

氮肥行业清洁生产 评价指标体系（试行）

国家发展和改革委员会
国家环境保护总局

公布

目 录

前言	0
1 氮肥行业清洁生产评价指标体系适用范围	1
2 氮肥行业清洁生产评价指标体系结构	1
3 氮肥行业清洁生产评价指标的基准值和权重分值	2
4 氮肥企业清洁生产评价指标的考核评分计算方法	6
4.1 定量评价指标的考核评分计算	6
4.2 企业清洁生产综合评价指数的考核评分计算	7
4.3 氮肥行业清洁生产企业的评定	7
5 指标解释	7

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国清洁生产促进法》，指导和推动氮肥企业依法实施清洁生产，提高资源利用率，减少和避免污染物的产生，保护和改善环境，制定氮肥行业清洁生产评价指标体系（试行）（以下简称“指标体系”）。

本指标体系用于评价氮肥企业的清洁生产水平，作为创建清洁生产先进企业的主要依据，并为企业推行清洁生产提供技术指导。

本指标体系依据综合评价所得分值将企业清洁生产等级划分为两级，分别为清洁生产先进水平和清洁生产一般水平。随着技术的不断进步和发展，本指标体系每 3—5 年修订一次。

本指标体系由化工清洁生产中心起草。

本指标体系由国家发展和改革委员会会同国家环境保护总局负责解释。

本指标体系自公布之日起试行。

1 氮肥行业清洁生产评价指标体系适用范围

本评价指标体系适用于以煤、油（重油或轻油）或者天然气（含焦炉气、炼厂气）为原料生产合成氨，进而生产尿素、碳酸氢铵的氮肥企业。以煤、油或者天然气为原料生产合成氨，进而生产硝酸铵、硫酸铵、氯化铵和磷酸铵的化肥企业可参照执行。

2 氮肥行业清洁生产评价指标体系结构

本指标体系选取资源与能源消耗指标、产品特征指标、污染物指标、资源综合利用指标及环境管理与劳动安全卫生指标等 5 个方面共 33 项指标作为氮肥行业的清洁生产评价指标。这些指标的高低将反映企业的生产工艺水平、资源综合利用水平、污染物产生和排放水平以及安全环境健康管理水平。氮肥行业清洁生产评价指标体系框架见图 1。

