

# 团 体 标 准

T/CAMS 290—2026

## 变压吸附制氮装置

Pressure swing adsorption nitrogen production unit

2026-06-26 发布

2026-08-01 实施

中国机械工业标准化技术协会 发 布

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 型号编制 ..... 4

    4.1 编制方法 ..... 4

    4.2 编制示例 ..... 5

5 适用工况 ..... 5

6 技术要求 ..... 6

    6.1 基本要求 ..... 6

    6.2 性能要求 ..... 7

    6.3 安全与环保要求 ..... 8

    6.4 重要零部件要求 ..... 9

7 试验方法 ..... 10

    7.1 试验工具 ..... 10

    7.2 基本要求检验 ..... 11

    7.3 性能试验 ..... 12

    7.4 安全与环保要求检验 ..... 14

    7.5 重要零部件检验 ..... 14

8 检验规则 ..... 15

    8.1 检验分类 ..... 15

    8.2 出厂检验 ..... 17

    8.3 型式检验 ..... 17

    8.4 抽样规则 ..... 17

    8.5 判定规则 ..... 17

9 标志、包装、运输和贮存 ..... 17

    9.1 标志 ..... 17

    9.2 包装 ..... 17

    9.3 运输 ..... 18

    9.4 贮存 ..... 18

10 质量保证 ..... 18

附录 A（资料性） 型号表示方法 ..... 19

附录 B（规范性） 规定工况下 PSA 制氮装置的单位电耗要求 ..... 20

表 1 大气条件.....5

表 2 原料空气要求.....6

表 3 冷却水要求.....6

表 4 电源要求.....6

表 5 加工空气的品质要求.....7

表 6 不同氮气纯度下的能效要求.....8

表 7 冷冻式干燥机的比功率.....9

表 8 环境温度、湿度、大气压力测试用仪表精度..... 10

表 9 氮气纯度或氧含量测试用仪表精度..... 10

表 10 温度、压力、流量测试用仪表精度..... 11

表 11 仪表及精度要求..... 11

表 12 检验项目..... 15

表 A.1 型号含义及表示方法..... 19

表 B.1 在 95%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 21

表 B.2 在 96%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 22

表 B.3 在 97%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 23

表 B.4 在 98%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 24

表 B.5 在 99%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 25

表 B.6 在 99.5%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 26

表 B.7 在 99.9%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 27

表 B.8 在 99.95%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 28

表 B.9 在 99.99%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 29

表 B.10 在 99.995%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 30

表 B.11 在 99.999%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 31

表 B.12 在 99.9995%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗..... 32

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1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。

本文件由中国机械工业标准化技术协会提出并归口。

本文件起草单位：山东佳脉气体工程有限公司、山东大学、合肥通用机电产品检测院有限公司、东华工程科技股份有限公司、中国石油集团济柴动力有限公司成都压缩机分公司、上海岩谷有限公司、IHI 寿力压缩机机技术（苏州）有限公司、复盛实业（上海）有限公司、漳州震东机械有限公司、河南超顿净化科技有限公司、高质标准化研究院（山东）有限公司。

本文件主要起草人：徐锦奇、陈胜飞、魏锋、申春午、吕剑飞、李培洲、李金荣、王欣荣、胡金祥、何朝升、王欣、张乐、宋伟、杨光、王昭彤、叶健勇、何建军、黄全志、许纪春、韩姚姚。



# 变压吸附制氮装置

## 1 范围

本文件规定了变压吸附制氮装置的术语和定义、型号编制、适用工况、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存及质量保证等。

本文件适用于以碳分子筛为吸附剂从空气中分离制取氮气，额定产能范围为  $0.1 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ～ $10\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，氮气纯度范围为 95%～99.9995% 的变压吸附制氮装置，也适用于变压吸附制氮机组和变压吸附制氮主机。

## 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 150 压力容器
- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB 2894 安全色和安全标志
- GB/T 3853 容积式压缩机 验收试验
- GB/T 3864 工业氮
- GB/T 4732 压力容器分析设计
- GB/T 4980 容积式压缩机噪声的测定
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件
- GB/T 5832.2 气体分析 微量水分的测定 第 2 部分：露点法
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 7251.2 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分：成套电力开关和控制设备
- GB/T 7701.1 煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭
- GB/T 7702.4 煤质颗粒活性炭试验方法 装填密度的测定
- GB/T 7702.7 煤质颗粒活性炭试验方法 第 7 部分：碘吸附值的测定
- GB/T 7702.16 煤质颗粒活性炭试验方法 pH 值的测定
- GB/T 7777 容积式压缩机机械振动测量与评价
- GB/T 10606—2023 空气分离设备 术语
- GB/T 10893 压缩空气干燥器 规范与试验
- GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 13277.4 压缩空气 第 4 部分：固体颗粒测量方法
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 15487 容积式压缩机流量测量方法  
GB/T 16895.6 低压电气装置 第 5-52 部分：电气设备的选择和安装 布线系统  
GB/T 16895.23 低压电气装置 第 6 部分：检验  
GB/T 19142 出口商品包装 通则  
GB 19153 容积式空气压缩机能效限定值及能效等级  
GB/T 20801（所有部分） 压力管道规范 工业管道  
GB 22207 容积式空气压缩机 安全要求  
GB/T 24342 工业机械电气设备 保护接地电路连续性试验规范  
GB/T 30475.1 压缩空气过滤器 试验方法 第 1 部分：悬浮油  
GB/T 30475.2 压缩空气过滤器 试验方法 第 2 部分：油蒸汽  
GB/T 30475.4 压缩空气过滤器 试验方法 第 4 部分：水  
GB/T 37391 可编程序控制器的成套控制设备规范  
GB/T 37400.12 重型机械通用技术条件 第 12 部分：涂装  
GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范  
GB 50235 工业金属管道工程施工规范  
GB 50171 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范  
GB 50184 工业金属管道工程施工质量验收规范  
GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范  
GB 50316 工业金属管道设计规范  
HG/T 4364 碳分子筛  
JB/T 5902 空气分离设备用氧气管道 技术条件  
JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度  
JB/T 7664—2020 压缩空气净化 术语  
JB/T 8058 空气分离设备用活性氧化铝 验收技术条件  
JB/T 10526 一般用冷冻式压缩空气干燥器  
JB/T 10532 一般用吸附式压缩空气干燥器  
JB/T 13346 一般用压缩空气过滤器  
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程  
TSG 31 工业管道安全技术规程

### 3 术语和定义

JB/T 7664—2020、GB/T 10606—2023 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**变压吸附 pressure swing adsorption (PSA)**

在等温条件下，吸附剂对吸附质在加压时吸附、减压时解吸的气体分离技术，简称“PSA”。

#### 3.2

**变压吸附制氮主机 PSA nitrogen generator**

输入加工空气，采用一个或多个吸附器交替循环进行吸附和解吸工作，周期性间歇式分离出氮气并排出富氧废气的设备。简称“PSA 制氮主机”。

注：主要包含吸附器、程控阀门、连接管道、控制系统。

## 3.3

**变压吸附制氮机组 PSA nitrogen generation unit**

输入加工空气，采用一个或多个 PSA 制氮主机分离出氮气并排出富氧废气，并最终实现产品氮气连续输出的成套设备，简称 PSA 制氮机组。

注：包含 PSA 制氮主机和储气罐等过程设备以及过程仪表、工艺管道、控制系统和橇座。

## 3.4

**变压吸附制氮装置 PSA nitrogen production unit**

吸入原料空气，经压缩及加工处理后，采用一个或多个 PSA 制氮主机分离出氮气并排出富氧废气，并最终实现产品氮气连续输出的成套设备，简称 PSA 制氮装置。

注 1：包含全部所需的过程设备、过程仪表、工艺管道、电气装置、控制系统和橇座。

注 2：不包含供电、冷却供水、氮气输送等现场安装工程。

## 3.5

**原料空气 feed air**

用于空气分离而被吸入空气压缩机的空气。

## 3.6

**加工空气 process air**

经处理后，组分、压力、温度符合 PSA 制氮主机正常运行要求的压缩空气。

## 3.7

**产品氮气 product nitrogen gas**

纯度、露点以及其他规定组分含量均达到要求，作为产品气输出的合格氮气。

## 3.8

**不合格氮气 unqualified nitrogen gas**

纯度或露点或其他规定组分含量未达到要求的氮气。

## 3.9

**废气 waste gas**

PSA 制氮主机的吸附剂在解吸再生时放空的混合气体。

注：混合气体包含氧、氮、氩、二氧化碳、水蒸汽等。

## 3.10

**标准状态 normal state**

气体在温度为 293.15 K (20 °C)、压力为 101.325 kPa 时的状态。

## 3.11

**规定工况 specified operating conditions**

设计时给定的产能、氮气纯度、单位电耗所对应的运行工况。

注：规定工况如下：

——大气条件：压力 101.325 kPa (绝压)、温度 293.15 K (20 °C)、相对湿度 0%；

——冷却水条件：进水温度 25 °C。

## 3.12

**极端工况 extreme operating conditions**

设计适用工况范围内的极限值。

注：极端工况如下：

——大气条件：设计适用工况范围内的绝对大气压力、最高环境温度、最大相对湿度；

——冷却水条件：设计适用工况范围内的最高进水温度。

### 3.13

#### **额定产能 rated production capacity**

在规定工况下，允许证设备长期运行的产品氮气产量上限值（换算为标准状态），单位为标准立方米/小时（ $\text{Nm}^3/\text{h}$ ）。

### 3.14

#### **最低产能 minimum production capacity**

在极端运行工况下，允许证设备长期运行的产品氮气产量上限值（换算为标准状态），单位为标准立方米/小时（ $\text{Nm}^3/\text{h}$ ）。

### 3.15

#### **氮气纯度 nitrogen purity**

产品氮气中除氧气之外的其他气体体积百分数之和。

### 3.16

#### **启动时间 start-up duration**

PSA 制氮装置从开机至产出产品氮气所需的时间。

### 3.17

#### **系统压降 system pressure drop**

空气压缩机（或压缩空气源）的实际最高供气压力与产品氮气最低输出压力的差值。

注：系统压降包含以下两部分：

——过程设备和工艺管道的阻力降；

——PSA 工艺导致的储气罐（工艺氮气罐）压力的周期性波动。

### 3.18

#### **空氮比 air factor**

设备正常运行时，加工空气消耗量与产品氮气产量的比值。

### 3.19

#### **单位电耗 specific electricity consumption**

PSA 制氮装置正常运行时，每生产一个单位产品氮气所消耗的有功电能，单位为千瓦时/标准立方米（ $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{Nm}^3$ ）。

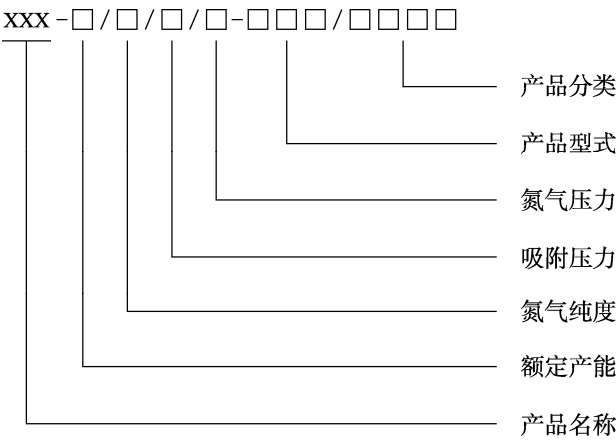
注 1：单位电耗包括空气压缩机和冷冻式干燥机的电能消耗。

注 2：单位电耗不包括辅助电能消耗（例如仪表、控制、伴热、启动加热等）。

## 4 型号编制

### 4.1 编制方法

PSA 制氮装置的型号应按下列方法编制：



具体表示方法参见附录 A。

4.2 编制示例

示例 1：

制氮装置，额定产能为 1 000Nm<sup>3</sup>/h、纯度为 99.5%、吸附压力 8.5 bar、产品氮气输出压力 8 bar，采用 C 系列、8 塔碳分子筛 PSA 制氮主机，油田用、室外集装箱式、非危险场所、电动机驱动，型号表示为：

NPU-1000/295/8.5/8-CC8/OONE

示例 2：

制氮机组，额定产能为 500 Nm<sup>3</sup>/h、纯度为 99.99%、吸附压力为 8 bar、产品氮气输出压力 7.5 bar，采用 B 系列、4 塔碳分子筛 PSA 制氮主机，药用、底盘橇装式、非危险场所，型号表示为：

NGU-500/49/8/7.5-BC4/MBNN

示例 3：

制氮主机，额定产能为 800 Nm<sup>3</sup>/h、纯度为 99.9995%、吸附压力为 7 bar，采用 V 系列、3 塔碳分子筛 PSA 吸附器结构，通用、底盘橇装式、非危险场所，型号表示为：

NG-800/595/7-VC3/GBNN

5 适用工况

5.1 适用的大气条件应符合表 1 的规定。

表 1 大气条件

| 项目名称 | 参考范围               |
|------|--------------------|
| 海拔   | 0 m～2 000 m        |
| 大气压力 | 80 kPa～105 kPa（绝压） |
| 温度   | -30 ℃～45 ℃         |
| 相对湿度 | ≤90%               |

5.2 空气压缩机入口的原料空气品质应符合表 2 的要求。

表2 原料空气要求

| 项目名称                                                                  | 要求                       |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 机械杂质                                                                  | $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ |
| 二氧化碳 $\text{CO}_2$ (体积分数)                                             | $\leq 400 \text{ ppm}$   |
| 乙炔 $\text{C}_2\text{H}_2$ (体积分数)                                      | $\leq 0.5 \text{ ppm}$   |
| 总烃 $\text{C}_n\text{H}_m$ (体积分数)                                      | $\leq 30 \text{ ppm}$    |
| 酸性物质 $\Sigma (\text{NO}_2+\text{SO}_2+\text{HCl}+\text{Cl}_2)$ (体积分数) | $\leq 8 \text{ ppm}$     |

5.3 冷却水应符合表3的要求。

表3 冷却水要求

| 项目名称     | 要求                                     |
|----------|----------------------------------------|
| 冷却水压力    | $0.3 \text{ MPa} \sim 0.5 \text{ MPa}$ |
| 冷却水温度    | $\leq 32 \text{ }^\circ\text{C}$       |
| 进出水温差    | $\leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$       |
| 酸碱度 pH 值 | $7 \sim 8$                             |
| 悬浮物含量    | $\leq 100 \text{ mg/L}$                |
| 总硬度      | $\leq 3.2 \text{ mg/L}$                |
| 氯离子      | $\leq 500 \text{ mg/L}$                |

5.4 电源的电压、相数、频率应符合表4的要求，其余应符合 GB/T 12325 的规定。

表4 电源要求

| 相数 | 电压       |         | 频率    |      |
|----|----------|---------|-------|------|
|    | 额定值      | 极限偏差    | 额定值   | 极限偏差 |
| 单相 | 220 V    | -10%~7% | 50 Hz | ±5%  |
| 三相 | 380 V    | ±7%     | 50 Hz |      |
|    | 660 V    |         |       |      |
|    | 6 000 V  |         |       |      |
|    | 10 000 V |         |       |      |
|    | 440 V    | ±7%     | 60 Hz |      |

## 6 技术要求

### 6.1 基本要求

#### 6.1.1 撬内组件安装

6.1.1.1 空气压缩机的安装应符合 GB 50275 的规定。

- 6.1.1.2 工艺管道应符合 GB 50316、GB 50235 的规定，属于压力管道的还应符合 GB/T 20801 的规定，富氧废气放空管道还应符合 JB/T 5902 的规定。
- 6.1.1.3 过程仪表的安装应符合 GB 50093 的规定。
- 6.1.1.4 控制柜和配电柜的安装应符合 GB 50171 的规定。
- 6.1.1.5 电气布线系统的安装应符合 GB/T 16895.6 的规定。
- 6.1.2 表面质量
- 6.1.2.1 外露零部件应无毛刺、飞边等缺陷，锐角倒钝。
- 6.1.2.2 焊缝表面应均匀完整，不应有明显的疤痕、夹渣及飞溅物等缺陷。
- 6.1.2.3 管道应排列整齐美观。
- 6.1.2.4 电缆应排列整齐美观，无线头裸露、短路现象。
- 6.1.2.5 与气体接触的零部件表面应进行除锈和脱脂处理，表面油脂残留量应符合 JB/T 6896 的规定。
- 6.1.2.6 涂装应符合 GB/T 37400.12 的规定，根据设计文件确定的环境腐蚀性等级和耐久性年限选择防腐涂料体系，喷涂前金属表面处理等级、涂层厚度、附着力、颜色、漆面质量等应符合涂装工艺文件的规定。
- 6.1.3 气密性
- 6.1.3.1 PSA 制氮装置应在所有设备、管道、仪表等全部安装完毕后，进行整体气密性试验。
- 6.1.3.2 应保证所有接头、焊缝及密封面无漏气现象。
- 6.1.4 加工空气的品质
- 加工空气的品质应符合表 5 的要求。

表 5 加工空气的品质要求

| 项目名称       | 要求                                            |
|------------|-----------------------------------------------|
| 压力         | $\geq$ （产品氮气最低输出压力+0.05 MPa）                  |
| 温度         | 3℃~20℃（供需双方协定）                                |
| 压力露点       | $\leq$ 7℃（供需双方协定）                             |
| 含油量（体积分数）  | $\leq$ 0.003 ppm                              |
| 酸性物质（体积分数） | $\leq$ 8 ppm（其中 SO <sub>2</sub> $\leq$ 1 ppm） |

- 6.2 性能要求
- 6.2.1 产能
- 6.2.1.1 额定产能不应低于供需双方的约定值，约定值允许的负偏差不应大于 3%。
- 6.2.1.2 最低产能不应低于供需双方的约定值，其中耐候型产品的最低产能不应低于额定产能的 95%。
- 6.2.2 产品氮气的品质
- 6.2.2.1 在保证额定产能的前提下，氮气纯度不应低于供需双方的约定值。
- 6.2.2.2 在保证额定产能的前提下，压力露点符合以下规定：
- a) 在氮气纯度的约定值小于或等于 99.95%时，压力露点应小于或等于-40℃；
  - b) 在氮气纯度的约定值大于或等于 99.99%时，压力露点应小于或等于-60℃。
- 6.2.2.3 含尘粒径不应大于 0.01 μm。

