ICS 23.140
CCS J 72

中华人民共和国国家标准

GB/T ××××—202×

压缩空气站能源绩效评价

Evaluation of energy performance for compressed air stations

中文版尚未发布，此为试行版本

××××-××-××发布　　××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　评价对象及边界 …… 2
5　总体要求 …… 3
6　评价指标体系及取值规则 …… 3
7　评价方法 …… 3
8　评价流程 …… 4
9　评价结果形成规则 …… 5
附录 A（规范性）　压缩空气站能效因子计算 …… 6
附录 B（规范性）　压缩空气站输功效率和综合输功效率计算 …… 8

图 1　压缩空气站系统边界示意图 …… 2
图 2　压缩空气站能源绩效评价流程图 …… 5

表 1　评价指标及取值规则 …… 3
表 2　压缩空气站能效等级 …… 3
表 A.1　压缩空气质量影响系数(c) …… 6
表 B.1　压缩空气湿度和液态水等级换算系数表 …… 9

中文版尚未发布，此为过程版本

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联合会提出。

本文件由全国压缩机标准化技术委员会(SAC/TC 145)归口。

本文件起草单位：合肥通用机械研究院有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司、阿特拉斯·科普柯(上海)贸易有限公司、浙江开山压缩机有限公司、复盛实业(上海)有限公司、宁波鲍斯能源装备股份有限公司、上海优耐特斯压缩机有限公司、爱景智能装备(无锡)有限公司、杭州哲达科技股份有限公司、厦门东亚机械工业股份有限公司、苏州强时压缩机有限公司、广东保德科技有限公司、英格索兰技术研发(上海)有限公司、丰电科技集团股份有限公司、广东蘑菇物联科技有限公司、卡奥斯能源科技有限公司、上海斯可络压缩机有限公司、杭州日盛净化设备有限公司、萨震压缩机(上海)有限公司、神钢压缩机制造(上海)有限公司、无锡锡压压缩机有限公司、德耐尔能源装备有限公司、复盛易利达(上海)压缩机有限公司、马鞍山赛力文机械有限公司、深圳气佬板节能技术有限公司、山东豪迈机械制造有限公司、宁波德曼压缩机有限公司、中国通用机械工业协会、宁波市节能协会、国网浙江综合能源服务有限公司、合肥科迈捷智能传感技术有限公司、中控技术股份有限公司、福建伊普思实业有限公司、广东凌宇能源装备有限公司、上海汉钟精机股份有限公司、上海申行健压缩机有限公司、安徽开泓智能制造有限公司。

本文件主要起草人：鲍洋洋、孙晓明、李金荣、田旭东、揭政义、余悦、张炯焱、吕诏凌、谢日生、麻剑锋、韩文浩、徐军、叶才亮、林丽华、卢俊钢、薛明、沈国辉、柴纪强、高宝华、李金禄、章涛、程红星、吴振光、吴霞俊、赵迎普、褚毅、胡安玉、王立水、曹玉佩、岑焕军、隋斌、胡长兴、张旭、顾宇、何伟挺、林培锋、严文学、张启华、孙申凯、洪权、陈明、骆嘉、王新勇、徐宁、王泉超、潘德茂、林思桥、杨超、罗振东、李铭文、邵凯、马海静、郑沈杰、陈小林 、马宁、朱汪、赵雷、王其昌、张仁合、金国锋、郭华桥、任芳、高标、叶寒生、王亚军、周坤、金巍、王桂荣、夏青、沈天昱、高建。

中文版尚未发布，此为过程版本

引　言

压缩空气站(空气压缩机系统)是现代工厂的基础设施,包括空气压缩机组、压缩空气净化设备、控制系统、热回收系统和管网等,生产的压缩空气是现代工业的主要动力之一,广泛应用于国民经济各个领域。目前,我国压缩空气站整体运行效率较低,缺少系统能源效率量化评价的指标和方法。为响应并落实政策要求,推动压缩机这一重点用能设备从单体节能向全流程、系统节能转变,引导行业设备更新、提升系统能效,特制定本文件。

