

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 4191—2020

矿井通风阻力测试细则

Mine ventilation resistance test rules

2020 - 11 - 10 发布

2020 - 12 - 10 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 测试项目 1

5 测试的一般要求 2

6 测试前的准备 3

7 现场测试 3

8 数据处理 4

9 记录 7

10 结果报告 7

附录 A（资料性） 矿井通风阻力测试记录表..... 8

附录 B（资料性） 测试报告..... 11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省应急管理厅提出并组织实施。

本文件由山东省安全生产标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中检集团公信安全科技有限公司、枣庄矿业集团有限责任公司。

本文件主要起草人：武永胜、鹿广利、鲍庆国、张振安、甘建、程永庆、万贵平。

本文件为首次发布。

矿井通风阻力测试细则

1 范围

本文件规定了矿井通风阻力测试的测试项目、测试的一般要求、测试前的准备、现场测试、数据处理、记录和结果报告。

本文件用于山东省内煤矿和金属非金属地下生产矿山矿井通风阻力测试工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

MT/T 440—2008 矿井通风阻力测定方法

3 术语和定义

MT/T 440—2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主要路线 main road

风流经矿井主要进风井巷到主要采掘作业地点、主要回风巷道，最后到回风井的最大阻力路线。

3.2

次要路线 subordination road

所选定的除主要路线外的通风路线。

3.3

分风点 distribution node

在通风系统图中风流从一条巷道进入多条巷道的节点。

[来源：MT/T 440—2008，3.3]

3.4

汇风点 gather node

在通风系统图中风流从多条巷道进入一条巷道的节点。

[来源：MT/T 440—2008，3.4]

4 测试项目

矿井通风阻力测试主要测试大气压力、干湿温度、风压、风速、巷道断面积及周长、测点间距、风门两侧压差等参数。

5 测试的一般要求

5.1 测试人员应具有相应的专业技术知识和现场操作能力。

5.2 测试用仪器设备应满足表 1 要求，并经法定单位检定或校准，确认合格。

表1 测试用主要仪器设备

序号	仪器设备名称	测量范围	准确度/分辨率
1	低速风速表	0.2 m/s~5 m/s	≤ 0.2 m/s
2	中速风速表	0.4 m/s~10 m/s	≤ 0.4 m/s
3	高速风速表	0.8 m/s~25 m/s	≤ 0.5 m/s
4	杯式风速表	1.0 m/s~30 m/s	≤ 0.4 m/s
5	秒表	/	1 s
6	气压计	参考气压值 -199.9 hPa~+199.9 hPa (绝对) -4 999 Pa~+4 999 Pa (相对)	0.1 hPa (绝对) ± 1 Pa (相对)
7	钢卷尺	0 m~5 m	1 mm
8	皮尺	0 m~30 m	1 mm
9	激光测距仪	0 m~200 m	± 1.0 mm
10	气压表	800 hPa~1 060 hPa	± 2.0 hPa
11	通风干湿表	-25 °C~+50 °C	± 0.2 °C

5.3 测试人员应在熟悉被测矿井井下通风系统的技术人员带领下下井，并穿戴好个人安全防护用品。

5.4 选择测试路线应满足通风路线长、通风阻力大且包含矿井主要用风地点、反映矿井通风阻力分布状况。

5.5 选择测点应符合下列要求：

- 如果测点在分风点或汇风点前或后处选定，选在前方时距离分风点或汇风点不得小于巷道宽度的 3 倍，选在后方时距离分风点或汇风点不得小于巷道宽度的 8 倍；
- 如果在巷道转弯处、断面变化大的地方选点，选在前方不得小于巷道宽度的 3 倍，选在后方不得小于巷道宽度的 8 倍；
- 巷道长度较短时测点应选在巷道中部；
- 测点前、后 5 m 内巷道应支护良好，巷道内无堆积物；
- 对于金属非金属地下矿山，测风点应选择在进风井各中段的联巷、中段进风天井的入风联巷、中段回风天井的回风联巷、采区或分段水平的进回风联巷、采掘工作面的进回风巷、中段回风巷和总回风巷、机站巷、井下炸药库进回风巷、破碎系统和其他硐室的进回风巷以及其他需要测风的地点；
- 对于金属非金属地下矿山，测压点应选择在进风井巷口、专用进风井巷的出风口（与运输巷的交叉点）、中段进风天井联络巷的入风口、该进风天井至上部需风水平（或采区）的出风口、该上部需风水平（或采区）的回风井巷的入口、中段回风井巷进入总回风井巷的出风口和主回风井巷口（或主要通风机风硐）、机站巷道前后 10 m 左右平直巷道以及其他需要测定风压的地点；