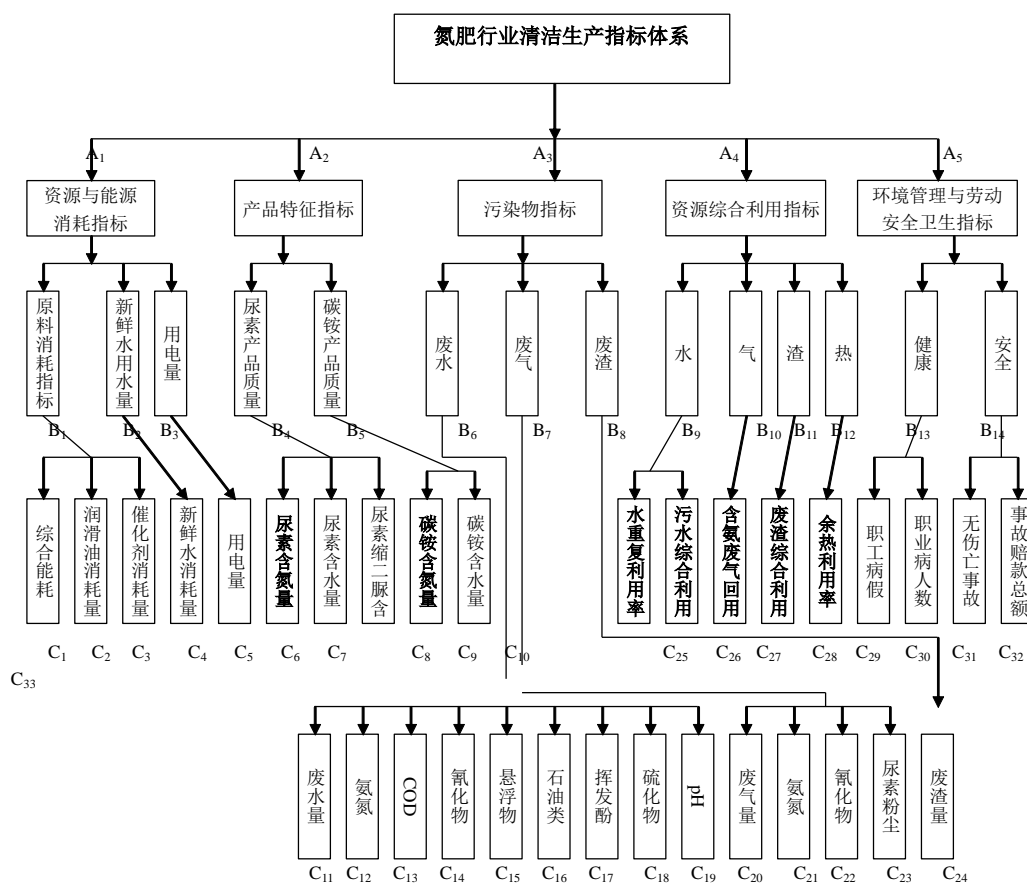


图 1 氮肥行业清洁生产评价指标体系框架

评价指标分为正向指标和逆向指标。其中，资源与能源消耗指标、污染物指标、环境管理与劳动安全卫生指标均为逆向指标，数值越小越符合清洁生产的要

求；资源综合利用指标均为正向指标，数值越大越符合清洁生产的要求。产品特征指标中既有正向指标，也有逆向指标。

3 氮肥行业清洁生产评价指标的基准值和权重分值

在评价指标体系中，指标的评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价标准。本定量化评价指标的评价基准值选取行业清洁生产的先进水平，即，对于正向指标，评价基准值采用氮肥行业能达到的最大值（即行业最优值）。对于逆向指标，评价基准值采用氮肥行业能达到的最小值（即行业最优值）。

各项指标的权重值采用层次分析法(AHP)来确定。

以天然气、油和煤为原料的氮肥企业的清洁生产评价指标项目、各项指标权重及评价基准值分别见表 1、表 2 和表 3。

表 1 以天然气为原料的氮肥行业评价指标项目、权重及基准值

序号		评价指标	权重	单位	评价基准值
1	资源与能源消耗指标	综合能耗	21	GJ/吨产品	32
2		润滑油消耗量	3	千克/吨产品	2
3		催化剂消耗量	3	千克/吨产品	0.20
4		新鲜水消耗量	7	吨/吨产品	10
5		用电量	3	KW.h/吨产品	600
6	产品特征指标	尿素含氮量	4	%	46.2
7		尿素含水量	1	%	1.0
8		尿素缩二脲含量	1	%	0.5
9		碳铵含氮量	1	%	17.2
10		碳铵含水量	1	%	3.0
11	污染物指标	废水量	12	吨/吨氨	6
12		废水中氨氮	4	千克/吨氨	0.4
13		废水中 COD	4	千克/吨氨	1.0
14		废水中氰化物	1	千克/吨氨	0.0015
15		废水中悬浮物	1	千克/吨氨	0.3
16		废水中石油类	1	千克/吨氨	0.05
17		废水中挥发酚	1	千克/吨氨	0.0015
18		废水中硫化物	1	千克/吨氨	0.008
19		废水 pH	1		6-9
20		废气量	3	Nm ³ /吨产品	7000
21		废气中氨	2	千克/吨产品	5
22		废气中氰化物	2	千克/吨产品	0.0001
23		废气中烟尘	2	千克/吨产品	0.02
24		废渣量	2	千克/吨产品	0.18
25	资源综合利用指标	水循环利用率	4	%	90
26		污水综合利用率	4	%	70
27		含氨废气回用率	2	%	95
28		废渣综合利用率	2	%	100
29		余热利用率	2	%	80
30	环境管理与劳动安全卫生指标	职工病假	1	小时/百万小时	0.5
31		职业病人数	1	人/生产工人数	0.001
32		伤亡事故	1	次/年	0.1
33		事故赔款总额	1	事故赔款额/产值	0.001

注：黑体指标为正向指标，即数值越大越好。其余指标为逆向指标，数值越小越好。

表 2 以油为原料的氮肥行业评价指标项目、权重及基准值

序号	评价指标	权重	单位	评价基准值	
1	资源与能源消耗指标	综合能耗	21	GJ/吨产品	42
2		润滑油消耗量	3	千克/吨产品	2
3		催化剂消耗量	3	千克/吨产品	0.20
4		新鲜水消耗量	7	吨/吨产品	10
5		用电量	3	KW.h/吨产品	600
6	产品特征指标	尿素含氮量	4	%	46.2
7		尿素含水量	1	%	1.0
8		尿素缩二脲含量	1	%	0.5
9		碳铵含氮量	1	%	17.2
10		碳铵含水量	1	%	3.0
11	污染物指标	废水量	12	吨/吨氨	3
12		废水中氨氮	4	千克/吨氨	0.37
13		废水中 COD	4	千克/吨氨	0.19
14		废水中氰化物	1	千克/吨氨	0.0015
15		废水中悬浮物	1	千克/吨氨	0.08
16		废水中石油类	1	千克/吨氨	0.05
17		废水中挥发酚	1	千克/吨氨	0.00008
18		废水中硫化物	1	千克/吨氨	0.008
19		废水 pH	1		6-9
20		废气量	3	Nm ³ /吨产品	4060
21		废气中氨氮	2	千克/吨产品	5
22		废气中氰化物	2	千克/吨产品	0.0001
23		废气中烟尘	2	千克/吨产品	0.3
24		废渣量	2	千克/吨产品	0.205
25	资源综合利用指标	水循环利用率	4	%	90
26		污水综合利用率	4	%	70
27		含氨废气回用率	2	%	95
28		废渣综合利用率	2	%	100
29		余热利用率	2	%	80
30	环境管理与劳动安全卫生指标	职工病假	1	小时/百万小时	0.5
31		职业病人数	1	人/生产工人数	0.001
32		伤亡事故	1	次/年	0.1
33		事故赔款总额	1	事故赔款额/产值	0.001

