

ICS 13.020.20

Z 04

CPCIF

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF 0035-2019

绿色设计产品评价技术规范
1, 4-丁二醇

Technical specification for green-design product assessment

1,4-Butanediol for industrial use

2019 - 12 - 31 发布

2019 - 12 - 31 实施

中国石油和化学工业联合会 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本标准起草单位：新疆蓝山屯河能源有限公司、新疆天业（集团）有限公司、重庆弛源化工有限公司、新疆美克化工有限责任公司、河南开祥精细化工有限公司、长连化工（盘锦）有限公司、华陆工程科技有限责任公司、中国化工环保协会

本标准起草人：李鹏、胡金明、赵松彪、许鹏飞、廖鹏、陈德义、邓健康、孙凯、吴刚、熊梅。

绿色设计产品评价技术规范 1, 4-丁二醇

1 范围

本标准规定了1, 4-丁二醇(BDO)绿色设计产品的适用范围、规范性引用文件、术语和定义、评价原则和方法、要求、产品生命周期评价报告编制方法。

本标准适用于炔醛法、烯丙醇法、顺酐法等生产1, 4-丁二醇绿色设计产品的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2589 综合能耗计算通则
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 12723 单位产品能源消耗限额编制通则
- GB 13223 火电厂大气污染物排放标准
- GB 13271 锅炉大气污染物排放标准
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 18598 危险废物填埋污染控制标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 23331 能源管理体系 要求
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24768 工业用1, 4-丁二醇(BDO)
- GB/T 28001 职业健康安全管理体系 要求
- GB 31571 石油化学工业污染物排放标准
- GB 31824 1,4-丁二醇单位产品能耗限额
- GB/T 32161 生态设计产品评价通则
- GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
- AQ/T 9006 企业安全生产标准化基本规范
《国家危险废物名录》（环境保护部 第39号令）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 绿色设计产品 green-design product

在原材料获取、产品生产、使用、废弃处置等全生命周期过程中，在技术可行和经济合理的前提下，具有能源消耗少、污染排放低、环境影响小、对人体健康无害、便于回收再利用的符合产品性能和安全要求的产品。

3.2 生命周期 life cycle

产品系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

3.3 生命周期评价 life cycle assessment

理解和评价产品系统在产品整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

4 评价原则和方法

4.1 评价原则

4.1.1 生命周期评价与指标评价相结合的原则

依据生命周期评价与指标评价相结合的原则，考虑1,4-丁二醇产品的整个生命周期，从产品设计、原材料获取、产品生产、产品使用、废弃后回收处理、所产工业三废综合利用等阶段，深入分析各个阶段的资源能源消耗、生态环境、人体健康因素，选取不同阶段可评价的指标构成评价指标体系。

4.1.2 环境影响种类最优选取原则

根据 1,4-丁二醇产品特点和生产工艺特性，同时考虑到社会关注度高，国家法律或政策明确要求的环境影响种类，选取关键资源属性、能源属性、环境属性和产品属性进行评价，本技术规范选取原料单耗、新鲜水使用量、废物回收及资源化利用率、单位产品综合能耗、单位产品废水排放量和有机废液无害化处置率、纯度、水分、重金属和羰基数等指标进行评价。

4.2 评价方法和流程

4.2.1 评价方法

同时满足以下条件的 1,4-丁二醇产品可称为绿色设计产品：

- a) 满足基本要求(见 5.1)和评价指标要求(见 5.2)；
- b) 提供 1,4-丁二醇产品生命周期评价报告。

4.2.2 评价流程

根据 1,4-丁二醇产品的特点，明确评价范围，根据评价指标体系的指标和生命周期评价方法，收集相关数据，对数据进行分析，对照基本要求和评价指标要求，对产品进行评价，符合基本要求和评价指标要求，同时提供该产品的生命周期评价报告，可以判定该产品符合绿色设计产品的评价要求。评价流程见图 1。

