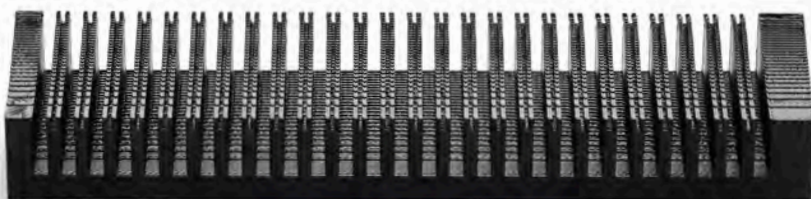




Antero 840CN03 的电气性能



Antero 840CN03 的电气性能

Antero™ 840CN03 是 Stratasys 专有的一种聚醚酮酮 (PEKK) 材料，属于聚芳醚酮 (PAEK) 系列。它是一种半结晶态、高性能的热塑塑料，以其强度、耐高温性和优异的耐化学性而著称。

Antero 840CN03 是一种符合 ESD（静电耗散）要求的材料，可通过聚合物基体耗散电流，以防止使用这种材料制成的 3D 打印零件出现静电放电。用于表征其电气性能的实验表明，大多数零件几何形状可在 103 至 109 欧姆的电阻范围内正常工作，这符合大多数行业的 ESD 要求。

电气性能评估的目的是使用标准打印条件来表征不同 3D 打印几何形状的典型 ESD 性能。测试的零件套件代表常见的几何形状，旨在展示预期结果。实际零件性能可能有所不同，应根据具体情况进行评估。

方法：

测试材料和后续零件的方法和规范如下：

- **ANSI ESD S20.20**—ESD 控制程序的开发标准



图 1：带同心圆探头的 PRS 电阻表。

- **ANSI ESD S11.11**—静电耗散平面材料的表面电阻测量
- **ANSI ESD STM11.12**—静电耗散平面材料的体积电阻测量
- **ASTM D257**—绝缘材料的直流电阻或电导的标准测试方法
- **ASTM D4496**—中等导电材料的直流电阻或电导的标准测试方法

测试期间使用的设备为 Prostat PRS-801 电阻系统组，带有 PRS-911 同心环形探头组（图 1），符合 ANSI ESD 规范。还使用上述 ASTM 中概述的银漆方法进行了额外的外部测试。

Antero 840CN03 的电气性能

为表征该材料的性能，开发了 ESD 零件套件（表 1，图 2），以观察多种打印方向、打印机位置、填充度和具有挑战性的几何形状，展示客户在设计各种零件类型时可能会遇到的性能变化。

零件套件

说明

板，平放 (XY)

板，侧放 (ZX) (图 2, B)

板，45 度 (图 2, A)

板，升高 1 英寸平放

板，升高 2 英寸平放

板，升高 4 英寸平放

整压印盘测试，板平放 (XY)

薄（壁厚 0.050 英寸）圆柱 XZ (图 2, C)

薄（壁厚 0.050 英寸）圆柱 ZX (图 2, C)

薄（壁厚 0.10 英寸）圆柱 XZ

薄（壁厚 0.10 英寸）圆柱 ZX

厚（壁厚 0.20 英寸）圆柱 XZ (图 2, D)

厚（壁厚 0.20 英寸）圆柱 ZX (图 2, D)

表 1. ESD 测试零件套件。

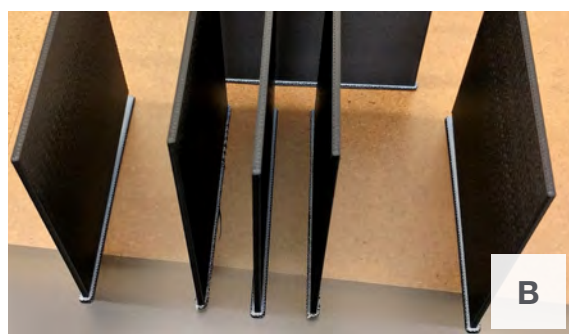


图 2: ESD 套件的测试零件示例。
A) 板，45 度。B) 板，侧放 (ZX)。C) 薄（壁厚 0.05）圆柱。D) 厚（壁厚 0.20）圆柱。

Antero 840CN03 的电气性能

零件全部使用强化 F900™ 打印系统打印，使用多台打印机，分多个批次完成打印。为保持一致性，所有样品包都标准化为三个测试样本，位于构建范围中心的一条直线上（图 3）。将这些样本作为一组进行测试，并将值报告为每组的平均值。