注：黑体指标为正向指标，即数值越大越好。其余指标为逆向指标，数值越小越好。

表 3 以煤为原料的氮肥行业评价指标项目、权重及基准值

序号	评价指标	权重	单位	评价基准值	
1	资源与能源消耗指标	综合能耗	21	GJ/吨产品	52
2		润滑油消耗量	3	千克/吨产品	2
3		催化剂消耗量	3	千克/吨产品	0.20
4		新鲜水消耗量	7	吨/吨产品	25
5		用电量	3	Kw.h/吨产品	1200
6	产品特征指标	尿素含氮量	4	%	46.2
7		尿素含水量	1	%	1.0
8		尿素缩二脲含量	1	%	0.5
9		碳铵含氮量	1	%	17.2
10		碳铵含水量	1	%	3.0
11	污染物指标	废水量	12	吨/吨氨	15
12		废水中氨氮	4	千克/吨氨	1.05
13		废水中 COD	4	千克/吨氨	2.25
14		废水中氰化物	1	千克/吨氨	0.015
15		废水中悬浮物	1	千克/吨氨	1.5
16		废水中石油类	1	千克/吨氨	0.075
17		废水中挥发酚	1	千克/吨氨	0.0015
18		废水中硫化物	1	千克/吨氨	0.0075
19		废水 pH	1		6-9
20		废气量	3	Nm ³ /吨产品	2300
21		废气中氨氮	2	千克/吨产品	5
22		废气中氰化物	2	千克/吨产品	0.0001
23		废气中烟尘	2	千克/吨产品	0.42
24		废渣量	2	吨/吨产品	0.015
25	资源综合利用指标	水循环利用率	4	%	90
26		污水综合利用率	4	%	70
27		含氨废气回用率	2	%	95
28		废渣综合利用率	2	%	100
29		余热利用率	2	%	80
30	环境管理与劳动安全卫生指标	职工病假	1	小时/百万小时	0.5
31		职业病人数	1	人/生产工人数	0.001
32		无伤亡事故	1	次/年	0.1
33		事故赔款总额	1	事故赔款额/产值	0.001

注：黑体指标为正向指标，即数值越大越好。其余指标为逆向指标，数值越小越好。

4 氮肥企业清洁生产评价指标的考核评分计算方法

4.1 定量评价指标的考核评分计算

企业清洁生产评价指标的考核评分，以企业在考核年度（一般以一个生产年度为一个考核周期，并与生产年度同步）内各项指标实际数值为基础进行计算，综合得出该企业定量评价指标的考核总分值。考虑到正向指标与逆向指标的差别，对各项评价指标的实际数值根据其类别和不同情况分别进行标准化处理。

对正向指标，按式（1）计算：

$$S_i = \frac{S_{xi}}{S_{oi}} \dots\dots\dots(1)$$

对逆向指标，按式（2）计算：

$$S_i = \frac{S_{oi}}{S_{xi}} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

S_i ——第 i 项评价指标的单项评价指数；

S_{xi} ——第 i 项评价指标的实际值；

S_{oi} ——第 i 项评价指标的评价基准值。

本评价指标体系单项评价指数在 0—1.0 之间。

对于不生产碳酸氢铵产品的企业，其碳铵含氮量和碳铵含水率两项指标标准化值 S_i 均取 1。

对于不生产尿素的企业，其尿素含氮量、尿素含水量、尿素缩二脲含量三项指标标准化值 S_i 均取 1。

对于 pH 指标，若企业排放废水中 pH 在 6—9 之间，标准化值 S_i 取 1，否则取为 0。

企业清洁生产综合评价指数按式（3）计算：

$$P_1 = \sum_{i=1}^n S_i K_i \dots\dots\dots(3)$$

式中：

P_1 ——定量评价考核总分值；

n ——参与考核的定量化评价的二级指标的项目总数；

S_i ——第 i 项评价指标的单项评价指数；

K_i ——第 i 项评价指标的权重分值。 $\sum_{i=1}^n K_i = 100$ 。

定量评价考核总分值 P_1 介于 0 至 100 之间。

4.2 企业清洁生产综合评价指数的考核评分计算

对于氮肥生产企业，企业的清洁生产综合评价指数 P 通过其定量评价指标 P_1 即可全面反映，即 $P=P_1$ ，企业清洁生产综合评价指数值 P 介于 0 至 100 之间。

4.3 氮肥行业清洁生产企业的评定

本评价指标体系将氮肥行业企业清洁生产水平划分为两级，即国内清洁生产先进水平和国内清洁生产一般水平。对达到一定综合评价指数的企业，分别评定为清洁生产先进企业或清洁生产企业。

根据目前我国氮肥行业的实际情况，不同等级的清洁生产企业的综合评价指数列于表 4。

表 4 氮肥行业不同等级的清洁生产企业综合评价指数

清洁生产企业等级	清洁生产综合评价指数
清洁生产先进企业	$P \geq 90$
清洁生产企业	$80 \leq P < 90$

被地方环境保护行政主管部门认定主要污染物排放浓度和排放总量未“达标”的企业和继续采用禁止和淘汰的生产工艺和装备的企业，不能被评定为“清洁生产先进企业”或“清洁生产企业”。清洁生产综合评价指数(分值)低于清洁生产企业综合评价指数(80 分)的企业，应类比本行业清洁生产先进企业，积极推行清洁生产，加大技术改造力度，强化全面管理，提高清洁生产水平。