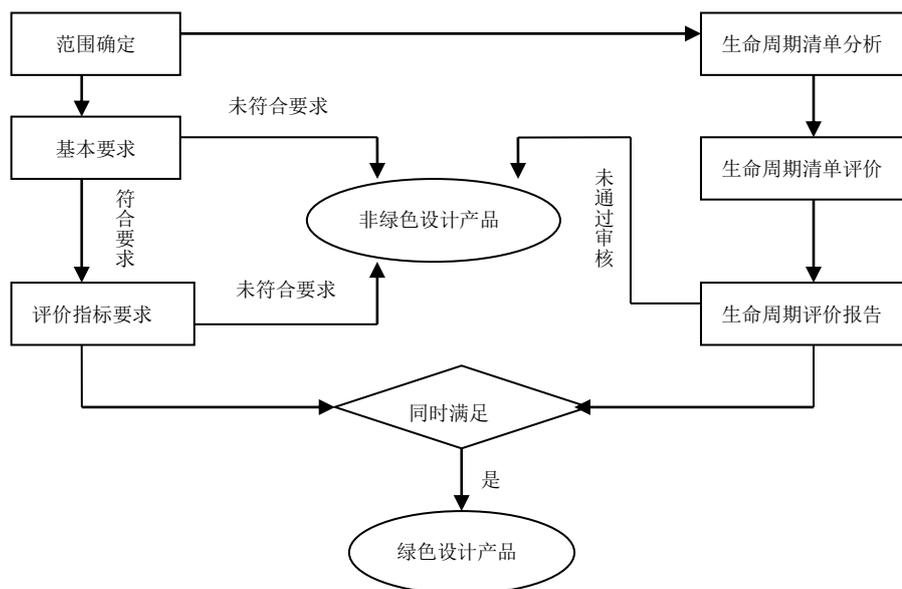


图 1 1, 4-丁二醇产品绿色设计产品评价流程

5 要求

5.1 基本要求

5.1.1 应使用国家鼓励的先进技术工艺，综合能耗符合 GB 31824 的先进值指标，积极推行清洁生产审核工作，宜承诺实施责任关怀。

5.1.2 污染物排放应符合国家和地方排污许可和总量控制相关的规定，污染物排放限值符合 GB 31571 要求，生产中产生或使用的危险废物在储存、使用和处置时应符合国家和地方危险废物管理办法或制度相关的规定。

5.1.3 生产企业应对装置生产的废物进行资源化利用或无害化处理，所产“三废”达标排放。

5.1.4 禁止使用国家或行业明令淘汰的材料和用能设备。

5.1.5 应采用 DCS 控制系统并设置独立的 SIS 系统，确保生产装置的安全性和可靠性。

5.1.6 截止评价日 3 年内生产企业无重大安全、环境污染事故。

5.1.7 安全生产标准化水平应达到 AQ/T 9006 二级标准化的要求。

5.1.8 生产企业应按照 GB 17167 配备能源计量器具，设备使用二级节能以上的电机。

5.1.9 生产企业应按照 GB/T 24001、GB/T 19001 和 GB/T 28001 或行业 HSE 分别建立并运行环境管理体系、质量管理体系和职业健康安全管理体系；开展能耗、物耗考核并建立考核制度，或按照 GB/T 23331 建立并运行能源管理体系。

5.1.10 鼓励企业对挥发性有机物（VOC）和工业三废进行处置，降低外排量和环境影响度。

5.2 评价指标要求

指标体系由一级指标和二级指标组成。一级指标包括资源属性指标、能源属性指标、环境属性指标和产品属性指标。评价指标基准值见表1。

表1 评价指标基准值

一级指标	二级指标		单位	指标方向	评价指标基准值	判定依据	所属生命周期阶段	
资源属性	原材料消耗量	炔醛法	乙炔	t/tBDO	≤	0.325	依据 A.1 计算，提供计算说明	
			甲醛			0.77		
			氢气			0.055		
		顺酐法	正丁烷	t/tBDO	≤	1.1		
			氢气			0.13		
		烯丙醇法	100%烯丙醇	t/tBDO	≤	0.975		
	甲醇		0.6					
	新鲜水取水量			t/t	≤	18		依据 A.2 计算，提供计算说明
	净化废酸再生重复利用率（不包括烯丙醇法和顺酐法）			%	≥	90		依据 A.3 计算，提供计算说明
	弛放气回收利用率			%	≥	90		依据 A.4 计算，提供计算说明
丁醇资源化利用率			%	≥	90	依据 A.5 计算，提供计算说明		
能源属性	单位产品综合能耗	炔醛法	kgce/t	≤	900	按照 GB/T 2589 的规定，提供计算说明		
		顺酐法			760			
		烯丙醇法			890			
环境属性	单位产品废水排放量		t/t	≤	2.25	依据 A.6 计算		
	有机废液处置率		%	-	100	提供说明		
产品属性	1,4-丁二醇质量分数		%	≥	99.5 (99.7)	依据 GB/T 24768，提供检测报告		
	水		mg/kg	≤	200			
	重金属（镍、铬、铁、铜、锰）总量		mg/kg	≤	5	GB/T 17593 ICP 检测法提供报告		
	羰基数		%	≤	0.005	自动电位滴定法，提供检测报告		