6.2.2.4 氮气温度应为常温。

6.2.2.5 在保证额定产能和纯度的前提下，氮气压力不应低于供需双方的约定值。

6.2.3 能效

6.2.3.1 启动时间

PSA 制氮装置、PSA 制氮机组、PSA 制氮主机的启动时间均不应高于表 6 的规定值。

6.2.3.2 系统压降

a) PSA 制氮装置的系统压降不应高于表 6 的规定值；

b) PSA 制氮机组的的系统压降不应高于 0.05 MPa；

c) PSA 制氮主机的的系统压降不应高于 0.01 MPa。

6.2.3.3 空氮比

在规定工况下，PSA 制氮装置、PSA 制氮机组、PSA 制氮主机的空氮比均不应高于表 6 的规定值。

6.2.3.4 单位电耗

在规定工况下，PSA 制氮装置的单位电耗不应高于表 6 的规定值，具体按附录 B 的规定。

表 6 不同氮气纯度下的能效要求

| 氮气纯度<br>%                                                | 启动时间<br>min | 系统压降<br>MPa | 空氮比等级 |      |      | 单位电耗等级  |     |     |
|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------|------|------|---------|-----|-----|
|                                                          |             |             | 1 级   | 2 级  | 3 级  | 1 级     | 2 级 | 3 级 |
|                                                          |             |             | 空氮比   |      |      | 单位电耗    |     |     |
| 95                                                       | 15          | 0.1         | 1.65  | 1.75 | 1.90 | 见表 B.1  |     |     |
| 96                                                       | 15          | 0.1         | 1.75  | 1.85 | 2.00 | 见表 B.2  |     |     |
| 97                                                       | 15          | 0.1         | 1.9   | 1.95 | 2.15 | 见表 B.3  |     |     |
| 98                                                       | 20          | 0.1         | 2.05  | 2.10 | 2.30 | 见表 B.4  |     |     |
| 99                                                       | 20          | 0.1         | 2.15  | 2.25 | 2.40 | 见表 B.5  |     |     |
| 99.5                                                     | 20          | 0.1         | 2.35  | 2.45 | 2.60 | 见表 B.6  |     |     |
| 99.9                                                     | 25          | 0.1         | 2.65  | 2.85 | 3.10 | 见表 B.7  |     |     |
| 99.95                                                    | 25          | 0.1         | 2.85  | 3.00 | 3.30 | 见表 B.8  |     |     |
| 99.99                                                    | 30          | 0.1         | 3.25  | 3.50 | 4.00 | 见表 B.9  |     |     |
| 99.995                                                   | 30          | 0.1         | 3.40  | 3.75 | 4.25 | 见表 B.10 |     |     |
| 99.999                                                   | 35          | 0.1         | 3.90  | 4.45 | 4.90 | 见表 B.11 |     |     |
| 99.9995                                                  | 40          | 0.1         | 4.20  | 5.00 | 5.50 | 见表 B.12 |     |     |
| 注：空氮比和单位电耗的等级均分为 3 级，其中 1 级能效最高；达到 2 级及以上为节能产品；3 级为准入产品。 |             |             |       |      |      |         |     |     |

6.3 安全与环保要求

6.3.1 安全

6.3.1.1 外露或可触及的高温、高压、旋转部位应设防护装置。

6.3.1.2 冷却风的热风风道应设置隔热层，外表面温度不超过 50℃。

6.3.1.3 机房或集装箱（橇座）内应设置环境氧含量监测装置，超限自动报警。

- 6.3.1.4 安全阀排出的气体、不合格氮气、废气均应接至消音器降压降噪处理。
- 6.3.1.5 电气安全符合以下规定：
- a) 电气配线应符合 GB/T 5226.1 中第 13 章的规定；
  - b) 保护联结电路应符合 GB/T 5226.1 中 8.2 的规定，接地电阻不应大于 0.1  $\Omega$ ；
  - c) 绝缘电阻不应小于 1 M $\Omega$ 。
- 6.3.1.6 设备应有防静电措施，工艺管道配对法兰、箱体门板应有跨接导线。
- 6.3.1.7 存在剩余安全风险位置附近应使用安全标志，安全标志应符合 GB 2894 的规定。

6.3.2 环保

- 6.3.2.1 各个废液排放点应接至总管，排放口应设于撬座边沿。
- 6.3.2.2 PSA 制氮装置的工作噪声 A 计权声压级均应不大于 85 dB (A)。
- 6.3.2.3 冷冻式干燥机应选用环保制冷剂。
- 6.3.2.4 应在污染源附近醒目位置粘贴环境保护提示。

6.4 重要零部件要求

6.4.1 压力容器

- 6.4.1.1 储罐类压力容器应符合 GB/T 150 的规定。
- 6.4.1.2 简单疲劳设计压力容器（吸附塔、干燥塔）应符合 GB/T 150 的规定。
- 注：有关简单疲劳设计压力容器的特殊规定，请参阅 GB/T 150 第 1 部分中 5.3.1.2 和附录 D 以及第 4 部分中 3.16 的规定。
- 6.4.1.3 疲劳设计压力容器（吸附塔、干燥塔）应符合 GB/T 4732 的规定。
- 6.4.1.4 安全附件的设置应符合 GB/T 150 的规定，安全阀应符合 GB/T 12243 的规定。

6.4.2 过程设备

- 6.4.2.1 空气压缩机符合相应国家或行业标准的规定，还应符合以下规定：
- a) 采用变频运行方式；
  - b) 容积式空气压缩机宜选用 GB 19153 规定的能效等级为 1 级的产品；
  - c) 排气量应能适配 PSA 制氮主机的产能要求，应保证 PSA 制氮主机的吸附压力不低于约定值；
  - d) 噪声、机械振动、安全应符合有关标准要求或供需双方约定。
- 6.4.2.2 气液分离器、精过滤器、高精过滤器、超精过滤器、活性炭过滤器应符合 JB/T 13346 的规定。
- 6.4.2.3 冷冻式干燥机应符合 JB/T 10526 的规定，处理量应能适配 PSA 制氮装置的产能要求，压力露点和比功率不应大于表 7 的规定值。

表 7 冷冻式干燥机的比功率

| 出口压力露点<br>℃                                                                                                                                        | 处理量（适配 18.5 kW 及以下空气压缩机）          |    | 处理量（适配 22 kW 及以上空气压缩机） |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----|------------------------|-----|
|                                                                                                                                                    | 空冷                                | 水冷 | 空冷                     | 水冷  |
|                                                                                                                                                    | 比功率[单位：kW/（Nm <sup>3</sup> /min）] |    |                        |     |
| 7                                                                                                                                                  | 0.24                              | —  | 0.16                   | 0.1 |
| 注：比功率基于 JB/T 10526 的规定工况 A，具体如下：<br>——大气条件：压力 101.325 kPa（绝压）、温度 298.15 K（25℃）；<br>——冷却水条件：进水温度 25℃；<br>——入口压缩空气温度：35℃；<br>——入口压缩空气压力：0.7 MPa（表压）。 |                                   |    |                        |     |

6.4.2.4 吸附式干燥机应符合 JB/T 10532 的规定，处理量应能适配 PSA 制氮装置的产能要求。

#### 6.4.3 吸附材料

6.4.3.1 碳分子筛应符合 HG/T 4364 的规定。

6.4.3.2 活性氧化铝应符合 JB/T 8058 的规定。

6.4.3.3 油蒸汽吸附用的活性炭应符合 GB/T 7701.1 的规定，其中碘吸附值 $\geq 800$  mg/g，pH 值 6~8。

#### 6.4.4 控制柜及配电柜

6.4.4.1 自动化控制柜应符合 GB/T 37391 的规定。

6.4.4.2 低压配电柜应符合 GB/T 7251.2 的规定。

### 7 试验方法

#### 7.1 试验工具

##### 7.1.1 仪器仪表

7.1.1.1 仪器、仪表所有试验用的仪器、仪表均应经法定计量部门检定合格，并保持在有效期内。

7.1.1.2 所有试验用的仪器、仪表均宜采用智能型，具有模拟量信号输出。

7.1.1.3 流量测试用仪表应符合以下要求：

- a) 选用抗振型仪表；
- b) 具备温度和压力补偿功能；
- c) 以被测介质标定；
- d) 能显示标准状态下的瞬时流量和累计流量。

7.1.1.4 环境温度、湿度、大气压力测试用的仪表精度按照表 8 的要求。

表 8 环境温度、湿度、大气压力测试用仪表精度

| 仪表名称 | 准确度   |
|------|-------|
| 湿度计  | 0.5 级 |
| 温度计  | 0.5 级 |
| 气压计  | 0.5 级 |

7.1.1.5 氮气纯度或氧含量测试用的仪表精度按照表 9 的要求。

表 9 氮气纯度或氧含量测试用仪表精度

| 仪表名称   | 精度                                                                                                         |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氮气分析仪  | O <sub>2</sub> : 0 PPm~100 PPm, $\pm 5\%$ FS; 100 PPm~2%, $\pm 2\%$ FS; 2%~21%, $\pm 1.5\%$ FS             |
| 微量氧分析仪 | O <sub>2</sub> : 0 PPm~10 PPm, $\pm 5\%$ FS; 10 PPm~100 PPm, $\pm 3\%$ FS; 100 PPm~1 000 PPm, $\pm 2\%$ FS |

7.1.1.6 温度、压力、露点、流量测试用的仪表精度按照表 10 的要求。

表 10 温度、压力、流量测试用仪表精度

| 仪表名称  | 分度或准确度 |
|-------|--------|
| 温度传感器 | 0.5 级  |
| 压力传感器 | 0.5 级  |
| 露点传感器 | 1.0 级  |
| 流量计   | 1.0 级  |

7.1.1.7 油含量检测仪：测量范围 0.001 mg/m<sup>3</sup>~5 mg/m<sup>3</sup>。

7.1.1.8 电能计量用的仪表精度按照表 11 的要求。

表 11 仪表及精度要求

| 仪表名称  | 准确度   |
|-------|-------|
| 电流互感器 | 0.2 级 |
| 电能表   | 1.0 级 |

### 7.1.2 测试数据平台

宜具备测试数据平台，并满足以下要求：

- a) 被测产品的信息输入，包括品名、型号、协议编号、出厂编号等；
- b) 对所有测试用仪器仪表的测试数据，具有采集、记录储存、在线监视、异常报警、历史查询、报表生成与导出等功能；
- c) 数据信号采集频次为 1 次/s。

### 7.2 基本要求检验

#### 7.2.1 撬内组件安装

7.2.1.1 空气压缩机的安装按 GB 50275 的规定。

7.2.1.2 工艺管道的安装按以下规定：

- a) 工业管道按 GB 50184 的规定。
- b) 压力管道按 GB/T 20801 的规定，还应符合 TSG 31 的规定。
- c) 富氧废气放空管道按 JB/T 5902 的规定。

7.2.1.3 过程仪表的安装按 GB 50093 的规定。

7.2.1.4 控制柜和配电柜的安装按 GB 50171 的规定。

7.2.1.5 电气布线系统的安装按 GB/T 16895.23 的规定。

#### 7.2.2 外观

7.2.2.1 外露部件、表面质量、焊缝表面、管道排列、电缆排列采用目视检测法。

7.2.2.2 表面油脂残留量按 JB/T 6896 的规定。

7.2.2.3 涂装质量按 GB/T 37400.12 的规定。

#### 7.2.3 气密性

7.2.3.1 试验器材：肥皂液、干燥洁净的压缩空气或氮气。

7.2.3.2 试验环境：按第 5 章规定的适用工况条件下进行。

7.2.3.3 试验压力：工作压力。

7.2.3.4 试验时机：应在性能试验之前进行。

7.2.3.5 试验步骤：

- a) 缓慢升压至试验压力的 20%，保压 30 min，用肥皂液对所有连接部位和焊缝进行检查；
- b) 如无异常，则继续按试验压力的 20%逐级升压，直至达到试验压力，保压 30 min；
- c) 保压期间，再次用肥皂液对所有连接部位和焊缝进行检查，应无泄漏、异响，压降不大于试验压力的 2%。

7.2.3.6 注意事项：

- a) 气密性试验应有安全阀，整定压力为工作压力的 1.1 倍；
- b) 试压期间不应采用连续加压来维持试验压力不变；
- c) 不应带压紧固螺栓或螺纹连接件，应泄压并紧固或修复后重新进行试压步骤。

7.2.4 加工空气的品质

7.2.4.1 压力：采用压力传感器进行测量，在开机后开始记录并持续 30 min，取最高值。

7.2.4.2 温度：采用温度传感器进行测量，在开机后开始记录并持续 30 min，取平均值。

7.2.4.3 露点：采用露点传感器进行测量或按 GB/T 5832.2 的规定，在启动时间到达后开始记录并持续 30 min，取最高值。

7.2.4.4 含油量：采用油含量检测仪进行测量，在开机后开始记录并持续 30 min，取平均值；或由第三方检测机构取样检测，具体按照 GB/T 30475.2 的规定。

7.3 性能试验

7.3.1 产能

7.3.1.1 额定产能：

- a) 在第 5 章规定的适用工况范围内采用流量计进行测量，规定启动时间到达后开始记录产品氮气的瞬时流量和累积流量，并持续 2 h，取平均值为测试工况下的产能。
- b) 测试工况下的产能换算为额定产能，按公式（1）进行计算：

$$Q_0 = Q \times r_p \times r_t \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Q_0$ ——额定产能，单位为标准立方米/小时（Nm<sup>3</sup>/h）；

$Q$ ——测试工况下的产能，单位为标准立方米/小时（Nm<sup>3</sup>/h）；

$r_p$ ——吸附压力系数；

$r_t$ ——吸附温度系数，由供需双方约定，其中耐候型产品的吸附温度系数取 1。

其中：

吸附压力系数，按公式（2）进行计算：

$$r_p = \frac{(P_0 + 0.1)}{(P + 0.1)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$P_0$ ——供需双方约定的额定吸附压力（表压），单位为兆帕（MPa）；

$P$ ——测试工况下的吸附压力（表压），取制氮主机入口加工空气的最高压力，单位为兆帕（MPa）。

7.3.1.2 最低产能：在极端工况下采用流量计进行测量，规定启动时间到达后开始记录产品氮气的瞬时流量和累积流量，并持续 48 h，取平均值。

注：在制造厂不具备极端工况测试条件的情况，则在用户现场具备条件时进行试验。

### 7.3.2 产品氮气的品质

7.3.2.1 氮气纯度：采用氮气分析仪或微量氧分析仪进行测量，应符合 GB/T 3864 的规定。在规定的启动时间到达后开始记录，并持续 2 h，取最低值。

7.3.2.2 压力露点：采用露点传感器进行测量或按 GB/T 5832.2 的规定，在规定的启动时间到达后开始记录，并持续 2 h，取最高值。

7.3.2.3 含尘粒径：检查产品氮气过滤器的精度，在供需双方有约定时应按 GB/T 13277.4 的规定。

7.3.2.4 氮气温度：采用温度传感器进行测量，在规定的启动时间到达后开始记录，并持续 2 h，取平均值。

7.3.2.5 氮气压力：采用压力传感器进行测量，在规定的启动时间到达后开始记录，并持续 2 h，取平均值。

### 7.3.3 能效

7.3.3.1 启动时间：采用电子计时器测量。

7.3.3.2 系统压降：在空气压缩机（或压缩空气源）和产品氮气管道（减压阀前）分别设置取压点，采用压力传感器进行测量，在额定产能和品质试验结束后开始记录压差值，并持续 1 h，取平均值。

7.3.3.3 空氮比：加工空气累积消耗量与产品氮气累积流量均采用流量计进行测量，取两者的比值，在额定产能和品质试验结束到达后开始记录瞬时流量和累积流量，并持续 1 h。

7.3.3.4 单位电耗：

a) 在额定产能和品质试验结束后，开始记录累计电能消耗量和累计氮气产量，并持续 1 h。

b) 测试工况下的单位电耗，按公式（3）进行计算：

$$N = \frac{W_1 + W_2}{Q_N} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$N$ ——测试工况下的单位电耗，单位为千瓦时/标准立方米（kW·h/Nm<sup>3</sup>）；

$W_1$ ——测试期间，空气压缩机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$W_2$ ——测试期间，冷冻式干燥机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$Q_N$ ——测试期间的累计氮气产量，单位为标准立方米（Nm<sup>3</sup>）。

c) 规定工况下的单位电耗，按公式（4）进行计算：

$$N_0 = \frac{W_{10} + W_{20}}{Q_N} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$N_0$ ——规定工况下的单位电耗，单位为千瓦时/标准立方米（kW·h/Nm<sup>3</sup>）；

$W_{10}$ ——换算为规定工况下，空气压缩机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$W_{20}$ ——换算为规定工况下，冷冻式干燥机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$Q_N$ ——测试期间的累计氮气产量，单位为标准立方米（Nm<sup>3</sup>）。

d) 测试期间空气压缩机的累计电能消耗量，换算为规定工况，按公式（5）进行计算：

$$W_{10} = W_1 \times \frac{(P - \phi \times P_v)}{(P_0 - \phi_0 \times P_{v0})} \times \sqrt{\frac{T_0}{T}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$W_{10}$ ——换算为规定工况下，空气压缩机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$W_1$ ——测试期间，空气压缩机的累计电能消耗量，单位为千瓦时（kW·h）；

$P_0$ ——规定工况下的绝对大气压力，取 101.325kPa；

$T_0$ ——规定工况下的绝对大气温度，取  $(20+273.15)$  K；  
 $\phi_0$ ——规定工况下的大气相对湿度，取 0%；  
 $P_{V0}$ ——规定工况下的饱和水蒸汽分压，单位为千帕 (kPa)。  
 $P$ ——测试工况下的绝对大气压力，单位为千帕 (kPa)，取测试期间的平均大气压力；  
 $T$ ——测试工况下的绝对大气温度，单位为开 (K)，取测试期间的平均温度；  
 $\phi$ ——测试工况下的大气相对湿度，%，取测试期间的平均相对湿度；  
 $P_V$ ——测试工况下的饱和水蒸汽分压，单位为千帕 (kPa)。  
 其中， $P_V$  按公式 (6) 计算：

$$\log_{10} P_V = A - \frac{B}{C+T} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$P_V$ ——运行工况下的饱和水蒸汽分压，单位为毫米汞柱 (mmHg)；  
 $T$ ——运行工况下的绝对大气温度，单位为摄氏度 ( $^{\circ}\text{C}$ )，取使用地点的极端高温；  
 $A$ ——Antoine 常数，取  $A=8.07131$ ；  
 $B$ ——Antoine 常数，取  $B=1730.63$ ；  
 $C$ ——Antoine 常数，取  $C=233.426$ 。

e) 测试期间冷冻式干燥机的累计电能消耗量，换算为规定工况，按公式 (7) 或公式 (8) 计算：

$$\text{风冷型：} W_{20} = W_2 \times C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_5 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{水冷型：} W_{20} = W_2 \times C_1 \times C_2 \times C_4 \times C_5 \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$W_{20}$ ——换算为规定工况下，冷冻式干燥机的累计电能消耗量，单位为千瓦时 (kW·h)；  
 $W_2$ ——测试期间，冷冻式干燥机的累计电能消耗量，单位为千瓦时 (kW·h)；  
 $C_1$ ——进气温度修正系数，对应测试期间的平均进气温度；  
 $C_2$ ——进气压力修正系数，对应测试期间的平均进气压力；  
 $C_3$ ——环境温度修正系数，对应测试期间的平均环境温度；  
 $C_4$ ——冷却水温度修正系数，对应试期间的平均冷却水温度；  
 $C_5$ ——压力露点修正系数，对应目标压力露点。