本文件规定了在役运行、新建验收/改建验收的压缩空气站的能源绩效评价,包括对能效水平、能源效率和能源效益的评价,给出基于测量能源转换效率的评价指标及取值规则、能效等级。本文件的能源绩效真实反映压缩空气站实际运行水平,有助于压缩空气站的生产企业、设计单位、用能单位和节能服务商确立节能目标,指导压缩空气站运行能效对标管理,确定能效水平、发现节能空间、计算节能效益,开展节能监测、能源评估、绿色制造评价、节能管理等活动,从而促进压缩空气站的持续优化和能效提升。

中文版尚未发布,此为过程版本

压缩空气站能源绩效评价

1 范围

本文件规定了压缩空气站能源绩效评价的评价对象及边界、总体要求、评价指标体系及取值规则，描述了相应的评价方法，规定了评价流程和评价结果形成规则。

本文件适用于由电动机驱动、排气压力为 0.25 MPa～1.6 MPa 空气压缩机组成的、供气流量不小于 4 m^3/min 且总运行功率不小于 37 kW 的压缩空气站能源绩效评价活动。

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 3853 容积式压缩机 验收试验

GB/T 4975 容积式压缩机术语 总则

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 13277.1 压缩空气 第 1 部分：污染物净化等级

GB/T 16665 空气压缩机组及供气系统节能监测

GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB 18613 电动机能效限定值及能效等级

GB 19153 容积式空气压缩机能效限定值及能效等级

GB 22207 容积式空气压缩机 安全要求

GB 30253 永磁同步电动机能效限定值及能效等级

GB 30254 高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级

GB 50029 压缩空气站设计规范

JB/T 7664 压缩空气净化 术语

3 术语和定义

GB/T 3853、GB/T 4975、GB/T 13277.1、GB/T 16665、GB 19153、GB 50029 和 JB/T 7664 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压缩空气站 compressed air station

空气压缩机系统 air compressor system

所有空气压缩机组、压缩空气净化设备、供配电系统、冷却系统、监控系统、通风系统、热回收系统和压缩空气供气总管之前输送压缩空气的管路、储气罐、阀门、仪表及其他所需的辅助设备所组成的总体。