- g) 对于井下安装有通风机的测定路线,需在机站巷通风机进风侧和出风侧的风流稳定断面设置测点。

5.6 现场测试时应满足下列要求:

- a) 测量风压时,要等气压计显示数字稳定后进行读数;
- b) 测量风速时,每个测点测量次数应不少于 3 次。风表距离人体及巷道顶、帮、底部在 200 mm 以上,时间记录与风表开停同步,测量相对误差在 $\pm 5\%$ 范围内:
 - 1) 采用线路法测风时,风表在测风断面上移动应与风流方向垂直且移动速度均匀;
 - 2) 定点测量时,应按风速场分布情况将测风断面细分成风速相同(或相近)的若干块,在每一块中心独立定点测量。
- c) 测量巷道断面时,要根据断面形状分别测量,不规则巷道断面要多点测量;
- d) 测量测点间距离时,要以巷道中心线为准。

6 测试前的准备

6.1 熟悉通风现状的技术人员介绍矿井通风现状,分析提供的矿井通风系统图,了解矿井开拓布局,掌握近期生产、通风状况。如果需要到井下实地考察目前矿井通风现状,应在制定矿井通风阻力测试方案前下井考察。

6.2 制定矿井通风阻力测试方案,确定主要路线、次要路线和测点位置。测点应在矿井通风系统图上顺序编号,并绘制矿井通风阻力测试测点布置示意图(见表 A.5)。如果必要,可以清晰牢固地标注在井下实测地点。矿井通风阻力测试方案应宣贯到每一个参与测试人员并签字落实。若企业委托具有资质的技术服务机构进行矿井通风阻力测试,技术服务机构应与企业共同协商制定矿井通风阻力测试方案。

6.3 如果需要就矿井通风阻力测试方案进行模拟测试,应下井标定各测点位置,测量各测点巷道尺寸,记录其断面形状,支护形式等,填写巷道断面与风量测试记录表(见表 A.2)。

6.4 依据矿井通风阻力测试方案组建项目组,任命项目负责人。项目组应有测量工和测风工参加,测量工和测风工应熟悉矿井通风阻力测试方案确定的现场实测地点,能推导出准确的标高。

6.5 矿井通风阻力测试方案由测试方案和安全措施两部分组成。

6.6 测试方案应至少包括以下内容:

- a) 测试依据、测试时间及人员;
- b) 测试方法,选择气压计基点测试法或气压计同步测试法;
- c) 测试路线:包括主要路线、次要路线和辅助测点;
- d) 矿井通风阻力测试测点布置示意图。

6.7 安全措施应考虑现场环境条件。

6.8 检查所用仪器、仪表,确保正常完好。填写矿井通风阻力测试记录(见表 A.1)。

6.9 用同等级气压表校对测试用气压计。

7 现场测试

7.1 用通风干湿表测量测点干球、湿球温度,并记录在气压计测试记录表(见表 A.3)中。用气压表测量进风井口地面的大气压力,并记录在基点气压计测试记录表中(见表 A.4)。

7.2 用钢卷尺或激光测距仪测量巷道全高、巷道宽(或腰宽),并记录在巷道断面与风量测试记录表中(见表 A.2)。

7.3 用皮尺或激光测距仪测量两测点间的距离,并记录在巷道断面与风量测试记录表中。

7.4 由测量工推导测点标高,并记录在巷道断面与风量测试记录表中。

7.5 风速测量应满足下列要求:

- a) 用风速表测量风速,必要时用秒表控制测量时间;
- b) 线路法测风时,测风工手持矿用风速表从测点巷道横截面一侧开始,由下而上垂直风流方向匀速移动,至接近巷道顶板向另一侧平移一小段距离再自上而下垂直移动,至靠近底部时按大致相同距离平移,再自下而上垂直匀速移动,如此循环,在规定时间内移动到横截面的另一侧;
- c) 定点法测量时,在每个测点至少测量 1 min;
- d) 将测量数据及时记录在巷道断面与风量测试记录表中。

7.6 风压测量应满足下列要求:

- a) 用气压计测量风压;
- b) 采用气压计基点测试法测试时,两台气压计 I、II 同时放置在进风井口,记录初始读数到气压计测试记录表和基点气压计测试记录表中。仪器 I 留在原地监视大气压力变化,每隔 10 分钟记录一次读数到基点气压计测试记录表中,仪器 II 按测点顺序分别测出各测点的静压,并在约定的正点时刻记录仪器 II 读数,填入气压计测试记录表中;
- c) 采用气压计同步测试法测试时:两台气压计 I、II 同时放置在进风井口,并记录初始测点的静压。然后仪器 I 留在原处不动,仪器 II 放置在测点 2,在约定时间内两台仪器同时读取测点的静压。再把仪器 I 移到测点 2,同时记录气压计 I、II 的测点静压;仪器 I 不动,将仪器 II 移到测点 3,再在约定时间内两台仪器同时读取测点的静压。如此反复沿测试通风路线前进,直至最后一个测点两台仪器同时测试完毕为止。相应数据记录到气压计测试记录表内。

7.7 在风门两侧用气压计分别测试风门两侧静压,记录在气压计测试记录表中。

8 数据处理

8.1 数据修约按 GB/T 8170 规定执行。

8.2 空气密度按公式 (1) 计算。

$$\rho = \frac{0.003484 \times (P_0 - 0.377 \phi P_w)}{273.15 + t} \dots\dots\dots (1)$$

式中:
ρ ——空气密度,单位为千克每立方米 (kg/m³);
P₀ ——测点大气压力,单位为帕 (Pa);
φ ——空气相对湿度;
P_w ——饱和水蒸气分压力,单位为帕 (Pa);
t ——空气温度,单位为摄氏度 (℃)。

8.3 巷道断面积和周长计算:

- a) 半圆拱型巷道断面的断面积和周长按公式 (2)、公式 (3) 计算;

$$S = B(H - 0.173B) \dots\dots\dots (2)$$

式中:
S ——巷道断面积,单位为平方米 (m²);
B ——巷道宽度,单位为米 (m);
H ——巷道高度,单位为米 (m)。

$$U = 3.84\sqrt{S} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

U ——巷道周长，单位为米（m）。

b) 三心拱型巷道断面的断面积和周长按公式（4）、公式（5）计算：

$$S = B(H - 0.087B) \dots\dots\dots (4)$$

$$U = 4.1\sqrt{S} \dots\dots\dots (5)$$

c) 梯形巷道断面的断面积和周长按公式（6）、公式（7）计算：

$$S = \frac{(M + N)H}{2} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

M ——梯形巷道下底宽度，单位为米（m）；

N ——梯形巷道上底宽度，单位为米（m）。

$$U = 4.16\sqrt{S} \dots\dots\dots (7)$$

d) 矩形巷道断面的断面积和周长按公式（8）、公式（9）计算。

$$S = HB \dots\dots\dots (8)$$

$$U = 2(H + B) \dots\dots\dots (9)$$

8.4 风速按公式（10）计算。

$$v = a\omega + b \dots\dots\dots (10)$$

式中：

v ——测点风速，单位为米每分钟（m/min）；

ω ——测点风速表三次读数平均值，单位为格每分钟（格/min）；

a ——风速表定期检定给出的试验常数；

b ——风速表定期检定给出的试验常数。

8.5 风量按公式（11）计算。

$$Q = Sv \dots\dots\dots (11)$$

式中：

Q ——测点风量，单位为立方米每分钟（m³/min）；

S ——测风面积，测风面积应为测点断面积减去测风工体面积，体面积一般取0.4 m²，单位为平方米（m²）。

8.6 测点 i 的动压按公式（12）计算。

$$h_{vi} = \frac{\rho_i v_i^2}{2} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