5 指标解释

《氮肥行业清洁生产评价指标体系》部分指标的指标解释与《中国化学工业统计》和《化工企业环境保护统计》中指标概念一致，其它指标解释如下：

5.1 合成氨综合能耗

是指合成氨工艺消耗的各种能源转换为 GJ 之和与报告期的合成氨产量之比。其计算公式为：

$$\text{综合能耗 (GJ/t氨)} = \frac{\text{企业年耗能总和 (GJ)}}{\text{合成氨年产量 (t)}}$$

5.2 新鲜水消耗量

生产每吨氨所消耗的生产用新鲜水量。其计算公式为：

$$\text{新鲜水消耗量 (t / t氨)} = \frac{\text{企业年新鲜水用量 (t)}}{\text{合成氨年产量 (t)}}$$

5.3 水循环利用率

指工业企业循环冷却水的循环利用量与外补新鲜水量和循环水利用量之比，以百分比计。其计算公式为：

$$\text{水循环利用率 (\%)} = \frac{\text{循环水利用量}}{\text{补充水量} + \text{循环水利用量}}$$

5.4 污染物产生指标

包括水污染物产生指标和气污染物产生指标。水污染物产生指标是污水处理装置入口的污水量和污染物种类、单排量或浓度。气污染物产生指标是指废气处理装置入口的废气量和污染物种类、单排量或浓度。其计算公式为：

$$\text{污染物排放量 (kg / t氨)} = \frac{\text{年排放污染物量 (kg)}}{\text{合成氨年产量 (t)}}$$

氮肥行业清洁生产评价指标体系（试行）

编制说明

化工清洁生产中心

目 录

1 前言	1
2 氮肥行业概况	1
3 建立指标体系的原则及依据	3
3.1 原则	3
3.2 依据	3
4 适用范围	4
5 评价指标体系的建立	4
5.1 指标体系的框架和指标设置	4
5.2 指标权重的确定	5
5.3 指标评价基准值的确定	7
5.4 指标数据的标准化处理	8
5.5 指标的综合评价	9
6 清洁生产企业的评定	9
7 评价指标体系实施的可行性	10
8 计算实例	10

1 前言

2002年6月29日，九届人大常委会第二十八次会议审议通过了《中华人民共和国清洁生产促进法》，并于2003年1月1日起施行。法律的制定和颁布，为我国清洁生产工作指明了方向，提出了要求。

清洁生产是实施可持续发展战略的重要组成部分，是实现经济和环境协调发展的一项重要措施，它以提高资源能源利用率、减少污染物产生量为目标，从源头抓起，实行生产全过程的污染控制，把污染物最大限度地消灭在生产过程中，既有环境效益，又有经济效益，是工业污染防治的最佳模式。近年来，许多工业企业积极推行清洁生产方面，在节能、降耗、减污、增效方面取得了很好的效果。但如何评定一个企业清洁生产水平，使企业了解差距，正确制定自己的清洁生产目标，尚没有一个相对准确、具有时段性的统一评价指标体系。基于这种情况，原国家经贸委资源司于2002年10月委托化工清洁生产组织制定《氮肥行业清洁生产评价指标体系》(以下简称“本指标体系”)。在广泛征求氮肥行业专家、企业意见，并在部分企业进行反复测算的基础上，于2003年12月完成征求意见稿。本指标体系用于评价企业清洁生产水平，为企业开展清洁生产提供技术支持和导向，促进国内氮肥行业的清洁生产。

2 氮肥行业概况

农业是我国国民经济的基础。化肥工业的发展对我国农业的发展起着十分重要的作用。化肥工业主要包括氮肥、磷肥和钾肥。2002年我国生产化肥总计3665.7万吨，其中氮肥2575.9万吨，占70.3%。我国氮肥的主要品种有尿素、碳酸氢铵、硫酸铵、硝酸铵和氯化铵等。尿素和碳酸氢铵年产量占氮肥总产量的90%左右，为氮肥中最主要的品种。

目前，我国共引进大型氮肥装置29套，其规模一般为年产30万吨合成氨和52万吨尿素。从投产时间区分，有15套装置是1985年以前建成的，有14套装置是1985年以后建成的。从生产原料分析，有天然气型装置15套，渣油型装置7套，石脑油型装置5套，煤型装置2套。从产品结构分析，除山西化肥厂生产硝酸磷肥，大化集团生产磷酸铵、氯化铵外，其他合成氨厂都用来生产尿素。

我国中型氮肥企业主要以煤为原料，其能力占中型氮肥的65.6%，以天然气为原料的占22.6%，以重油为原料的占11.8%。中型氮肥企业的氨加工呈多样化，

其中尿素生产能力为 285 万吨(纯 N 计), 硝酸铵生产能力为 85 万吨(纯 N 计), 部分中型氮肥企业还生产氯化铵、磷酸铵、硝酸磷肥以及氮磷钾复合肥等。随着国家“八五”、“九五”一批中型氮肥技术改造的完成, 到 2002 年底, 我国中型氮肥企业合成氨平均规模达到了 14 万吨, 尿素平均规模达到了 23 万吨(实物量)。