3.2

压缩空气站能效因子 energy efficiency factor

e

中文版为翻译版本，此为过程版本

表征压缩空气站(3.1)能效等级的因子。

3.3

压缩空气站输功效率　output work efficiency of a compressed air station

压缩空气站(3.1)输出压缩空气中具有的有效能与其生产压缩空气所消耗的电能之比。

注：压缩空气有效能为以相对实际环境大气状态为基准，压缩空气所具有的及潜在的做功能力。

3.4

压缩空气站综合输功效率　multiple work efficiency of a compressed air station

综合压缩空气站(3.1)热能回收利用、供气参数(压缩空气总含油量和湿度)因素换算后的压缩空气站输功效率(3.3)。

3.5

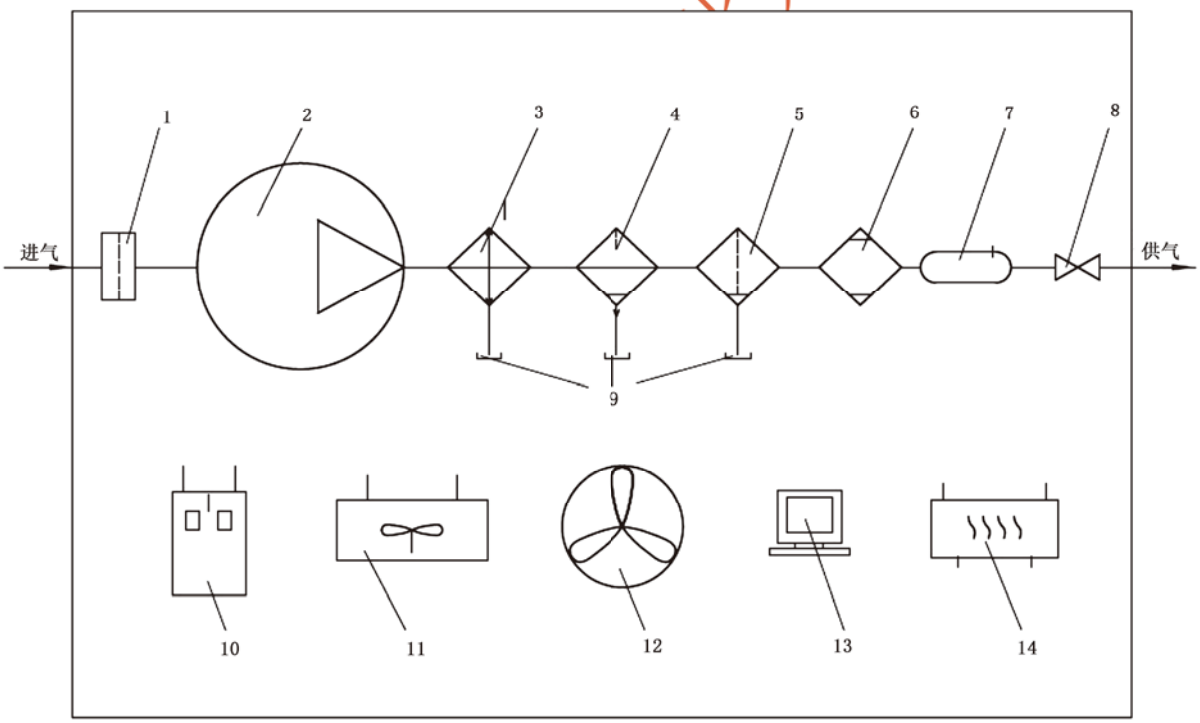
额定负荷气量　rated demand flow rate

使用单位向压缩空气站(3.1)设计提出的额定需求最大供气流量。

4　评价对象及边界

4.1　压缩空气站能源绩效评价的对象为在役运行的压缩空气站(以下简称在役站)、新建验收的压缩空气站(以下简称新建站)和改建验收的压缩空气站(以下简称改建站)。

4.2　压缩空气站能源绩效评价的系统边界示意见图 1。



标引序号说明：

1——空气过滤器；
2——空气压缩机；
3——冷却器；
4——气水分离器；
5——压缩空气过滤器；
6——压缩空气干燥器；
7——储气罐；
8——阀门及管路；
9——冷凝水排放阀；
10——电控系统；
11——冷却系统；
12——通风系统；
13——监控系统；
14——热回收设备。

图 1　压缩空气站系统边界示意图

公示过程版本

5 总体要求

5.1 压缩空气站设计应符合 GB 50029 的规定。

5.2 压缩空气站电气和设备的安全性能应符合 GB 50029、GB 22207 和 GB/T 5226.1 的规定。

5.3 压缩空气站应明确生产需求压缩空气的参数，供给的压缩空气压力、净化等级和容积流量应满足要求。

注：压缩空气净化等级指 GB/T 13277.1 规定的湿度和液态水等级、总含油量等级及颗粒等级。

5.4 压缩空气站中所使用的空气压缩机、压缩空气干燥器、压缩空气过滤器应符合产品标准的规定。

5.5 压缩空气站中所使用的容积式空气压缩机能效应符合 GB 19153 的规定。

5.6 压缩空气站中所使用的电动机、永磁同步电动机及高压三相笼型异步电动机的能效应分别符合 GB 18613、GB 30253 或 GB 30254 的规定。

5.7 压缩空气站中的所有设备及系统应保持完好状态。

5.8 压缩空气站能源计量器具配备应符合 GB 17167、GB 50029 和 GB/T 16665 的规定。

6 评价指标体系及取值规则

压缩空气站的能源绩效评价包括能效水平、能源效率和能源效益，对应的评价指标及取值规则按表 1 的规定。

表 1 评价指标及取值规则

评价内容	评价指标	取值规则	
		指标值计算方法	单位
能效水平	能效等级	按表 2 的规定进行判定，其中能效因子的计算按附录 A 的规定	—
能源效率	输功效率	按附录 B 的规定	%
能源效益	用电单耗	按 GB/T 16665 的规定	$kW \cdot h/m^3$

表 2 压缩空气站能效等级

能效等级	压缩空气站能效因子(e)
1	$e \geqslant 20$
2	$15 \leqslant e < 20$
3	$10 \leqslant e < 15$
4	$5 \leqslant e < 10$
5	$0 \leqslant e < 5$

