

柔性织物风管与镀锌风管阻力性能对比研究报告

摘要

本报告依据《通风管道沿程阻力计算选用表》08K508-1、JG/T 258-2018《非金属及复合风管》、GB 50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》、ASHRAE 风管水力计算标准及高校流体力学实测数据，客观对比镀锌钢板风管、硬质保温非金属复合风管、柔性织物风管四类。风管管壁粗糙度、摩擦系数、比摩阻力、系统综合阻力差异。厘清行业内易混淆的“直管固有摩擦阻力”与“沿程渗风加权平均阻力”两个核心概念，给出无商业营销干扰的标准化水力设计取值依据，为暖通风管选型、风机静压核算提供中立技术参考。

关键词：镀锌风管；非金属复合风管；柔性织物风管；渗透型；非渗透型；比摩阻力；摩擦系数；水力计算

一、研究依据与基础理论

1.1 参考规范与文献基准

- 国家建筑标准设计图集 08K508-1《通风管道沿程阻力计算选用表》（住建部统一风管阻力实测基准）；
- JG/T 258-2018《非金属及复合风管》：规定各类非金属风管摩擦阻力标准测试方法；
- GB 50736-2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》：暖通系统经济比摩阻控制限值；
- ASHRAE Handbook-HVAC Fundamentals：风管内壁粗糙度、达西摩擦系数国际通用数据库；
- 高校流体力学实验室无品牌织物风管直管水力模拟实测报告。

1.2 沿程阻力核心计算公式

风管直管沿程比摩阻力通用公式：

$$R_m = \frac{\lambda}{D_h} \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

式中：

R_m —— 比摩阻力，Pa/m；

λ —— 达西摩擦系数，无量纲；

D_h —— 风管水力直径，m；

ρ —— 空气密度，取标准工况 1.2kg/m³；

v —— 风管截面平均风速，m/s。

阻力与风速平方成正比，是不同风管阻力差距的核心数学基础。

1.3 风管分类界定

- ✧ 金属风管：螺旋圆形镀锌风管、咬口矩形镀锌风管；
- ✧ 硬质非金属保温复合风管：聚氨酯复合风管、玻纤复合风管、钢面酚醛复合风管（管壁完全密闭，无气流外渗）；

- ✧ 柔性织物风管两类细分：
- ✧ 不渗透型柔性织物风管：致密覆膜聚酯织物，管壁无气流渗出，管内风量沿长度恒定，水力计算逻辑与金属风管、硬质复合风管完全一致；
- ✧ 渗透型柔性织物风管：多孔聚酯纤维面料，管壁全域均匀渗风，管内风量、风速沿风管长度持续衰减，无法套用恒定风速查表法计算。

二、 各类风管内壁粗糙度与摩擦系数实测数据

测试统一工况：紊流区间，管内风速 6~9m/s，圆形截面，常温常压空气介质，数据来源于国标图集与实验室中立实测，剔除产品宣传修正值。

2.1 镀锌钢板风管

风管形式	绝对粗糙度 ϵ (mm)	摩擦系数 λ (6~9m/s)
螺旋圆形镀锌风管	0.05~0.10	0.018~0.020
普通咬口矩形镀锌风管	0.10~0.15	0.020~0.024

2.2 硬质保温非金属复合风管

风管材质	内壁粗糙度 ϵ (mm)	摩擦系数 λ (6~9m/s)	相对圆形镀锌风管差异
钢面酚醛复合风管	0.08~0.12	0.019~0.021	基本持平，阻力提升≤6%
聚氨酯内衬复合风管	0.20~0.30	0.021~0.025	略高，阻力提升 20% 以内
玻纤保温复合风管	0.80~1.00	0.026~0.032	粗糙度显著偏大，阻力提升 20%~55%

