



中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 1135—2011

煤矿用碳分子筛制氮装置通用技术条件

General technical conditions of Carbon Molecular Sieve
separation nitrogen producing device for coal mine

本文件由矿山安全标准服务平台免费向社会提供，更多标准文件请关注矿山安全标准化技术委员会公众号，或通过国家矿山安全监察局-服务互动-矿山安全标准服务平台获取

根据国家矿山安全监察局公告（2026年 第2号），
自2026年4月21日起标准号变更为：KA/T 1135—2011。

2011-04-12 发布

2011-09-01 实施

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 型号和规格 2

5 技术要求 4

6 试验方法 5

7 检验规则 6

8 标志、包装、运输和贮存 7

附录 A （规范性附录）容积式空气压缩机实际排气量的影响 9

附录 B （规范性附录）氮气流量的修正 10

前 言

本标准是根据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的规定进行编写。

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这些专利的责任。

本标准由中国煤炭工业协会科技发展部提出。

本标准由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：煤炭科学研究总院重庆研究院、国家安全生产重庆矿用设备检测检验中心、温州瑞气空分设备有限公司。

本标准主要起草人：王长元、王正辉、叶正亮、姚成林、邓永林、周伟锋。

本标准首次发布。

煤矿用碳分子筛制氮装置通用技术条件

1 范围

本标准规定了煤矿用碳分子筛制氮装置(以下简称“制氮装置”)的术语和定义、型号规格、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于在常温下采用变压吸附法,从空气中分离制取氮气的煤矿用地面固定式、地面移动式和井下移动式碳分子筛制氮装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 150 钢制压力容器
- GB 151 管壳式换热器
- GB 191 包装储运图示标志
- GB 3785 声级计的电、声性能及测试方法
- GB 3836.1 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分:通用要求
- GB 3836.2 爆炸性气体环境用电气设备 第2部分:隔爆型“d”
- GB 3836.3 爆炸性气体环境用电气设备 第3部分:增安型“e”
- GB 3836.4 爆炸性气体环境用电气设备 第4部分:本质安全型“i”
- GB 3836.9 爆炸性气体环境用电气设备 第9部分:浇封型“m”
- GB 9969.1 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB 50235 工业金属管道工程施工及验收规范
- AQ 1043 矿用产品安全标志标识
- HG 20580 钢制化工容器设计基础规定
- HG 20581 钢制化工容器材料选用规定
- HG 20582 钢制化工容器强度计算规定
- HG 20583 钢制化工容器结构设计规定
- HG 20584 钢制化工容器制造技术要求
- JB/T 6427 变压吸附制氧、制氮设备
- JB/T 6992 窄轨矿车通用技术条件
- MT/T 154 煤矿用机电产品型号的编写导则和管理办法
- MT 244.1 煤矿窄轨车辆连接件 连接链
- MT 244.2 煤矿窄轨车辆连接件 连接插销
- MT 818.1 煤矿用阻燃电缆 第1部分:移动类软电缆一般规定
- 《压力容器安全技术监察规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用本文件。

3.1 变压吸附法 PSA(pressure swing adsorption)

在常温条件下,加压吸附、减压解吸的循环工作方法。

3.2 变压吸附制氮 Nitrogen PSA

利用变压吸附法,从空气中分离氧气制取氮气。

3.3 启动时间 Start-up time

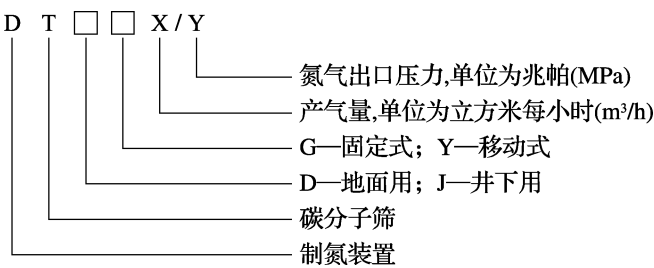
制氮装置从开机至产品氮气达到额定纯度、压力与产量所需的时间。

3.4 氮气回收率 Nitrogen recovery

在单位时间内所获得的产品氮气中总的含氮量占原料空气中总的含氮量的百分比。

4 型号和规格

4.1 型号



4.2 规格

4.2.1 地面型制氮装置

按其类型分为地面固定式、地面移动式,其规格参数为 600 m³/h~10 000 m³/h,氮气纯度≥98%,氮气出口压力为(气源压力-0.2)MPa,氮气回收率≥45%。