注：公式 (7) 和公式 (8) 中修正系数根据制造厂提供的选型文件选用。

## 7.4 安全与环保要求检验

### 7.4.1 安全

7.4.1.1 未按规定试验方法的项目均采用目测、审查、手动操作等方法检查。

7.4.1.2 电气安全按以下规定：

- a) 电气配线按 GB/T 5226.1 中第 13 章的规定；
- b) 保护联结电路的连续性、接地电阻按 GB/T 24342 的规定；
- c) 绝缘电阻按 GB/T 5226.1 中 18.3 的规定。

### 7.4.2 环保

7.4.2.1 噪声测试采用声级计，其精度为  $\pm 1$  dB (A)。测量位置为离装置水平距离 1 m，离地高 1.5 m。

7.4.2.2 环保制冷剂应检查证明资料。

7.4.2.3 环境保护提示应采用目测法。

## 7.5 重要零部件检验

### 7.5.1 压力容器

7.5.1.1 储罐类压力容器按 GB/T 150、TSG 21 的规定。

7.5.1.2 简单疲劳设计压力容器（吸附塔、干燥塔）按 GB/T 150、TSG 21 的规定

7.5.1.3 疲劳设计压力容器（吸附塔、干燥塔）按 GB/T 4732、TSG 21 的规定。

7.5.1.4 安全附件的设置按 GB/T 150 的规定，安全阀按 GB/T 12243 的规定。

## 7.5.2 过程设备

7.5.2.1 容积式空气压缩机按 GB/T 3853 的规定，噪声按 GB/T 4980 的规定，机械振动按 GB/T 7777 的规定，流量按 GB/T 15487 的规定、安全按 GB 22207 的规定。

7.5.2.2 气液分离器按 GB/T 30475.4 的规定检查含水量。

7.5.2.3 精过滤器、高精过滤器、超精过滤器按 GB/T 30475.1 的规定，或采用油含量检测仪测量。

7.5.2.4 活性炭过滤器的含油量按 GB/T 30475.2 的规定，或采用油含量检测仪测量。

7.5.2.5 冷冻式干燥机按 GB/T 10893 的规定。

7.5.2.6 吸附式干燥机按 GB/T 10893 的规定。

## 7.5.3 吸附材料

7.5.3.1 碳分子筛的产氮率和氮气回收率按 HG/T 4364 的规定，取样量允许适当放大；碳分子筛的装填密度按 GB/T 7702.4 的规定。

7.5.3.2 活性氧化铝按 JB/T 8058 的规定。

7.5.3.3 油蒸汽吸附用的活性炭的装填密度按 GB/T 7702.4 的规定，碘吸附值按 GB/T 7702.7 的规定，pH 值按 GB/T 7702.16 的规定。

## 7.5.4 控制柜及配电柜

7.5.4.1 自动化控制柜按 GB/T 37391 的规定。

7.5.4.2 低压配电柜按 GB/T 7251.2 的规定。

# 8 检验规则

## 8.1 检验分类

PSA 制氮装置检验分为出厂检验和型式检验，检验项目见表 12。

表 12 检验项目

| 序号 | 检验项目 |        |           | 检验类型 |      | 技术要求    | 检验和试验方法 |
|----|------|--------|-----------|------|------|---------|---------|
|    |      |        |           | 出厂检验 | 型式检验 |         |         |
| 1  | 基本要求 | 撬内组件安装 | 空气压缩机安装   | √    | √    | 6.1.1.1 | 7.2.1.1 |
| 2  |      |        | 工艺管道安装    | √    | √    | 6.1.1.2 | 7.2.1.2 |
| 3  |      |        | 过程仪表安装    | √    | √    | 6.1.1.3 | 7.2.1.3 |
| 4  |      |        | 控制柜、配电柜安装 | √    | √    | 6.1.1.4 | 7.2.1.4 |
| 5  |      |        | 电气布线系统安装  | √    | √    | 6.1.1.5 | 7.2.1.5 |
| 6  |      | 外观     | 外露部件      | √    | √    | 6.1.2.1 | 7.2.2.1 |
| 7  |      |        | 焊缝表面      | √    | √    | 6.1.2.2 | 7.2.2.1 |
| 8  |      |        | 管道排列      | √    | √    | 6.1.2.3 | 7.2.2.1 |
| 9  |      |        | 电缆排列      | √    | √    | 6.1.2.4 | 7.2.2.1 |
| 10 |      |        | 表面油脂残留    | √    | √    | 6.1.2.5 | 7.2.2.2 |
| 11 |      |        | 涂装        | √    | √    | 6.1.2.6 | 7.2.2.3 |

表 12 检验项目（续）

| 序号 | 检验项目    |         |          | 检验类型 |      | 技术要求    | 检验和试验方法 |
|----|---------|---------|----------|------|------|---------|---------|
|    |         |         |          | 出厂检验 | 型式检验 |         |         |
| 12 | 基本要求    | 气密性     | —        | √    | √    | 6.1.3   | 7.2.3   |
| 13 |         | 加工空气品质  | 压力       | √    | √    | 6.1.4   | 7.2.4.1 |
| 14 |         |         | 温度       | √    | √    | 6.1.4   | 7.2.4.2 |
| 15 |         |         | 露点       | √    | √    | 6.1.4   | 7.2.4.3 |
| 16 |         |         | 含油量      | √    | √    | 6.1.4   | 7.2.4.4 |
| 17 | 性能要求    | 产能      | 额定产能     | √    | √    | 6.2.1.1 | 7.3.1.1 |
| 18 |         |         | 最低产能     | √    | √    | 6.2.1.2 | 7.3.1.2 |
| 19 |         | 产品氮气的品质 | 氮气纯度     | √    | √    | 6.2.2.1 | 7.3.2.1 |
| 20 |         |         | 压力露点     | √    | √    | 6.2.2.2 | 7.3.2.2 |
| 21 |         |         | 含尘粒径     | √    | √    | 6.2.2.3 | 7.3.2.3 |
| 22 |         |         | 氮气温度     | √    | √    | 6.2.2.4 | 7.3.2.4 |
| 23 |         |         | 氮气压力     | √    | √    | 6.2.2.5 | 7.3.2.5 |
| 24 |         | 能效      | 启动时间     | √    | √    | 6.2.3.1 | 7.3.3.1 |
| 25 |         |         | 系统压降     | √    | √    | 6.2.3.2 | 7.3.3.2 |
| 26 |         |         | 空氮比      | √    | √    | 6.2.3.3 | 7.3.3.3 |
| 27 |         |         | 单位电耗     | √    | √    | 6.2.3.4 | 7.3.3.4 |
| 28 | 安全与环保要求 | 安全      | —        | √    | √    | 6.3.1   | 7.4.1   |
| 29 |         | 环保      | —        | √    | √    | 6.3.2   | 7.4.2   |
| 30 | 重要零部件要求 | 压力容器    | 储罐类压力容器  | √    | √    | 6.4.1.1 | 7.5.1.1 |
| 31 |         |         | 简单疲劳设计容器 | √    | √    | 6.4.1.2 | 7.5.1.2 |
| 32 |         |         | 疲劳设计压力容器 | √    | √    | 6.4.1.3 | 7.5.1.3 |
| 33 |         |         | 安全附件     | √    | √    | 6.4.1.4 | 7.5.1.4 |
| 34 |         | 过程设备    | 空气压缩机    | √    | √    | 6.4.2.1 | 7.5.2.1 |
| 35 |         |         | 气液分离器    | ×    | √    | 6.4.2.2 | 7.5.2.2 |
| 36 |         |         | 精过滤器     | ×    | √    | 6.4.2.2 | 7.5.2.3 |
| 37 |         |         | 高精过滤器    | ×    | √    | 6.4.2.2 | 7.5.2.3 |
| 38 |         |         | 超精过滤器    | ×    | √    | 6.4.2.2 | 7.5.2.3 |
| 39 |         |         | 活性炭过滤器   | ×    | √    | 6.4.2.2 | 7.5.2.4 |
| 40 |         |         | 冷冻式干燥机   | √    | √    | 6.4.2.3 | 7.5.2.5 |
| 41 |         |         | 吸附式干燥机   | √    | √    | 6.4.2.4 | 7.5.2.6 |
| 42 |         | 吸附材料    | 碳分子筛     | ×    | √    | 6.4.3.1 | 7.5.3.1 |
| 43 |         |         | 活性氧化铝    | ×    | √    | 6.4.3.2 | 7.5.3.2 |
| 44 |         |         | 活性炭      | ×    | √    | 6.4.3.3 | 7.5.3.3 |
| 45 |         | 控制柜及配电柜 | 自动化控制柜   | √    | √    | 6.4.4.1 | 7.5.4.1 |
| 46 |         |         | 低压配电柜    | √    | √    | 6.4.4.2 | 7.5.4.2 |

注：“√”表示应检验项目，“×”表示不进行检验项目。

## 8.2 出厂检验

每台产品应经产品质量检验部门检验合格，并附上产品合格证明文件后方可出厂。

## 8.3 型式检验

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定和原有产品转厂生产；
- b) 结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 产品停产 1 年后，恢复生产；
- d) 批量生产，周期性检验；
- e) 出厂检验与上次型式试验有较大差异。

## 8.4 抽样规则

批量生产的 PSA 制氮装置应按批抽检进行型式检验，如抽检不合格，应加倍抽检。若仍有一台不合格，则应全检。每生产 10 台，应抽检 1 台，不足 10 台的也应抽检 1 台。

## 8.5 判定规则

8.5.1 出厂检验所有检验项目均合格时，则判定合格。有一项或一项以上项目不合格时，可在采取措施后进行复验。若复验符合要求，则出厂检验判定为合格；若复验仍有不符合要求的项目，则出厂检验判定为不合格。

8.5.2 型式检验的项目均符合要求时，则型式检验判定为合格。有一项或一项以上项目不合格时，可在采取措施后进行复验。若复验符合要求，则型式检验判定为合格；若复验仍有不符合要求的项目，则型式检验判定为不合格。

# 9 标志、包装、运输和贮存

## 9.1 标志

9.1.1 PSA 制氮装置应在明显部位固定产品标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定。产品标牌内容应包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 主要性能参数；
- d) 出厂编号；
- e) 制造日期；
- f) 制造厂名称；
- g) 产品执行标准号。

9.1.2 包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

9.1.3 运输包装收发货标志应符合 GB/T 6388 的规定。

## 9.2 包装

9.2.1 产品的包装应符合 GB/T 13384 的规定。

9.2.2 出口产品的包装应符合 GB/T 19142 的规定。

9.2.3 包装箱内应附下列随机文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；

- c) 布置图、流程图;
- d) 压力容器质量证明书、竣工图;
- e) 备件明细表;
- f) 装箱单;
- g) 供需双方约定提供的其他文件、图样。

### 9.3 运输

产品在吊装过程中应有可靠的安全防护措施,产品在运输过程中应有可靠的固定措施。

### 9.4 贮存

制氮装置应存放在库房或有遮盖的场所内,场地应清洁、干燥、通风。

## 10 质量保证

10.1 PSA 制氮装置整体质保期出厂发货之日起 18 个月内,或调试验收合格之日起 12 个月内(以先到期者计),如在质保期内因设计、制造、安装以及材料不良方面出现的质量问题,导致损坏或不能正常运行时,制造厂应负责更换或修理(不包括易损易耗品)。

10.2 碳分子筛设计使用寿命不低于 10 年。

10.3 压力容器设计使用寿命不低于 15 年(具体按供需双方约定),吸附塔应做疲劳分析设计且循环次数足够覆盖设计使用寿命。

### 10.4 质保条件

10.4.1 严格遵守制造厂提供的有关资料进行装运、安装、操作、维修和保养。

10.4.2 使用制造厂许可的合格零配件。

附 录 A  
( 资料性 )  
型号表示方法

具体型号表示方法及含义见表 A.1。

表 A.1 型号含义及表示方法

| 含义   | 表示方法                                                                                                                                                                                                                                             |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 产品名称 | NPU 表示 PSA 制氮装置、NGU 表示 PSA 制氮机组，NG 表示 PSA 制氮主机                                                                                                                                                                                                   |
| 额定产能 | 取设计值，单位为 Nm <sup>3</sup> /h                                                                                                                                                                                                                      |
| 氮气纯度 | 以 95、96、97、98、99、295、39、395、49、495、59、595 分别代表氮气纯度 95%、96%、97%、98%、99%、99.5%、99.9%、99.95%、99.99%、99.995%、99.999%、99.9995%                                                                                                                        |
| 吸附压力 | 取设计值（表压），单位为 bar                                                                                                                                                                                                                                 |
| 氮气压力 | 取设计值（表压），单位为 bar                                                                                                                                                                                                                                 |
| 产品型式 | 第 1 位为产品系列代号：由制造厂自定义；<br>第 2 位为技术类型代号：C 表示碳分子筛 PSA 制氮；<br>第 3 位为吸附塔数量代号：取实际值                                                                                                                                                                     |
| 产品分类 | 第 1 位为用途代号：G 表示通用，S 表示海洋（含船舶和海上石油平台），C 表示煤矿井下，O 表示陆地油气田，F 表示食品，M 表示药用，L 表示激光，Y 表示医用，J 表示军用。<br>第 2 位为结构形式代号：B 表示底盘橇装式，I 表示室内集装箱式，O 表示室外集装箱式，C 表示车载式，T 表示半挂车式。<br>第 3 位为场所代号：H 表示防爆场所，N 表示非防爆场所。<br>第 4 位为驱动形式代号：E 表示电动机，G 表示发动机，X 表示混合驱动、N 表示无此项 |

## 附 录 B

(规范性)

## 规定工况下 PSA 制氮装置的单位电耗要求

**B.1** 在规定工况下, PSA 制氮装置的单位电耗应不大于表 B.1~表 B.12 的规定值, 当 GB 19153 更新时, 表 B.1~表 B.12 中的单位电耗规定值应同步更新。

注: 表中的冷却方式, A 为空冷、W 为水冷。

**B.2** 在规定工况下, PSA 制氮装置的单位电耗按公式 (B.1) 计算求得。

$$N_p = \frac{N_c + N_d}{60} \times (A/N) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$N_p$ ——PSA 制氮装置的单位电耗, 单位为千瓦时/标准立方米 ( $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{Nm}^3$ );

$A/N$ ——空氮比, 按表 6 选取;

$N_c$ ——空气压缩机的比功率, 按 GB 19153 表 2 中 1 级能效等级选取, 单位为千瓦每标准立方米每分钟  $\text{kW}/(\text{Nm}^3/\text{min})$ ;

$N_d$ ——冷冻式干燥的比功率, 按表 7 选取并修正为本文件规定工况下的值, 单位为千瓦每标准立方米每分钟  $\text{kW}/(\text{Nm}^3/\text{min})$ 。

其中:

$N_c$  对应的排气压力按公式 (B.2) 选取:

$$P_{\text{out}} \geq P_N + \delta \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$P_{\text{out}}$ ——空气压缩机的排气压力, 单位为兆帕 (MPa);

$P_N$ ——氮气压力, 单位为兆帕 (MPa);