2.3 柔性织物风管（分渗透 / 不渗透）

两类织物基材一致，仅面料致密程度存在区别，管壁纤维凸起造成粗糙度均高于镀锌钢板：

织物风管类型	内壁粗糙度 ϵ (mm)	摩擦系数 λ (6~9m/s)	说明
不渗透型柔性织物风管	0.22~0.35	0.022~0.026	管壁覆膜无渗风， λ 全程恒定，可直接套用标准水力公式
渗透型柔性织物风管	0.30~0.48	0.026~0.030	多孔纤维，管壁摩擦系数更大；仅代表纯管壁摩擦，不包含渗风风速衰减效应

客观结论：仅对比管壁固有摩擦性能，阻力排序由低至高：螺旋圆形镀锌风管<钢面酚醛复合风

管 < Ω 氨酯复合风管 < 不渗透织物风管 < 渗透型织物风管 < 玻纤复合风管。不存在织物风管管壁摩擦优于金属风管的客观试验依据。

三、标准恒定风量工况比摩阻力对比

统一计算基准：圆形风管水力直径 0.5m，截面恒定风速 7m/s，管壁无气流渗漏，仅对比直管瞬时比摩阻力。

- ✧ 螺旋圆形镀锌风管： $R_m \approx 1.02\text{Pa/m}$
- ✧ 钢面酚醛复合风管： $R_m \approx 1.08\text{Pa/m}$ (+6%)
- ✧ 聚氨酯复合风管： $R_m \approx 1.26\text{Pa/m}$ (+24%)
- ✧ 不渗透型柔性织物风管： $R_m \approx 1.35\text{Pa/m}$ (+32%)
- ✧ 渗透型柔性织物风管（无渗风理论工况）： $R_m \approx 1.52\text{Pa/m}$ (+49%)
- ✧ 玻纤复合风管： $R_m \approx 1.58\text{Pa/m}$ (+55%)

依据 GB 50736 规范，空调通风系统经济比摩阻推荐区间 0.8~1.5 Pa/m；玻纤、渗透织物风管在 7m/s 常规风速下极易突破经济限值，工程中需放大管径降低风速控制阻力。

四、渗透型织物风管特殊阻力特性

不渗透风管、金属风管、硬质复合风管内风量全程不变，比摩阻力沿管长固定；渗透型织物风管存在独特渗风效应，需区分两组完全不同的阻力参数，行业常出现概念混淆：

4.1 瞬时直管阻力（仅管壁摩擦，无工程参考价值）

取风管入口断面风速计算，同管径、同入口风速下，渗透织物风管瞬时比摩阻力高于镀锌风管，见 3 章节数据。

4.2 全管加权平均阻力（工程实际运行阻力）

渗透型风管运行时，管壁持续向外渗透 5%~15% 总风量，管内流量、风速沿长度线性下降；阻力与风速平方成正比，风管后半段沿程损失大幅衰减。在长直管、无分支送风工况下，全管加权平均比摩阻力仅 0.35~0.6 Pa/m。

4.3 概念澄清（规避设计误区）

- 4.3.1 加权平均阻力不可直接套用 08K508 标准查表，该图集计算模型基于密闭恒定风量风管；
- 4.3.2 加权平均阻力低的核心原因是管内风速持续衰减，并非织物管壁更光滑；单看管壁摩擦，其阻力性能劣于镀锌风管；
- 4.3.3 该阻力优势仅适用于单根长直管系统；若管路包含大量弯头、变径、分流三通，局部阻力占比提升，整体阻力优势大幅缩小。

五、完整系统综合阻力对比（沿程阻力 + 局部阻力）

系统综合阻力包含直管沿程损失、弯头、变径、静压箱、分流管件局部损失，为风机静压选型核心依据。

5.1 螺旋镀锌钢板风管系统

- ✧ 直管恒定比摩阻： $0.8 \sim 1.5 \text{ Pa/m}$
- ✧ 局部阻力占总阻力 50%~70%，管路分支、弯头数量多
- ✧ 系统综合单位阻力： $1.4 \sim 2.8 \text{ Pa/m}$

