



医药学院 610212062311

理经验五十条

与瓦斯事故防治

*Meikuangwasixhiliijingyanwushitiao
yuwasishigufangzhi*

国家安全生产监督管理总局政策法规司 编写



人民日报出版社



医药学院 610212062311

煤矿瓦斯治理经验五十条 与瓦斯事故防治

国家安全生产监督管理总局政策法规司 编写

(二)



人民卫生出版社

第五章 矿井通风能力核定 与通风技术

《煤矿瓦斯治理经验五十条》:

瓦斯综合治理的基本思想是,贯彻“先抽后采、监测监控、以风定产”的瓦斯治理工作方针,树立“瓦斯事故是可以预防和避免的”意识,实施“可保尽保、应抽尽抽”的瓦斯综合治理战略,坚持“高投入、高素质、严管理、强技术、重责任”,变“抽放”为“抽采”,以完善通风系统为前提,以瓦斯抽采和防突为重点,以监测监控为保障,区域治理与局部治理并重,以抽定产,以风定产,地质保障,掘进先行,技术突破,装备升级,管理创新,落实责任,实现煤与瓦斯共采,建设安全、高效、环保矿区。

(二十八)优化通风系统,确保通风系统稳定、可靠。

(二十九)开采布局和巷道布置合理,有突出危险采掘面的回风严禁直接经过其它采掘面唯一的安全出口。

(三十一)采用大功率对旋局部通风机和大直径风筒。

(三十二)优选瓦斯抽采装备,实现抽采系统能力最大化,做到“大流量、多抽泵,大管径、多回路”。地面泵实际抽采流量不小于 $100\text{m}^3/\text{min}$,井下移动泵实际抽采流量达到 $40 \sim 60\text{m}^3/\text{min}$,管路直径超过 200mm 。应选择钻进能力大、钻孔直径小于 150mm 的钻机。

第一节 矿井通风能力核定

一、矿井通风的任务

矿井通风的任务一是应保证连续不断地供给井下适量的新鲜空气,以供给井下作业人员的呼吸和保证机电设备的正常运转;二是应将在生产过程中产生的以及从煤(岩)层中放出的有毒有害气体及矿尘稀释到《规程》所规定的浓度,以保证生产安全及职工身体健康;三是应为井下创造一个良好的气候条件,以保证作业人员的身体健康和工作效率;四是在灾变时做到正确判断和处理,缩小事故范围,减少人员伤亡。

完成矿井通风的任务,体现了煤矿生产建设的“安全第一”的工作方针,不仅直接关系到煤矿职工的身体健康和生命安全,而且关系到煤炭生产持续、稳定、健康的发展和煤矿职工队伍的稳固。煤矿为加强矿井通风工作投入了大量的人力、物力、财力,保证矿井通风任务的实现,为保证煤矿生产安全做出了贡献。

1. 井下空气成分的安全标准

井下采掘工作面各种气体成分的安全标准见表5-1-1。

表5-1-1 井下空气成分安全标准

成分名称	安全标准	
	体积浓度(%)	质量浓度(mg/m ³)
O ₂	≥20	≥285714.3

续表

成分名称	安 全 标 准	
	、 体积浓度 (%)	质量浓度 (mg/m ³)
CH ₄	≤0.5	≤3578.4
CO ₂	≤0.5	≤9821.4
CO	≤0.0024	≤30
NO ₂	≤0.00025	≤5
SO ₂	≤0.0005	≤14.3
H ₂ S	≤0.00066	≤10
NH ₃	≤0.004	≤30.4
H ₂	≤0.5	≤448.66

2. 井下粉尘浓度标准

井下有人工作地点和人行道的空气粉尘浓度不得超过表 5-1-2 的规定。

表 5-1-2 井下空气中粉尘浓度标准

粉尘中游离 SO ₂ 含量 (%)	最高容许浓度 (mg/m ³)	
	总粉尘	呼吸性粉尘
1. < 5	20.0	6.0
2. 5 ~ < 10	10.0	3.5
3. 10 ~ < 25	6.0	2.5
4. 25 ~ < 50	4.0	1.5
5. > 50	2.0	1.0
6. < 10 的水泥粉尘	6.0	