小型氮肥企业目前仍是我国化肥工业的“半壁江山”, 在我国农业发展和国民经济建设中具有重要的作用。我国小型氮肥企业生产主要原料是无烟煤, 全国以天然气为原料的小型氮肥企业约 70 家, 另有个别企业部分或全部用重油为原料。近年来, 在化肥市场低迷的情况下, 小型氮肥总体开工率为 60-70%。

氮肥行业污染物排放主要以废水为主。由于废水排放量较大, 废水中氨氮含量高, COD 相对较低, 以煤为原料的氮肥生产废水中还含有一定量的氰化物, 因此, 处理工艺比较复杂, 难度较大。目前, 氮肥工业废水处理存在的主要问题: 一是废水处理项目基建投资很大, 约占工程总投资的 5%左右。如若采用 A/O 流程处理废水中的氨氮, 根据一些氮肥厂兴建废水处理设施的经验, 处理每吨氨氮需投资约 10 万元。本来氨的流失已经造成经济损失, 为达到环境排放标准, 还要付出几十倍的费用来处理这些流失的氨氮和油, 这是极不合理的, 一般企业难以承受的; 二是废水处理工程占地面积大, 尤其是采用厌氧好氧处理方法; 三是运转费用高, 每处理一吨氨氮约需 3 万元; 四是含氰废水处理有二次污染问题; 五是传统的“末端处理”方法存在某些技术上的弱点, 如生物凉水塔去除氰化物法受气温影响大; 生物接触氧化法存在填料易堵塞, 布水布气不易均匀、气水比高等缺点; 活性污泥法易产生污泥膨胀等, 给运行管理带来难度; 六是现有设施处理能力有限, 随着生产发展, 废水排放量不断增大, 存在超负荷运行状况, 处理效果难以达到标准要求。再加上企业以追求自身利润最大化为目的的特点, 氮肥行业废水处理的现状并未尽人意, 一些工厂宁愿受罚也不愿上废水处理工程, 一些工厂虽建了废水处理设施, 但由于资金或管理等原因, 运转率不高, 处理效果不佳, 直排、偷排现象时有发生。此外, 氮肥行业还排放一定量含有氨、氰化物、烟尘等的废气。

经过长期的研究和实践, 目前已有一些成熟的氮肥行业废水治理技术, 如含氰废水处理技术、氨氮废水处理技术、两水闭路循环技术等在我国氮肥行业废水治理中应用, 并成为解决废水污染问题的主要方法。近年来, 又开发了含碳氨水分离集成技术, 含氰废水处理技术。在国外, 尿素冷凝液深度水解技术、

含氨废水回收氨技术等工艺已广泛应用于氮肥行业废水的处理。

单纯进行末端治理不是控制氮肥行业污染问题的有效途径。必须从污染源头着手，使资源、能源得到充分利用，将排污量削减至最少，再辅之以最佳实用污染治理技术，即将污染物的治理方针由单纯的末端治理转移到生产全过程的控制，把污染消除在生产过程中，才能真正取得经济效益、环境效益、社会效益的统一，实施这种策略的方法是推行清洁生产的技术和方法。

3 建立指标体系的原则及依据

3.1 原则

建立氮肥行业清洁生产评价指标体系，是推动氮肥企业清洁生产工作向纵深发展和客观、科学地考查企业清洁生产程度的一项十分重要的基础工作，有利于对企业清洁生产工作进行科学总结、定量考核，进而找出差距、积累经验、推动清洁生产工作持续有效地向前发展。

制订本评价指标的基本原则是：要能够体现全过程污染预防思想，并基本覆盖生产过程的各个环节。具体原则如下：

- 符合清洁生产思路。即体现全过程的污染预防，不单纯考虑污染物的末端处理和处置；
- 评级指标的基准值设定考虑国内的现有技术水平和管理水平，并有一定的激励作用；
- 注重实用和可操作性，尽量选择氮肥企业生产管理部门和环境管理部门日常采用的指标，以易于企业的理解和掌握。

3.2 依据

建立本指标体系的依据是国家有关产业发展、技术进步、环境保护政策和化学工业发展规划等有关文件。这些文件涉及到企业的清洁生产工作，明确了鼓励和限制的技术发展方向，指出了加快淘汰的内容，并且提出了一些具体指标。这些均为本指标体系的建立奠定了基础。相关文件列出如下：

- (1) 《“十五”产业结构调整规划纲要》（国经贸行业[2001]1125号）；
- (2) 《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》（2000年修订）；
- (3) 《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录（第二批）》；
- (4) 《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录（第三批）》；
- (5) 《国家重点行业清洁生产技术导向目录》（第一批、第二批）；

- (6) 《工商投资领域制止重复建设目录（第一批）》；
- (7) 《工业节水“十五”规划》（国家经济贸易委员会，2001年）；
- (8) 《化学工业“十五”规划》（国家经济贸易委员会，2002年）。