使用 4 英寸 x 4 英寸 x 0.1 英寸平放 (XY)、侧放 (ZX) 和 45° 斜放的板确立基准。这些板包含在零件套件中，用于确立材料的基准性能。

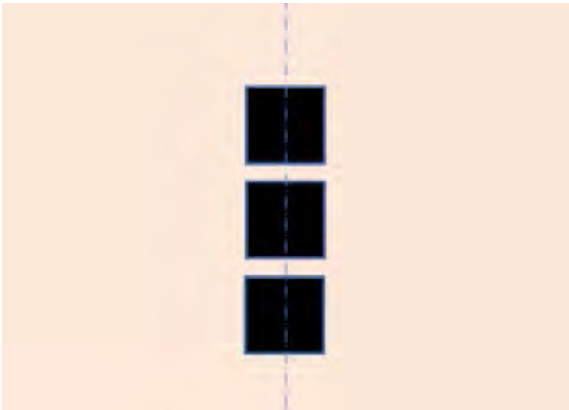


图 3：标准包装配置。

作为研究的一部分所评估的其他变量包括（表 1 中详述的零件）：

- 距打印托盘的距离
- 零件在打印托盘上的位置
- 零件的厚度和填充度
- 厚度和曲面

测量电阻，然后转换为电阻率以报告，计算如下：

体积电阻率 = ρ_v ($\Omega \cdot \text{cm}$)

$$\rho_v = R_v \frac{A}{t}$$

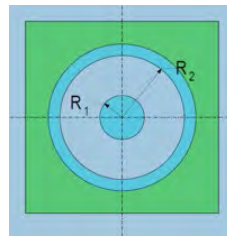
R_v = volume resistance, Ω ,
 A = area of the electrodes, cm^2 , and
 t = distance between the electrodes, cm .

表面电阻率，单位欧姆（每平方） ρ_s

$$\rho_s = R_s (W/L)$$

R_s = surface resistance, Ω
 L = length of the specimen between electrodes, and
 W = width of the specimen.

对于 Prostat 系统



$$\rho_s = R_s \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

$$\rho_v = (6.9/t) \times R_v$$

t = 厚度（厘米）

Antero 840CN03 的电气性能

测试结果表明，打印机中的零件方向、距离打印托盘的高度、零件厚度、栅格填充度或位置都不会显著影响板的电阻。所有电阻值都处在相同的数量级 (E5) 内，板与板之间的波动很小。针对电阻率校正值（表面 = 欧姆/平方，体积 = 欧姆-厘米），值将增加大约一个数量级（图 9）。

Stratasys 使用相同的方法测试圆柱样品；评估壁厚分别为薄（0.05 英寸）、中等（0.1 英寸）和厚（0.2 英寸）的圆柱体，以确定曲面中壁厚和电气性能之间是否存在相关性。

使用时钟面在四个点（12/3/6/9 点方向）测试每个管以确定位置，水平打印的圆柱体的顶部处于 12 点位置，垂直打印的圆柱体的接缝点处于 12 点位置（图 2，C 和 D）。