注 1: 本标准中氮气产量均为标准状态,即 0℃、101.325 kPa(绝对压力值)状态下的气体量,单位为立方米每小时(m³/h)。

注 2: 满足氮气纯度要求的氮气中允许含有微量氮、氖、氩等惰性气体。

注 3: 压力值除标明者外,均为相对压力(表压)。

4.2.2 井下型移动式制氮装置

规格及主要技术参数按表 1 的规定。

表 1 井下移动式碳分子筛制氮装置规格表

氮气流量 m³/h	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 200	1 500	1 800	2 000
氮气纯度 %	≥97													
氮气出口压力 MPa	(气源压力-0.2)													
启动时间 min	≤40													
氮气回收率 %	≥45													

表 1 井下移动式碳分子筛制氮装置规格表 (续)

氮气流量 m ³ /h	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 200	1 500	1 800	2 000
额定电压	380/660 V 或 660/1 140 V													
平板车数量	4~5					5~6					6~7			
轨距 mm	600 或 900 或无轨胶轮平板车													

4.3 组成

4.3.1 地面固定式和地面移动式制氮装置的组成

地面固定式和地面移动式制氮装置的组成如下:

- 压缩空气, 可以用无油或微油压缩机或压缩空气站提供气源, 但气源质量和温度必须满足要求;
- 气体净化单元, 应包括管道过滤器、冷冻干燥机、精过滤器、超精过滤器、除油器、空气储罐等;
- 氧氮分离单元, 应包括立式吸附塔、分子筛压紧装置、消声器、气动阀门、电磁阀等;
- 氮气缓冲单元, 应包括缓冲罐、稳压阀等;
- 检测仪表, 应包括氮气流量、纯度、压力测定仪表或流量传感器、氧气传感器、压力传感器及监测分站;
- 控制系统, 应包括可编程序控制器或工控机及其软件。

4.3.2 井下移动式制氮装置的组成

井下移动式制氮装置的组成如下:

- 气源车, 由空气压缩机、平板车等组成;
- 净化车, 应包括除油净化器、精过滤器、超精过滤器、活性炭过滤器、活性炭除油器等;
- 制氮车, 应包括立式吸附塔或卧式吸附塔、分子筛压紧装置、消声器、气动阀、防爆电磁阀、防爆电控箱;
- 缓冲车, 应包括缓冲罐、压力调节阀、氮气流量计、压力表和氧气浓度测定仪等。

注 1: 选用风冷空压机时应选配后冷却器。

注 2: 空气储罐根据合同规定的单车尺寸和设备的耗气量选配。

注 3: 缓冲罐的容积应能满足氮气纯度波动在 $\pm 0.3\%$ 以内和压力波动小于 0.03 MPa。

注 4: 上述各车所包括的设备均应安装在导轨式矿用平板车或无轨胶轮平板车上, 各单元的外形尺寸应满足煤矿入井和井下运输条件。

4.4 制氮装置适用条件

4.4.1 工作环境条件

制氮装置的工作环境条件应满足下列要求:

- 气压: 80 kPa~106 kPa;
- 温度: 2℃~40℃;
- 相对湿度: $\leq 95\%$;
- 井下型制氮装置应能满足含有爆炸危险的气体(甲烷)和煤尘, 但无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体及蒸气的使用场合。

4.4.2 冷却水

制氮装置用冷却水应满足下列要求:

- a) 进水温度: $\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 进水压力: $\geq 0.2\text{ MPa}$;
- c) 冷却水量: 满足全套设备单位时间内所需的冷却水量;
- d) pH 值: $7\sim 8$ 。