4 适用范围

本指标体系是在对全国氮肥生产企业中的30家能代表不同原料、不同规模的企业调查后得到的相关数据的基础上，同时参考1998年至2002年的统计数据，结合前期清洁生产审核活动的成果，采用科学的方法分析得出的。

本评价指标体系适用于以煤、油或者天然气为原料生产合成氨，进而生产尿素、碳酸氢铵的氮肥企业。以煤、（重油或轻油）或者天然气（含焦炉气、炼厂气）为原料生产合成氨，进而生产硝酸铵、硫酸铵、氯化铵和磷酸铵的化肥企业可参照执行。

5 评价指标体系的建立

5.1 指标体系的框架和指标设置

根据国内外的经验，建立氮肥行业评价指标体系主要从资源与能源消耗、产品特征、污染物、资源综合利用及环境管理与劳动安全卫生五个方面来考虑，也就是把这五个方面的指标体现在氮肥生产全过程中。为此，氮肥行业清洁生产指标体系选取了从资源与能源消耗、产品特征、污染物、资源综合利用及环境管理与劳动安全卫生五个方面共33项指标作为氮肥行业的清洁生产评价的定量指标。考虑管理（包括环境管理）水平较高的企业，其能耗物耗、污染物排放等指标也会比较好，即企业管理的指标已经在上述五个方面的指标中体现，因此，本评价指标体系在选取评价指标时没有将环境管理的定性指标，如是否建立环境管理体系等作为选取的评价指标。

资源与能源消耗指标包括原料消耗指标、新鲜水用量和用电量，原料消耗指标包括综合能耗、润滑油消耗量、催化剂消耗量。产品特征包括尿素产品质量和碳酸氢铵（以后称为碳铵）产品质量，而尿素产品质量分别包括尿素含氮量、尿素含水量、尿素缩二脲含量，碳酸氢铵产品质量包括碳铵含氮量、碳铵含水量。污染物指标包括废水排放、废气排放和废渣排放，废水排放指标包括废水量、废水中氨氮、COD、氰化物、悬浮物、石油类、挥发酚、硫化物、pH，废气排放指标包括废气量、废气中氨氮、氰化物、烟尘，废渣用废渣量来表示。资源综合

利用指标包括水重复利用率、污水综合利用率、含氮废气回用率、废渣综合利用率、余热利用率 5 项指标。环境管理与劳动安全卫生指标包括职工病假、职业病人数、安全、无伤亡事故、事故赔款总额等 5 项指标。

5.2 指标权重的确定

指标权重的准确与否在很大程度上影响评价指标体系的准确性和科学性。随着研究的深入,指标权重值的确定方法也由最初的依据研究者的实践经验和主观判断来确定权重,逐步发展为用层次分析法(AHP)确定权重。

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP 法),是美国运筹学家 T. L. Saaty 教授七十年代提出的一种定量与定性相结合的多目标决策分析方法。这一方法的核心上将决策者的经验判断给予量化,从而为决策者提供定量形式形式的决策依据,在目标结构复杂且缺少必要数据的情况下更为实用。应用 AHP 方法计算指标权重系数,实际上是在建立有序递阶的指标系统的基础上,通过指标之间的两两比较对系统中各指标予以优劣评判,并结合这种评判结果来综合计算各指标的权重系数。具体步骤为:(1)建立层次结构模型;(2)构造判断矩阵,对指标间两两重要性进行比较和分析判断;(3)对各指标权重系数进行计算;(4)对判断矩阵进行一致性检验;(5)组合权重计算。

对于每一层中各因素相对重要性给出判断,这些判断通过数值表示并写成判断矩阵。判断矩阵表示针对上一层某因素,本层次与之有关因素之间相对重要性的比较,重要程度用 a_{ij} 表示,即行因素 i 与列因素 j 比较得判断 a_{ij} , a_{ij} 常用 1、3、5、7、9 来表示。其含义是:“1”表示两个因素相比,具有同样重要性;“3”表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要;“5”表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要;“7”表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要;“9”表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要;因素 i 与 j 比较得判断 a_{ij} , 则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji}=1/a_{ij}$ 。

该评价指标体系采用 5 个方面 33 项指标,分为目标层(A 层)、准则层(B 层)和方案层(C 层)(详见正文图 1),例如资源与能源消耗为目标层,原材料消耗、新鲜水消耗量和用电量为准则层,最终方案层就有综合能耗、润滑油消耗量、催化剂消耗量、新鲜水消耗量和用电量 5 项。其中目标层 5 个方面的判断矩阵以及计算出的权重见表 1。

表 1 目标层判断矩阵及其权重

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	权重 W
资源消耗 A ₁	1	5	1	3	7	0.3664
产品质量 A ₂	1/5	1	1/5	1/3	5	0.0841
环境污染物排放 A ₃	1	5	1	3	7	0.3664
资源综合利用 A ₄	1/3	3	1/3	1	3	0.1445
健康安全 A ₅	1/7	1/5	1/7	1/3	1	0.0386