然后由外部电气测试实验室验证测试结果。

图 4 至图 6 展示了零件方向（图 4）、距离压板的高度（图 5）和零件在打印机的位置（图 6

）的变化对后续零件的电气性能影响很小或没有影响。这突出了材料和打印过程的稳定性，可实现一致的 ESD 性能。

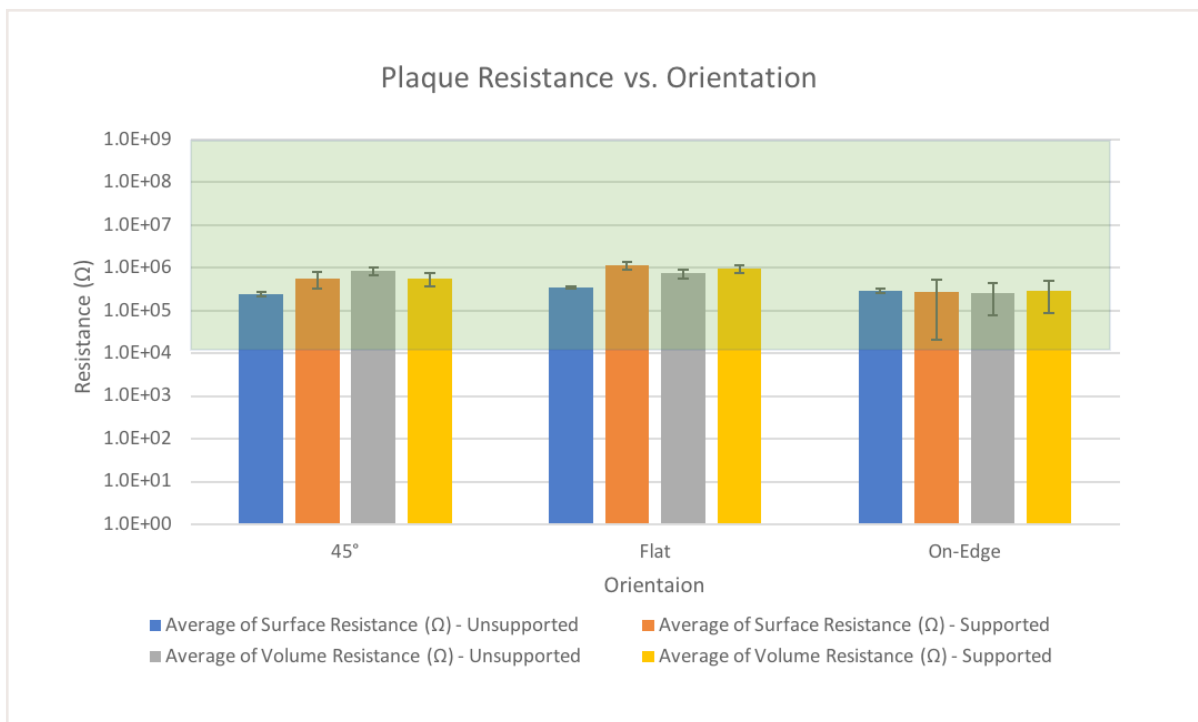


图 4: 4 x 4 x 0.1 英寸板在各种打印方向的电阻。

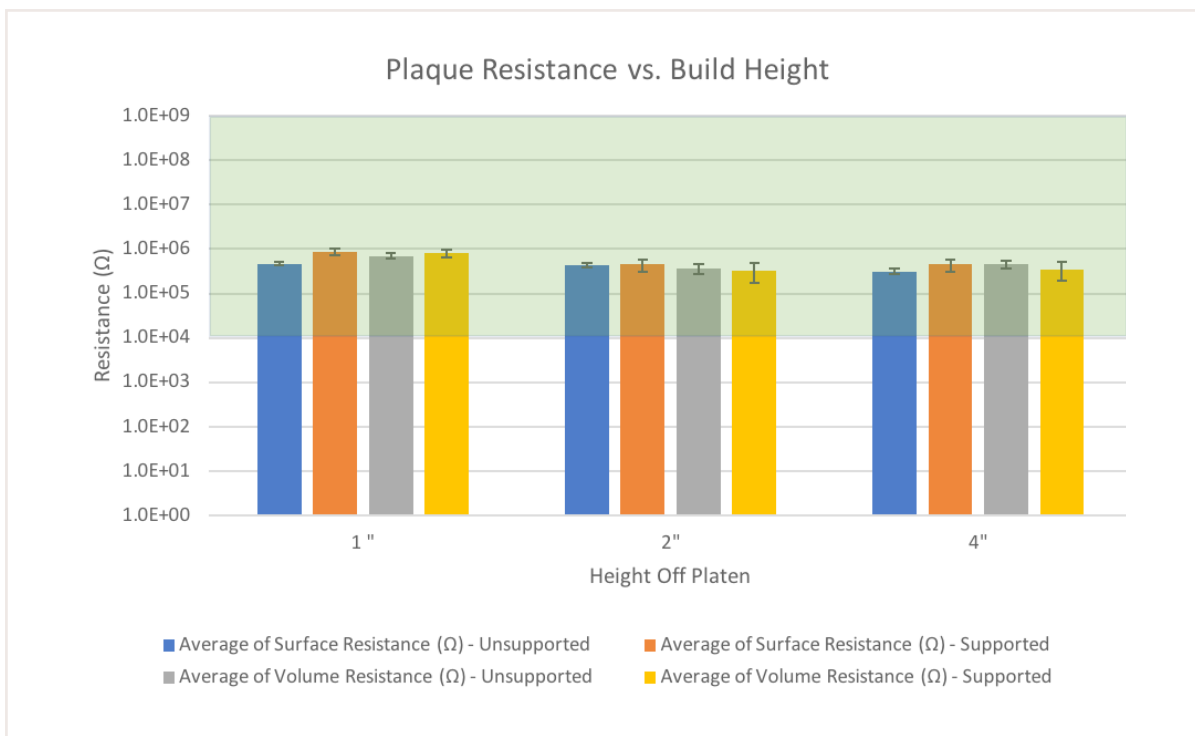