4.4.3 电源范围

井下制氮装置: 额定电压的 $85\%\sim 115\%$, $50\text{ Hz}\pm 1\text{ Hz}$; 地面制氮装置: 额定电压的 $90\%\sim 110\%$, $50\text{ Hz}\pm 1\text{ Hz}$ 。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 制氮装置应符合本标准的要求并按经规定程序批准的图样和技术文件制造。

5.1.2 空气压缩机的选取应考虑用户使用地点的海拔高度、极限温度、湿度以及空气压缩机气量偏差对空气压缩机排气量的影响(见附录 A)。

5.1.3 井下移动式制氮装置所选配的矿用空气压缩机、矿用隔爆型电磁启动器、矿用防爆电控箱、矿用防爆电磁阀、矿用氧气测定仪、连接插销及连接链以及矿用压力传感器、矿用温度传感器、矿用流量传感器、矿用氧气传感器、矿用分站及矿用电缆等煤矿用产品, 都应具有有效期内的矿用产品安全标志; 属于防爆电气类产品的, 都应分别符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.4、GB 3836.9、MT 244.1、MT 244.2、MT 818.1 的有关规定, 并具有有效期内的防爆检验合格证。

5.1.4 外协或自制的矿车底盘应符合 JB/T 6992 的规定; 压力容器的设计、制造、检验和验收应符合 GB 150 和《压力容器安全技术监察规程》及 HG 20580~20584 等相关文件的要求; 后部冷却器应符合 GB 151 的规定; 按《压力容器安全技术监察规程》的规定提供质量证明文件、技术文件等资料。

5.1.5 重要的外购件, 如碳分子筛、活性氧化铝、空气压缩机、冷冻干燥机、仪器仪表、阀门等, 应符合技术文件的规定, 应具备相应的资质和产品质量合格证书。

5.2 外观要求

5.2.1 各种管路、管汇和阀门的排列应整齐、美观。

5.2.2 焊缝应平整、无焊瘤和夹渣。

5.2.3 外露部件应无毛刺、飞边等缺陷。

5.2.4 连接件应紧固、可靠。

5.2.5 铭牌应清晰、醒目、牢固、可靠。

5.2.6 表面油漆涂层应均匀、光洁、色泽一致, 不得有气泡、脱层、流痕和明显划痕。

5.3 气密性要求

制氮装置所有压力容器与管道的焊接和安装应符合 GB 50235 的规定, 所有压力容器与管路应连接牢靠, 连接处不得漏气。

5.4 系统安全性能

5.4.1 系统中压力容器的工作压力应大于等于空气压缩机的最大排气压力, 且应在系统中压力最高点设置安全阀, 安全阀开启压力应与所有压力容器工作压力最低的容器相匹配。

5.4.2 制氮装置各单元应保证整机装配后, 运动到极限位置时单元间的零部件不发生接触, 不损坏单元间的连接管道。

5.4.3 采用的本质安全型电气设备应进行防爆检验合格, 进行本安关联, 不得擅自增加或更换未经联检的本安型电气设备。

5.5 噪声

地面型制氮装置的整机运行噪声不得大于 85 dB(A) , 井下型制氮装置的整机运行噪声不得大于 90 dB(A) 。

5.6 整机运行

制氮装置正常运行时,氮气产量、纯度、压力、启动时间等参数符合 4.2.1 或表 1 的规定。

5.7 氮气回收率

制氮装置的氮气回收率应符合 4.2.1 或表 1 的规定。

6 试验方法

6.1 测试用仪器、仪表

温度、压力、流量、纯度、噪声、压缩空气耗量测量仪表及精度要求按表 2 规定。

表 2 测试用仪器、仪表及精度

仪器、仪表型号名称	精度等级或分度值
温度计	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,分度值 $\leq 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
压力表	1.5 级
流量计	1.5 级
氧分析仪	$\pm 0.03\%$
声级计	GB 3785—1983 规定的 1 型或 1 型以上
气压计	$\pm 66.6\text{ Pa}$

6.2 一般要求检查

检查所有配套外购件、外协或自制压力容器相应的质量证明文件、有效证书、技术文件和资料,应符合 5.1 的要求。

6.3 外观检查

检验采用目测法,其结果应能满足 5.2 的要求。

6.4 气密性检查

打开制氮装置的进气阀,关闭排气阀,向制氮装置输入压缩空气,待压力升到 0.6 MPa 后到达平衡状态下,关闭进气阀,保持 20 min,压力表的指示值保持不变,其结果应能满足 5.3 的要求。