7 评价方法

7.1 压缩空气站能源绩效评价应在压缩空气站正常运行状态下进行。

中文版尚未发布，此为过程版本

7.2 当压缩空气站由2个及以上独立的压缩空气生产系统构成时，应针对独立系统分别进行能源绩效评价。

7.3 当一个压缩空气站输出不同湿度和液态水等级及(或)不同总含油量等级的压缩空气时，应按附录B的规定换算后进行评价。

7.4 压缩空气站能源绩效测量应按GB/T 16665的规定，在役站、新建站和改建站的测量应分别按下列规定。

a) 在役站的测量在使用单位正常生产状态下进行，选取年、季、月、周、日或具有代表性的典型周期的全时间段。测量时间连续且不小于24 h。

b) 新建站和改建站的测量在压缩空气站建设及调试完成后进行。当压缩空气站正常生产的设计工况全部为额定负荷气量工况时，在额定负荷气量工况下进行；当压缩空气站正常生产的设计工况有部分负荷气量运行工况时，在额定负荷气量工况和部分负荷运行工况下均进行。测量工况符合下列规定：

1) 额定负荷气量工况：100%额定负荷气量；

2) 部分负荷气量工况：按30%、50%、70%或90%额定负荷气量的先后顺序选择一个，且供气流量不低于设计要求的最低气量，并确保所有空气压缩机不会同时满载运行；