3. 生产矿井需要风量计算

生产矿井需要风量采用各工作地点分别计算和整体计算

两种方法。在编制年、季度及月生产计划和计算矿井现有通风能力时,用前一种计算方法;在编制长远规划或矿井改扩建设计时,采用两种方法计算,并取其中最大值。

生产矿井需要风量按工作地点需要风量计算后,做为矿井总需要风量。矿井需要风量是各工作地点加工硐室和闲置井巷需要风量的总和乘以矿井漏风系数,其计算公式为:

$$Q_{\text{总}} = (\sum Q_{\text{采}} + \sum Q_{\text{掘}} + \sum Q_{\text{调}} + \sum Q_{\text{硐}}) K_{\text{漏}} \quad (5-1-1)$$

式中: $Q_{\text{总}}$ ——生产矿井需要风量 m^3/min 。

$\sum Q_{\text{采}}$ ——采煤工作面、备用工作面需要风量的总和 m^3/min 。

$\sum Q_{\text{掘}}$ ——掘进工作面、备用工作面需要风量的总和 m^3/min 。

$\sum Q_{\text{硐}}$ ——机电硐室、水泵房、火药库等硐室需要风量的总和, m^3/min 。

$\sum Q_{\text{调}}$ ——矿井闲置井巷供风量的总和, m^3/min 。

$K_{\text{漏}}$ ——矿井漏风分数,按矿井有效风量率 85% 计算,取 1.176。

4. 矿井气候条件标准

为给井下采掘工作面和有人作业的地点创造一个良好的舒适的作业环境,井巷中风流速度应达到表 5-1-3 标准,工作地点空气温度应达到:采掘工作面的空气温度不得超过 26°C ;机电硐室的空气温度不得超过 30°C ,若超过 30°C ,就必须采取降温措施。对冬季结冰的进风井筒必须装设暖风设备,保持进风井口以下空气温度经常在 2°C 以上。

表 5-1-3 井下各类巷道风速标准

井 巷 名 称	容许风速(m/s)	
	最 低	最 高
无提升设备的风井和风硐		15
专为升降物料的井筒		12
风桥		10
升降人员和物料的井筒		8
主要进、回风巷道		8
架线电机车巷道	1.00	8
输送机巷道,采区进、回风巷	0.25	6
采煤工作面、掘进中的煤巷和半煤岩巷	0.25	4
掘进中的岩巷	0.15	4
其它通风人行巷道	0.15	

5. 矿井供风标准

矿井、采区和工作面必须配备足够的风量。煤矿矿井所需风量,必须按照《规程》有关规定进行计算。按照矿井风量计算办法所计算的风量,必须保证分配到各井巷、采区、工作面的风量符合生产需要,并且其风流中的瓦斯及二氧化碳浓度不超过《规程》的规定。如:矿井总回风或一翼回风中瓦斯或二氧化碳浓度不得超过 0.75%;采区或采掘工作面回风巷风流中瓦斯浓度不超过 1%、二氧化碳浓度不超过 1.5%;采用电钻打眼的采掘工作面风流中的瓦斯浓度不能达到 1%。

6. 对矿井通风系统的标准

对矿井通风系统的要求是必须安全可靠,并具有较强的抗灾应变能力。对矿井通风机的要求是除满足《规程》的要求外,还应达到:通风机能力必须适应矿井通风安全的需要,并保持连续、稳定、经济运动。矿井只有 1 台主要通风机运转

时,其工作点必须在特性曲线稳定运转范围内,主要通风机的工作风压不超过该主要通风机最大风压的 0.9 倍,主要通风机叶轮的最大转数不得超过额定转数。新井设计和老井改扩建矿井计算风压损失不得超过 3kPa。多台主要通风机联合运动的矿井,除每台主要通风机应满足上述要求外,还必须解决各台主要通风机间的相互影响问题,各组通风机型号规格力求相同,巷道阻力亦应相近,以使各台通风机稳定运行。

对矿井风流网路的要求:矿井巷道布置应合理,通风网络简单,并且巷道通过的能力应与通风机能力相适应。矿井风流网络应采用并联网路,严格限制使用串联通风和角联通风。对临时技术措施工程和开采厚煤层分层掘进的巷道,经矿总工程师批准,可以采取串联通风,但必须遵守《规程》有关规定。矿进通风系统合理,在矿井发生火灾时,不因通风系统不合理扩大灾情,也不因灾害使正常通风系统遭到破坏而导致全矿井风流紊乱。通风设施设置地点合量、可靠,质量必须符合质量标准要求。采区布置、开采顺序以及采煤方法及开采工艺的选择,必须满足矿井通风稳定、可靠、安全的需要,不影响矿井瓦斯的防治管理,不得导致煤层自燃。