图 5: 板高度与电阻值。



图 6: 板打印位置与零件电阻。

图 7 和图 8 说明零件厚度和填充类型对零件的电导也几乎没有影响。这些图还展示出电阻和电阻率之间的差异以及这一差异如何随被测零件的厚度而变化。

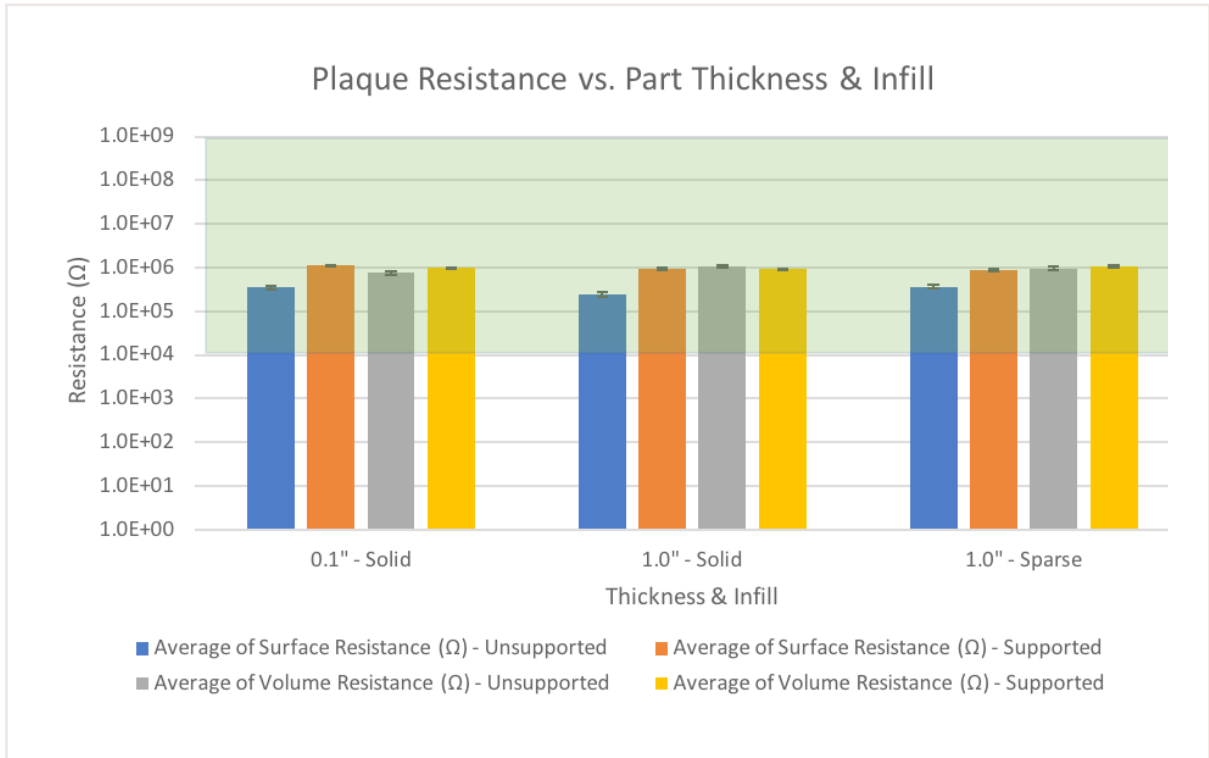


图 7：基于零件厚度和内部栅格填充的电阻变化。

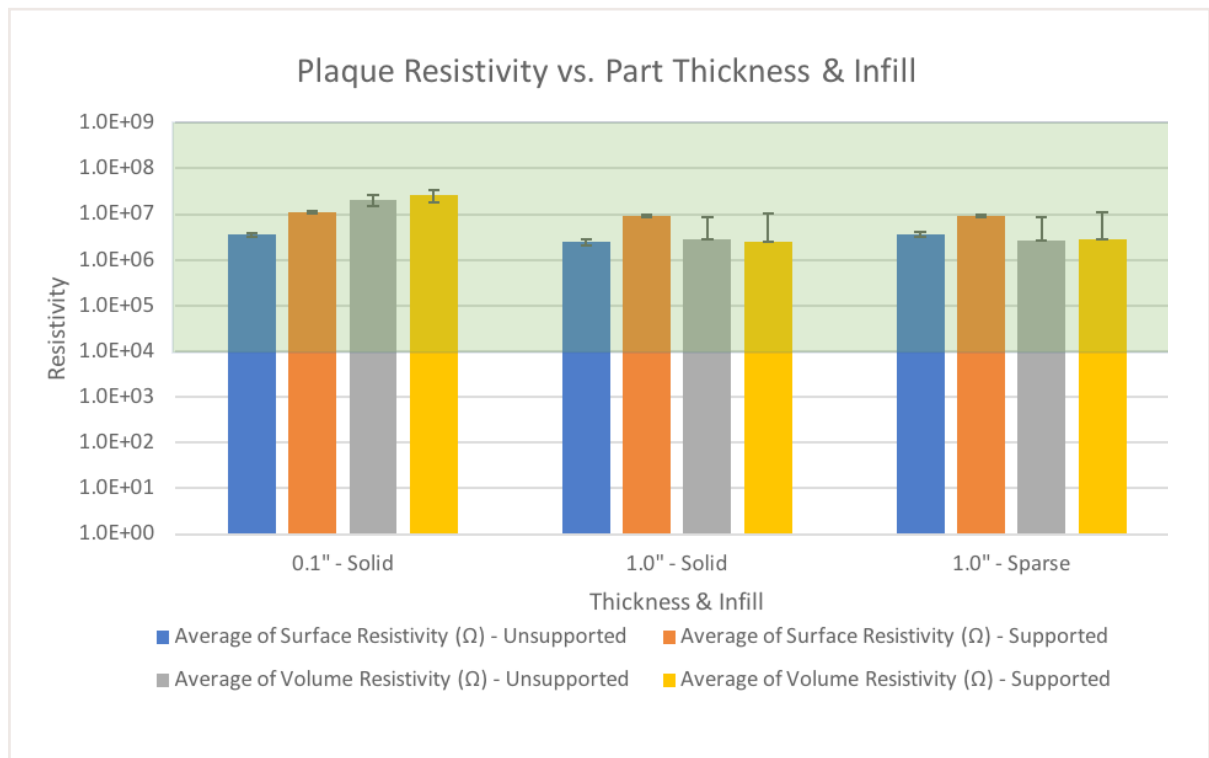


图 8：基于零件厚度和内部栅格填充的电阻率变化。

图 9 和图 10 显示了空心圆柱体侧放与竖直放置打印的电气结果。

图 9 中圆柱体的表面电阻表明竖直 (ZX) 方向的样本的结果比侧放 (XZ) 的样本更加一致。这是由于我们在壁较薄的圆柱体中看到的阶梯效应，这抑制了电流在零件中的扩散。随着壁厚增加，电阻变得稳定并减小。

图 10 显示出与体积电阻相同的现象。壁较薄的样品展示出比壁较厚的样品更易变的电阻。0.1 英寸 ZX 样品的异常增加是由于五组中有一组的平均值高出两个数量级。由于测量的指数性质，该离群值对平均值具有显著影响。