$\delta$ ——系统压降, 取 0.1MPa。

表 B.1 在 95%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2094                       | 0.2221 | 0.2412 | 0.2569 | 0.2724 | 0.2958 | 0.2818 | 0.2989 | 0.3245 | 0.3206 | 0.3401 | 0.3692 |
| 3 kW      | A        | 0.2012                       | 0.2134 | 0.2317 | 0.2486 | 0.2637 | 0.2863 | 0.2708 | 0.2872 | 0.3118 | 0.3041 | 0.3226 | 0.3502 |
| 4 kW      | A        | 0.1902                       | 0.2017 | 0.2190 | 0.2376 | 0.2520 | 0.2736 | 0.2570 | 0.2726 | 0.2960 | 0.2931 | 0.3109 | 0.3375 |
| 5.5 kW    | A        | 0.1847                       | 0.1959 | 0.2127 | 0.2294 | 0.2433 | 0.2641 | 0.2488 | 0.2639 | 0.2865 | 0.2794 | 0.2963 | 0.3217 |
| 7.5 kW    | A        | 0.1792                       | 0.1901 | 0.2063 | 0.2211 | 0.2345 | 0.2546 | 0.2405 | 0.2551 | 0.2770 | 0.2684 | 0.2846 | 0.3090 |
| 11 kW     | A        | 0.1709                       | 0.1813 | 0.1968 | 0.2101 | 0.2228 | 0.2419 | 0.2268 | 0.2405 | 0.2612 | 0.2574 | 0.2730 | 0.2964 |
| 15 kW     | A        | 0.1654                       | 0.1755 | 0.1905 | 0.2046 | 0.2170 | 0.2356 | 0.2185 | 0.2318 | 0.2517 | 0.2491 | 0.2642 | 0.2869 |
| 18.5 kW   | A        | 0.1627                       | 0.1726 | 0.1873 | 0.1964 | 0.2083 | 0.2261 | 0.2103 | 0.2230 | 0.2422 | 0.2409 | 0.2555 | 0.2774 |
| 22 kW     | A        | 0.1580                       | 0.1675 | 0.1819 | 0.1914 | 0.2030 | 0.2204 | 0.2053 | 0.2177 | 0.2364 | 0.2330 | 0.2471 | 0.2683 |
|           | W        | 0.1510                       | 0.1601 | 0.1739 | 0.1815 | 0.1925 | 0.2090 | 0.1953 | 0.2072 | 0.2249 | 0.2230 | 0.2365 | 0.2568 |
| 30 kW     | A        | 0.1552                       | 0.1646 | 0.1787 | 0.1859 | 0.1972 | 0.2141 | 0.1998 | 0.2119 | 0.2301 | 0.2248 | 0.2384 | 0.2588 |
|           | W        | 0.1482                       | 0.1572 | 0.1707 | 0.1760 | 0.1867 | 0.2027 | 0.1898 | 0.2013 | 0.2186 | 0.2147 | 0.2277 | 0.2473 |
| 37 kW     | A        | 0.1525                       | 0.1617 | 0.1756 | 0.1832 | 0.1943 | 0.2109 | 0.1970 | 0.2090 | 0.2269 | 0.2193 | 0.2325 | 0.2525 |
|           | W        | 0.1455                       | 0.1543 | 0.1675 | 0.1733 | 0.1838 | 0.1995 | 0.1871 | 0.1984 | 0.2154 | 0.2092 | 0.2219 | 0.2409 |
| 45 kW     | A        | 0.1497                       | 0.1588 | 0.1724 | 0.1804 | 0.1913 | 0.2077 | 0.1943 | 0.2061 | 0.2237 | 0.2165 | 0.2296 | 0.2493 |
|           | W        | 0.1427                       | 0.1514 | 0.1644 | 0.1705 | 0.1808 | 0.1963 | 0.1843 | 0.1955 | 0.2123 | 0.2065 | 0.2190 | 0.2378 |
| 55 kW     | A        | 0.1470                       | 0.1559 | 0.1692 | 0.1777 | 0.1884 | 0.2046 | 0.1915 | 0.2031 | 0.2206 | 0.2138 | 0.2267 | 0.2461 |
|           | W        | 0.1400                       | 0.1485 | 0.1612 | 0.1678 | 0.1779 | 0.1932 | 0.1816 | 0.1926 | 0.2091 | 0.2037 | 0.2161 | 0.2346 |
| 75 kW     | A        | 0.1415                       | 0.1500 | 0.1629 | 0.1749 | 0.1855 | 0.2014 | 0.1860 | 0.1973 | 0.2142 | 0.2083 | 0.2209 | 0.2398 |
|           | W        | 0.1345                       | 0.1426 | 0.1549 | 0.1678 | 0.1779 | 0.1932 | 0.1788 | 0.1897 | 0.2059 | 0.1982 | 0.2102 | 0.2283 |
| 90 kW     | A        | 0.1415                       | 0.1500 | 0.1629 | 0.1722 | 0.1826 | 0.1982 | 0.1833 | 0.1944 | 0.2111 | 0.2055 | 0.2180 | 0.2366 |
|           | W        | 0.1345                       | 0.1426 | 0.1549 | 0.1650 | 0.1750 | 0.1900 | 0.1761 | 0.1868 | 0.2028 | 0.1955 | 0.2073 | 0.2251 |
| 110 kW    | A        | 0.1387                       | 0.1471 | 0.1597 | 0.1694 | 0.1797 | 0.1951 | 0.1805 | 0.1915 | 0.2079 | 0.2028 | 0.2150 | 0.2335 |
|           | W        | 0.1317                       | 0.1397 | 0.1517 | 0.1623 | 0.1721 | 0.1868 | 0.1733 | 0.1838 | 0.1996 | 0.1927 | 0.2044 | 0.2219 |
| 132 kW    | A        | 0.1387                       | 0.1471 | 0.1597 | 0.1694 | 0.1797 | 0.1951 | 0.1805 | 0.1915 | 0.2079 | 0.2028 | 0.2150 | 0.2335 |
|           | W        | 0.1317                       | 0.1397 | 0.1517 | 0.1623 | 0.1721 | 0.1868 | 0.1733 | 0.1838 | 0.1996 | 0.1927 | 0.2044 | 0.2219 |
| 160 kW    | A        | 0.1387                       | 0.1471 | 0.1597 | 0.1667 | 0.1768 | 0.1919 | 0.1778 | 0.1886 | 0.2047 | 0.2000 | 0.2121 | 0.2303 |
|           | W        | 0.1317                       | 0.1397 | 0.1517 | 0.1595 | 0.1692 | 0.1837 | 0.1706 | 0.1809 | 0.1964 | 0.1900 | 0.2015 | 0.2188 |
| 200 kW    | A        | 0.1360                       | 0.1442 | 0.1566 | 0.1667 | 0.1768 | 0.1919 | 0.1778 | 0.1886 | 0.2047 | 0.2000 | 0.2121 | 0.2303 |
|           | W        | 0.1290                       | 0.1368 | 0.1485 | 0.1595 | 0.1692 | 0.1837 | 0.1706 | 0.1809 | 0.1964 | 0.1900 | 0.2015 | 0.2188 |
| 250 kW    | A        | 0.1360                       | 0.1442 | 0.1566 | 0.1639 | 0.1738 | 0.1887 | 0.1750 | 0.1856 | 0.2016 | 0.1973 | 0.2092 | 0.2271 |
|           | W        | 0.1290                       | 0.1368 | 0.1485 | 0.1568 | 0.1663 | 0.1805 | 0.1678 | 0.1780 | 0.1933 | 0.1872 | 0.1986 | 0.2156 |
| 315 kW    | A        | 0.1360                       | 0.1442 | 0.1566 | 0.1639 | 0.1738 | 0.1887 | 0.1750 | 0.1856 | 0.2016 | 0.1973 | 0.2092 | 0.2271 |
|           | W        | 0.1290                       | 0.1368 | 0.1485 | 0.1568 | 0.1663 | 0.1805 | 0.1678 | 0.1780 | 0.1933 | 0.1872 | 0.1986 | 0.2156 |

表 B.2 在 96%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2221                       | 0.2348 | 0.2539 | 0.2724 | 0.2880 | 0.3113 | 0.2989 | 0.3160 | 0.3416 | 0.3401 | 0.3595 | 0.3886 |
| 3 kW      | A        | 0.2134                       | 0.2256 | 0.2439 | 0.2637 | 0.2787 | 0.3013 | 0.2872 | 0.3036 | 0.3282 | 0.3226 | 0.3410 | 0.3686 |
| 4 kW      | A        | 0.2017                       | 0.2132 | 0.2305 | 0.2520 | 0.2664 | 0.2880 | 0.2726 | 0.2882 | 0.3116 | 0.3109 | 0.3287 | 0.3553 |
| 5.5 kW    | A        | 0.1959                       | 0.2071 | 0.2239 | 0.2433 | 0.2572 | 0.2780 | 0.2639 | 0.2790 | 0.3016 | 0.2963 | 0.3132 | 0.3386 |
| 7.5 kW    | A        | 0.1901                       | 0.2009 | 0.2172 | 0.2345 | 0.2479 | 0.2680 | 0.2551 | 0.2697 | 0.2916 | 0.2846 | 0.3009 | 0.3253 |
| 11 kW     | A        | 0.1813                       | 0.1917 | 0.2072 | 0.2228 | 0.2356 | 0.2547 | 0.2405 | 0.2543 | 0.2749 | 0.2730 | 0.2886 | 0.3120 |
| 15 kW     | A        | 0.1755                       | 0.1855 | 0.2005 | 0.2170 | 0.2294 | 0.2480 | 0.2318 | 0.2450 | 0.2649 | 0.2642 | 0.2793 | 0.3020 |
| 18.5 kW   | A        | 0.1726                       | 0.1824 | 0.1972 | 0.2083 | 0.2202 | 0.2380 | 0.2230 | 0.2358 | 0.2549 | 0.2555 | 0.2701 | 0.2920 |
| 22 kW     | A        | 0.1675                       | 0.1771 | 0.1915 | 0.2030 | 0.2146 | 0.2320 | 0.2177 | 0.2302 | 0.2488 | 0.2471 | 0.2612 | 0.2824 |
|           | W        | 0.1601                       | 0.1693 | 0.1830 | 0.1925 | 0.2035 | 0.2200 | 0.2072 | 0.2190 | 0.2368 | 0.2365 | 0.2500 | 0.2703 |
| 30 kW     | A        | 0.1646                       | 0.1740 | 0.1881 | 0.1972 | 0.2084 | 0.2253 | 0.2119 | 0.2240 | 0.2422 | 0.2384 | 0.2520 | 0.2724 |
|           | W        | 0.1572                       | 0.1662 | 0.1797 | 0.1867 | 0.1973 | 0.2133 | 0.2013 | 0.2128 | 0.2301 | 0.2277 | 0.2407 | 0.2603 |
| 37 kW     | A        | 0.1617                       | 0.1709 | 0.1848 | 0.1943 | 0.2054 | 0.2220 | 0.2090 | 0.2209 | 0.2388 | 0.2325 | 0.2458 | 0.2658 |
|           | W        | 0.1543                       | 0.1631 | 0.1763 | 0.1838 | 0.1943 | 0.2100 | 0.1984 | 0.2098 | 0.2268 | 0.2219 | 0.2346 | 0.2536 |
| 45 kW     | A        | 0.1588                       | 0.1679 | 0.1815 | 0.1913 | 0.2023 | 0.2187 | 0.2061 | 0.2178 | 0.2355 | 0.2296 | 0.2427 | 0.2624 |
|           | W        | 0.1514                       | 0.1600 | 0.1730 | 0.1808 | 0.1912 | 0.2067 | 0.1955 | 0.2067 | 0.2234 | 0.2190 | 0.2315 | 0.2503 |
| 55 kW     | A        | 0.1559                       | 0.1648 | 0.1781 | 0.1884 | 0.1992 | 0.2153 | 0.2031 | 0.2147 | 0.2322 | 0.2267 | 0.2397 | 0.2591 |
|           | W        | 0.1485                       | 0.1569 | 0.1697 | 0.1779 | 0.1881 | 0.2033 | 0.1926 | 0.2036 | 0.2201 | 0.2161 | 0.2284 | 0.2469 |
| 75 kW     | A        | 0.1500                       | 0.1586 | 0.1715 | 0.1855 | 0.1961 | 0.2120 | 0.1973 | 0.2086 | 0.2255 | 0.2209 | 0.2335 | 0.2524 |
|           | W        | 0.1426                       | 0.1508 | 0.1630 | 0.1779 | 0.1881 | 0.2033 | 0.1897 | 0.2005 | 0.2168 | 0.2102 | 0.2222 | 0.2403 |
| 90 kW     | A        | 0.1500                       | 0.1586 | 0.1715 | 0.1826 | 0.1930 | 0.2087 | 0.1944 | 0.2055 | 0.2222 | 0.2180 | 0.2304 | 0.2491 |
|           | W        | 0.1426                       | 0.1508 | 0.1630 | 0.1750 | 0.1850 | 0.2000 | 0.1868 | 0.1974 | 0.2134 | 0.2073 | 0.2192 | 0.2369 |
| 110 kW    | A        | 0.1471                       | 0.1555 | 0.1681 | 0.1797 | 0.1899 | 0.2053 | 0.1915 | 0.2024 | 0.2188 | 0.2150 | 0.2273 | 0.2458 |
|           | W        | 0.1397                       | 0.1477 | 0.1597 | 0.1721 | 0.1819 | 0.1967 | 0.1838 | 0.1943 | 0.2101 | 0.2044 | 0.2161 | 0.2336 |
| 132 kW    | A        | 0.1471                       | 0.1555 | 0.1681 | 0.1797 | 0.1899 | 0.2053 | 0.1915 | 0.2024 | 0.2188 | 0.2150 | 0.2273 | 0.2458 |
|           | W        | 0.1397                       | 0.1477 | 0.1597 | 0.1721 | 0.1819 | 0.1967 | 0.1838 | 0.1943 | 0.2101 | 0.2044 | 0.2161 | 0.2336 |
| 160 kW    | A        | 0.1471                       | 0.1555 | 0.1681 | 0.1768 | 0.1869 | 0.2020 | 0.1886 | 0.1993 | 0.2155 | 0.2121 | 0.2242 | 0.2424 |
|           | W        | 0.1397                       | 0.1477 | 0.1597 | 0.1692 | 0.1788 | 0.1933 | 0.1809 | 0.1913 | 0.2068 | 0.2015 | 0.2130 | 0.2303 |
| 200 kW    | A        | 0.1442                       | 0.1524 | 0.1648 | 0.1768 | 0.1869 | 0.2020 | 0.1886 | 0.1993 | 0.2155 | 0.2121 | 0.2242 | 0.2424 |
|           | W        | 0.1368                       | 0.1446 | 0.1563 | 0.1692 | 0.1788 | 0.1933 | 0.1809 | 0.1913 | 0.2068 | 0.2015 | 0.2130 | 0.2303 |
| 250 kW    | A        | 0.1442                       | 0.1524 | 0.1648 | 0.1738 | 0.1838 | 0.1987 | 0.1856 | 0.1962 | 0.2122 | 0.2092 | 0.2212 | 0.2391 |
|           | W        | 0.1368                       | 0.1446 | 0.1563 | 0.1663 | 0.1758 | 0.1900 | 0.1780 | 0.1882 | 0.2034 | 0.1986 | 0.2099 | 0.2269 |
| 315 kW    | A        | 0.1442                       | 0.1524 | 0.1648 | 0.1738 | 0.1838 | 0.1987 | 0.1856 | 0.1962 | 0.2122 | 0.2092 | 0.2212 | 0.2391 |
|           | W        | 0.1368                       | 0.1446 | 0.1563 | 0.1663 | 0.1758 | 0.1900 | 0.1780 | 0.1882 | 0.2034 | 0.1986 | 0.2099 | 0.2269 |

表 B.3 在 97%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2412                       | 0.2475 | 0.2729 | 0.2958 | 0.3036 | 0.3347 | 0.3245 | 0.3330 | 0.3672 | 0.3692 | 0.3789 | 0.4178 |
| 3 kW      | A        | 0.2317                       | 0.2378 | 0.2622 | 0.2863 | 0.2938 | 0.3239 | 0.3118 | 0.3200 | 0.3529 | 0.3502 | 0.3594 | 0.3963 |
| 4 kW      | A        | 0.2190                       | 0.2248 | 0.2478 | 0.2736 | 0.2808 | 0.3096 | 0.2960 | 0.3038 | 0.3349 | 0.3375 | 0.3464 | 0.3820 |
| 5.5 kW    | A        | 0.2127                       | 0.2183 | 0.2407 | 0.2641 | 0.2711 | 0.2989 | 0.2865 | 0.2940 | 0.3242 | 0.3217 | 0.3302 | 0.3640 |
| 7.5 kW    | A        | 0.2063                       | 0.2118 | 0.2335 | 0.2546 | 0.2613 | 0.2881 | 0.2770 | 0.2843 | 0.3134 | 0.3090 | 0.3172 | 0.3497 |
| 11 kW     | A        | 0.1968                       | 0.2020 | 0.2227 | 0.2419 | 0.2483 | 0.2738 | 0.2612 | 0.2680 | 0.2955 | 0.2964 | 0.3042 | 0.3354 |
| 15 kW     | A        | 0.1905                       | 0.1955 | 0.2156 | 0.2356 | 0.2418 | 0.2666 | 0.2517 | 0.2583 | 0.2848 | 0.2869 | 0.2944 | 0.3246 |
| 18.5 kW   | A        | 0.1873                       | 0.1923 | 0.2120 | 0.2261 | 0.2321 | 0.2559 | 0.2422 | 0.2485 | 0.2740 | 0.2774 | 0.2847 | 0.3139 |
| 22 kW     | A        | 0.1819                       | 0.1867 | 0.2058 | 0.2204 | 0.2262 | 0.2494 | 0.2364 | 0.2426 | 0.2675 | 0.2683 | 0.2754 | 0.3036 |
|           | W        | 0.1739                       | 0.1784 | 0.1967 | 0.2090 | 0.2145 | 0.2365 | 0.2249 | 0.2308 | 0.2545 | 0.2568 | 0.2635 | 0.2905 |
| 30 kW     | A        | 0.1787                       | 0.1834 | 0.2022 | 0.2141 | 0.2197 | 0.2422 | 0.2301 | 0.2361 | 0.2603 | 0.2588 | 0.2656 | 0.2929 |
|           | W        | 0.1707                       | 0.1752 | 0.1931 | 0.2027 | 0.2080 | 0.2293 | 0.2186 | 0.2243 | 0.2474 | 0.2473 | 0.2538 | 0.2798 |
| 37 kW     | A        | 0.1756                       | 0.1802 | 0.1987 | 0.2109 | 0.2165 | 0.2387 | 0.2269 | 0.2329 | 0.2567 | 0.2525 | 0.2591 | 0.2857 |
|           | W        | 0.1675                       | 0.1719 | 0.1896 | 0.1995 | 0.2048 | 0.2258 | 0.2154 | 0.2211 | 0.2438 | 0.2409 | 0.2473 | 0.2726 |
| 45 kW     | A        | 0.1724                       | 0.1769 | 0.1951 | 0.2077 | 0.2132 | 0.2351 | 0.2237 | 0.2296 | 0.2532 | 0.2493 | 0.2559 | 0.2821 |
|           | W        | 0.1644                       | 0.1687 | 0.1860 | 0.1963 | 0.2015 | 0.2222 | 0.2123 | 0.2178 | 0.2402 | 0.2378 | 0.2440 | 0.2690 |
| 55 kW     | A        | 0.1692                       | 0.1737 | 0.1915 | 0.2046 | 0.2100 | 0.2315 | 0.2206 | 0.2264 | 0.2496 | 0.2461 | 0.2526 | 0.2785 |
|           | W        | 0.1612                       | 0.1654 | 0.1824 | 0.1932 | 0.1983 | 0.2186 | 0.2091 | 0.2146 | 0.2366 | 0.2346 | 0.2408 | 0.2655 |
| 75 kW     | A        | 0.1629                       | 0.1672 | 0.1843 | 0.2014 | 0.2067 | 0.2279 | 0.2142 | 0.2199 | 0.2424 | 0.2398 | 0.2461 | 0.2714 |
|           | W        | 0.1549                       | 0.1589 | 0.1752 | 0.1932 | 0.1983 | 0.2186 | 0.2059 | 0.2113 | 0.2330 | 0.2283 | 0.2343 | 0.2583 |
| 90 kW     | A        | 0.1629                       | 0.1672 | 0.1843 | 0.1982 | 0.2035 | 0.2243 | 0.2111 | 0.2166 | 0.2388 | 0.2366 | 0.2429 | 0.2678 |
|           | W        | 0.1549                       | 0.1589 | 0.1752 | 0.1900 | 0.1950 | 0.2150 | 0.2028 | 0.2081 | 0.2294 | 0.2251 | 0.2310 | 0.2547 |
| 110 kW    | A        | 0.1597                       | 0.1639 | 0.1807 | 0.1951 | 0.2002 | 0.2207 | 0.2079 | 0.2134 | 0.2352 | 0.2335 | 0.2396 | 0.2642 |
|           | W        | 0.1517                       | 0.1557 | 0.1716 | 0.1868 | 0.1918 | 0.2114 | 0.1996 | 0.2048 | 0.2259 | 0.2219 | 0.2278 | 0.2511 |
| 132 kW    | A        | 0.1597                       | 0.1639 | 0.1807 | 0.1951 | 0.2002 | 0.2207 | 0.2079 | 0.2134 | 0.2352 | 0.2335 | 0.2396 | 0.2642 |
|           | W        | 0.1517                       | 0.1557 | 0.1716 | 0.1868 | 0.1918 | 0.2114 | 0.1996 | 0.2048 | 0.2259 | 0.2219 | 0.2278 | 0.2511 |
| 160 kW    | A        | 0.1597                       | 0.1639 | 0.1807 | 0.1919 | 0.1970 | 0.2172 | 0.2047 | 0.2101 | 0.2317 | 0.2303 | 0.2364 | 0.2606 |
|           | W        | 0.1517                       | 0.1557 | 0.1716 | 0.1837 | 0.1885 | 0.2078 | 0.1964 | 0.2016 | 0.2223 | 0.2188 | 0.2245 | 0.2475 |
| 200 kW    | A        | 0.1566                       | 0.1607 | 0.1772 | 0.1919 | 0.1970 | 0.2172 | 0.2047 | 0.2101 | 0.2317 | 0.2303 | 0.2364 | 0.2606 |
|           | W        | 0.1485                       | 0.1524 | 0.1681 | 0.1837 | 0.1885 | 0.2078 | 0.1964 | 0.2016 | 0.2223 | 0.2188 | 0.2245 | 0.2475 |
| 250 kW    | A        | 0.1566                       | 0.1607 | 0.1772 | 0.1887 | 0.1937 | 0.2136 | 0.2016 | 0.2069 | 0.2281 | 0.2271 | 0.2331 | 0.2570 |
|           | W        | 0.1485                       | 0.1524 | 0.1681 | 0.1805 | 0.1853 | 0.2043 | 0.1933 | 0.1983 | 0.2187 | 0.2156 | 0.2213 | 0.2440 |
| 315 kW    | A        | 0.1566                       | 0.1607 | 0.1772 | 0.1887 | 0.1937 | 0.2136 | 0.2016 | 0.2069 | 0.2281 | 0.2271 | 0.2331 | 0.2570 |
|           | W        | 0.1485                       | 0.1524 | 0.1681 | 0.1805 | 0.1853 | 0.2043 | 0.1933 | 0.1983 | 0.2187 | 0.2156 | 0.2213 | 0.2440 |