6.5 系统安全检查

6.5.1 检查安全阀的技术指标是否符合 5.4.1 的要求。

6.5.2 检查装配后单元间的位置关系是否符合 5.4.2 的要求。

6.5.3 采用的本质安全型电气设备应满足 5.4.3 的要求,进行本安关联检验。

6.6 噪声测量

6.6.1 制氮装置的噪声测量位置为制氮单元的中间断面,水平距离为 1 m,高度离地面 1.5 m 的位置处,采用声级计测量。

6.6.2 制氮装置切换时测一次,取连续 3 次的平均值为测量数据,应符合 5.5 的要求。

6.7 制氮装置技术性能指标测定

6.7.1 氮气纯度测量

氮气纯度测量按以下要求进行:

- a) 纯度取样点应在缓冲罐出口管道上;
- b) 氮气纯度采用氧气分析仪实时测量;
- c) 在规定的启动时间到达后开始测定氮气纯度,每间隔 1 h 测一次,每次的测量结果均应符合 4.2.1 或表 1 中纯度的规定。

6.7.2 氮气产量测量

氮气产量测量按以下要求进行:

- a) 流量计应安装在缓冲罐出口调压阀后的管道上;

b) 在规定的启动时间到达后开始测定氮气纯度的同时,每间隔 1 h 测量一次,连续测量 3 次。每次的测量结果按附录 B 修正后应符合 4.2.1 或表 1 中氮气产量的规定。

6.7.3 氮气压力测量

在缓冲罐出口的管道上用压力表测量,应符合 4.2.1 或表 1 中压力的规定。

6.7.4 启动时间测定

从开机起开始计时,至产品氮气达到规定纯度、压力与产量结束,应符合 4.2.1 或表 1 的规定。

6.8 氮气回收率测量

6.8.1 压缩空气耗量测量

压缩空气耗量测量按以下要求进行:

- a) 测点设置在净化单元的入口处;
- b) 采用流量计测量压缩空气流量,用计时器计量时间;
- c) 整机运行稳定后开始每 1 h 测一次,取 3 次的平均值为测量数据,其结果应符合 4.2.1 或表 1 的规定。

6.8.2 氮气回收率计算

氮气回收率按式(1)计算

$$\xi = \frac{VC}{V_0 C_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- ξ ——氮气回收率,单位为百分数(%);
- V ——产品氮气产量,单位为立方米每小时(m^3/h);
- C ——产品氮气纯度,单位为百分数(%);
- V_0 ——原料空气进气量,单位为立方米每小时(m^3/h);
- C_0 ——原料空气中的氮气纯度,按 79%计。

7 检验规则

7.1 检验分为出厂检验和型式检验,检验项目见表 3。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验由制造厂质量检验部门逐台进行,检验合格并发给合格证后方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目按表 3 规定项目进行。

表 3 出厂检验和型式检验项目

序号	检 验 项 目	要求	试验方法	出厂检验		型式试验	
				井上型	井下型	井上型	井下型
1	一般检查	5.1	6.2	√	√	√	√
2	外观检查	5.2	6.3	√	√	√	√
3	气密性检查	5.3	6.4	√	√	√	√
4	系统安全检查	5.4	6.5	√	√	√	√
5	本安设备关联检验	5.4.3	6.5.3	×	×	√	√
6	噪声检查	5.5	6.6	×	×	√	√
7	氮气纯度测量	5.6	6.7.1	×	×	√	√
8	氮气产量测量	5.6	6.7.2	×	×	√	√

表 3 出厂检验和型式检验项目 (续)

序号	检 验 项 目	要求	试验方法	出厂检验		型式试验	
				井上型	井下型	井上型	井下型
9	氮气压力测量	5.6	6.7.3	×	×	√	√
10	启动时间	5.6	6.7.4	×	×	√	√
11	氮气回收率测量	5.7	6.8	×	×	√	√
注：“√”表示应进行检验的项目；“×”表示不进行检验的项目。							

