同直径的颗粒。

A.4 扫描电迁移率粒径谱仪(Scanning mobility particle sizer)法

扫描电迁移率粒径谱仪 (SMPS) 法结合了 DMA 和 CNC 的特点，颗粒进入 DMA 进行选择后再进入 CNC 进行分析。它使用计算机来控制 DMA 扫描电压，从 CNC 中进行数据测量，然后再计算颗粒的分布情况。SMPS 可以测量的浓度范围在 100 个/m^3～10^8 个/m^3 间，它是唯一可以精确测量直径在 0.1 μm以下颗粒的仪器。

苏州长留净化科技

A.5 用显微镜观察膜片表面(Sampling on membrane surface in conjunction with a microscope)法

此系统测量速度不如前两种方法那样即插即测。由于样品需要人静心的检验,才能确保测量的精度,所以这项测试是一项费神费力的作业。此方法可以测量的直径范围在 0.5 μm～50 μm 间。其优点是取样的流量相对较高,在某些场合允许全流量测试。但这种方法不能区分颗粒的种类并且由于是通过眼睛来计数,所以会造成一些误差。

苏州长留净化科技

附 录 B
（资料性附录）
压缩空气中固体颗粒含量取样试验报告

××工厂的压缩空气系统由 4 台压缩机、后冷却器和冷冻式干燥器组成，压缩机为 2 台全负荷，1 台约 50%负荷，1 台备用。系统工作压力为 0.7 MPa，固体颗粒污染物的测量是在 B 车间的供气管进车间段上进行的。

取样在 2012-01-23 的 8 h 工作中持续 1 h。

取样的压力为 0.66 MPa。

取样使用可靠格栅膜和显微镜，最小测量颗粒尺寸为 0.5 μm。如果粒径超出了测试范围，这里规定为“未测量”。

系统的校准记录日期为 2011-11-30。

表 B.1 按照 GB/T 13277.4 测量的固体颗粒浓度

状态	固体颗粒浓度颗粒数/m^3				不确定度	压力 MPa	温度 ℃
	颗粒尺寸 0.10 μm	颗粒尺寸 0.10 μm＜d＜ 0.5 μm	颗粒尺寸 0.5 μm＜d ＜1.0 μm	颗粒尺寸 1.0 μm＜d＜5.0 μm			
标准状态			1×10^3			0.1(绝压)	20
实际工况	未测量	未测量	7.54×10^3	未测量		0.66	26

苏州长留净化科技

附 录 C
（资料性附录）
本部分与 ISO 8573-4:2001 的技术性差异及其原因

表 C.1 给出了本部分与 ISO 8573-4:2001 的技术性差异及其原因的一览表。

表 C.1 本部分与 ISO 8573-4:2001 的技术性差异及其原因

本部分的章条编号	技术性差异	原因
1	将原标准的两段语句重新编写	符合我国标准对于范围的描述
2	引用了适合我国实情的我国标准	适合我国国情
表 1	凝结核计数器法给出的粒子范围由0.1 μm～3 μm 更改为 0.01 μm～3 μm	第 8 章给出的粒子范围为 0.01 μm～3 μm，保持前后一致且凝结核计数器能达到0.01 μm
7.3.3	管开口端的厚度更改为需小于 1.5 mm	与 ISO 8573-2(GB/T 13277.2)一致

苏州长留净化科技

苏州长留净化科技

中华人民共和国
国家标准
压缩空气
第4部分：固体颗粒测量方法
GB/T 13277.4—2015
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室：(010)68533533　发行中心：(010)51780238
读者服务部：(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230　1/16　印张 1.25　字数 28 千字
2016年5月第一版　2016年5月第一次印刷
*
书号：155066·1-53890　定价　21.00 元

如有印装差错　由本社发行中心调换
版权专有　侵权必究
举报电话：(010)68510107

GB/T 13277.4-2015

打印日期：2016年8月16日 F009B