对矿井抗灾能力的要求:每个矿井都要有安全出口、避灾路线、避难硐室、救护和急救设备。矿井主要通风机的数量(有备用)、性能、专用电源(双回路)、附属装置(包括反风装置)都要符合要求。当井下发生火灾时,应不因火区封闭而破坏通风系统的完整性、可靠性;当需要反风时,所有主要通风机都应具备正常反风的能力,不应由于某组风机反风而造成未参与反风风机及系统出现风流反向、风量锐减、或造成瓦斯积聚及火灾蔓延。井下局部地区发生灾害时,应具备可靠地

进行局部反风的条件。

二、矿井通风系统优化设计及可靠性评价

1. 概述

矿井通风系统由通风动力及其装置、通风网络和通风控制设施组成。矿井通风系统随着矿井生产的进行而不断地发生变化,采掘工作面的推进与接替,采区的准备、投产与结束,矿井开拓延伸等工程的不断进展,使通风系统在网络结构上随时间发生变化,也使通风系统正常运行的自然条件发生变化,网络结构的变化通常是可以被预见和规划的。此外,由于采矿活动的影响,通风巷道和通风设施的变形、老化,使风阻增大,风门、风墙漏风量增大;各种通风动力设备也因磨损、锈蚀,性能逐渐降低,寿命缩短。从而使通风系统运行参数发生变化,且这些参数的变化是随机的。因此矿井通风系统严格意义上说是一个动态的、随机的系统。

矿井通风是一个运用多种技术手段输送、调度空气在井下流动,维护矿井正常生产和劳动安全的动态过程。在生产期间其任务是利用通风动力,以最经济的方式,向井下各用风地点供给质优量足的新鲜空气,保证工作人员的呼吸,稀释并排除瓦斯、粉尘等各种有害物质,降低热害,给井下创造良好的劳动环境;在发生灾变时,能有效、及时地控制风向及风量,并与其它措施结合,防止灾害的扩大,最大限度地减少事故损失。人们将矿井通风系统实现上述任务的综合能力称为矿井通风系统的安全可靠性。

剖析历次煤矿重大灾害事故发生及扩大的原因,无不与矿井通风系统有着密切的关系。因此,建立一个既能满足日

常生产需风,保证风向稳定、风质合格,在灾害时期又能保持通风设备运行可靠、稳定、能快速实现风流控制的通风系统是至关重要的。

2. 通风系统优化设计原则

矿井通风系统的设计是矿井设计的一个重要组成部分。通风设计的好坏关系到矿井在整个服务年限内的生产、效率及安全状况。对于新建矿井,在进行开拓、开采设计的同时,必须进行通风设计。生产矿井在扩建和水平延深时也要进行通风设计,以适应开拓和开采的需要,满足整个开采年限内各个时期的通风要求,保证各个时期的合理通风。

(1) 矿井通风系统设计原则和基本要求。

矿井通风系统总的设计原则是:系统简单,安全可靠和经济合理。具体应符合如下的一些基本要求:

- ①每个矿井必须有完整的独立通风系统;
 - ②矿井进风井口必须布置在不受粉尘、灰土、有害和高温气体侵入的地方;
 - ③进、回风井之间和主要进、回风道之间的每个联络巷中,必须砌筑永久性挡风墙;
 - ④每个生产水平和每个采区都必须布置单独的回风道,实行分区通风,将其回风流直接引入到总回风道或主要回风道中;
 - ⑤矿井主要通风机的工作方式一般应采用抽出式通风。在地面有小窑塌陷区或山区回风井分散时,可采用压入式通风;
 - ⑥根据矿井开拓系统选择合理的通风系统。
- (2) 通风系统设计内容与步骤。

一个完整的通风设计应包括以下内容:

①根据矿井的开拓布置,提出矿井通风系统布置方案,进行技术经济比较,选择最佳的通风系统;

②计算矿井的供风量;

③计算矿井通风总阻力;

④根据矿井容易和困难时期的总风量和总阻力选择矿井主要通风机及其设备;

⑤计算矿井通风费用;