7.3 型式检验

7.3.1 型式检验条件

有下列情况之一时,进行型式检验:

- a) 新产品试制完成后;
- b) 设计、结构、材料、工艺有较大改变时;
- c) 停产 2 年后,恢复生产时;
- d) 正常生产时,每隔 3 年 1 次,每次 1 台。

7.3.2 型式检验机构

国家有关部门提出要求时,由产品质量监督检验机构或其指定的单位按表 3 规定项目进行,并出具检验报告。

7.4 抽样方法和判定规则

7.4.1 在出厂检验的合格品中抽取 1 台。若表 3 中有任何一项检验不合格,则判定此产品不合格。

7.4.2 型式检验按表 3 中列出的检验项目进行。若有任何一项检验不合格,则应进行修复后再检,若仍不合格时,则判定此产品不合格。

7.4.3 对于受限制不能在制造厂进行型式检验时,允许在用户现场进行型式检验。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 说明书

说明书应按标准 GB 9969.1 的要求编写,应给出安全标志控制件的明细表,对涉及到安全的部分应有安全警示语。

8.2 标志

8.2.1 防爆电气设备外壳明显处应有永久性“Ex”凸纹标志和煤安标志“MA”标志。

8.2.2 所有配套设备均应在明显处设置铭牌。防爆电气设备的铭牌应符合 GB 3836.1、GB 3836.2、GB 3836.3、GB 3836.4、GB 3836.9 的规定;煤安标志应符合 AQ 1043 的规定;压力容器的铭牌应符合 GB 150 的规定,铭牌内容按《压力容器安全技术监察规程》的规定。

8.2.3 制氮装置应设置铭牌,铭牌应包括以下内容:

- a) 型号、名称;
- b) 安全标志号;
- c) 主要技术参数;
- d) 输入电压;
- e) 功率;
- f) 产品编号和出厂日期;
- g) 制造厂名称;
- h) 冷却水耗;
- i) 制造商名称。

8.3 包装

8.3.1 包装按 GB/T 13384 的规定进行,产品允许分箱包装或裸装,分箱包装的产品或零部件应固定在箱内,裸装应采用防雨罩罩好。

8.3.2 箱装包装储运标志按 GB 191 规定进行,在包装箱外,用不褪色的颜料标出下列内容:

- a) 收货单位名称及地址;
- b) 发货单位名称及地址;
- c) 外型尺寸及重量;
- d) 运输及装卸中应注意事项的文字和标志;
- e) 产品名称与型号。

8.3.3 制氮装置包装时随机技术文件应包括:

- a) 产品质量合格证;
- b) 产品使用说明书;
- c) 压力容器质量证明文件、竣工图;
- d) 外购件的使用说明书、质保书;
- e) 装箱清单。

8.4 运输

应符合 GB/T 13384 的规定或按双方合同的规定执行,在运输中应避免强烈的振动冲击和日晒雨淋。

8.5 贮存

产品应贮存在温度为 0℃~40℃、相对湿度不大于 95%、无腐蚀性物质、空气中不含有腐蚀性有害气体、通风良好的室内仓库中。短期露天存放和运输时应加盖雨布,且设备不应与地面直接接触。

附录 A

(规范性附录)

容积式空气压缩机实际排气量的影响

A.1 大气温度变化对空气压缩机排气量的影响,按式(A.1)计算

$$Q_1 = \frac{T_H}{T_S} \times Q_0 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Q_1 ——0.101 325 MPa 大气压力下,20℃时空气压缩机的实际排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

Q_0 ——0.101 325 MPa 大气压力下,20℃时空气压缩机的额定排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

T_H ——空气压缩机吸入口状态下的绝对温度,单位为开尔文(K),取 $T_H = 273.15 + 20$;

T_S ——设计条件下的绝对温度,单位为开尔文(K),取 $T_S = \text{设计条件下的摄氏温度} + 273.15$ 。

A.2 将空气压缩机排气量换算成标准状态的流量,按式(A.2)计算

$$Q_2 = \frac{T_0}{T_H} \times Q_1 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

