

宁夏某煤矿地面矿用防爆对旋轴流式通风机设计选型分析

王亚楠 武振萍

国家能源集团宁夏煤业公司 宁煤设计研究院 宁夏 银川 750011

摘要：本文聚焦宁夏某低瓦斯煤矿地面矿用防爆对旋轴流式通风机的设计选型。该煤矿采用分区式通风方式与机械抽出式通风方法，回风立井服务年限长。通过对通风容易时期和困难时期的风量、负压计算，依据不同规范得出通风机所需参数。对比FBCDZ型和FCZ型通风机的技术特点、经济成本等，综合考量初期投资、年运行费用和叶片调节方式，推荐选用2台FCZNo29/1800（I）型通风机，1台工作，1台备用。经校核，反风性能符合《煤矿安全规程》，叶片角度满足相关规范要求。

关键词：防爆对旋轴流式通风机；设计选型；通风系统；反风性能

在煤矿安全生产体系中，通风系统占据着举足轻重的地位，它不仅关乎井下作业人员的生命安全，还直接影响着煤炭开采的效率与质量。通风机作为通风系统的核心设备，其性能与选型是否合理，将对整个矿井通风效果产生决定性作用。宁夏某煤矿属于低瓦斯矿井，采用分区式通风方式与机械抽出式通风方法，回风立井承担着多个采区的回风重任，其服务年限长达60年。在通风机选型过程中，需充分考虑通风容易时期和困难时期的风量、负压变化，以及不同通风机类型的技术特点与经济成本。目前，国内常用的FBCDZ型防爆对旋轴流式通风机和FCZ型煤矿地面用抽出式轴流通风机各有优劣，如何在众多方案中筛选出最适合该煤矿的通风机，成为保障矿井安全生产与经济高效运行的关键课题。深入分析该煤矿通风机的设计选型，不仅有助于优化其通风系统，还能为同类型矿井的通风设备选型提供具有参考价值的实践经验与理论依据。下面以宁夏某煤矿为例，对地面矿用防爆对旋轴流式通风机设计选型展开详细分析。

1 设计依据

煤矿属低瓦斯矿井，矿井采用分区式通风方式，机械抽出式通风方法。采区投产时，由新建的副立井进风，回风立井回风。

回风立井担负首采区和生产后期2采区、3采区的回风任务。回风立井的服务年限为60a，其中首采区服务年限为12a，生产后期的2采区、3采区服务年限为48a。通风

作者简介：王亚楠（1987年—），男，宁夏银川人，工程师，主要从事矿井地面及井下设备安装。电子邮箱：bennet2020@qq.com。

容易时期为首采区投产时期，通风困难时期为生产后期2采区、3采区生产时期。

2 回风立井需要的风量和负压

通风容易时期风量为 $195\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 1421.5Pa ；

通风困难时期风量为 $255\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 2698Pa 。

以上通风阻力已包含矿井自然通风风压，负压是按照空气密度 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 计算得出的。

3 回风立井通风机需要的风量和负压

3.1 按照《煤矿主要通风机站设计规范》中要求的1.05倍外部漏风系数计算通风机需要的风量和负压为（计算负压基础上增加乏风换热器阻力损失 200Pa ）：

通风容易时期风量为 $204.75\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 1921.5Pa ；

通风困难时期风量为 $267.75\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 3198Pa 。

3.2 按照《神华宁夏煤业集团有限责任公司矿井风量计算细则》中要求的1.15倍富余系数计算通风机需要的风量和负压为（计算负压基础上增加乏风换热器阻力损失 200Pa ）：

通风容易时期风量为 $224.25\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 2304.93Pa ；

通风困难时期风量为 $293.25\text{m}^3/\text{s}$ ，负压为 3836.15Pa 。

从以上两种计算结果可知，按照《神华宁夏煤业集团有限责任公司矿井风量计算细则》中要求的1.15倍富余系数计算通风机需要的风量和负压富余量大，完全能满足的通风要求，因此，设计按照风量和负压大的参数进行设计选型。