产品生产

5.3 检验方法和指标计算方法

污染物监测方法、产品检验方法以及各指标的计算方法依据附录A。

6 产品生命周期评价报告编制方法

6.1 方法

依据附录 B 给出产品生命周期评价方法学框架、总体要求及编制 1, 4-丁二醇的生命周期评价报告。

6.2 报告内容

6.2.1 基本信息

报告应提供报告信息、申请者信息、评估对象信息、采用的标准信息等基本信息，其中报告信息包括报告编号、编制人员、审核人员、发布日期等，申请者信息包括公司全称、组织机构代码、地址、联系人、联系方式等。评估对象信息包括产品型号/类型、主要技术参数、制造商及厂址等，采用的标准信息应包括标准名称及标准号。

6.2.2 符合性评价

报告中应提供对基本要求和评价指标要求的符合性情况，并提供所有评价指标报告期比基期改进情况的说明。其中报告期为当前评价的年份，一般是指产品参与评价年份的上一年；基期为一个对照年份，一般比报告期提前1年。

6.2.3 生命周期评价

6.2.3.1 评价对象及工具

报告中应详细描述评估的对象、功能单位和产品主要功能，提供产品的材料构成及主要技术参数表，绘制并说明产品的系统边界，披露所使用的软件工具。

本部分以吨产品质量为功能单元来表示。

6.2.3.2 生命周期清单分析

报告中应提供考虑的生命周期阶段，说明每个阶段所考虑的清单因子及收集到的现场数据或背景数据，涉及到数据分配的情况应说明分配方法和结果。

6.2.3.3 生命周期影响评价

报告中应提供产品生命周期各阶段的不同影响类型的特征化值，并对不同影响类型在生命周期阶段的分布情况进行比较分析。

6.2.3.4 生态设计改进方案

在分析指标的符合性评价结果以及生命周期评价结果的基础上，提出绿色产品设计改进的具体方案。

6.2.4 评价报告主要结论

应说明该产品对评价指标的符合性结论、生命周期评价结果、提出的改进方案，并根据评价结论初步判断该产品是否为绿色设计产品。

6.2.5 附件

报告中应在附件中提供：

- a) 产品原始包装图；
- b) 产品生产材料清单；
- c) 产品工艺表（产品生产工艺过程等）；
- d) 各单元过程的数据收集表；
- e) 其他。

附录 A
(规范性附录)
检验方法和指标计算方法

A.1 原材料消耗量

每生产1t产品所消耗原材料总用量。原材料总用量是指产品配方中用到的所有原材料（不含水）的总投入量，按式（A.1）计算：

$$L = \frac{M_i}{M_c} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

L——每生产1t产品的原材料消耗量，单位为吨每吨（t/t）；

M_i——在一定计量时间内（一年）产品所用原材料的总投入量，单位为吨（t）；

M_c——在一定计量时间内（一年）产品的总产量，单位为吨（t）。

A.2 新鲜水取水量

指生产1吨1,4-丁二醇产品所需使用的生产水、生活水、原水、循环水、蒸汽等用水量的总和，按式（A.2）计算。

$$K = V_p + V_l + V_r + V_c + V_v + V_o \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

K——吨产品1,4-丁二醇生产所需取水的总量，单位吨（t）；

V_p——生产吨产品所需消耗的生产水总量，单位为立方米（m³）；

V_l——生产吨产品所需消耗的生活水总量，单位为立方米（m³）；

V_r——生产吨产品所需消耗的原水总量，单位为立方米（m³）；

V_c——生产吨产品所需消耗的循环水总量，单位为立方米（m³）；

V_v——生产吨产品所需消耗的蒸汽水总量，单位为立方米（m³）；

V_o——生产吨产品所需消耗的其他新鲜水总量，单位为立方米（m³）；

A.3 净化废酸再生重复利用率

净化废酸再生重复利用率是指用于乙炔净化所产生的废硫酸经过废硫酸再生装置再生后重复使用量占净化所产废硫酸总量百分比，主要取决于废硫酸再生装置的二氧化硫转化率，按式（A.3）计算：

$$\omega_s = \frac{W_{RS}}{W_{PS}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