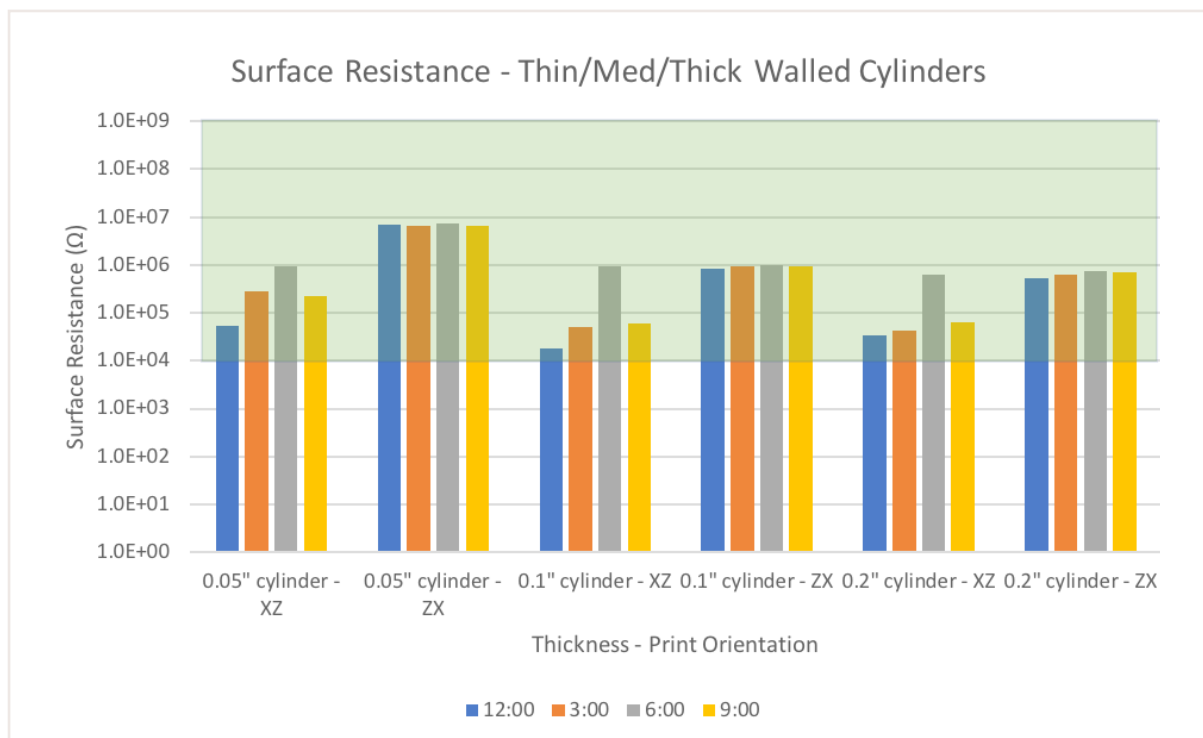


图 9: 空心圆柱体相对于壁厚和打印方向的表面电阻。

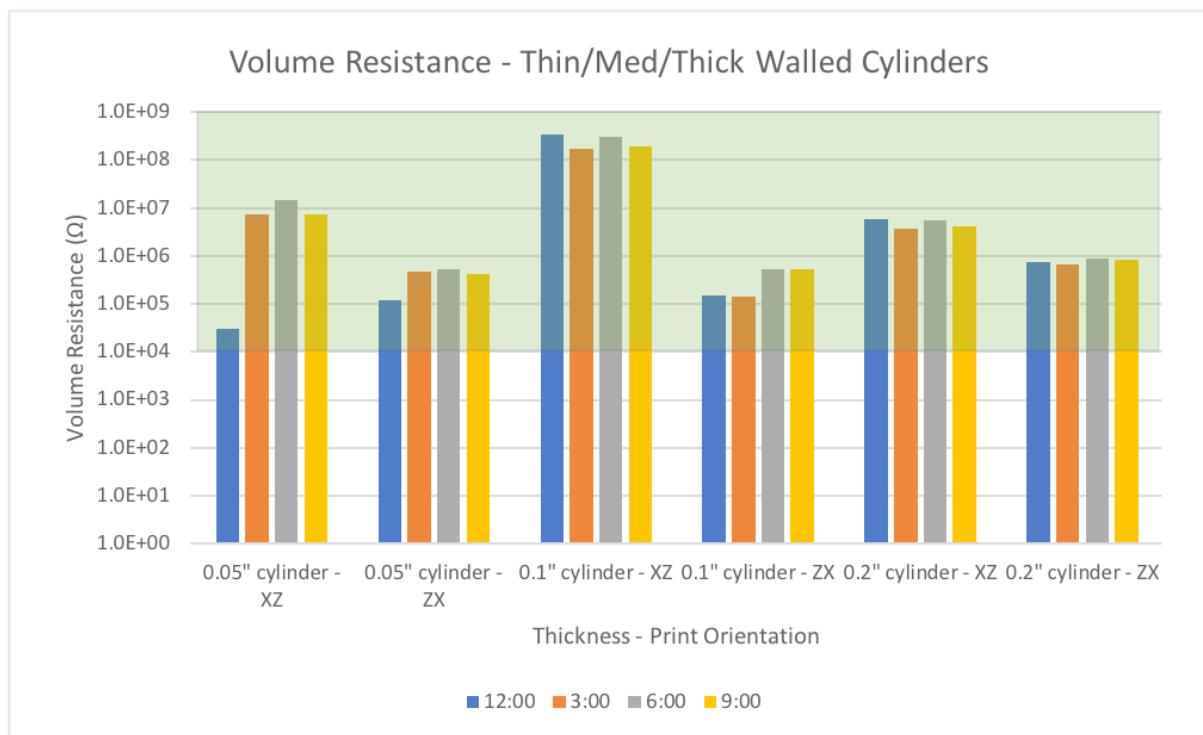


图 10: 空心圆柱体相对于壁厚和打印方向的体积电阻。

Antero 840CN03 的电气性能

银漆结果:

其他样品被送到独立的外部实验室，使用其他设备和可行的方法确定电阻率值。

外部实验室使用 ASTM D4496，用银漆电极制备样品并使用万用表测试样品。

该测试的结果显示电阻率值小于使用 PRS 表测出的值。

当在样品表面使用银漆并使用 PRS 探针进行测试时也观察到电阻率的降低。

基于这些结果得出结论：各种测试设备和方法的探针之间的接触电阻在测量零件的电阻/电阻率中起重要作用。

	表面电阻率 (欧姆/平方)	体积电阻率 (欧姆-厘米)
ASTM D4496 - 银漆电极 - 1 英寸 x 4 英寸 x 0.1 英寸试样 - 外部实验室		
侧放 (XZ)	1.6E+03	4.0E+02
平放 (XY)	6.9E+03	1.8E+03
竖放 (ZX)	>E7	>E7
ASTM D4496 - 银漆电极 - 1 英寸 x 4 英寸 x 0.1 英寸试样 - Stratasys 实验室		
侧放 (XZ)	3.3E+03	2.5E+02
平放 (XY)	1.5E+04	7.9E+02
竖放 (ZX)	>E7	>E7
ASTM D257 - PRS 表 - 1 英寸 x 4 英寸 x 0.1 英寸试样 - 未涂漆		
侧放 (XZ)	5.6E+05	6.2E+06
平放 (XY)	1.3E+06	1.5E+07
竖放 (ZX)	4.6E+07	1.2E+07
ASTM D257 - PRS 表 - 1 英寸 x 4 英寸 x 0.1 英寸试样 - 涂银漆		