4 回风立井通风设备选型

目前国内使用较多的煤矿通风机类型主要有FBCDZ型防爆对旋轴流式通风机和FCZ型煤矿地面用抽出式轴流通风机。

FBCDZ型防爆对旋轴流式通风机,采用弯掠组合三维正交型技术,目前国内生产厂家较多,在矿井通风领域应用较为广泛。通风机两级叶轮既是工作轮又互为导叶,提高了风机运行效率,降低了能耗;通风机采用反转反风,反风量较大,启动反风所需时间较短,配带防爆制动器、风门、消音器、扩散筒等,安装简单、一般不需建通风机房、施工周期短,维护工作量小;通风机设备投资小、运行费用较低。缺点是需要装设隔爆型电动机,电动机安装在通风机隔流腔内散热较差,维护较复杂,采用人工调节叶片角度方式费力、费时,设备外露连接件需防腐蚀。

FCZ型煤矿地面用抽出式轴流通风机采用航空技术、三维设计,叶片为锻造铝合金材质,强度高、韧性好、叶型丰富;可实现在风机运转过程中由液压调节系统快

速无级调节叶片工作角度,方便灵活且自动化程度较高。该类风机的优点为电动机外置于机体并通过联轴器与轴承箱传动,不仅解决了电动机的散热和润滑问题,而且维护、保养非常方便;配带扩散塔、消音器、轴承润滑站、液压站、喘振报警装置、通风测定装置等,成套性强;且通风机的工作范围较宽,设备加工制造水平较高,效率较高。缺点是传动轴需穿过扩散塔与风机叶轮连接,其尺寸较长,安装对中困难,同时扩散塔较高,为避免基础的不均匀下沉,基础处理难且工程量大;安装调试复杂,施工周期长,装置设备多、维护量较大。

根据计算所需通风机风量、风压等,设计对回风立井通风设备进行两个方案比选,回风立井通风机设备选型方案比较见表1。

表1 回风立井主通风机设备选型方案比较表

方案比较项目		方案一	方案二(推荐)	方案三	
通风机型号		FBCDZ-10-No37/2×900	FCZNo29/1800(I) (电机外置式)	FCZNo30/1800(I) (电机内置式)	
数量(台)		2	2	2	
电动机数量(台)		4	2	2	
功率(kW)		900	1800	1800	
电压(kV)		10	10	10	
额定转速(r/min)		590	990	740	
变频范围		5~50Hz	5~50Hz	5~50Hz	
风量调节方式		变频调速+改变叶片角度	变频调速+改变叶片角度	变频调速+改变叶片角度	
叶片调节方式		停机人工逐片调节	不停机动叶可调	不停机动叶可调	
通风机运行工况参数	通风容易时期	风量Q(m ³ /s)	224.25	224.25	224.25
		风压H(Pa)	2304.93	2304.93	2304.93
		效率η(%)	85	85	84
		叶片角度	-3°	56°	62°
		转速(r/min)	472	792	596
		电机轴功率(kW)	620.51	620.51	627.89
		年电耗(10 ⁶ kWh)	5.4357	5.4357	5.5003
	通风困难时期	风量Q(m ³ /s)	293.25	293.25	293.25
		风压H(Pa)	3836.15	3836.15	3836.15
		效率η(%)	85	85	86
		叶片角度	-2°	58°	65°
		转速(r/min)	590	990	745
		电机轴功率(kW)	1350.48	1350.48	1334.78
		年电耗(10 ⁶ kWh)	11.8302	11.8302	116927
设备投资(万元)		800	990	1000	
土建投资(万元)		320	380	300	
总投资(万元)		1120	1370	1300	

续表:

方案比较项目	方案一	方案二(推荐)	方案三
差额(万元)	0	+250	+180
主要优缺点	优点: 1.土建工程量略低; 2.设备投资较低; 缺点: 1.设备整体加工制造水平低,设备实际效率低。 2.叶片靠人工调整,自动化程度低。	优点: 1.加工质量好,运行平稳可靠,设备效率高; 2.采用动叶可调+变频技术,自动化程度高。 缺点: 1.土建工程量大; 2.设备投资较高。	优点: 1.土建工程量低; 2.采用动叶可调+变频技术,自动化程度高; 缺点: 1.内置式隔爆大功率电机散热性较差。 2.设备投资高。
结论	推荐方案二		
备注	1.表中的设备价为风机本体(含电机)参考报价,投资中未包括安装费。 2.表中电费按0.65元/kWh计取。		