⑥编制矿井通风设计说明书。

3. 矿井通风系统优化

矿井通风的优化主要是通风系统的优化。选择好矿井通风系统是关系到整个矿井的安全和正常生产的重要问题。它的主要内容是如何合理选择通风系统及评判通风系统的优劣。

一旦确定某一通风系统,应该对该通风系统的优劣进行适当的评判,根据评判结果对通风系统进行优化选择。评价内容包括确定评价指标、求出各评价指标权值和选择评价方法。

(1) 矿井通风系统的评判指标。

对通风系统优化评定,其指标可归纳为三个方面,再细分若干子指标(如图 5-1-1),其中,子指标可根据对通风系统分析的要求不同进行增减。

(2) 矿井通风系统评判指标的权值及其确定。

所有评判指标包括定量和定性指标,各自对通风系统影响的重要程度也不相同。为了能确切反映出各评判指标对矿井通风系统影响的重要程度,可对评判指标赋予一定的数量

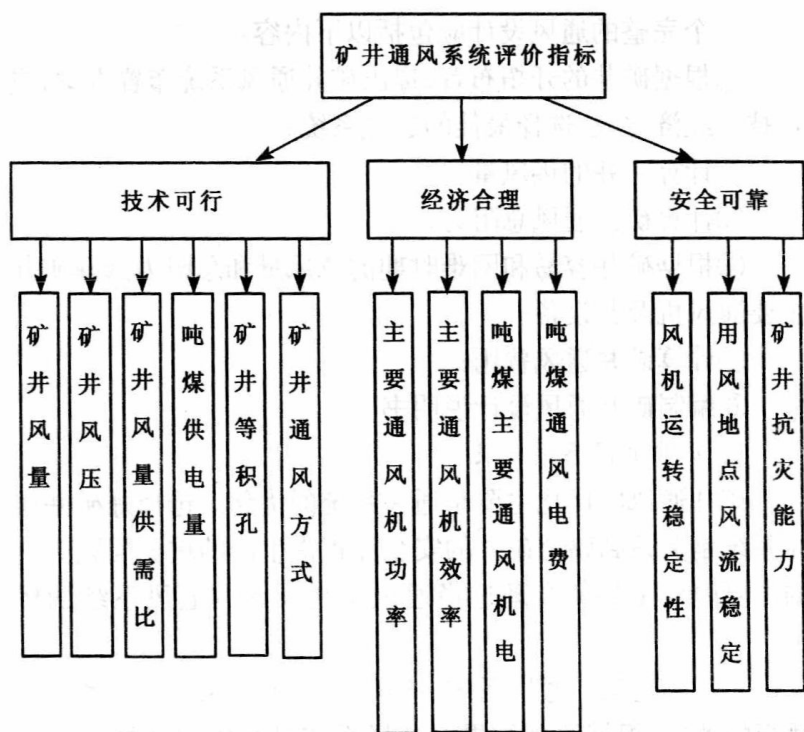


图 5-1-1 矿井通风系统评判指标层次图

值,表示其对通风系统的重要性程度,这个数量值即“重要性系数”或“权值”。

确定指标“权值”的方法:

①均值法,即由一批有经验的专家,对每个指标的权值评分,再计算出各位专家对每个指标评分的平均值,以此作为每个指标的权值。根据此法变化而来的还有统计值法、改进型专家调查法。这一方法的优点是权值确定直接、简单;其缺点是,当评价指数较多时,专家难以把握各指标间的细微差别,

因而较难准确地给出指标正确的权值。

②按相对重要性排序的矩阵法,即通过对评价对象的所有指标比较分析,对评价指标进行排序,然后作定量转化,最后求出评价指标权值。

目前通风系统众多的评价法中,为了要从整体上反映通风系统的本质,引入了众多的指标,这些指标的“权值”是不变的。而对于某一具体的通风系统,当其中某一或二个指标的“权值”因特殊情况变得非常重要时,对评价对象的评价结果而言可能出现偏差,其原因是因为评价指标太多,使处于特殊情况下的少数指标的重要度被中和,失去了评价的公正性,所以“权值”应根据时空的改变而变化,在不同条件下取不同的“权值”。变权反映了指标的本质属性,解决了因指标过多而引起的不合理现象。