3) 供气流量范围：测量工况供气流量±5%；

4) 供气压力范围：需求供气压力±5%；

5) 压缩空气站吸气温度范围：5 ℃～40 ℃；

6) 测量时间：不少于2 h；当配有吸附式压缩空气干燥器时且不少于该干燥器实际运行工况的半周期时间。

8 评价流程

压缩空气站的能源绩效评价流程见图2。

中文版尚未发布，此为过程版本

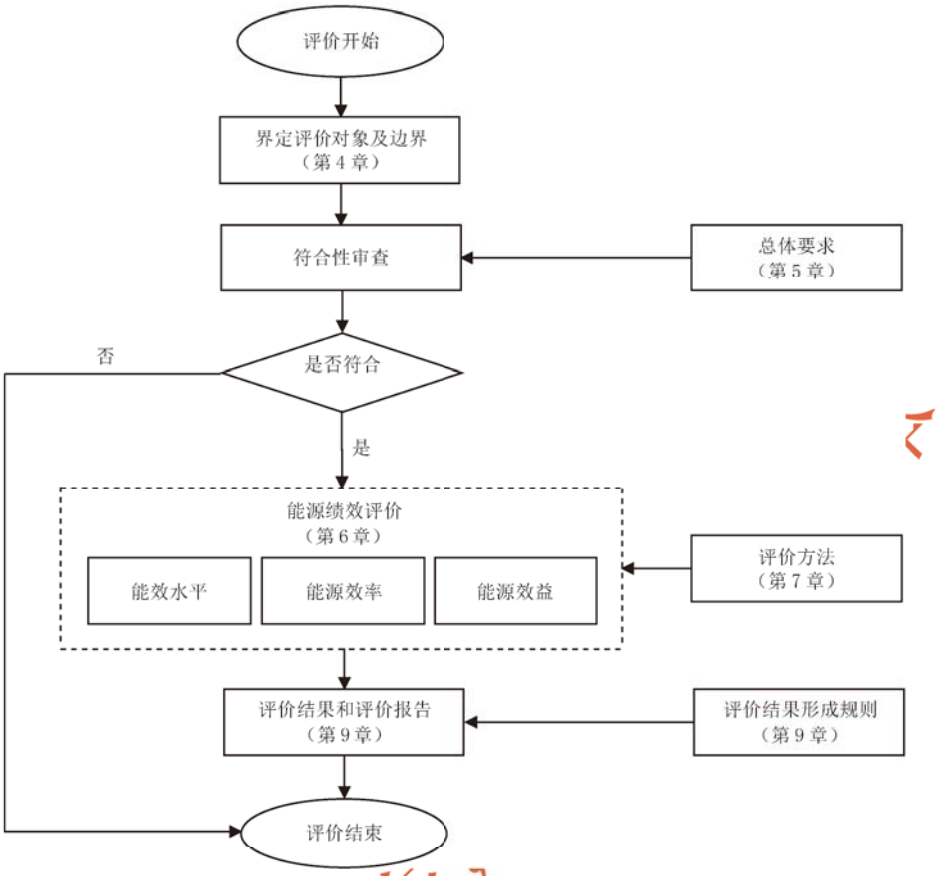


图 2　压缩空气站能源绩效评价流程图

9　评价结果形成规则

9.1　压缩空气站能效等级分为5级，其中1级能效最优。

9.2　压缩空气站能效等级1级为领先水平，2级为先进水平，3级为节能水平，5级为基准水平。

9.3　压缩空气站能源绩效评价应编制评价报告。评价报告的内容应包括但不限于以下内容：

——压缩空气站基本信息；

——压缩空气站评价范围及所依据的标准；

——评价时间和地点；

——评价单位及人员信息；

——评价内容，包括能效水平、能源效率及能源效益；

——评价结果。

9.4　压缩空气站能效水平低于基准水平时应采取措施改进。

开发设尚未发布

附 录 A
（规范性）
压缩空气站能效因子计算

A.1 压缩空气站能效因子按公式(A.1)计算，结果保留1位小数：

$$e=\frac{\eta-\eta_b}{\eta_a-\eta_b}\times 20 \qquad \cdots\cdots(A.1)$$

式中：

e ——压缩空气站能效因子，无量纲；

η ——压缩空气站综合输功效率，%；

η_a ——压缩空气站能效等级1级的基准输功效率，%；

η_b ——压缩空气站能效等级5级的基准输功效率，%。

A.2 压缩空气站综合输功效率 η 按附录B计算。

A.3 压缩空气站能效等级1级的基准输功效率 η_a 按公式(A.2)计算：

$$\eta_a=c\times[(-0.151\ 1)\times(\ln Q_Z)^2+2.918\ 2\times\ln Q_Z+50.245\ 0] \qquad \cdots\cdots(A.2)$$

式中：

η_a ——压缩空气站能效等级1级的基准输功效率，%；

c ——压缩空气质量影响系数，无量纲，按表A.1取值；

Q_Z ——测量时间段压缩空气站平均供气流量，单位为立方米每分(m^3/min)；当平均供气流量大于800 m^3/min时，取800 m^3/min计算。

A.4 压缩空气站能效等级5级的基准输功效率 η_b 按公式(A.3)计算：

$$\eta_b=c\times[(-0.166\ 3)\times(\ln Q_Z)^2+3.229\ 6\times\ln Q_Z+32.842\ 4] \qquad \cdots\cdots(A.3)$$

式中：

η_b ——压缩空气站能效等级5级的基准输功效率，%。

c ——压缩空气质量影响系数，无量纲，按表A.1取值；

Q_Z ——测量时间段压缩空气站平均供气流量，单位为立方米每分(m^3/min)；当平均供气流量大于800 m^3/min时，取800 m^3/min计算。

表 A.1 压缩空气质量影响系数(c)

供气湿度和液态水等级[a]	压缩空气质量影响系数(c)	
	压缩空气总含油量[a]大于0.01 mg/m^3	压缩空气总含油量[a]小于或等于0.01 mg/m^3
低于6级	$0.95^{-0.6}$	$0.95^{0.4}$
5级或6级	1	0.95
4级	0.95	0.95^2
3级	0.95^2	0.95^3
2级	0.95^3	0.95^4

中文版尚未发布，此为过程版本

表 A.1　压缩空气质量影响系数(c)(续)

供气湿度和液态水等级[a]	压缩空气质量影响系数(c)	
	压缩空气总含油量[a] 大于 0.01 mg/m^3	压缩空气总含油量[a] 小于或等于 0.01 mg/m^3
1 级	—	0.95[5]
[a] 均为需求参数。		

中文版尚未发布，此为过程版本

附 录 B
（规范性）
压缩空气站输功效率和综合输功效率计算

B.1 压缩空气站能源绩效按 7.4 a)测量时，输功效率 η_w 计算按 GB/T 16665 的规定。

B.2 压缩空气站能源绩效按 7.4 b)测量时，输功效率计算分别按下列规定。

a) 若正常生产的设计工况全部为额定负荷气量工况，则输功效率按公式(B.1)计算：

$$\eta_w = \eta_{w1} \quad \cdots\cdots (B.1)$$

式中：

η_w ——压缩空气站输功效率，%；

η_{w1} ——额定负荷气量工况时的输功效率，计算按 GB/T 16665 的规定；

b) 若正常生产的设计工况为部分负荷运行工况，则输功效率按公式(B.2)计算：

$$\eta_w = 0.95 \times (0.5 \times \eta_{w1} + 0.5 \times \eta_{w2}) \quad \cdots\cdots (B.2)$$