综合以上技术经济比较,从初期投资、年运行费用、叶片调节方式等方面综合考虑,设计推荐方案二。另外,推荐选用的FCZ型煤矿地面用抽出式轴流通风机,通风容易时期与通风困难时期轴功率之比约为46%,小于60%。考虑通风困难时期距通风容易时期12年,分期选择电动机不仅造成设备浪费,且更换电动机对于生产矿井而言,会造成诸多不便。综合比选后,推荐首采区移交时期,电动机按通风困难时期(轴功率最大)进行选用。

回风立井通风设备选用2台FCZ№29/1800(I)型煤矿地面用抽出式轴流通风机,1台工作,1台备用。

4.1 通风机工况点的确定

见图1,回风立井通风机性能曲线图

4.1.1 通风容易时期工况点的确定

通风网路阻力系数 $R_1 = 0.0458345$

通风网路特性曲线方程 $H = 0.0458345Q^2$

在风机性能曲线上做通风网路特性曲线,确定工况点 M_1 :

风量: $224.25m^3/s$ 静压: $2304.93Pa$

效率: 85% 叶片安装角: 56°

4.1.2 通风困难时期工况点的确定

通风网路阻力系数 $R_2 = 0.0446087$

通风网路特性曲线方程 $H = 0.0446087Q^2$

在风机性能曲线上做通风网路特性曲线,确定工况点 M_2 :

风量: $293.25m^3/s$ 静压: $3836.15Pa$

效率: 85% 叶片安装角: 58°

4.1.3 通风容易时期变频失效后工况点的确定

通风网路阻力系数 $R_3 = 0.0458345$

通风网路特性曲线方程 $H = 0.0458345Q^2$

在风机性能曲线上做通风网路特性曲线,确定工况点 M_3 :

风量: $280.31m^3/s$ 静压: $3601.39Pa$

效率: 85% 叶片安装角: 56°

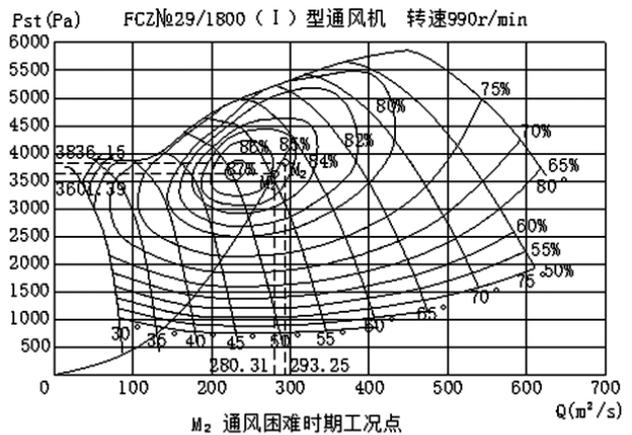
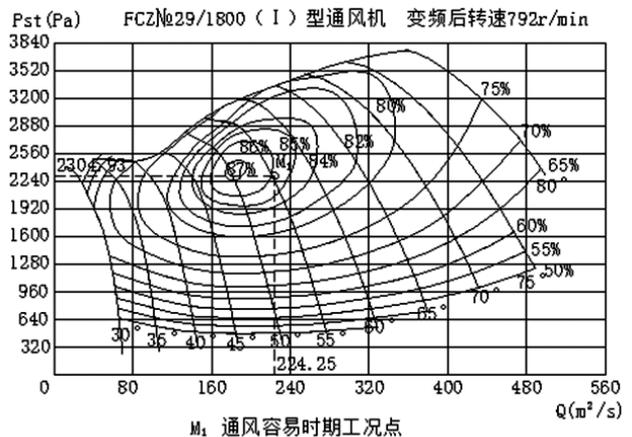