资源与能源消耗的准则层中原料消耗指标、新鲜水用量和用电量三个指标的判断矩阵以及计算出的权重见表 2。

表 2 资源与能源消耗的准则层各项指标判断矩阵及其权重

	B ₁	B ₂	B ₃	权重 W
原料消耗指标	1	5	7	0.7306
新鲜水消耗量	1/5	1	3	0.1884
用电量	1/7	1/3	1	0.081

原料消耗指标方案层综合能耗、润滑油消耗量和催化剂消耗量三个指标的判断矩阵以及计算出的权重见表 3。

表 3 原料消耗指标中各项指标判断矩阵及其权重

	C ₁	C ₂	C ₃	权重 W
综合能耗	1	7	7	0.777778
润滑油消耗量	1/7	1	1	0.111111
催化剂消耗量	1/7	1	1	0.111111

其它目标层中各项指标可以采用类似的方法计算权重值，最终方案层 33 项指标的权重值见表 4。

表 4 氮肥行业清洁生产评价指标体系中各项指标的权重值

序号	目标层	指标	权重值
1	资源与能源消耗指标	综合能耗	0.20777
2		润滑油消耗量	0.02968
3		催化剂消耗量	0.02995
4		新鲜水消耗量	0.06895
5		用电量	0.02965
6	产品特征指标	尿素含氮量	0.03780
7		尿素含水量	0.01260
8		尿素缩二脲含量	0.01260
9		碳铵含氮量	0.01575
10		碳铵含水量	0.00525

11	污染物指标	废水量	0.11830
12		废水中氨氮	0.03933
13		废水中COD	0.03933
14		废水中氰化物	0.01427
15		废水中悬浮物	0.01427
16		废水中石油类	0.01427
17		废水中挥发酚	0.01427
18		废水中硫化物	0.01427
19		废水pH	0.01427
20		废气量	0.01587
21		废气中氨	0.01587
22		废气中氰化物	0.01587
23		废气中烟尘	0.01587
24		废渣量	0.01998
25	资源综合利用指标	水重复利用率	0.03625
26		污水综合利用率	0.03625
27		含氨废气回用率	0.02416
28		废渣综合利用率	0.02417
29		余热利用率	0.02417
30	环境管理与劳动安全卫生指标	职工病假	0.00975
31		职业病人数	0.00975
32		伤亡事故	0.00975
33		事故赔款总额	0.00975

为了便于计算，在选取权重值时将各项指标的权重值取为上表的 100 倍，这样使得各项指标权重值总和为 100。

指标分为正向指标和逆向指标。当指标为趋高数值（愈高愈好）时，该指标就是正向指标；当指标为趋低数值（愈低愈好）时，该指标就是逆向指标。上表中黑体指标为正向指标，其余指标为逆向指标。

5.3 指标评价基准值的确定

构建氮肥行业清洁生产指标体系后，确定该指标体系中的各项因子，根据其量化基准值来进行评价。

在评价指标体系中，指标的评价基准值是衡量该项指标是否符合清洁生产基本要求的评价标准。本定量化评价指标的评价基准值选取行业清洁生产的先进水平，即，对于正向指标，评价基准值采用氮肥行业能达到的最大值（即行业最优值）。对于逆向指标，评价基准值采用氮肥行业能达到的最小值（即行业最优值）。可根据以下几项原则来制定氮肥行业清洁生产的评价基准值：

- (1) 尽量采用已有国家标准的或国际标准的指标值作为基准值；

- (2) 参考或类比国内外氮肥行业的现状值作为基准值；
- (3) 对那些目前统计数据不十分完整但在指标体系中又十分重要的指标，在缺乏有关指标统计数据前，采用专家咨询确定。

资源与能源消耗指标中各项指标评价基准值取行业能达到的上限值。

产品特征指标中各项指标根据产品质量标准进行确定。参照了《尿素》(GB2440-2001)和《农业用碳酸氢铵》(GB3559-2001)两个产品质量标准。

污染物指标中各项指标评价基准值取行业能达到的最佳水平值。

资源综合利用指标中各项指标的评价基准值根据行业能达到的最佳水平值确定。

环境管理与劳动安全卫生指标中各项指标的评价基准值根据国家法律、法规和标准要求确定。

综合以上个方面因素，确定出以天然气、油或者煤为原料的评价指标项目、权重及评价基准值。

5.4 指标数据的标准化处理

企业清洁生产评价指标的考核评分，以企业在考核年度（一般以一个生产年度为一个考核周期，并与生产年度同步）内各项指标实际数值为基础进行计算，综合得出该企业评价指标的考核总分值

根据确定的指标的评价基准值，对某一具体的指标的实际数值进行标准化无因次处理。考虑到正向指标与逆向指标的差别，对各项评价指标的实际数值根据其类别和不同情况分别进行标准化处理。

对正向指标，按式（1）计算：

$$S_i = \frac{S_{xi}}{S_{oi}} \dots\dots\dots(1)$$

对逆向指标，按式（2）计算：

$$S_i = \frac{S_{oi}}{S_{xi}} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