表 B.4 在 98%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2602                       | 0.2666 | 0.2919 | 0.3191 | 0.3269 | 0.3580 | 0.3501 | 0.3587 | 0.3928 | 0.3984 | 0.4081 | 0.4469 |
| 3 kW      | A        | 0.2500                       | 0.2561 | 0.2804 | 0.3089 | 0.3164 | 0.3465 | 0.3364 | 0.3447 | 0.3775 | 0.3779 | 0.3871 | 0.4239 |
| 4 kW      | A        | 0.2363                       | 0.2421 | 0.2651 | 0.2952 | 0.3024 | 0.3312 | 0.3194 | 0.3272 | 0.3583 | 0.3642 | 0.3731 | 0.4086 |
| 5.5 kW    | A        | 0.2295                       | 0.2351 | 0.2574 | 0.2850 | 0.2919 | 0.3197 | 0.3091 | 0.3167 | 0.3468 | 0.3471 | 0.3556 | 0.3894 |
| 7.5 kW    | A        | 0.2226                       | 0.2281 | 0.2498 | 0.2747 | 0.2814 | 0.3082 | 0.2989 | 0.3062 | 0.3353 | 0.3334 | 0.3416 | 0.3741 |
| 11 kW     | A        | 0.2124                       | 0.2176 | 0.2383 | 0.2610 | 0.2674 | 0.2929 | 0.2818 | 0.2887 | 0.3161 | 0.3198 | 0.3276 | 0.3588 |
| 15 kW     | A        | 0.2055                       | 0.2106 | 0.2306 | 0.2542 | 0.2604 | 0.2852 | 0.2715 | 0.2782 | 0.3046 | 0.3095 | 0.3171 | 0.3473 |
| 18.5 kW   | A        | 0.2021                       | 0.2071 | 0.2268 | 0.2440 | 0.2499 | 0.2737 | 0.2613 | 0.2677 | 0.2931 | 0.2993 | 0.3066 | 0.3358 |
| 22 kW     | A        | 0.1963                       | 0.2010 | 0.2202 | 0.2378 | 0.2436 | 0.2668 | 0.2550 | 0.2613 | 0.2862 | 0.2895 | 0.2965 | 0.3248 |
|           | W        | 0.1876                       | 0.1922 | 0.2105 | 0.2255 | 0.2310 | 0.2530 | 0.2427 | 0.2486 | 0.2723 | 0.2770 | 0.2838 | 0.3108 |
| 30 kW     | A        | 0.1928                       | 0.1975 | 0.2164 | 0.2310 | 0.2366 | 0.2591 | 0.2482 | 0.2543 | 0.2785 | 0.2792 | 0.2860 | 0.3133 |
|           | W        | 0.1842                       | 0.1887 | 0.2066 | 0.2187 | 0.2240 | 0.2453 | 0.2359 | 0.2416 | 0.2646 | 0.2668 | 0.2733 | 0.2993 |
| 37 kW     | A        | 0.1894                       | 0.1940 | 0.2125 | 0.2276 | 0.2331 | 0.2553 | 0.2448 | 0.2508 | 0.2747 | 0.2724 | 0.2790 | 0.3056 |
|           | W        | 0.1807                       | 0.1852 | 0.2028 | 0.2153 | 0.2205 | 0.2415 | 0.2324 | 0.2381 | 0.2608 | 0.2599 | 0.2663 | 0.2916 |
| 45 kW     | A        | 0.1860                       | 0.1905 | 0.2087 | 0.2241 | 0.2296 | 0.2515 | 0.2414 | 0.2473 | 0.2708 | 0.2690 | 0.2755 | 0.3018 |
|           | W        | 0.1773                       | 0.1817 | 0.1990 | 0.2118 | 0.2170 | 0.2377 | 0.2290 | 0.2346 | 0.2569 | 0.2565 | 0.2628 | 0.2878 |
| 55 kW     | A        | 0.1826                       | 0.1870 | 0.2049 | 0.2207 | 0.2261 | 0.2476 | 0.2380 | 0.2438 | 0.2670 | 0.2656 | 0.2720 | 0.2980 |
|           | W        | 0.1739                       | 0.1782 | 0.1951 | 0.2084 | 0.2135 | 0.2338 | 0.2256 | 0.2311 | 0.2531 | 0.2531 | 0.2593 | 0.2840 |
| 75 kW     | A        | 0.1758                       | 0.1800 | 0.1972 | 0.2173 | 0.2226 | 0.2438 | 0.2311 | 0.2368 | 0.2593 | 0.2587 | 0.2650 | 0.2903 |
|           | W        | 0.1671                       | 0.1712 | 0.1875 | 0.2084 | 0.2135 | 0.2338 | 0.2222 | 0.2276 | 0.2493 | 0.2463 | 0.2523 | 0.2763 |
| 90 kW     | A        | 0.1758                       | 0.1800 | 0.1972 | 0.2139 | 0.2191 | 0.2400 | 0.2277 | 0.2333 | 0.2555 | 0.2553 | 0.2615 | 0.2865 |
|           | W        | 0.1671                       | 0.1712 | 0.1875 | 0.2050 | 0.2100 | 0.2300 | 0.2188 | 0.2241 | 0.2454 | 0.2429 | 0.2488 | 0.2725 |
| 110 kW    | A        | 0.1723                       | 0.1765 | 0.1934 | 0.2105 | 0.2156 | 0.2361 | 0.2243 | 0.2298 | 0.2517 | 0.2519 | 0.2580 | 0.2826 |
|           | W        | 0.1637                       | 0.1677 | 0.1836 | 0.2016 | 0.2065 | 0.2262 | 0.2154 | 0.2206 | 0.2416 | 0.2394 | 0.2453 | 0.2686 |
| 132 kW    | A        | 0.1723                       | 0.1765 | 0.1934 | 0.2105 | 0.2156 | 0.2361 | 0.2243 | 0.2298 | 0.2517 | 0.2519 | 0.2580 | 0.2826 |
|           | W        | 0.1637                       | 0.1677 | 0.1836 | 0.2016 | 0.2065 | 0.2262 | 0.2154 | 0.2206 | 0.2416 | 0.2394 | 0.2453 | 0.2686 |
| 160 kW    | A        | 0.1723                       | 0.1765 | 0.1934 | 0.2071 | 0.2121 | 0.2323 | 0.2209 | 0.2263 | 0.2478 | 0.2485 | 0.2545 | 0.2788 |
|           | W        | 0.1637                       | 0.1677 | 0.1836 | 0.1982 | 0.2030 | 0.2223 | 0.2119 | 0.2171 | 0.2378 | 0.2360 | 0.2418 | 0.2648 |
| 200 kW    | A        | 0.1689                       | 0.1730 | 0.1895 | 0.2071 | 0.2121 | 0.2323 | 0.2209 | 0.2263 | 0.2478 | 0.2485 | 0.2545 | 0.2788 |
|           | W        | 0.1602                       | 0.1642 | 0.1798 | 0.1982 | 0.2030 | 0.2223 | 0.2119 | 0.2171 | 0.2378 | 0.2360 | 0.2418 | 0.2648 |
| 250 kW    | A        | 0.1689                       | 0.1730 | 0.1895 | 0.2036 | 0.2086 | 0.2285 | 0.2175 | 0.2228 | 0.2440 | 0.2451 | 0.2510 | 0.2750 |
|           | W        | 0.1602                       | 0.1642 | 0.1798 | 0.1948 | 0.1995 | 0.2185 | 0.2085 | 0.2136 | 0.2339 | 0.2326 | 0.2383 | 0.2610 |
| 315 kW    | A        | 0.1689                       | 0.1730 | 0.1895 | 0.2036 | 0.2086 | 0.2285 | 0.2175 | 0.2228 | 0.2440 | 0.2451 | 0.2510 | 0.2750 |
|           | W        | 0.1602                       | 0.1642 | 0.1798 | 0.1948 | 0.1995 | 0.2185 | 0.2085 | 0.2136 | 0.2339 | 0.2326 | 0.2383 | 0.2610 |

表 B.5 在 99%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2729                       | 0.2856 | 0.3046 | 0.3347 | 0.3503 | 0.3736 | 0.3672 | 0.3843 | 0.4099 | 0.4178 | 0.4372 | 0.4664 |
| 3 kW      | A        | 0.2622                       | 0.2744 | 0.2926 | 0.3239 | 0.3390 | 0.3616 | 0.3529 | 0.3693 | 0.3939 | 0.3963 | 0.4147 | 0.4424 |
| 4 kW      | A        | 0.2478                       | 0.2594 | 0.2766 | 0.3096 | 0.3240 | 0.3456 | 0.3349 | 0.3505 | 0.3739 | 0.3820 | 0.3997 | 0.4264 |
| 5.5 kW    | A        | 0.2407                       | 0.2519 | 0.2686 | 0.2989 | 0.3128 | 0.3336 | 0.3242 | 0.3393 | 0.3619 | 0.3640 | 0.3810 | 0.4064 |
| 7.5 kW    | A        | 0.2335                       | 0.2444 | 0.2606 | 0.2881 | 0.3015 | 0.3216 | 0.3134 | 0.3280 | 0.3499 | 0.3497 | 0.3660 | 0.3904 |
| 11 kW     | A        | 0.2227                       | 0.2331 | 0.2486 | 0.2738 | 0.2865 | 0.3056 | 0.2955 | 0.3093 | 0.3299 | 0.3354 | 0.3510 | 0.3744 |
| 15 kW     | A        | 0.2156                       | 0.2256 | 0.2406 | 0.2666 | 0.2790 | 0.2976 | 0.2848 | 0.2980 | 0.3179 | 0.3246 | 0.3397 | 0.3624 |
| 18.5 kW   | A        | 0.2120                       | 0.2219 | 0.2366 | 0.2559 | 0.2678 | 0.2856 | 0.2740 | 0.2868 | 0.3059 | 0.3139 | 0.3285 | 0.3504 |
| 22 kW     | A        | 0.2058                       | 0.2154 | 0.2298 | 0.2494 | 0.2610 | 0.2784 | 0.2675 | 0.2799 | 0.2986 | 0.3036 | 0.3177 | 0.3389 |
|           | W        | 0.1967                       | 0.2059 | 0.2196 | 0.2365 | 0.2475 | 0.2640 | 0.2545 | 0.2664 | 0.2841 | 0.2905 | 0.3041 | 0.3243 |
| 30 kW     | A        | 0.2022                       | 0.2117 | 0.2258 | 0.2422 | 0.2535 | 0.2704 | 0.2603 | 0.2724 | 0.2906 | 0.2929 | 0.3065 | 0.3269 |
|           | W        | 0.1931                       | 0.2021 | 0.2156 | 0.2293 | 0.2400 | 0.2560 | 0.2474 | 0.2589 | 0.2761 | 0.2798 | 0.2928 | 0.3123 |
| 37 kW     | A        | 0.1987                       | 0.2079 | 0.2218 | 0.2387 | 0.2498 | 0.2664 | 0.2567 | 0.2687 | 0.2866 | 0.2857 | 0.2990 | 0.3189 |
|           | W        | 0.1896                       | 0.1984 | 0.2116 | 0.2258 | 0.2363 | 0.2520 | 0.2438 | 0.2551 | 0.2721 | 0.2726 | 0.2853 | 0.3043 |
| 45 kW     | A        | 0.1951                       | 0.2042 | 0.2178 | 0.2351 | 0.2460 | 0.2624 | 0.2532 | 0.2649 | 0.2826 | 0.2821 | 0.2952 | 0.3149 |
|           | W        | 0.1860                       | 0.1946 | 0.2076 | 0.2222 | 0.2325 | 0.2480 | 0.2402 | 0.2514 | 0.2681 | 0.2690 | 0.2816 | 0.3003 |
| 55 kW     | A        | 0.1915                       | 0.2004 | 0.2138 | 0.2315 | 0.2423 | 0.2584 | 0.2496 | 0.2612 | 0.2786 | 0.2785 | 0.2915 | 0.3109 |
|           | W        | 0.1824                       | 0.1909 | 0.2036 | 0.2186 | 0.2288 | 0.2440 | 0.2366 | 0.2476 | 0.2641 | 0.2655 | 0.2778 | 0.2963 |
| 75 kW     | A        | 0.1843                       | 0.1929 | 0.2058 | 0.2279 | 0.2385 | 0.2544 | 0.2424 | 0.2537 | 0.2706 | 0.2714 | 0.2840 | 0.3029 |
|           | W        | 0.1752                       | 0.1834 | 0.1956 | 0.2186 | 0.2288 | 0.2440 | 0.2330 | 0.2439 | 0.2601 | 0.2583 | 0.2703 | 0.2883 |
| 90 kW     | A        | 0.1843                       | 0.1929 | 0.2058 | 0.2243 | 0.2348 | 0.2504 | 0.2388 | 0.2499 | 0.2666 | 0.2678 | 0.2802 | 0.2989 |
|           | W        | 0.1752                       | 0.1834 | 0.1956 | 0.2150 | 0.2250 | 0.2400 | 0.2294 | 0.2401 | 0.2561 | 0.2547 | 0.2666 | 0.2843 |
| 110 kW    | A        | 0.1807                       | 0.1892 | 0.2018 | 0.2207 | 0.2310 | 0.2464 | 0.2352 | 0.2462 | 0.2626 | 0.2642 | 0.2765 | 0.2949 |
|           | W        | 0.1716                       | 0.1796 | 0.1916 | 0.2114 | 0.2213 | 0.2360 | 0.2259 | 0.2364 | 0.2521 | 0.2511 | 0.2628 | 0.2803 |
| 132 kW    | A        | 0.1807                       | 0.1892 | 0.2018 | 0.2207 | 0.2310 | 0.2464 | 0.2352 | 0.2462 | 0.2626 | 0.2642 | 0.2765 | 0.2949 |
|           | W        | 0.1716                       | 0.1796 | 0.1916 | 0.2114 | 0.2213 | 0.2360 | 0.2259 | 0.2364 | 0.2521 | 0.2511 | 0.2628 | 0.2803 |
| 160 kW    | A        | 0.1807                       | 0.1892 | 0.2018 | 0.2172 | 0.2273 | 0.2424 | 0.2317 | 0.2424 | 0.2586 | 0.2606 | 0.2727 | 0.2909 |
|           | W        | 0.1716                       | 0.1796 | 0.1916 | 0.2078 | 0.2175 | 0.2320 | 0.2223 | 0.2326 | 0.2481 | 0.2475 | 0.2591 | 0.2763 |
| 200 kW    | A        | 0.1772                       | 0.1854 | 0.1978 | 0.2172 | 0.2273 | 0.2424 | 0.2317 | 0.2424 | 0.2586 | 0.2606 | 0.2727 | 0.2909 |
|           | W        | 0.1681                       | 0.1759 | 0.1876 | 0.2078 | 0.2175 | 0.2320 | 0.2223 | 0.2326 | 0.2481 | 0.2475 | 0.2591 | 0.2763 |
| 250 kW    | A        | 0.1772                       | 0.1854 | 0.1978 | 0.2136 | 0.2235 | 0.2384 | 0.2281 | 0.2387 | 0.2546 | 0.2570 | 0.2690 | 0.2869 |
|           | W        | 0.1681                       | 0.1759 | 0.1876 | 0.2043 | 0.2138 | 0.2280 | 0.2187 | 0.2289 | 0.2441 | 0.2440 | 0.2553 | 0.2723 |
| 315 kW    | A        | 0.1772                       | 0.1854 | 0.1978 | 0.2136 | 0.2235 | 0.2384 | 0.2281 | 0.2387 | 0.2546 | 0.2570 | 0.2690 | 0.2869 |
|           | W        | 0.1681                       | 0.1759 | 0.1876 | 0.2043 | 0.2138 | 0.2280 | 0.2187 | 0.2289 | 0.2441 | 0.2440 | 0.2553 | 0.2723 |