式中：

η_w ——压缩空气站输功效率，%；

η_{w1} ——额定负荷气量工况时的输功效率，计算按 GB/T 16665 的规定；

η_{w2} ——部分负荷气量工况时的输功效率，计算按 GB/T 16665 的规定。

B.3 综合输功效率按公式(B.3)计算：

$$\eta = \eta' + 0.1 \times \eta_R \quad \cdots\cdots (B.3)$$

式中：

η ——压缩空气站综合输功效率，%；

η' ——压缩空气站当量输功效率，%；当压缩空气站输出为同一供气参数时，$\eta' = \eta_w$；当压缩空气站输出为多路不同供气参数时，η' 按 B.4 的规定计算；

η_R ——热能回收利用率，%。在役站的热能回收利用率计算按 GB/T 16665 的规定，按 7.4 b)测量时的热能回收利用率按设计参数计算。

注：热能回收不包括在本压缩空气站内部的利用。

B.4 当一个压缩空气站输出不同湿度和液态水等级及(或)不同总含油量等级的压缩空气时，其当量输功效率应按公式(B.4)换算为表 A.1 中供气湿度和液态水等级“5 级或 6 级”且总含油量大于 0.01 mg/m³ 时的当量输功效率：

$$\eta' = \sum \left(\eta_{wi} \times \frac{\theta_i}{m_i \times n_i} \right) \quad \cdots\cdots (B.4)$$

式中：

η' ——当量输功效率，%；

η_{wi} ——第 i 路输功效率，%，按公式(B.5)计算；

θ_i ——第 i 路供气量占比，%，按公式(B.6)计算；

m_i ——第 i 路压缩空气总含油量换算系数，当需求的压缩空气总含油量小于或等于 0.01 mg/m³ 时，取 $m_i = 0.95$，否则取 $m_i = 1$；

n_i ——第 i 路压缩空气湿度和液态水等级换算系数，按表 B.1 选取。

$$\eta_{wi} = 16.67 \times \frac{p_{Zx} \times Q_{Zi} \times t \times \ln[(p_{Zi} + p_{Zx}) / p_{Zx}]}{E_i} \times 100\% \quad \cdots\cdots (B.5)$$

式中：

中文版尚未发布，此为过程版本

Q_{Zi}——测量时间段第 i 路平均供气流量，单位为立方米每分（m^3/min）；

p_{Zx}——压缩空气站吸气压力（绝压），单位为兆帕（MPa）；

p_{Zi}——第 i 路供气压力（表压），单位为兆帕（MPa）；

t——测量时间，单位为小时（h）；

E_i——测量时间段第 i 路的用电总量，单位为千瓦时（kW·h），根据供气量占比计算，如该路有独立的用能设备，应测量并计入。

$$\theta_i = \frac{G_{Zi}}{G_Z} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B.6)$$

式中：

θ_i——第 i 路供气量占比，%；

G_{Zi}——测量时间段第 i 路的供气量（按压缩空气站吸气状态计），单位为立方米（m^3）；

G_Z——测量时间段压缩空气站的供气量（按压缩空气站吸气状态计），单位为立方米（m^3），$G_Z = \sum G_{Zi}$。

表 B.1　压缩空气湿度和液态水等级换算系数表

供气湿度和液态水等级[a]	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级或 6 级	低于 6 级
n 值	0.95^4	0.95^3	0.95^2	0.95	1	$0.95^{-0.6}$
[a] 为用户需求参数。						

B.5　输出为同一供气参数的压缩空气站用电单耗与输功效率的换算按公式（B.7）：

$$D = 16.67 \times \frac{p_{Zx} \times \ln[(p_Z + p_{Zx})/p_{Zx}]}{60 \times \eta_w} \times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B.7)$$

式中：

D——压缩空气站用电单耗，单位为千瓦时每立方米（$kW \cdot h/m^3$）；

η_w——压缩空气站输功效率，%；

p_{Zx}——压缩空气站吸气压力（绝压），单位为兆帕（MPa）；

p_Z——压缩空气站供气压力（表压），单位为兆帕（MPa）。

中文版征求发布，此为过程版本