图1 回风立井通风机性能曲线图

4.2 电动机功率计算:

$$\text{通风容易时期: } N_1 = \frac{KQ_1 H_1}{1000 \eta \eta_c} = 744.61 \text{ (kW)}$$

$$\text{通风困难时期: } N_2 = \frac{KQ_2 H_2}{1000 \eta \eta_c} = 1620.58 \text{ (kW)}$$

$$\text{通风容易时期变频失效后: } N_3 = \frac{KQ_3H_3}{1000\eta\eta_c} = 1454.27$$

(kW)

式中:

N—电动机计算功率, kW;

K—富裕系数, 取1.2;

η —通风机工况点效率;

η_c —机械传动效率, 取0.98。

根据以上计算结果, 每台通风机选配1台YBF-6P型隔爆变频电动机, 单台电机功率1800kW、电压10kV、转速990r/min。

4.3 通风机系统反风

通风系统的反风是通过通风设备断电制动停机后, 电机反转再配合风门进行反风。回风立井通风机反风工况点参数见表2。

表2 回风立井通风机反风工况点参数表

项目	反风量 (m ³ /s)	风压 (Pa)	叶片安 装角度	运行转速 (r/min)	效率 η	计算轴功率 (kW)	反风率 (%)
通风容易时期	145.41	969.13	56°	990	15%	958.65	64.84
通风困难时期	144.33	929.25	58°	990	15%	912.37	49.22

经校核, 通风容易时期和困难时期的风机反风量均大于正常供风量40%, 反风操作时间小于10min, 符合《煤矿安全规程》(2022)有关规定。通风困难时期反风时风机最大轴功率912.37kW < 1800kW, 电动机功率满足反风要求。通风机的最大叶片安装角度为80°, 通风

容易和困难时期时期的叶片安装角度为56°和58°, 满足《煤炭工业矿井设计规范》、《煤矿主要通风机站设计规范》中叶片运转角度应比风机允许范围小5°的要求。通风机反风性能曲线见图2。

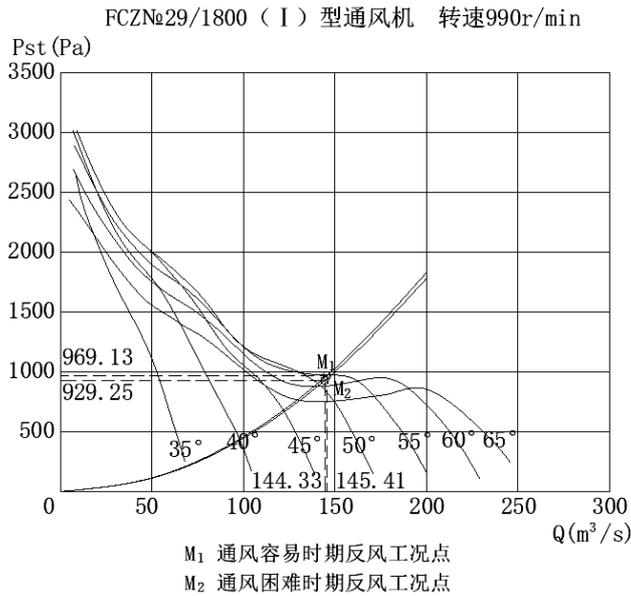


图2 回风立井通风机反风性能曲线图

5 结论

本论文针对宁夏某低瓦斯煤矿二分区回风立井通风机选型, 综合通风容易与困难时期的风量、负压需求, 对比 FBCDZ 型和 FCZ 型通风机。经计算, 按 1.15 倍富裕系数确定参数用于选型, 从技术经济性考量, 推荐采用 2 台 FCZ№29/1800 (I) 型通风机, 1 台工作, 1 台备用。经校核, 该方案反风性能达标, 符合安全规程, 叶

片角度也满足规范要求。此次选型兼顾安全与经济, 为同类煤矿通风机选型提供了实践与理论参考。

参考文献

- [1]李玉瑾, 于功江. 煤矿用大型通风设备工程设计及运行特性分析[J]. 通用机械, 2009, (02): 58-61.
- [2]GB 50450-2008, 煤矿主要通风机站设计规范.
- [3]煤矿安全规程-2022.