表 B.6 在 99.5%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.2983                       | 0.3110 | 0.3300 | 0.3658 | 0.3814 | 0.4047 | 0.4013 | 0.4184 | 0.4440 | 0.4567 | 0.4761 | 0.5052 |
| 3 kW      | A        | 0.2865                       | 0.2987 | 0.3170 | 0.3541 | 0.3691 | 0.3917 | 0.3857 | 0.4021 | 0.4267 | 0.4332 | 0.4516 | 0.4792 |
| 4 kW      | A        | 0.2709                       | 0.2824 | 0.2997 | 0.3384 | 0.3528 | 0.3744 | 0.3661 | 0.3817 | 0.4050 | 0.4175 | 0.4353 | 0.4619 |
| 5.5 kW    | A        | 0.2630                       | 0.2742 | 0.2910 | 0.3267 | 0.3406 | 0.3614 | 0.3543 | 0.3694 | 0.3920 | 0.3979 | 0.4148 | 0.4402 |
| 7.5 kW    | A        | 0.2552                       | 0.2661 | 0.2824 | 0.3149 | 0.3283 | 0.3484 | 0.3426 | 0.3572 | 0.3790 | 0.3822 | 0.3985 | 0.4229 |
| 11 kW     | A        | 0.2435                       | 0.2538 | 0.2694 | 0.2992 | 0.3120 | 0.3311 | 0.3230 | 0.3368 | 0.3574 | 0.3666 | 0.3822 | 0.4056 |
| 15 kW     | A        | 0.2356                       | 0.2457 | 0.2607 | 0.2914 | 0.3038 | 0.3224 | 0.3113 | 0.3245 | 0.3444 | 0.3548 | 0.3699 | 0.3926 |
| 18.5 kW   | A        | 0.2317                       | 0.2416 | 0.2564 | 0.2797 | 0.2916 | 0.3094 | 0.2995 | 0.3123 | 0.3314 | 0.3431 | 0.3577 | 0.3796 |
| 22 kW     | A        | 0.2250                       | 0.2345 | 0.2489 | 0.2726 | 0.2842 | 0.3016 | 0.2924 | 0.3048 | 0.3235 | 0.3319 | 0.3460 | 0.3672 |
|           | W        | 0.2150                       | 0.2242 | 0.2379 | 0.2585 | 0.2695 | 0.2860 | 0.2782 | 0.2900 | 0.3078 | 0.3176 | 0.3311 | 0.3513 |
| 30 kW     | A        | 0.2211                       | 0.2305 | 0.2446 | 0.2648 | 0.2760 | 0.2929 | 0.2845 | 0.2966 | 0.3148 | 0.3201 | 0.3337 | 0.3542 |
|           | W        | 0.2111                       | 0.2201 | 0.2336 | 0.2507 | 0.2613 | 0.2773 | 0.2704 | 0.2819 | 0.2991 | 0.3058 | 0.3188 | 0.3383 |
| 37 kW     | A        | 0.2171                       | 0.2264 | 0.2402 | 0.2609 | 0.2720 | 0.2886 | 0.2806 | 0.2926 | 0.3105 | 0.3123 | 0.3256 | 0.3455 |
|           | W        | 0.2072                       | 0.2160 | 0.2292 | 0.2468 | 0.2573 | 0.2730 | 0.2665 | 0.2778 | 0.2948 | 0.2980 | 0.3107 | 0.3297 |
| 45 kW     | A        | 0.2132                       | 0.2223 | 0.2359 | 0.2569 | 0.2679 | 0.2843 | 0.2767 | 0.2885 | 0.3061 | 0.3084 | 0.3215 | 0.3412 |
|           | W        | 0.2033                       | 0.2119 | 0.2249 | 0.2428 | 0.2532 | 0.2687 | 0.2625 | 0.2737 | 0.2905 | 0.2941 | 0.3066 | 0.3253 |
| 55 kW     | A        | 0.2093                       | 0.2182 | 0.2316 | 0.2530 | 0.2638 | 0.2799 | 0.2728 | 0.2844 | 0.3018 | 0.3044 | 0.3174 | 0.3368 |
|           | W        | 0.1994                       | 0.2078 | 0.2206 | 0.2389 | 0.2491 | 0.2643 | 0.2586 | 0.2696 | 0.2861 | 0.2901 | 0.3025 | 0.3210 |
| 75 kW     | A        | 0.2015                       | 0.2100 | 0.2229 | 0.2491 | 0.2597 | 0.2756 | 0.2650 | 0.2762 | 0.2931 | 0.2966 | 0.3092 | 0.3282 |
|           | W        | 0.1915                       | 0.1997 | 0.2119 | 0.2389 | 0.2491 | 0.2643 | 0.2547 | 0.2655 | 0.2818 | 0.2823 | 0.2943 | 0.3123 |
| 90 kW     | A        | 0.2015                       | 0.2100 | 0.2229 | 0.2452 | 0.2556 | 0.2713 | 0.2610 | 0.2721 | 0.2888 | 0.2927 | 0.3051 | 0.3238 |
|           | W        | 0.1915                       | 0.1997 | 0.2119 | 0.2350 | 0.2450 | 0.2600 | 0.2508 | 0.2615 | 0.2775 | 0.2784 | 0.2902 | 0.3080 |
| 110 kW    | A        | 0.1976                       | 0.2060 | 0.2186 | 0.2413 | 0.2515 | 0.2669 | 0.2571 | 0.2681 | 0.2845 | 0.2888 | 0.3011 | 0.3195 |
|           | W        | 0.1876                       | 0.1956 | 0.2076 | 0.2311 | 0.2409 | 0.2557 | 0.2469 | 0.2574 | 0.2731 | 0.2745 | 0.2862 | 0.3037 |
| 132 kW    | A        | 0.1976                       | 0.2060 | 0.2186 | 0.2413 | 0.2515 | 0.2669 | 0.2571 | 0.2681 | 0.2845 | 0.2888 | 0.3011 | 0.3195 |
|           | W        | 0.1876                       | 0.1956 | 0.2076 | 0.2311 | 0.2409 | 0.2557 | 0.2469 | 0.2574 | 0.2731 | 0.2745 | 0.2862 | 0.3037 |
| 160 kW    | A        | 0.1976                       | 0.2060 | 0.2186 | 0.2374 | 0.2475 | 0.2626 | 0.2532 | 0.2640 | 0.2801 | 0.2849 | 0.2970 | 0.3152 |
|           | W        | 0.1876                       | 0.1956 | 0.2076 | 0.2272 | 0.2368 | 0.2513 | 0.2430 | 0.2533 | 0.2688 | 0.2706 | 0.2821 | 0.2993 |
| 200 kW    | A        | 0.1936                       | 0.2019 | 0.2142 | 0.2374 | 0.2475 | 0.2626 | 0.2532 | 0.2640 | 0.2801 | 0.2849 | 0.2970 | 0.3152 |
|           | W        | 0.1837                       | 0.1915 | 0.2032 | 0.2272 | 0.2368 | 0.2513 | 0.2430 | 0.2533 | 0.2688 | 0.2706 | 0.2821 | 0.2993 |
| 250 kW    | A        | 0.1936                       | 0.2019 | 0.2142 | 0.2334 | 0.2434 | 0.2583 | 0.2493 | 0.2599 | 0.2758 | 0.2809 | 0.2929 | 0.3108 |
|           | W        | 0.1837                       | 0.1915 | 0.2032 | 0.2233 | 0.2328 | 0.2470 | 0.2390 | 0.2492 | 0.2645 | 0.2666 | 0.2780 | 0.2950 |
| 315 kW    | A        | 0.1936                       | 0.2019 | 0.2142 | 0.2334 | 0.2434 | 0.2583 | 0.2493 | 0.2599 | 0.2758 | 0.2809 | 0.2929 | 0.3108 |
|           | W        | 0.1837                       | 0.1915 | 0.2032 | 0.2233 | 0.2328 | 0.2470 | 0.2390 | 0.2492 | 0.2645 | 0.2666 | 0.2780 | 0.2950 |

表 B.7 在 99.9%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.3364                       | 0.3618 | 0.3935 | 0.4125 | 0.4437 | 0.4826 | 0.4526 | 0.4867 | 0.5294 | 0.5149 | 0.5538 | 0.6024 |
| 3 kW      | A        | 0.3231                       | 0.3475 | 0.3780 | 0.3993 | 0.4294 | 0.4671 | 0.4349 | 0.4677 | 0.5088 | 0.4884 | 0.5253 | 0.5714 |
| 4 kW      | A        | 0.3055                       | 0.3285 | 0.3573 | 0.3816 | 0.4104 | 0.4464 | 0.4128 | 0.4440 | 0.4829 | 0.4708 | 0.5063 | 0.5507 |
| 5.5 kW    | A        | 0.2966                       | 0.3190 | 0.3470 | 0.3684 | 0.3962 | 0.4309 | 0.3996 | 0.4297 | 0.4674 | 0.4487 | 0.4826 | 0.5249 |
| 7.5 kW    | A        | 0.2878                       | 0.3095 | 0.3367 | 0.3551 | 0.3819 | 0.4154 | 0.3863 | 0.4155 | 0.4519 | 0.4310 | 0.4636 | 0.5042 |
| 11 kW     | A        | 0.2745                       | 0.2953 | 0.3212 | 0.3374 | 0.3629 | 0.3947 | 0.3643 | 0.3917 | 0.4261 | 0.4134 | 0.4446 | 0.4836 |
| 15 kW     | A        | 0.2657                       | 0.2858 | 0.3108 | 0.3286 | 0.3534 | 0.3844 | 0.3510 | 0.3775 | 0.4106 | 0.4001 | 0.4303 | 0.4681 |
| 18.5 kW   | A        | 0.2613                       | 0.2810 | 0.3057 | 0.3154 | 0.3392 | 0.3689 | 0.3378 | 0.3632 | 0.3951 | 0.3869 | 0.4161 | 0.4526 |
| 22 kW     | A        | 0.2537                       | 0.2728 | 0.2968 | 0.3074 | 0.3306 | 0.3596 | 0.3297 | 0.3546 | 0.3857 | 0.3742 | 0.4025 | 0.4378 |
|           | W        | 0.2425                       | 0.2608 | 0.2837 | 0.2915 | 0.3135 | 0.3410 | 0.3137 | 0.3374 | 0.3670 | 0.3581 | 0.3851 | 0.4189 |
| 30 kW     | A        | 0.2493                       | 0.2681 | 0.2916 | 0.2986 | 0.3211 | 0.3493 | 0.3209 | 0.3451 | 0.3753 | 0.3610 | 0.3882 | 0.4223 |
|           | W        | 0.2381                       | 0.2560 | 0.2785 | 0.2827 | 0.3040 | 0.3307 | 0.3049 | 0.3279 | 0.3567 | 0.3449 | 0.3709 | 0.4034 |
| 37 kW     | A        | 0.2449                       | 0.2633 | 0.2864 | 0.2942 | 0.3164 | 0.3441 | 0.3164 | 0.3403 | 0.3702 | 0.3521 | 0.3787 | 0.4119 |
|           | W        | 0.2336                       | 0.2513 | 0.2733 | 0.2783 | 0.2993 | 0.3255 | 0.3005 | 0.3231 | 0.3515 | 0.3360 | 0.3614 | 0.3931 |
| 45 kW     | A        | 0.2404                       | 0.2586 | 0.2813 | 0.2897 | 0.3116 | 0.3389 | 0.3120 | 0.3356 | 0.3650 | 0.3477 | 0.3740 | 0.4068 |
|           | W        | 0.2292                       | 0.2465 | 0.2682 | 0.2738 | 0.2945 | 0.3203 | 0.2960 | 0.3184 | 0.3463 | 0.3316 | 0.3566 | 0.3879 |
| 55 kW     | A        | 0.2360                       | 0.2538 | 0.2761 | 0.2853 | 0.3069 | 0.3338 | 0.3076 | 0.3308 | 0.3598 | 0.3433 | 0.3692 | 0.4016 |
|           | W        | 0.2248                       | 0.2418 | 0.2630 | 0.2694 | 0.2898 | 0.3152 | 0.2916 | 0.3136 | 0.3412 | 0.3272 | 0.3519 | 0.3827 |
| 75 kW     | A        | 0.2272                       | 0.2443 | 0.2658 | 0.2809 | 0.3021 | 0.3286 | 0.2988 | 0.3213 | 0.3495 | 0.3345 | 0.3597 | 0.3913 |
|           | W        | 0.2160                       | 0.2323 | 0.2527 | 0.2694 | 0.2898 | 0.3152 | 0.2872 | 0.3089 | 0.3360 | 0.3184 | 0.3424 | 0.3724 |
| 90 kW     | A        | 0.2272                       | 0.2443 | 0.2658 | 0.2765 | 0.2974 | 0.3234 | 0.2944 | 0.3166 | 0.3443 | 0.3300 | 0.3550 | 0.3861 |
|           | W        | 0.2160                       | 0.2323 | 0.2527 | 0.2650 | 0.2850 | 0.3100 | 0.2828 | 0.3041 | 0.3308 | 0.3139 | 0.3376 | 0.3672 |
| 110 kW    | A        | 0.2228                       | 0.2396 | 0.2606 | 0.2721 | 0.2926 | 0.3183 | 0.2899 | 0.3118 | 0.3392 | 0.3256 | 0.3502 | 0.3809 |
|           | W        | 0.2116                       | 0.2275 | 0.2475 | 0.2606 | 0.2803 | 0.3048 | 0.2784 | 0.2994 | 0.3257 | 0.3095 | 0.3329 | 0.3621 |
| 132 kW    | A        | 0.2228                       | 0.2396 | 0.2606 | 0.2721 | 0.2926 | 0.3183 | 0.2899 | 0.3118 | 0.3392 | 0.3256 | 0.3502 | 0.3809 |
|           | W        | 0.2116                       | 0.2275 | 0.2475 | 0.2606 | 0.2803 | 0.3048 | 0.2784 | 0.2994 | 0.3257 | 0.3095 | 0.3329 | 0.3621 |
| 160 kW    | A        | 0.2228                       | 0.2396 | 0.2606 | 0.2677 | 0.2879 | 0.3131 | 0.2855 | 0.3071 | 0.3340 | 0.3212 | 0.3455 | 0.3758 |
|           | W        | 0.2116                       | 0.2275 | 0.2475 | 0.2562 | 0.2755 | 0.2997 | 0.2740 | 0.2946 | 0.3205 | 0.3051 | 0.3281 | 0.3569 |
| 200 kW    | A        | 0.2184                       | 0.2348 | 0.2554 | 0.2677 | 0.2879 | 0.3131 | 0.2855 | 0.3071 | 0.3340 | 0.3212 | 0.3455 | 0.3758 |
|           | W        | 0.2071                       | 0.2228 | 0.2423 | 0.2562 | 0.2755 | 0.2997 | 0.2740 | 0.2946 | 0.3205 | 0.3051 | 0.3281 | 0.3569 |
| 250 kW    | A        | 0.2184                       | 0.2348 | 0.2554 | 0.2632 | 0.2831 | 0.3079 | 0.2811 | 0.3023 | 0.3288 | 0.3168 | 0.3407 | 0.3706 |
|           | W        | 0.2071                       | 0.2228 | 0.2423 | 0.2518 | 0.2708 | 0.2945 | 0.2695 | 0.2899 | 0.3153 | 0.3007 | 0.3234 | 0.3517 |
| 315 kW    | A        | 0.2184                       | 0.2348 | 0.2554 | 0.2632 | 0.2831 | 0.3079 | 0.2811 | 0.3023 | 0.3288 | 0.3168 | 0.3407 | 0.3706 |
|           | W        | 0.2071                       | 0.2228 | 0.2423 | 0.2518 | 0.2708 | 0.2945 | 0.2695 | 0.2899 | 0.3153 | 0.3007 | 0.3234 | 0.3517 |