ω_s——净化废酸再生重复利用率，单位为百分率（%）；

W_{RS}——年度内废酸再生回收利用量，单位为吨（t）；

W_{PS}——年度内净化废酸产生量，单位为吨（t）。

A.4 弛放气回收利用率

放空氢气回收利用率是经过PSA变压吸附回收再利用的放空氢气量占理论放空氢气总量的百分比，正常工况下加氢后富余排空氢气可以通过PSA变压吸附回收后再利用，异常工况只能放空，按式（A.4）计算：

$$\omega_H = \frac{W_{RH}}{W_{PH}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

ω_H ——放空氢气回收利用率, 单位为百分率(%) ;

W_{RH} ——年度内通过PSA变压吸附回收再利用的氢气量, 单位为吨(t) ;

W_{PH} ——年度内理论放空氢气总量, 单位为吨(t) 。

A. 5 丁醇回收利用率

丁醇回收利用率是指通过净化提纯装置以商品化出售的副产丁醇产量占丁醇理论生成总产量的百分比, 主要取决于丁醇提纯装置的回收率, 按式(A.5)计算:

$$\omega_B = \frac{W_{RB}}{W_{PB}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

ω_B ——丁醇回收利用率, 单位为百分率(%) ;

W_{RB} ——年度内通过净化提纯装置以商品化出售的副产丁醇产量, 单位为吨(t) ;

A. 6 单位产品废水排放量

指统计期内生产1吨1,4-丁二醇合格产品导致的废水外排量(末端处理前), 废水不含清净下水。单位产品废水排放量按公式(A.6)计算:

$$V_{ci} = \frac{V_c}{P} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

V_{ci} ——单位产品废水排放量, 单位为立方米每吨(m^3/t) ;

V_c ——在统计期内企业生产1,4-丁二醇合格产品的废水产生量, 单位为立方米(m^3) ;

P ——1,4-丁二醇合格产品产量, 单位为吨(t) 。

附录 B
(规范性附录)
1,4-丁二醇生命周期评价方法

B.1 目的

1, 4-丁二醇的原料储存、产品生产、运输、出售、废物资源化利用到最终废物处理的过程中对环境造成的影响, 通过评价1, 4-丁二醇全生命周期的环境影响大小, 提出产品设计改进方案, 从而大幅提升产品的环境友好性。

B.2 范围

根据评价目的确定评价范围, 确保两者相适应。定义生命周期评价范围时, 应考虑以下内容并作出清晰描述。

B.2.1 功能单位

功能单位必须是明确规定并且可测量。

B.2.2 系统边界

本附录界定的1, 4-丁二醇产品生命周期系统边界, 分3个阶段: 原辅料与能源的获取、生产阶段; 产品的生产、储存、装卸、运输、销售、储存及三废无害化处理阶段; 废弃阶段。如图 B.1所示, 具体包括:

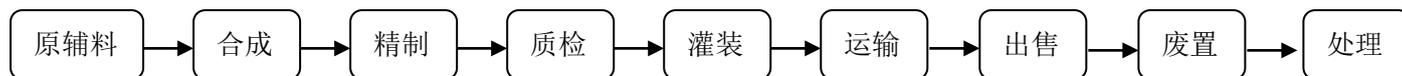


图 B.1 1, 4-丁二醇产品生命周期系统边界图

LCA评价的覆盖时间应在规定的期限内。数据应反映具有代表性的时期(取最近3年内有效值)。如果未能取得3年内有效值, 应做具体说明。

原材料数据应是在参与产品的生产和使用的地点/地区。

生产过程数据应是在最终产品的生产中所涉及的地点/地区。

B.2.3 数据取舍原则

单元过程数据种类很多, 应对数据进行适当的取舍, 原则如下:

- a) 能源的所有输入均列出;
- b) 原料的所有输入均列出;
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.3% 的项目输入可忽略;
- d) 大气、水体的各种排放均列出;
- e) 小于固体废弃物排放总量 1% 的一般性固体废弃物可忽略;
- f) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放, 均忽略;
- g) 任何有毒有害材料和物质均应包含于清单中, 不可忽略。

B.3 生命周期清单分析

B.3.1 总则

应编制1,4-丁二醇产品系统边界内的所有材料/能源输入、污染物输出清单,作为产品生命周期评价的依据。如果数据清单有特殊情况、异常点或其他问题,应在报告中明确说明。