侧放 (XZ)	5.6E+03	4.2E+05
平放 (XY)	1.8E+04	1.2E+06
竖放 (ZX)	4.1E+05	9.6E+05

表 2: 测试方法对比显示涂漆电极和万用表与同心环探针的变化。
注意: 万用表具有 E7 限制。

Antero 840CN03 的电气性能

结论：

对于 Antero 840CN03，零件方向、距离打印托盘的高度、打印机中的位置、打印零件的厚度或填充度造成的电阻变化并不显著。虽然支撑面和无支撑面之间存在细微差别（支撑面的电阻稍大），但整体而言，变化并不显著，并且打印零件的电各向同性较强。

通过调整打印方向或增加壁厚可以减少薄壁圆柱体中的异常。客户可能会注意到，不同的几何形状可能会以意料之外的方式表现零件中的电渗流，本文档可能未完全涵盖相关内容。

根据所用设备和测试方法，电气性能测量可能会发生变化。我们建议客户确定最合适的测试方法和设备，这些方法和设备需要能够根据具体实际应用提供最适当的结果。

中国上海

上海市静安区
灵石路 718 号 A3 幢一楼
邮编: 200072
电话: +86-21-3319-6093

www.stratasys.com.cn
ISO 9001:2008 认证

美国总部

7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344, USA
Tel: +1 800 801 6491 (US Toll Free)
+1 952 937 3000 (Intl)

以色列总部

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israel
Tel: +972 74 745 4000



Stratasys 官方微信