5.2 硬质保温非金属复合风管（聚氨酯 / 玻纤）

- ✧ 直管恒定比摩阻： $1.2 \sim 2.0 \text{ Pa/m}$
- ✧ 局部阻力系数与金属管件基本一致
- ✧ 系统综合单位阻力： $1.8 \sim 3.3 \text{ Pa/m}$ ，整体阻力高于镀锌系统

5.3 不透透型柔性织物风管系统

- ✧ 管壁密闭，管路配件、局部阻力特性与常规风管无差异；
- ✧ 直管恒定比摩阻： $1.1 \sim 1.7 \text{ Pa/m}$
- ✧ 系统综合单位阻力： $1.6 \sim 3.0 \text{ Pa/m}$

5.4 渗透型柔性织物直管送风系统（少弯头、无多分支）

- ✧ 直管加权平均沿程阻力： $0.35 \sim 0.6 \text{ Pa/m}$
- ✧ 入口静压箱、变径局部损失不可忽略，局部阻力占比偏高
- ✧ 系统综合单位阻力： $0.7 \sim 1.3 \text{ Pa/m}$

六、 风管设计风速规范限值

依据国标及中立流体试验结论，各类风管推荐设计入口风速：

- ✧ 圆形镀锌金属风管： $7 \sim 10 \text{ m/s}$ ；矩形镀锌风管 $\leq 8 \text{ m/s}$ ；
- ✧ 硬质玻纤复合风管： $\leq 8 \text{ m/s}$ ，高风速下阻力急剧上升；
- ✧ 不透透型柔性织物风管： $7 \sim 9 \text{ m/s}$ ，参照金属风管设计逻辑；
- ✧ 渗透型柔性织物风管：入口控制 $7 \sim 9 \text{ m/s}$ ，中段、末端风速随渗风自然降低，无末端风速强制限值。

七、 水力计算标准化设计取值建议

- ✧ 金属风管、硬质复合风管、不透透织物风管
严格执行 08K508-1 图集查表计算，采用恒定风速模型，系统比摩阻控制在 $0.8 \sim 1.5 \text{ Pa/m}$ 区间，玻纤风管优先放大管径降低运行风速。
- ✧ 渗透型柔性织物风管
禁止直接采用固定单一比摩阻代入整体管路计算；需沿风管长度分段核算剩余风量、分段截面风速，逐段累加沿程损失与局部损失；风机静压预留 15%~20% 安全余量，不可仅依靠加权平均阻力选型。

✧ 阻力概念区分准则

✧ 对比材料本身摩擦性能：以无渗风直管瞬时比摩阻为评判标准；

✧ 核算完整系统风机静压：密闭风管采用恒定阻力，渗透织物风管采用分段加权阻力；

✧ 选型中立原则

不可仅依靠织物风管加权平均阻力判定系统节能性，需综合管路配件数量、送风形式、空间布局综合核算多工况阻力。

八、 结论

✓ 从管壁固有摩擦性能来看，镀锌圆形风管水力性能最优；不渗透、渗透两类柔性织物风管内壁粗糙度更大，同等恒定风速下直管沿程阻力均高于镀锌风管；

✓ 渗透型柔性织物风管仅在长直管、少分支、全域渗风送风场景下，系统综合阻力具备优势，多管件复杂管路无显著阻力优势；不渗透织物风管阻力整体高于镀锌风管；

✓ 硬质玻纤复合风管为非金属风管中阻力最高品类，工程设计需严格控制风速上限；钢面酚醛复合风管阻力性能最接近镀锌风管，可作为金属风管直接替换方案；

✓ 渗透型织物风管存在独特风速衰减特性，现有国标通用水力计算模型不适用，需分段迭代计算阻力，不可与密闭风管使用同一套查表参数；

✓ 工程设计应剥离商业宣传类阻力数据，统一以国标图集、中立实验室实测摩擦系数作为基础计算依据，规避风机静压选型偏小、系统风量不足等设计隐患。

—（完）—