h_{vi} ——第 i 测点动压，单位为帕（Pa）；

ρ_i ——第 i 测点空气密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；

v_i ——第 i 测点的风速，单位为米每秒（m/s）。

8.7 测点 i 、 j 间的通风阻力按公式（13）计算。

$$h_{rij} = k''(h_i'' - h_j'') - k'(h_i' - h_j') + \rho_{ij}g(z_i - z_j) + (h_{vi} - h_{vj}) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

h_{rij} ——第i、j两测点间通风阻力, 单位为帕 (Pa);
 k' 、 k'' ——气压计 I、II 的校正系数;
 h_i'' 、 h_j'' ——气压计 II 在测点 i、j 点的读数, 单位为帕 (Pa);
 h_i' 、 h_j' ——与 h_i'' 、 h_j'' 对应时间 (或同步) 气压计 I 的读数, 单位为帕 (Pa);
 z_i 、 z_j ——测点 i、j 的标高, 单位为米 (m);
 h_{vi} 、 h_{vj} ——测点 i、j 的动压, 单位为帕 (Pa);
 ρ_{ij} ——测点 i、j 间空气密度的平均值, 单位为千克每立方米 (kg/m^3)。

8.8 两测点间巷道摩擦风阻按公式 (14) 计算。

$$R_{ij} = \frac{h_{rij}}{Q_{ij}^2} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

R_{ij} ——测点 i、j 间的摩擦风阻, 单位为牛二次方秒每米八次方 ($\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$);
 Q_{ij} ——测点 i、j 间的风量的算术平均值, 单位为立方米每秒 (m^3/s)。

8.9 两测点间巷道标准摩擦风阻按公式 (15) 计算。

$$R_{sij} = \frac{1.2}{\rho_{ij}} R_{ij} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

R_{sij} ——标准空气密度下测点 i、j 间的标准摩擦风阻, 单位为牛二次方秒每米八次方 ($\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$)。

8.10 巷道的百米标准风阻按公式 (16) 计算。

$$R_{100} = \frac{100}{L_{ij}} R_{sij} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

R_{100} ——巷道百米标准摩擦风阻, 单位为牛二次方秒每米八次方 ($\text{N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$);
 L_{ij} ——测点 i、j 间的距离, 单位为米 (m)。

8.11 矿井通风系统总阻力按公式 (17) 计算。

$$h_{tr} = \sum h_{rij} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

h_{tr} ——通风路线的总阻力, 单位为帕 (Pa)。

8.12 矿井通风系统计算阻力按公式 (18) 计算。

$$h_{str} = \sum H_{ft} - \frac{\rho_0 v_0^2}{2} + h_n \dots\dots\dots (18)$$

对于抽出式矿井通风, 计算矿井通风阻力可简化为公式 (19)。

$$h_{str} = h_s - \frac{1}{2} \rho_k v_k^2 + h_n \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- h_{str} ——计算的矿井通风阻力，单位为帕（Pa）；
- $\sum H_{ft}$ ——通风阻力测定路线上各级通风机全压的代数和，单位为帕（Pa）；
- h_s ——通风机房负压计读数，单位为帕（Pa）；
- ρ_k ——风硐内测压位置的空气密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；
- v_k ——风硐内测压位置的风速，单位为米每秒（m/s）；
- h_n ——矿井的自然风压，单位为帕（Pa）。

8.13 矿井有效风量率按公式（20）计算。

$$\eta_k = \frac{Q_y}{Q_f} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

- 式中：
- η_k ——矿井有效风量率，用百分比表示（%）；
- Q_y ——矿井有效风量，单位为立方米每分钟（m³/min）；
- Q_f ——煤矿矿井总进风量，金属非金属地下矿山主通风机风量，单位为立方米每分钟（m³/min）。

8.14 如果需要计算矿井通风系统阻力相对误差时，按公式（21）计算。

$$\sigma = \frac{|h_{tr} - h_{str}|}{h_{str}} \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