表 B.8 在 99.95%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.3618                       | 0.3808 | 0.4189 | 0.4437 | 0.4670 | 0.5137 | 0.4867 | 0.5124 | 0.5636 | 0.5538 | 0.5830 | 0.6413 |
| 3 kW      | A        | 0.3475                       | 0.3658 | 0.4024 | 0.4294 | 0.4520 | 0.4972 | 0.4677 | 0.4924 | 0.5416 | 0.5253 | 0.5530 | 0.6083 |
| 4 kW      | A        | 0.3285                       | 0.3458 | 0.3804 | 0.4104 | 0.4320 | 0.4752 | 0.4440 | 0.4674 | 0.5141 | 0.5063 | 0.5330 | 0.5863 |
| 5.5 kW    | A        | 0.3190                       | 0.3358 | 0.3694 | 0.3962 | 0.4170 | 0.4587 | 0.4297 | 0.4524 | 0.4976 | 0.4826 | 0.5080 | 0.5588 |
| 7.5 kW    | A        | 0.3095                       | 0.3258 | 0.3584 | 0.3819 | 0.4020 | 0.4422 | 0.4155 | 0.4374 | 0.4811 | 0.4636 | 0.4880 | 0.5368 |
| 11 kW     | A        | 0.2953                       | 0.3108 | 0.3419 | 0.3629 | 0.3820 | 0.4202 | 0.3917 | 0.4124 | 0.4536 | 0.4446 | 0.4680 | 0.5148 |
| 15 kW     | A        | 0.2858                       | 0.3008 | 0.3309 | 0.3534 | 0.3720 | 0.4092 | 0.3775 | 0.3974 | 0.4371 | 0.4303 | 0.4530 | 0.4983 |
| 18.5 kW   | A        | 0.2810                       | 0.2958 | 0.3254 | 0.3392 | 0.3570 | 0.3927 | 0.3632 | 0.3824 | 0.4206 | 0.4161 | 0.4380 | 0.4818 |
| 22 kW     | A        | 0.2728                       | 0.2872 | 0.3159 | 0.3306 | 0.3480 | 0.3828 | 0.3546 | 0.3732 | 0.4106 | 0.4025 | 0.4236 | 0.4660 |
|           | W        | 0.2608                       | 0.2745 | 0.3020 | 0.3135 | 0.3300 | 0.3630 | 0.3374 | 0.3552 | 0.3907 | 0.3851 | 0.4054 | 0.4459 |
| 30 kW     | A        | 0.2681                       | 0.2822 | 0.3104 | 0.3211 | 0.3380 | 0.3718 | 0.3451 | 0.3632 | 0.3996 | 0.3882 | 0.4086 | 0.4495 |
|           | W        | 0.2560                       | 0.2695 | 0.2965 | 0.3040 | 0.3200 | 0.3520 | 0.3279 | 0.3452 | 0.3797 | 0.3709 | 0.3904 | 0.4294 |
| 37 kW     | A        | 0.2633                       | 0.2772 | 0.3049 | 0.3164 | 0.3330 | 0.3663 | 0.3403 | 0.3582 | 0.3941 | 0.3787 | 0.3986 | 0.4385 |
|           | W        | 0.2513                       | 0.2645 | 0.2910 | 0.2993 | 0.3150 | 0.3465 | 0.3231 | 0.3402 | 0.3742 | 0.3614 | 0.3804 | 0.4184 |
| 45 kW     | A        | 0.2586                       | 0.2722 | 0.2994 | 0.3116 | 0.3280 | 0.3608 | 0.3356 | 0.3532 | 0.3886 | 0.3740 | 0.3936 | 0.4330 |
|           | W        | 0.2465                       | 0.2595 | 0.2855 | 0.2945 | 0.3100 | 0.3410 | 0.3184 | 0.3352 | 0.3687 | 0.3566 | 0.3754 | 0.4129 |
| 55 kW     | A        | 0.2538                       | 0.2672 | 0.2939 | 0.3069 | 0.3230 | 0.3553 | 0.3308 | 0.3482 | 0.3831 | 0.3692 | 0.3886 | 0.4275 |
|           | W        | 0.2418                       | 0.2545 | 0.2800 | 0.2898 | 0.3050 | 0.3355 | 0.3136 | 0.3302 | 0.3632 | 0.3519 | 0.3704 | 0.4074 |
| 75 kW     | A        | 0.2443                       | 0.2572 | 0.2829 | 0.3021 | 0.3180 | 0.3498 | 0.3213 | 0.3382 | 0.3721 | 0.3597 | 0.3786 | 0.4165 |
|           | W        | 0.2323                       | 0.2445 | 0.2690 | 0.2898 | 0.3050 | 0.3355 | 0.3089 | 0.3252 | 0.3577 | 0.3424 | 0.3604 | 0.3964 |
| 90 kW     | A        | 0.2443                       | 0.2572 | 0.2829 | 0.2974 | 0.3130 | 0.3443 | 0.3166 | 0.3332 | 0.3666 | 0.3550 | 0.3736 | 0.4110 |
|           | W        | 0.2323                       | 0.2445 | 0.2690 | 0.2850 | 0.3000 | 0.3300 | 0.3041 | 0.3202 | 0.3522 | 0.3376 | 0.3554 | 0.3909 |
| 110 kW    | A        | 0.2396                       | 0.2522 | 0.2774 | 0.2926 | 0.3080 | 0.3388 | 0.3118 | 0.3282 | 0.3611 | 0.3502 | 0.3686 | 0.4055 |
|           | W        | 0.2275                       | 0.2395 | 0.2635 | 0.2803 | 0.2950 | 0.3245 | 0.2994 | 0.3152 | 0.3467 | 0.3329 | 0.3504 | 0.3854 |
| 132 kW    | A        | 0.2396                       | 0.2522 | 0.2774 | 0.2926 | 0.3080 | 0.3388 | 0.3118 | 0.3282 | 0.3611 | 0.3502 | 0.3686 | 0.4055 |
|           | W        | 0.2275                       | 0.2395 | 0.2635 | 0.2803 | 0.2950 | 0.3245 | 0.2994 | 0.3152 | 0.3467 | 0.3329 | 0.3504 | 0.3854 |
| 160 kW    | A        | 0.2396                       | 0.2522 | 0.2774 | 0.2879 | 0.3030 | 0.3333 | 0.3071 | 0.3232 | 0.3556 | 0.3455 | 0.3636 | 0.4000 |
|           | W        | 0.2275                       | 0.2395 | 0.2635 | 0.2755 | 0.2900 | 0.3190 | 0.2946 | 0.3102 | 0.3412 | 0.3281 | 0.3454 | 0.3799 |
| 200 kW    | A        | 0.2348                       | 0.2472 | 0.2719 | 0.2879 | 0.3030 | 0.3333 | 0.3071 | 0.3232 | 0.3556 | 0.3455 | 0.3636 | 0.4000 |
|           | W        | 0.2228                       | 0.2345 | 0.2580 | 0.2755 | 0.2900 | 0.3190 | 0.2946 | 0.3102 | 0.3412 | 0.3281 | 0.3454 | 0.3799 |
| 250 kW    | A        | 0.2348                       | 0.2472 | 0.2719 | 0.2831 | 0.2980 | 0.3278 | 0.3023 | 0.3182 | 0.3501 | 0.3407 | 0.3586 | 0.3945 |
|           | W        | 0.2228                       | 0.2345 | 0.2580 | 0.2708 | 0.2850 | 0.3135 | 0.2899 | 0.3052 | 0.3357 | 0.3234 | 0.3404 | 0.3744 |
| 315 kW    | A        | 0.2348                       | 0.2472 | 0.2719 | 0.2831 | 0.2980 | 0.3278 | 0.3023 | 0.3182 | 0.3501 | 0.3407 | 0.3586 | 0.3945 |
|           | W        | 0.2228                       | 0.2345 | 0.2580 | 0.2708 | 0.2850 | 0.3135 | 0.2899 | 0.3052 | 0.3357 | 0.3234 | 0.3404 | 0.3744 |

表 B.9 在 99.99%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.4125                       | 0.4443 | 0.5077 | 0.5059 | 0.5448 | 0.6227 | 0.5551 | 0.5978 | 0.6831 | 0.6315 | 0.6801 | 0.7773 |
| 3 kW      | A        | 0.3963                       | 0.4268 | 0.4877 | 0.4897 | 0.5273 | 0.6027 | 0.5334 | 0.5744 | 0.6565 | 0.5990 | 0.6451 | 0.7373 |
| 4 kW      | A        | 0.3746                       | 0.4034 | 0.4611 | 0.4680 | 0.5040 | 0.5760 | 0.5063 | 0.5453 | 0.6231 | 0.5774 | 0.6218 | 0.7106 |
| 5.5 kW    | A        | 0.3638                       | 0.3918 | 0.4477 | 0.4518 | 0.4865 | 0.5560 | 0.4901 | 0.5278 | 0.6031 | 0.5503 | 0.5926 | 0.6773 |
| 7.5 kW    | A        | 0.3530                       | 0.3801 | 0.4344 | 0.4355 | 0.4690 | 0.5360 | 0.4738 | 0.5103 | 0.5831 | 0.5286 | 0.5693 | 0.6506 |
| 11 kW     | A        | 0.3367                       | 0.3626 | 0.4144 | 0.4138 | 0.4457 | 0.5093 | 0.4467 | 0.4811 | 0.5498 | 0.5070 | 0.5460 | 0.6239 |
| 15 kW     | A        | 0.3259                       | 0.3509 | 0.4011 | 0.4030 | 0.4340 | 0.4960 | 0.4305 | 0.4636 | 0.5298 | 0.4907 | 0.5285 | 0.6039 |
| 18.5 kW   | A        | 0.3205                       | 0.3451 | 0.3944 | 0.3868 | 0.4165 | 0.4760 | 0.4142 | 0.4461 | 0.5098 | 0.4745 | 0.5110 | 0.5839 |
| 22 kW     | A        | 0.3111                       | 0.3351 | 0.3829 | 0.3770 | 0.4060 | 0.4640 | 0.4043 | 0.4354 | 0.4977 | 0.4589 | 0.4942 | 0.5649 |
|           | W        | 0.2974                       | 0.3203 | 0.3660 | 0.3575 | 0.3850 | 0.4400 | 0.3847 | 0.4143 | 0.4735 | 0.4392 | 0.4730 | 0.5405 |
| 30 kW     | A        | 0.3057                       | 0.3292 | 0.3763 | 0.3662 | 0.3943 | 0.4507 | 0.3935 | 0.4238 | 0.4843 | 0.4427 | 0.4767 | 0.5449 |
|           | W        | 0.2920                       | 0.3144 | 0.3593 | 0.3467 | 0.3733 | 0.4267 | 0.3739 | 0.4027 | 0.4602 | 0.4229 | 0.4555 | 0.5205 |
| 37 kW     | A        | 0.3003                       | 0.3234 | 0.3696 | 0.3608 | 0.3885 | 0.4440 | 0.3881 | 0.4179 | 0.4777 | 0.4319 | 0.4651 | 0.5315 |
|           | W        | 0.2865                       | 0.3086 | 0.3527 | 0.3413 | 0.3675 | 0.4200 | 0.3685 | 0.3968 | 0.4535 | 0.4121 | 0.4438 | 0.5072 |
| 45 kW     | A        | 0.2949                       | 0.3176 | 0.3629 | 0.3553 | 0.3827 | 0.4373 | 0.3827 | 0.4121 | 0.4710 | 0.4264 | 0.4592 | 0.5249 |
|           | W        | 0.2811                       | 0.3028 | 0.3460 | 0.3358 | 0.3617 | 0.4133 | 0.3631 | 0.3910 | 0.4469 | 0.4067 | 0.4380 | 0.5005 |
| 55 kW     | A        | 0.2895                       | 0.3117 | 0.3563 | 0.3499 | 0.3768 | 0.4307 | 0.3773 | 0.4063 | 0.4643 | 0.4210 | 0.4534 | 0.5182 |
|           | W        | 0.2757                       | 0.2969 | 0.3393 | 0.3304 | 0.3558 | 0.4067 | 0.3577 | 0.3852 | 0.4402 | 0.4013 | 0.4321 | 0.4939 |
| 75 kW     | A        | 0.2786                       | 0.3001 | 0.3429 | 0.3445 | 0.3710 | 0.4240 | 0.3664 | 0.3946 | 0.4510 | 0.4102 | 0.4417 | 0.5049 |
|           | W        | 0.2649                       | 0.2853 | 0.3260 | 0.3304 | 0.3558 | 0.4067 | 0.3522 | 0.3793 | 0.4335 | 0.3904 | 0.4205 | 0.4805 |
| 90 kW     | A        | 0.2786                       | 0.3001 | 0.3429 | 0.3391 | 0.3652 | 0.4173 | 0.3610 | 0.3888 | 0.4443 | 0.4048 | 0.4359 | 0.4982 |
|           | W        | 0.2649                       | 0.2853 | 0.3260 | 0.3250 | 0.3500 | 0.4000 | 0.3468 | 0.3735 | 0.4269 | 0.3850 | 0.4146 | 0.4739 |
| 110 kW    | A        | 0.2732                       | 0.2942 | 0.3363 | 0.3337 | 0.3593 | 0.4107 | 0.3556 | 0.3829 | 0.4377 | 0.3994 | 0.4301 | 0.4915 |
|           | W        | 0.2595                       | 0.2794 | 0.3193 | 0.3196 | 0.3442 | 0.3933 | 0.3414 | 0.3677 | 0.4202 | 0.3796 | 0.4088 | 0.4672 |
| 132 kW    | A        | 0.2732                       | 0.2942 | 0.3363 | 0.3337 | 0.3593 | 0.4107 | 0.3556 | 0.3829 | 0.4377 | 0.3994 | 0.4301 | 0.4915 |
|           | W        | 0.2595                       | 0.2794 | 0.3193 | 0.3196 | 0.3442 | 0.3933 | 0.3414 | 0.3677 | 0.4202 | 0.3796 | 0.4088 | 0.4672 |
| 160 kW    | A        | 0.2732                       | 0.2942 | 0.3363 | 0.3283 | 0.3535 | 0.4040 | 0.3502 | 0.3771 | 0.4310 | 0.3939 | 0.4242 | 0.4849 |
|           | W        | 0.2595                       | 0.2794 | 0.3193 | 0.3142 | 0.3383 | 0.3867 | 0.3360 | 0.3618 | 0.4135 | 0.3742 | 0.4030 | 0.4605 |
| 200 kW    | A        | 0.2678                       | 0.2884 | 0.3296 | 0.3283 | 0.3535 | 0.4040 | 0.3502 | 0.3771 | 0.4310 | 0.3939 | 0.4242 | 0.4849 |
|           | W        | 0.2540                       | 0.2736 | 0.3127 | 0.3142 | 0.3383 | 0.3867 | 0.3360 | 0.3618 | 0.4135 | 0.3742 | 0.4030 | 0.4605 |
| 250 kW    | A        | 0.2678                       | 0.2884 | 0.3296 | 0.3228 | 0.3477 | 0.3973 | 0.3448 | 0.3713 | 0.4243 | 0.3885 | 0.4184 | 0.4782 |
|           | W        | 0.2540                       | 0.2736 | 0.3127 | 0.3088 | 0.3325 | 0.3800 | 0.3306 | 0.3560 | 0.4069 | 0.3688 | 0.3971 | 0.4539 |
| 315 kW    | A        | 0.2678                       | 0.2884 | 0.3296 | 0.3228 | 0.3477 | 0.3973 | 0.3448 | 0.3713 | 0.4243 | 0.3885 | 0.4184 | 0.4782 |
|           | W        | 0.2540                       | 0.2736 | 0.3127 | 0.3088 | 0.3325 | 0.3800 | 0.3306 | 0.3560 | 0.4069 | 0.3688 | 0.3971 | 0.4539 |

表 B.10 在 99.995%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.4316                       | 0.4760 | 0.5395 | 0.5293 | 0.5838 | 0.6616 | 0.5807 | 0.6405 | 0.7258 | 0.6607 | 0.7287 | 0.8259 |
| 3 kW      | A        | 0.4146                       | 0.4573 | 0.5182 | 0.5123 | 0.5650 | 0.6403 | 0.5580 | 0.6155 | 0.6975 | 0.6267 | 0.6912 | 0.7834 |
| 4 kW      | A        | 0.3919                       | 0.4323 | 0.4899 | 0.4896 | 0.5400 | 0.6120 | 0.5297 | 0.5842 | 0.6621 | 0.6040 | 0.6662 | 0.7550 |
| 5.5 kW    | A        | 0.3806                       | 0.4198 | 0.4757 | 0.4726 | 0.5213 | 0.5908 | 0.5127 | 0.5655 | 0.6408 | 0.5757 | 0.6350 | 0.7196 |
| 7.5 kW    | A        | 0.3692                       | 0.4073 | 0.4616 | 0.4556 | 0.5025 | 0.5695 | 0.4957 | 0.5467 | 0.6196 | 0.5530 | 0.6100 | 0.6913 |
| 11 kW     | A        | 0.3522                       | 0.3885 | 0.4403 | 0.4329 | 0.4775 | 0.5412 | 0.4673 | 0.5155 | 0.5842 | 0.5304 | 0.5850 | 0.6629 |
| 15 kW     | A        | 0.3409                       | 0.3760 | 0.4261 | 0.4216 | 0.4650 | 0.5270 | 0.4503 | 0.4967 | 0.5629 | 0.5134 | 0.5662 | 0.6417 |
| 18.5 kW   | A        | 0.3352                       | 0.3698 | 0.4191 | 0.4046 | 0.4463 | 0.5058 | 0.4333 | 0.4780 | 0.5417 | 0.4964 | 0.5475 | 0.6204 |
| 22 kW     | A        | 0.3255                       | 0.3590 | 0.4069 | 0.3944 | 0.4350 | 0.4930 | 0.4230 | 0.4666 | 0.5288 | 0.4801 | 0.5296 | 0.6002 |
|           | W        | 0.3111                       | 0.3431 | 0.3889 | 0.3740 | 0.4125 | 0.4675 | 0.4025 | 0.4439 | 0.5031 | 0.4595 | 0.5068 | 0.5743 |
| 30 kW     | A        | 0.3198                       | 0.3528 | 0.3998 | 0.3831 | 0.4225 | 0.4788 | 0.4117 | 0.4541 | 0.5146 | 0.4631 | 0.5108 | 0.5789 |
|           | W        | 0.3054                       | 0.3369 | 0.3818 | 0.3627 | 0.4000 | 0.4533 | 0.3912 | 0.4314 | 0.4890 | 0.4425 | 0.4880 | 0.5531 |
| 37 kW     | A        | 0.3142                       | 0.3465 | 0.3927 | 0.3774 | 0.4163 | 0.4718 | 0.4060 | 0.4478 | 0.5075 | 0.4518 | 0.4983 | 0.5647 |
|           | W        | 0.2998                       | 0.3306 | 0.3747 | 0.3570 | 0.3938 | 0.4463 | 0.3855 | 0.4252 | 0.4819 | 0.4311 | 0.4755 | 0.5389 |
| 45 kW     | A        | 0.3085                       | 0.3403 | 0.3856 | 0.3717 | 0.4100 | 0.4647 | 0.4003 | 0.4416 | 0.5004 | 0.4461 | 0.4921 | 0.5577 |
|           | W        | 0.2941                       | 0.3244 | 0.3676 | 0.3513 | 0.3875 | 0.4392 | 0.3798 | 0.4189 | 0.4748 | 0.4255 | 0.4693 | 0.5318 |
| 55 kW     | A        | 0.3028                       | 0.3340 | 0.3785 | 0.3661 | 0.4038 | 0.4576 | 0.3947 | 0.4353 | 0.4933 | 0.4405 | 0.4858 | 0.5506 |
|           | W        | 0.2884                       | 0.3181 | 0.3605 | 0.3457 | 0.3813 | 0.4321 | 0.3742 | 0.4127 | 0.4677 | 0.4198 | 0.4630 | 0.5247 |
| 75 kW     | A        | 0.2915                       | 0.3215 | 0.3644 | 0.3604 | 0.3975 | 0.4505 | 0.3833 | 0.4228 | 0.4792 | 0.4291 | 0.4733 | 0.5364 |
|           | W        | 0.2771                       | 0.3056 | 0.3464 | 0.3457 | 0.3813 | 0.4321 | 0.3685 | 0.4064 | 0.4606 | 0.4085 | 0.4505 | 0.5106 |
| 90 kW     | A        | 0.2915                       | 0.3215 | 0.3644 | 0.3547 | 0.3913 | 0.4434 | 0.3777 | 0.4166 | 0.4721 | 0.4235 | 0.4671 | 0.5293 |
|           | W        | 0.2771                       | 0.3056 | 0.3464 | 0.3400 | 0.3750 | 0.4250 | 0.3628 | 0.4002 | 0.4535 | 0.4028 | 0.4443 | 0.5035 |
| 110 kW    | A        | 0.2858                       | 0.3153 | 0.3573 | 0.3491 | 0.3850 | 0.4363 | 0.3720 | 0.4103 | 0.4650 | 0.4178 | 0.4608 | 0.5222 |
|           | W        | 0.2714                       | 0.2994 | 0.3393 | 0.3343 | 0.3688 | 0.4179 | 0.3572 | 0.3939 | 0.4465 | 0.3971 | 0.4380 | 0.4964 |
| 132 kW    | A        | 0.2858                       | 0.3153 | 0.3573 | 0.3491 | 0.3850 | 0.4363 | 0.3720 | 0.4103 | 0.4650 | 0.4178 | 0.4608 | 0.5222 |
|           | W        | 0.2714                       | 0.2994 | 0.3393 | 0.3343 | 0.3688 | 0.4179 | 0.3572 | 0.3939 | 0.4465 | 0.3971 | 0.4380 | 0.4964 |
| 160 kW    | A        | 0.2858                       | 0.3153 | 0.3573 | 0.3434 | 0.3788 | 0.4293 | 0.3663 | 0.4041 | 0.4579 | 0.4121 | 0.4546 | 0.5152 |
|           | W        | 0.2714                       | 0.2994 | 0.3393 | 0.3287 | 0.3625 | 0.4108 | 0.3515 | 0.3877 | 0.4394 | 0.3915 | 0.4318 | 0.4893 |
| 200 kW    | A        | 0.2802                       | 0.3090 | 0.3502 | 0.3434 | 0.3788 | 0.4293 | 0.3663 | 0.4041 | 0.4579 | 0.4121 | 0.4546 | 0.5152 |
|           | W        | 0.2658                       | 0.2931 | 0.3322 | 0.3287 | 0.3625 | 0.4108 | 0.3515 | 0.3877 | 0.4394 | 0.3915 | 0.4318 | 0.4893 |
| 250 kW    | A        | 0.2802                       | 0.3090 | 0.3502 | 0.3377 | 0.3725 | 0.4222 | 0.3607 | 0.3978 | 0.4508 | 0.4065 | 0.4483 | 0.5081 |
|           | W        | 0.2658                       | 0.2931 | 0.3322 | 0.3230 | 0.3563 | 0.4038 | 0.3458 | 0.3814 | 0.4323 | 0.3858 | 0.4255 | 0.4822 |
| 315 kW    | A        | 0.2802                       | 0.3090 | 0.3502 | 0.3377 | 0.3725 | 0.4222 | 0.3607 | 0.3978 | 0.4508 | 0.4065 | 0.4483 | 0.5081 |
|           | W        | 0.2658                       | 0.2931 | 0.3322 | 0.3230 | 0.3563 | 0.4038 | 0.3458 | 0.3814 | 0.4323 | 0.3858 | 0.4255 | 0.4822 |