当数据收集完成后,应对收集的数据进行审定。然后,确定每个单元过程的基本流,并据此计算出单元过程的定量输入和输出。此后,将每个单元过程的输入、输出数据除以产品的产量,得到功能单位的资源消耗和环境排放。最后,将产品各单元过程中相同的影响因素的数据求和,以获取该影响因素的总量,为产品级的影响评价提供必要的数据库。

B.3.2 数据收集

B.3.2.1 概况

应将以下要素纳入数据库清单:

- a) 原材料采购和预加工;
- b) 生产全流程及污染物排放;
- c) 产品分配和储存;
- d) 使用阶段;
- e) 运输;
- f) 寿命终止。

基于LCA的信息中要使用的数据库分为两类:现场数据和背景数据库。主要数据库尽量使用现场数据,如果“现场数据”收集缺乏,可以选择“背景数据库”。

现场数据是在现场具体操作过程中收集来的。主要包括生产过程的能源与水消耗、产品原材料的使用量、产品主要包装材料的使用量和废弃物产生量等。现场数据库还应包括运输数据库,即产品原料、主要包装等从制造地点到最终交货点的运输距离。

背景数据库应当包括主要原料的生产数据库、权威的电力组合数据库(如火力、水、风力发电等)、不同运输类型造成的环境影响以及产品成分在环境中降解或在本企业污水处理设施内处理过程的排放数据库。

B.3.2.2 现场数据采集

应描述代表某一特定设施或设施的活动而直接测量或收集的数据库相关采集规程。可直接对过程进行的测量或者通过采访或问卷调查从经营者处获得的测量值为特定过程最具代表性的数据库来源。

现场数据库的质量要求包括:

- a) 代表性:现场数据库应按照企业生产单元收集所确定范围内的生产统计数据。
- b) 完整性:现场数据库应采集完整的生命周期要求数据库。
- c) 准确性:现场数据库中的资源、能源、原材料消耗数据库应该来自于生产单元的实际生产统计记录;环境排放数据库优先选择相关的环境监测报告,或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有现场数据库均须转换为单位产品,即克/立方米为基准计算,且需要详细记录相关的原始数据库、数据库来源、计算过程等。
- d) 一致性:企业现场数据库收集时应保持相同的数据库来源、统计口径、处理规格等。典型现场数据库来源包括:

- 原材料采购和预加工;
- 原材料由原材料供应商运输至1,4-丁二醇生产商处的运输数据库;
- 生产过程的碳能源和水资源消耗数据库;
- 原材料分配及用量数据库;
- 包装材料数据库,包括原材料包装数据库;
- 产品生产现场三废排放及资源化利用数据库;
- 由生产商处运输至经销商的运输数据库;
- 生产废水经污水处理厂所消耗的数据库。

B.3.2.3 背景数据采集

背景数据不是直接测量或计算而得到的数据。所使用数据的来源应有清楚的文件记载并载入产品生命周期评价报告。

背景数据的质量要求包括：

a) 代表性：背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合相关LCA标准要求的、经第三方独立验证的上游产品LCA报告中的数据。若无，须优先选择代表中国国内平均生产水平的公开LCA数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为背景数据。

b) 完整性：背景数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止。

c) 一致性：所有被选择的背景数据应完整覆盖本部分确定的生命周期清单因子，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。

B.3.2.4 原材料采购和预加工

该阶段始于从大自然提取资源，结束于1, 4-丁二醇品进入产品生产设施，包括：

- a) 开采和提取；
- b) 所有材料的预加工，例如催化剂的制备及活化等；
- c) 原料净化、转换回收的材料；
- d) 原料的前处理及管道输送。

B.3.2.5 生产

该阶段始于1, 4丁二醇产品进入生产设施，结束于产品离开生产储存设施。生产活动包括合成、精制、及半成品的输送、副产物回收利用及三废的无害化处理等。

B.3.2.6 产品分配

该阶段将1, 4-丁二醇产品分配给各地经销商，可沿着供应链将其储存在各点，包括运输方式、车辆类型、燃料消耗量、装货速率、回空数量、运输距离、根据负载限制因素的商品运输分配及运输车辆的燃料使用量。

B.3.2.7 使用阶段

该阶段始于消费者拥有产品，结束于1, 4-丁二醇使用过程向环境挥发。包括使用模式、使用期间的资源消耗等。

B.3.2.8 物流

应考虑的运输参数包括运输方式、车辆类型、燃料消耗量、装货速率、回空数量、运输距离、根据负载限制因素（即高密度产品质量和低密度产品体积）的商品运输分配以及燃料用量。