- 式中：
- σ ——相对误差，用百分比表示（%）。

8.15 矿井通风阻力测试数据处理使用专用软件时，软件应设置管理权限，定期验证，保证软件的正确性和稳定性。

9 记录

矿井通风阻力测试记录见附录A。

10 结果报告

按附录B出具结果报告。

附 录 A
(资料性)
矿井通风阻力测试记录表

表A.1 矿井通风阻力测试记录

测试机构名称
矿井通风阻力测试记录

记录编号：共 页 第 页

委托单位名称						
受检单位	名称					
	地址					
测试日期			测试类别			
测试项目						
测试依据/方法						
测试用主要仪器设备						
名称	型号规格	准确度	设备编号	检定日期	有效期	检定/校准证书编号

校核：填写：年 月 日

表A.2 巷道断面与风量测试记录表

测试机构名称

矿井通风阻力测试记录

记录编号 共 页 第 页

巷道断面与风量测试记录表

测点序号	测点名称	支护类型	断面形状	测点标高 m	测点间距 m	测风断面规格 m		测风参数			风表类型	校正系数	仪器编号
						全高	宽度	风表读数					
								一次	二次	三次			
主要路线测点序号													

校核： 检测： 年 月 日

表A.3 气压计测试记录表

测试机构名称

矿井通风阻力测试记录

记录编号 共 页 第 页

气压计测试记录表

使用仪器编号							
测点序号	测点名称	读数时间		干球温度 ℃	湿球温度 ℃	测点仪器读数 Pa	
		h	min			绝对压力	相对压力

校核： 检测： 年 月 日

表A. 4 基点气压计测试记录表

测试机构名称

矿井通风阻力测试记录

记录编号

共 页 第 页

基点气压计测试记录表

大气压 ×10 hPa		使用仪器编号	
序号	读数时间	基点仪器读数 Pa	
	h	min	绝对压力 相对压力

校核：检测：年 月 日

表A. 5 矿井通风阻力测试测点布置示意图

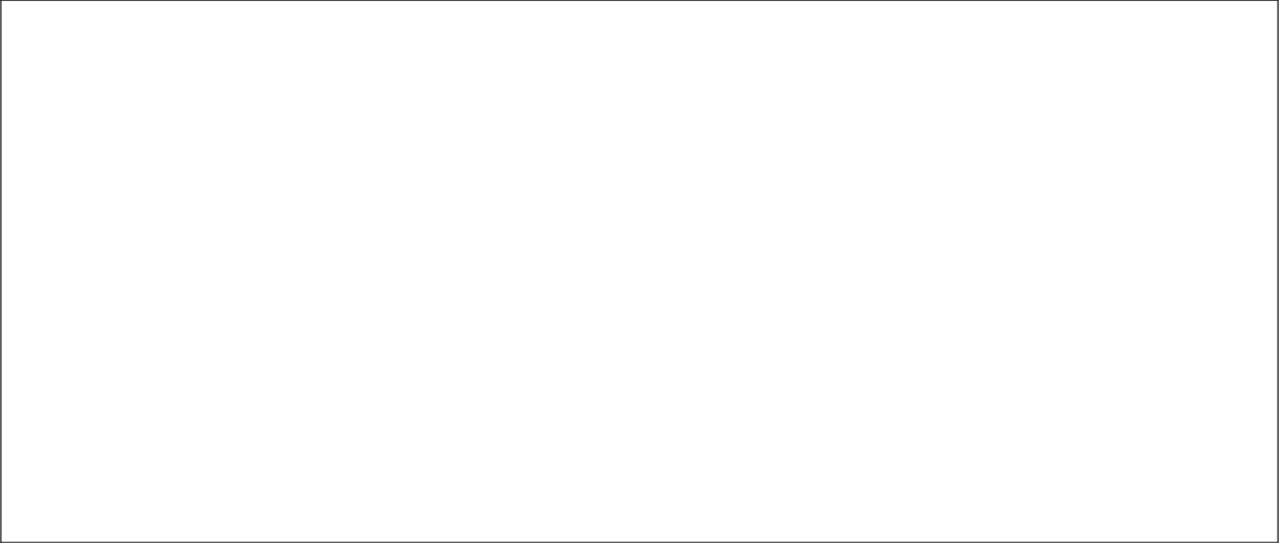
测试机构名称

矿井通风阻力测试记录

记录编号

共 页 第 页

矿井通风阻力测试测点布置示意图



校核：制图：年 月 日

附 录 B
(资料性)
测试报告

报告编号：

测试报告

委托单位：_____

受检单位：_____

测试类别：_____

测试日期：_____

测试机构名称（检测检验专用章）

测试机构名称

矿井通风阻力测试报告

报告编号：共 页 第 页

委托单位名称				
受检单位	名称			
	地址			
测试类别			测试日期	
测试项目				
测试依据				
存在问题及建议				
测试结果		检测检验专用章 年 月 日		
测试组成员				

批准：审核：主检：
日期：日期：日期：

测试机构名称

矿井通风阻力测试报告

报告编号：共 页 第 页