(3)优化通风系统的评判方法。

对于用评判指标及其权值评判通风优化方案,常用的有3种评判方法,即多目标决策法、模糊综合评判法和层次分析法。

(1)多目标决策法。即利用专家的集体智慧和综合分析能力,以“权值”和“评价值”的形式,对各个通风系统方案的各类指标进行直观判断与分析,计算出每个方案中各个指标的评价值(E_i)和其权值(W_i),再计算出各个指标的积分值($E_i \times W_i$),最后求和计算出每个方案的总积分值 M_i ,选取 M_j 值最高者为最优通风方案。

(2)模糊综合评判法。由于不同的专家对某些指标权值的认定存在一定的模糊性、随机性,而且还涉及心理因素,精确表述较为困难,因此,不同专家给出的权值可能存在较大差

异,一般仅给出一个大致的范围和评价模糊语。这样,就可应用模糊数学理论进行综合评定。先确定各个评判指标的权值,然后计算出每个评判指标在各个方案中的隶属度即一并建立每个指标的评判矩阵,最后按隶属度大小确定最优方案。

(3)层次分析评判法。即把各个通风方案分解为有序的递阶层次结构,通过对每一层次的比率标度,构成判断矩阵,并计算出其矩阵的最大特征根和相应的特征向量,再计算出每一层次指标对上一层次指标的相对重要性权值和排序,最后根据计算出的层次总排序,确定最优方案。

通风系统优化,最重要的是选择能确切反映方案优劣的评判指标,合理确定每个指标在优化方案中的重要程度。

4. 通风系统设计内容与步骤

一个完整的通风设计应包括以下内容:

(1)根据矿井的开拓布置,提出矿井通风系统布置方案,进行技术经济比较,选择最佳的通风系统;

(2)计算矿井的供风量;

(3)计算矿井通风总阻力;

(4)根据矿井容易和困难时期的总风量和总阻力选择矿井主要通风机及其设备;

(5)计算矿井通风费用;

(6)编制矿井通风设计说明书。

5. 矿井通风系统安全可靠性评价指标体系

矿井通风系统的发展过程一般要经历规划设计、施工、投产运行、改造、衰退老化直到报废终止。因此,它的可靠性首先取决于原始设计数据与计算方法的可靠性。当系统投入运行后,实际井下风量与风质参数的变化可以反映出系统设计

阶段预测结果的可靠性以及实际系统运行的稳定性。影响矿井通风系统稳定性的主要因素包括通风网络、通风设施和通风动力装置三大部分。通风网络结构及其通风阻力分布合理性、通风设施质量和布置合理性、通风动力装置(包括主要通风机(辅助通风机)和局部通风机)运行可靠性,是通风系统运行稳定性的基础。

矿井通风防灾救灾系统指为防止矿井重大事故发生及事故范围扩大,减少事故损失和降低人员伤亡程度所建立的安全保障体系。它是保证矿井通风系统安全可靠性的重要措施。

矿井通风安全监测是检查矿井通风效果的必不可少的手段。通过监测可以掌握矿井通风的状况,及时发现存在的问题,以便采取措施,防止灾害发生。矿井通风监测的内容包括两方面,一是通风设备和设施的状态参量监测,另一是主要通风参数和气体浓度等数据参量监测。状态参量有主要通风机、辅助通风机和局部通风机的开停,风门开关状态等判断。数据参量有 O_2 、 CH_4 、 CO_2 、 CO 和粉尘等浓度测量,风速、温度、湿度和压力等。

根据矿井通风系统的内涵与所涉及的范围,可以从许多不同的侧面提出反映该系统可靠性的指标。本着“能够确切地反映系统可靠性特征;具有独立明确的物理意义;避免用多种指标反映一个特征;符合科学、可测、可比、简明和可操作”的原则,将通风系统安全性评价指标体系分为三大类。第一类是日常矿井通风系统可靠性 B_2 ,包括前 7 大项 29 小项指标,在计算各项指标权重时,把 CO 、 CH_4 、 CO_2 和 O_2 的最高污染度作为一项指标。第二类是矿井通风防灾救灾系统可靠性 B_2 ,包括

5 小项指标。第三类是矿井安全监测系统可靠性 B_2 , 包括 2 小项指标。为了衡量各指标优劣, 将评价等级分为“合格 A、基本合格 B 和待整改 c”三个级别, 通过大量调研、统计分析、理论研究, 并参考有关技术规范、法规和经验, 确定出各指标评价分级的界定范围值。如表 5-1-4 所示。