Si——第 i 项评价指标的单项评价指数；

Sxi——第 i 项评价指标的实际值；

Soi——第 i 项评价指标的评价基准值。

本评价指标体系单项评价指数在 0—1.0。

对于不生产碳酸氢铵产品的企业，其碳铵含氮量和碳铵含水率两项指标标准化值 S_i 均取 1。

对于不生产尿素的企业，其尿素含氮量、尿素含水量、尿素缩二脲含量三项指标标准化值 S_i 均取 1。

对于 pH 指标，若企业排放废水中 pH 在 6—9 之间，标准化值 S_i 取 1，否则取为 0。

5.5 指标的综合评价

目前用于综合评价得分值的方法有很多，其中以综合评分法应用最广。此法通俗易懂，计算简便，具有良好的实用性。

企业清洁生产综合评价指数按式（3）计算：

$$P = \sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i \dots\dots\dots(3)$$

式中：

P——企业清洁生产综合评价指数；

n——参与考核的定量化评价的二级指标的项目总数；

S_i ——第 i 项评价指标的单项评价指数；

K_i ——第 i 项评价指标的权重分值。 $\sum_{i=1}^n K_i = 100$ 。

企业的清洁生产综合评价指数 P 值介于 0 至 100 之间。

由于本清洁生产指标体系将最优值定为评价基准上限。理论上，若某企业各项指标值都为行业最低水平者，其得分值接近于 0；若某企业各项指标值都为行业平均水平者，其得分值接近 50；若某企业各项指标都为最优者，其得分值为 100。因此，本评价的企业综合评价得分介于 0 至 100 之间。

6 清洁生产企业的评定

本评价指标体系将企业清洁生产分为国内清洁生产先进水平和国内清洁生产一般水平。

国内清洁生产先进水平代表了一定时期内氮肥行业的最高水平。技术领先，生产效率高，从原材料的采用一直到产品的使用，在各个环节上充分考虑了对环境的影响，使生产对环境的负面影响降到最低限度。

国内清洁生产一般水平代表了一定时期内氮肥行业的一般水平。技术较先进，生产效率和产品质量较高；经济效益好，环境负担较低。

最终评价得分为 90 以上者为国内清洁生产先进水平，80 分至 90 分之间为清洁生产一般水平，80 分以下即未达到清洁生产水平。

考虑到现行环境保护政策法规要求，企业被地方环保主管部门认定为主要污染物排放未“达标”（指总量未达到控制指标或污染源排放超标）的，该企业不能被评定为“清洁生产先进企业”或“清洁生产企业”。

7 评价指标体系实施的可行性

本评价指标体系的提出符合氮肥企业的实际情况，各项指标数值的确定参考了全国氮肥企业的统计数据。通过对我国不同规模、原料及生产工艺的 30 家企业的测算（测算评价结果见表 5）表明，本指标体系所提出的各项指标并不是高不可攀，经过努力，部分企业是可以达到的；同时，一般企业尤其是一些以煤为原料的中小型氮肥生产企业要达到国内清洁生产水平也并不是很容易。

表 5 企业清洁生产评价结果统计

	企业数	百分比(%)	累计百分比(%)
清洁生产先进企业	2	6.7	6.7
清洁生产企业	9	30.0	36.7
未达到清洁生产要求的企业	19	63.3	100.0

8 计算实例

某一以天然气为原料的尿素生产企业，其各项指标数值见表 6。

表 6 某一以天然气为原料的氮肥企业清洁生产评价表

序号	评价指标	权重 K_i	评价基准值 S_{oi}	实际数值 S_{xi}	计算值 $S_i \times K_i$
1	综合能耗	21	32	32	21.0
2	润滑油消耗量	3	2	4	1.5
3	催化剂消耗量	3	0.2	0.4	1.5
4	新鲜水消耗量	7	10	15	4.7
5	用电量	3	600	800	2.3
6	尿素含氮量	4	46.2	46.2	4.0
7	尿素含水量	1	1.0	0.5	2.0
8	尿素缩二脲含量	1	0.5	1.1	0.5

9	碳铵含氮量	1	17.2		1.0
10	碳铵含水量	1	3.0		1.0
11	废水量	12	6	7.5	9.6
12	废水中氨氮	4	0.4	0.45	3.6
13	废水中 COD	4	1	1.23	3.3
14	废水中氰化物	1	0.0015	0.0019	0.8
15	废水中悬浮物	1	0.3	0.476	0.6
16	废水中石油类	1	0.05	0.084	0.6
17	废水中挥发酚	1	0.0015	0.00178	0.8
18	废水中硫化物	1	0.008	0.0093	0.9
19	废水 pH	1	6—9	6—9	1.0
20	废气量	3	7000	8500	2.5
21	废气中氨氮	2	5	7.8	1.3
22	废气中氰化物	2	0.0001	0.00014	1.4
23	废气中烟尘	2	0.3	0.49	1.2
24	废渣量	2	0.18	0.32	1.1
25	水重复利用率	4	90	80	4.5
26	污水综合利用率	4	70	60	4.7
27	含氨废气回用率	2	95	80	2.4
28	废渣综合利用率	2	100	90	2.2
29	余热利用率	2	80	61	2.6
30	职工病假	1	0.5	0.73	0.68
31	职业病人数	1	0.001	0.0015	0.67
32	伤亡事故	1	0.1	0.1	1.0
33	事故赔款总额	1	0.001	0.0016	0.63
$P = \sum_{i=1}^n S_i \cdot K_i$					87.58

清洁生产综合评价指数==87.58

经对照，其为清洁生产企业。