测试用主要仪器设备

名称	设备编号	准确度	检定/校准证书编号

测试机构名称

矿井通风阻力测试报告

报告编号：共 页 第 页

一、矿井概况

至少包括：矿井概况、采掘布局、开采方法等生产开拓状况和矿井通风方式方法、主通风机、通风网络等全风压通风系统及局部通风系统状况。

金属非金属地下生产矿山至少包括：矿井概况、采场分布情况、采矿方法等生产开拓状况和机站分布、通风网络等。

二、测试目的和要求

三、测试准备工作

主要包括测试方案。

四、测试方法与数据处理

五、测试结果

至少包括：总风量、总阻力、有效风量、通风阻力分布、通风阻力分布曲线等。煤矿矿井通风阻力测试还要有误差检验、等积孔计算。

六、通风系统分析及建议

至少包括：有效风量分析、通风阻力分布分析以及针对存在的问题原因分析，提出改进建议。煤矿矿井通风阻力测试还要有测试误差分析、矿井通风难易程度分析。

测试机构名称

矿井通风阻力测试报告

报告编号：共 页 第 页

矿井通风阻力测试原始数据记录表

系统名称：××通风系统时间：××年××月××日

序号	测点编号	测点名称	测点标高 m	断面形状	支护方式	测风断面规格		风表表速		干球温度 ℃	湿球温度 ℃	气压计读数				
						全高 m	宽度 m	表速	风表类型			读数时间	基点读数 Pa	测点绝对压力 Pa	相对压力 Pa	
															读数	基准

矿井通风阻力测试测点风流参数计算结果汇总表

系统名称：××通风系统时间：××年××月××日

编号		测点特征		测点风速风量			空气湿度密度		气压计读数的换算值		
序号	测点编号	测点名称	断面积 m ²	测点风速 m/min	实测风量		测点空气湿度 %	测点空气密度 kg/m ³	基点相对压力 Pa	测点相对压力 Pa	测点绝对压力 Pa
					m ³ /min	m ³ /s					

矿井通风阻力测试巷道阻力计算结果汇总表

系统名称：××通风系统时间：××年××月××日

编号		测点特征				风流特征		测巷阻力特征				测巷风阻特征		摩擦阻力系数 Ns ² /m ⁴	测巷功率消耗 kW
序号	端头点号	巷道名称	测点间距 m	平均面积 m ²	平均周长 m	平均风速 m/s	平均风量 m ³ /s	通风阻力 Pa	静压差 Pa	速压差 Pa	位压差 Pa	测巷风阻 Ns ² /m ⁸	百米风阻 Ns ² /m ⁸		

$h_{总阻力} = \times \times . \times \text{Pa}$, $h_{自然风压} = \times \times . \times \text{Pa}$

矿井通风阻力测试风门两侧压差计算结果

测点号	测点名称	测点绝对压力读数 Pa	压差 Pa	备注

测试机构名称

矿井通风阻力测试报告

报告编号: _____ 共 页 第 页

矿井通风阻力测试测点布置示意图