表 B.11 在 99.999%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.4950                       | 0.5649 | 0.6220 | 0.6071 | 0.6927 | 0.7628 | 0.6661 | 0.7600 | 0.8369 | 0.7578 | 0.8647 | 0.9522 |
| 3 kW      | A        | 0.4755                       | 0.5426 | 0.5975 | 0.5876 | 0.6705 | 0.7383 | 0.6401 | 0.7303 | 0.8042 | 0.7188 | 0.8202 | 0.9032 |
| 4 kW      | A        | 0.4495                       | 0.5129 | 0.5648 | 0.5616 | 0.6408 | 0.7056 | 0.6076 | 0.6933 | 0.7634 | 0.6928 | 0.7906 | 0.8705 |
| 5.5 kW    | A        | 0.4365                       | 0.4981 | 0.5485 | 0.5421 | 0.6186 | 0.6811 | 0.5881 | 0.6710 | 0.7389 | 0.6603 | 0.7535 | 0.8297 |
| 7.5 kW    | A        | 0.4235                       | 0.4833 | 0.5321 | 0.5226 | 0.5963 | 0.6566 | 0.5686 | 0.6488 | 0.7144 | 0.6343 | 0.7238 | 0.7970 |
| 11 kW     | A        | 0.4040                       | 0.4610 | 0.5076 | 0.4966 | 0.5666 | 0.6239 | 0.5361 | 0.6117 | 0.6735 | 0.6083 | 0.6941 | 0.7643 |
| 15 kW     | A        | 0.3910                       | 0.4462 | 0.4913 | 0.4836 | 0.5518 | 0.6076 | 0.5166 | 0.5894 | 0.6490 | 0.5888 | 0.6719 | 0.7398 |
| 18.5 kW   | A        | 0.3845                       | 0.4388 | 0.4831 | 0.4641 | 0.5296 | 0.5831 | 0.4971 | 0.5672 | 0.6245 | 0.5693 | 0.6496 | 0.7153 |
| 22 kW     | A        | 0.3734                       | 0.4260 | 0.4691 | 0.4524 | 0.5162 | 0.5684 | 0.4852 | 0.5536 | 0.6096 | 0.5507 | 0.6284 | 0.6919 |
|           | W        | 0.3569                       | 0.4072 | 0.4484 | 0.4290 | 0.4895 | 0.5390 | 0.4617 | 0.5268 | 0.5801 | 0.5270 | 0.6013 | 0.6622 |
| 30 kW     | A        | 0.3669                       | 0.4186 | 0.4609 | 0.4394 | 0.5014 | 0.5521 | 0.4722 | 0.5388 | 0.5933 | 0.5312 | 0.6061 | 0.6674 |
|           | W        | 0.3504                       | 0.3998 | 0.4402 | 0.4160 | 0.4747 | 0.5227 | 0.4487 | 0.5120 | 0.5637 | 0.5075 | 0.5791 | 0.6377 |
| 37 kW     | A        | 0.3604                       | 0.4112 | 0.4528 | 0.4329 | 0.4940 | 0.5439 | 0.4657 | 0.5314 | 0.5851 | 0.5182 | 0.5913 | 0.6511 |
|           | W        | 0.3439                       | 0.3923 | 0.4320 | 0.4095 | 0.4673 | 0.5145 | 0.4422 | 0.5046 | 0.5556 | 0.4945 | 0.5643 | 0.6213 |
| 45 kW     | A        | 0.3539                       | 0.4038 | 0.4446 | 0.4264 | 0.4865 | 0.5357 | 0.4592 | 0.5240 | 0.5770 | 0.5117 | 0.5839 | 0.6429 |
|           | W        | 0.3374                       | 0.3849 | 0.4239 | 0.4030 | 0.4598 | 0.5063 | 0.4357 | 0.4971 | 0.5474 | 0.4880 | 0.5568 | 0.6132 |
| 55 kW     | A        | 0.3474                       | 0.3963 | 0.4364 | 0.4199 | 0.4791 | 0.5276 | 0.4527 | 0.5166 | 0.5688 | 0.5052 | 0.5765 | 0.6348 |
|           | W        | 0.3309                       | 0.3775 | 0.4157 | 0.3965 | 0.4524 | 0.4982 | 0.4292 | 0.4897 | 0.5392 | 0.4815 | 0.5494 | 0.6050 |
| 75 kW     | A        | 0.3344                       | 0.3815 | 0.4201 | 0.4134 | 0.4717 | 0.5194 | 0.4397 | 0.5017 | 0.5525 | 0.4922 | 0.5616 | 0.6184 |
|           | W        | 0.3179                       | 0.3627 | 0.3994 | 0.3965 | 0.4524 | 0.4982 | 0.4227 | 0.4823 | 0.5311 | 0.4685 | 0.5346 | 0.5887 |
| 90 kW     | A        | 0.3344                       | 0.3815 | 0.4201 | 0.4069 | 0.4643 | 0.5112 | 0.4332 | 0.4943 | 0.5443 | 0.4857 | 0.5542 | 0.6103 |
|           | W        | 0.3179                       | 0.3627 | 0.3994 | 0.3900 | 0.4450 | 0.4900 | 0.4162 | 0.4749 | 0.5229 | 0.4620 | 0.5272 | 0.5805 |
| 110 kW    | A        | 0.3279                       | 0.3741 | 0.4119 | 0.4004 | 0.4569 | 0.5031 | 0.4267 | 0.4869 | 0.5361 | 0.4792 | 0.5468 | 0.6021 |
|           | W        | 0.3114                       | 0.3553 | 0.3912 | 0.3835 | 0.4376 | 0.4818 | 0.4097 | 0.4675 | 0.5147 | 0.4555 | 0.5198 | 0.5723 |
| 132 kW    | A        | 0.3279                       | 0.3741 | 0.4119 | 0.4004 | 0.4569 | 0.5031 | 0.4267 | 0.4869 | 0.5361 | 0.4792 | 0.5468 | 0.6021 |
|           | W        | 0.3114                       | 0.3553 | 0.3912 | 0.3835 | 0.4376 | 0.4818 | 0.4097 | 0.4675 | 0.5147 | 0.4555 | 0.5198 | 0.5723 |
| 160 kW    | A        | 0.3279                       | 0.3741 | 0.4119 | 0.3939 | 0.4495 | 0.4949 | 0.4202 | 0.4795 | 0.5280 | 0.4727 | 0.5394 | 0.5939 |
|           | W        | 0.3114                       | 0.3553 | 0.3912 | 0.3770 | 0.4302 | 0.4737 | 0.4032 | 0.4601 | 0.5066 | 0.4490 | 0.5123 | 0.5642 |
| 200 kW    | A        | 0.3214                       | 0.3667 | 0.4038 | 0.3939 | 0.4495 | 0.4949 | 0.4202 | 0.4795 | 0.5280 | 0.4727 | 0.5394 | 0.5939 |
|           | W        | 0.3049                       | 0.3478 | 0.3830 | 0.3770 | 0.4302 | 0.4737 | 0.4032 | 0.4601 | 0.5066 | 0.4490 | 0.5123 | 0.5642 |
| 250 kW    | A        | 0.3214                       | 0.3667 | 0.4038 | 0.3874 | 0.4420 | 0.4867 | 0.4137 | 0.4721 | 0.5198 | 0.4662 | 0.5320 | 0.5858 |
|           | W        | 0.3049                       | 0.3478 | 0.3830 | 0.3705 | 0.4228 | 0.4655 | 0.3967 | 0.4526 | 0.4984 | 0.4425 | 0.5049 | 0.5560 |
| 315 kW    | A        | 0.3214                       | 0.3667 | 0.4038 | 0.3874 | 0.4420 | 0.4867 | 0.4137 | 0.4721 | 0.5198 | 0.4662 | 0.5320 | 0.5858 |
|           | W        | 0.3049                       | 0.3478 | 0.3830 | 0.3705 | 0.4228 | 0.4655 | 0.3967 | 0.4526 | 0.4984 | 0.4425 | 0.5049 | 0.5560 |

表 B.12 在 99.9995%氮气纯度时 PSA 制氮装置的单位电耗

| 空压机<br>功率 | 冷却<br>方式 | 氮气压力（表压）/MPa                 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|----------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |          | 0.4                          |        |        | 0.6    |        |        | 0.7    |        |        | 0.9    |        |        |
|           |          | 能效等级                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|           |          | 一级                           | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     | 一级     | 二级     | 三级     |
|           |          | 单位电耗/（kW·h/Nm <sup>3</sup> ） |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 2.2 kW    | A        | 0.5331                       | 0.6347 | 0.6981 | 0.6538 | 0.7783 | 0.8562 | 0.7173 | 0.8539 | 0.9393 | 0.8161 | 0.9716 | 1.0688 |
| 3 kW      | A        | 0.5121                       | 0.6097 | 0.6706 | 0.6328 | 0.7533 | 0.8287 | 0.6893 | 0.8206 | 0.9027 | 0.7741 | 0.9216 | 1.0138 |
| 4 kW      | A        | 0.4841                       | 0.5763 | 0.6340 | 0.6048 | 0.7200 | 0.7920 | 0.6543 | 0.7789 | 0.8568 | 0.7461 | 0.8883 | 0.9771 |
| 5.5 kW    | A        | 0.4701                       | 0.5597 | 0.6156 | 0.5838 | 0.6950 | 0.7645 | 0.6333 | 0.7539 | 0.8293 | 0.7111 | 0.8466 | 0.9313 |
| 7.5 kW    | A        | 0.4561                       | 0.5430 | 0.5973 | 0.5628 | 0.6700 | 0.7370 | 0.6123 | 0.7289 | 0.8018 | 0.6831 | 0.8133 | 0.8946 |
| 11 kW     | A        | 0.4351                       | 0.5180 | 0.5698 | 0.5348 | 0.6367 | 0.7003 | 0.5773 | 0.6873 | 0.7560 | 0.6551 | 0.7799 | 0.8579 |
| 15 kW     | A        | 0.4211                       | 0.5013 | 0.5515 | 0.5208 | 0.6200 | 0.6820 | 0.5563 | 0.6623 | 0.7285 | 0.6341 | 0.7549 | 0.8304 |
| 18.5 kW   | A        | 0.4141                       | 0.4930 | 0.5423 | 0.4998 | 0.5950 | 0.6545 | 0.5353 | 0.6373 | 0.7010 | 0.6131 | 0.7299 | 0.8029 |
| 22 kW     | A        | 0.4021                       | 0.4787 | 0.5265 | 0.4872 | 0.5800 | 0.6380 | 0.5225 | 0.6221 | 0.6843 | 0.5931 | 0.7061 | 0.7767 |
|           | W        | 0.3843                       | 0.4575 | 0.5033 | 0.4620 | 0.5500 | 0.6050 | 0.4972 | 0.5919 | 0.6511 | 0.5676 | 0.6757 | 0.7432 |
| 30 kW     | A        | 0.3951                       | 0.4703 | 0.5174 | 0.4732 | 0.5633 | 0.6197 | 0.5085 | 0.6054 | 0.6659 | 0.5721 | 0.6811 | 0.7492 |
|           | W        | 0.3773                       | 0.4492 | 0.4941 | 0.4480 | 0.5333 | 0.5867 | 0.4832 | 0.5753 | 0.6328 | 0.5466 | 0.6507 | 0.7157 |
| 37 kW     | A        | 0.3881                       | 0.4620 | 0.5082 | 0.4662 | 0.5550 | 0.6105 | 0.5015 | 0.5971 | 0.6568 | 0.5581 | 0.6644 | 0.7308 |
|           | W        | 0.3703                       | 0.4408 | 0.4849 | 0.4410 | 0.5250 | 0.5775 | 0.4762 | 0.5669 | 0.6236 | 0.5326 | 0.6340 | 0.6974 |
| 45 kW     | A        | 0.3811                       | 0.4537 | 0.4990 | 0.4592 | 0.5467 | 0.6013 | 0.4945 | 0.5887 | 0.6476 | 0.5511 | 0.6561 | 0.7217 |
|           | W        | 0.3633                       | 0.4325 | 0.4758 | 0.4340 | 0.5167 | 0.5683 | 0.4692 | 0.5586 | 0.6144 | 0.5256 | 0.6257 | 0.6882 |
| 55 kW     | A        | 0.3741                       | 0.4453 | 0.4899 | 0.4522 | 0.5383 | 0.5922 | 0.4875 | 0.5804 | 0.6384 | 0.5441 | 0.6477 | 0.7125 |
|           | W        | 0.3563                       | 0.4242 | 0.4666 | 0.4270 | 0.5083 | 0.5592 | 0.4622 | 0.5503 | 0.6053 | 0.5186 | 0.6173 | 0.6791 |
| 75 kW     | A        | 0.3601                       | 0.4287 | 0.4715 | 0.4452 | 0.5300 | 0.5830 | 0.4735 | 0.5637 | 0.6201 | 0.5301 | 0.6311 | 0.6942 |
|           | W        | 0.3423                       | 0.4075 | 0.4483 | 0.4270 | 0.5083 | 0.5592 | 0.4552 | 0.5419 | 0.5961 | 0.5046 | 0.6007 | 0.6607 |
| 90 kW     | A        | 0.3601                       | 0.4287 | 0.4715 | 0.4382 | 0.5217 | 0.5738 | 0.4665 | 0.5554 | 0.6109 | 0.5231 | 0.6227 | 0.6850 |
|           | W        | 0.3423                       | 0.4075 | 0.4483 | 0.4200 | 0.5000 | 0.5500 | 0.4482 | 0.5336 | 0.5869 | 0.4976 | 0.5923 | 0.6516 |
| 110 kW    | A        | 0.3531                       | 0.4203 | 0.4624 | 0.4312 | 0.5133 | 0.5647 | 0.4595 | 0.5471 | 0.6018 | 0.5161 | 0.6144 | 0.6758 |
|           | W        | 0.3353                       | 0.3992 | 0.4391 | 0.4130 | 0.4917 | 0.5408 | 0.4412 | 0.5253 | 0.5778 | 0.4906 | 0.5840 | 0.6424 |
| 132 kW    | A        | 0.3531                       | 0.4203 | 0.4624 | 0.4312 | 0.5133 | 0.5647 | 0.4595 | 0.5471 | 0.6018 | 0.5161 | 0.6144 | 0.6758 |
|           | W        | 0.3353                       | 0.3992 | 0.4391 | 0.4130 | 0.4917 | 0.5408 | 0.4412 | 0.5253 | 0.5778 | 0.4906 | 0.5840 | 0.6424 |
| 160 kW    | A        | 0.3531                       | 0.4203 | 0.4624 | 0.4242 | 0.5050 | 0.5555 | 0.4525 | 0.5387 | 0.5926 | 0.5091 | 0.6061 | 0.6667 |
|           | W        | 0.3353                       | 0.3992 | 0.4391 | 0.4060 | 0.4833 | 0.5317 | 0.4342 | 0.5169 | 0.5686 | 0.4836 | 0.5757 | 0.6332 |
| 200 kW    | A        | 0.3461                       | 0.4120 | 0.4532 | 0.4242 | 0.5050 | 0.5555 | 0.4525 | 0.5387 | 0.5926 | 0.5091 | 0.6061 | 0.6667 |
|           | W        | 0.3283                       | 0.3908 | 0.4299 | 0.4060 | 0.4833 | 0.5317 | 0.4342 | 0.5169 | 0.5686 | 0.4836 | 0.5757 | 0.6332 |
| 250 kW    | A        | 0.3461                       | 0.4120 | 0.4532 | 0.4172 | 0.4967 | 0.5463 | 0.4455 | 0.5304 | 0.5834 | 0.5021 | 0.5977 | 0.6575 |
|           | W        | 0.3283                       | 0.3908 | 0.4299 | 0.3990 | 0.4750 | 0.5225 | 0.4272 | 0.5086 | 0.5594 | 0.4766 | 0.5673 | 0.6241 |
| 315 kW    | A        | 0.3461                       | 0.4120 | 0.4532 | 0.4172 | 0.4967 | 0.5463 | 0.4455 | 0.5304 | 0.5834 | 0.5021 | 0.5977 | 0.6575 |
|           | W        | 0.3283                       | 0.3908 | 0.4299 | 0.3990 | 0.4750 | 0.5225 | 0.4272 | 0.5086 | 0.5594 | 0.4766 | 0.5673 | 0.6241 |