表 5-1-4 矿井通风系统安全可靠性指标评价分级界定值

指标名称	编码	单位	UA	UB	Uc	涉及范围
矿井风网阻力测定误差	d1	%	5	7	10	各风井系统
主要通风机性能测定误差	d2	%	5	7	10	各主要通风机
矿井瓦斯涌出量预测误差	d3	%	10	15	20	全矿井
矿井气温预测误差	d4	℃	± 1.5	± 2.0	± 3.0	采掘面
矿井风网解算误差	d5	%	5	7	10	全矿井
用风地点风量供需比	d6		1 ~ 1.2	1.3/1.5	1.5/2	采掘面/其他地点
风流最高污染度 CO	d71	%		0.0024	0.005	易发火检测地点
风流最高污染度 cHt	d72	%		0.5	1.0	采掘面瓦斯检测点
风流最高污染度 CO ₂	d73	%		0.5	1.5	采掘面瓦斯检测点
风流最高污染度 O ₂	d74	%	20		17	采掘面粉尘检测点
采掘面浮尘浓度最大超标率	d8	%	0	5 ~ 25	50	采掘面/机电硐室
作业地点最高气温	d9	℃	< 26/ < 30	26/30	30/34	
采掘面瓦斯超限频率	d10	次/d	0	1 ~ 3	4	
采掘工作面串联通风发生率	d11	次/面	0	1	2	
用风区风流不稳定的角联分支数	d12	条	0		1	
矿井通风网络独立回路数	d13	个	50	100	150	
矿井通风网络角联分支数	d14	条	20	30	35	
矿井通风等积孔	d15	m ²	A _{max}		A _{min}	各风井系统
矿井回风段阻力百分比	d16	%	35	40	45	各风井系统
公共段阻力与最小系统阻力百分比	d17	%	20	30	35	全矿井通风系统
最大与最小风井系统阻力比	d18		1.3	1.5	2	全矿井通风系统
通风设施质量合格率	d19	%	95	90	80	全矿井通风设施
矿井有效风量率	d20	%	85	80	75	全矿井
矿井风网调节合理度	d21		1	1.25	1.5	全矿井
千米巷道通风设施数	d22	道/km	3	7	10	全矿井

续表

指标名称	编码	单位	UA	UB	Uc	涉及范围
主要通风机喘振发生率	d23	次/a	0		1	各主要通风机
矿井外部漏风率	d24	%	5/10	10/15	20/25	无提升/有提升
拖动电机负荷率	d25	%	70	60	50	各主要通风机
主要通风机装置效率	d26	%	70	65	60	各主要通风机
主要通风机能力备用系数	d27		1.2		1	各主要通风机
局部通风机无计划停电停风故障率	d28	次/月	0		1	全矿局部通风机
局部通风机安全装备达标率	d29		1		<1	全矿局部通风机
防灾设施质量合格率	d30	分	99	95	90	所有骑灾设施
避灾路线通行时间	d31	min	30	40	50	作业地点避灾路线
避难硐室装备达标率	d32	%	95	90	80	所有避难硐室
反风系统反风合格率	d33		1		0	所有反风系统
均压系统合格率	d34	分	1	0.5	0	所有均压系统
井下通风安全状况漏检率	d35	%	0	1	5	井下安全监测系统
矿井通风安全监测系统故障率	d36	次	0	1	3	井下安全监测系统

表 5-1-4 中的矿井通风系统等积孔。与矿井风量和阻力相关,是衡量矿井通风难易程度的指标。由于矿井风量与矿井产量、瓦斯涌出量和气候条件等因素有关,当矿井通风网络拓扑结构和巷道风阻特性确定后,矿井通风阻力就取决于矿井风量的分配。

矿井通风系统安全可靠评价的指标体系,按属性可分为定性指标与定量指标两大类。其中定性指标如均压系统合格率等。定量指标包含了连续型和离散型两种。连续型指标如测量数据误差、用风地点风量供需比、回风段阻力百分比、通风等积孔、有效风量率、风机效率、电机负荷率、外部漏风率等。离散型指标如风机喘振发生率、局部通风机无计划停电停风故障发生率、瓦斯超限频率、角联分支数、独立回路数等。按指标值趋向的优劣,可分为越大越好、越小越好和越趋于某一范围值越好的三类指标,取值越大越好的指标有合格率指