将式(A.1)和式(A.2)合并成式(A.3)为

$$Q_2 = \frac{T_0}{T_S} \times Q_0 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

Q_2 ——空气压缩机换算到标准状态下的实际排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

T_0 ——标准状态下的绝对温度,单位为开尔文(K),取 $T_0 = 273.15$ 。

A.3 大气压力变化(海拔高度的影响)对空气压缩机排气量的影响,按式(A.4)计算

$$Q_3 = \frac{P}{P_0} \times Q_2 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

Q_3 ——空气压缩机的实际排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

P ——设计条件下的大气压,单位为兆帕(MPa);

P_0 ——标准大气压, $P_0 = 0.101\ 325$,单位为兆帕(MPa)。

A.4 大气湿度对产气量的影响,按式(A.5)计算

$$Q_4 = \frac{P - R \times P_a \times 10^{-6}}{P} \times Q_3 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

Q_4 ——空气压缩机的实际排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

P_a ——设计条件下的大气压和温度下,饱和水蒸气分压,单位为帕(Pa);

R ——设计条件下的相对湿度,%。

A.5 海拔、温度、湿度、空压机排气量偏差和空气压缩机内漏系数的共同影响,按式(A.6)计算

$$Q_s = \frac{T_0 \times (P - R \times P_a \times 10^{-6}) \times (1 - \ell) \times (1 - \Psi)}{P_0 \times T_S} \times Q_0 \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

Q_s ——空气压缩机的实际排气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

ℓ ——空气压缩机排气量偏差,一般选5%或按空气压缩机厂家提供的数据,单位为百分数(%);

Ψ ——内漏偏差,按空气压缩机厂家提供的数据,单位为百分数(%).

附 录 B
(规范性附录)
氮气流量的修正

B.1 本标准中,煤矿用碳分子筛制氮装置的产氮量为 0℃,大气压力为 0.101 325 MPa(绝压)标准状态下的气体量,单位为 m³/h。当制氮装置生产的氮气的压力和温度与标准状态不一致时,应分别按如下计算公式换算为标准状态下的氮气流量。

B.2 氮气流量换算到设计状态下的流量按式(B.1)修正

$$Q = Q_1 \sqrt{\frac{T_1 \times P \times Z_S \times \rho_A}{T \times P_1 \times Z_H \times \rho_N}} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

Q —— T_1 大气压力、 P_1 温度状态下的氮气流量,单位为立方米每小时(m³/h);

Q_1 ——实际测得的氮气流量,单位为立方米每小时(m³/h);

T ——标准状态下的绝对温度,单位为开尔文(K),取 $T=273.15$;

Z_H ——被测气体在标准状态下的压缩系数;

P ——标准状态下的气体的绝对压力,单位为兆帕(MPa),取 $P=0.101\ 325$;

P_1 ——流量计前氮气的绝对压力,单位为兆帕(MPa),取 $P_1 = \text{测量表压} + 0.101\ 325$;

T_1 ——流量计前氮气的绝对温度,单位为开尔文(K),取 $T_1 = \text{测量的摄氏温度} + 273.15$;

Z_S ——被测气体在(T_1, P_1)状态下的压缩系数;

ρ_A ——标准状态下空气的密度,单位为千克每立方米(kg/m³),取 $\rho_A=1.29$;

ρ_N ——标准状态下氮气的密度,单位为千克每立方米(kg/m³),取 $\rho_N=1.25$ 。

B.3 将设计状态下的氮气流量换算到标准状态下的流量按式(B.2)修正

$$Q_H = \frac{T \times P_1}{T_1 \times P} \times Q \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

将式(B.1)和式(B.2)合并成式(B.3)为

$$Q_H = Q_1 \sqrt{\frac{T \times P_1 \times Z_S \times \rho_A}{T_1 \times P \times Z_H \times \rho_N}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

Q_H ——标准状态下的氮气流量,单位为立方米每小时(m³/h);

B.4 制氮装置的净化单元(车)的干燥能力以及吸附塔中分子筛的吸水性能都比较强,产品氮气的露点一般可达到-40℃以下,所以在氮气流量的修正中可以不考虑湿度的影响。