B.3.2.9 寿命终止

该阶段始于消费者使用1, 4-丁二醇，结束于产品作为废弃物处理后进入大自然的生命周期。

B.3.2.10 用电量计算

对于产品系统边界上游或内部消耗的电力，应使用区域供应商现场数据。

B.3.3 数据分配

在进行1, 4-丁二醇生命周期评价的过程中涉及到数据分配问题，特别是1, 4-丁二醇产品的生产环节。对于该产品生产线而言，由于生产环节较多，同时存在三废的资源化利用和副产物的提纯回收。很难就该产品生产来收集清单数据，往往会就整条生产线来收集数据，然后根据产品、副产物和三废资源再分配到具体的产品上。

B.3.4 生命周期影响评价

B.3.4.1 数据分析

根据表B.1表B.4对应需要的数据进行填报：

a)现场数据可通过企业调研、上游厂家提供、采样监测等途径进行收集，所收集的数据要求为企业3年内平均统计数据，并能够反映企业的实际生产水平。

b)从实际调研过程中无法获得的数据，即背景数据，采用相关数据库进行替代，在这一步骤中所涉及到的单元过程包括1，4-丁二醇行业相关原材料生产、包装材料、能源消耗以及产品的运输。

表 B.1 原材料成分、用量及运输清单

原材料	含量/%	单次使用消耗量/kg	原材料产地	运输方式	运输距离/km	单位产品运输距离 (km/kg)
甲醛	53	持续供应	界区	管道	0.1	0.0001
乙炔	99	持续供应	界区	管道	0.15	0.00015
氢气	99.9	持续供应	界区	管道	0.15	0.00015
.....						

表 B.2 生产过程所需清单

能耗种类	单位	装置生产总消耗量	单次使用产品消耗量
电耗	千瓦时 (kW·h)		
水	吨		
煤耗	兆焦 (MJ)		
蒸汽	立方米 (m ³)		

表 B.3 包装过程所需清单

材料	单位产品用量/kg	单次使用产品消耗量/kg
镀锌桶		
铁系磷化桶		
TANK 罐		

表 B.4 运输过程所需清单

过程	运输方式	运输距离/km	单位产品运距/ (km/kg)
从生产地到总经销商			
从总经销商到分经销商			
从生产地到分经销商的总运输距离			

1，4-丁二醇成分在环境中降解或在废弃物处理厂处理过程的排放相关的排放因子如表B.5所示。

表 B.5 废弃物处理背景数据

项目	产生量	处理方式
污水总排口 COD 浓度		
有机废液无害化处理率		
产品废水排放量		

B.3.4.2 清单分析

所收集数据进行核实后，利用生命周期评估软件进行数据的分析处理，用以建立生命周期评价科学完整的计算程序。企业可根据实际情况选择软件，通过建立各个过程单元模块，输入各过程单元的数据，可得到全部输入与输出物质和排放清单，选择表B.6各个清单因子的量（以kg为单位），为分类评价做准备。

B.4 影响评价

B.4.1 影响类型

影响类型分为资源能源消耗、生态环境影响和人体健康危害三类。1, 4-丁二醇的影响类型采用化石能源消耗、气候变化、富营养化和人体健康危害4个指标。

B.4.2 清单因子归类

根据清单因子的物理化学性质，将对某影响类型有贡献的因子归到一起，见表B.6。例如，将对气候变化有贡献的二氧化碳、一氧化氮等清单因子归到气候变化影响类型里面。

表 B.6 1, 4-丁二醇产品生命周期清单因子归类

影响类型	清单因子归类
化石能源消耗	煤、天然气
气候变化/碳足迹	二氧化碳（CO ₂ ）
富营养化	总磷、总氮、氨氮
人体健康危害	氮氧化物、二氧化硫、粉尘颗粒物

B.4.4 分类评价

计算出不同影响类型的特征化模型。分类评价的结果采用表B.7中的当量物质表示。

表 B.7 1, 4-丁二醇产品生命周期影响评价

环境类别	单位	指标参数	特征化因子
能源消耗	铈当量·kg ⁻¹	煤	5.69×10 ⁻⁸
		天然气	1.42×10 ⁻⁴
全球变暖	CO ₂ 当量·kg ⁻¹	CO ₂	1
富营养化	NO ₃ 当量·kg ⁻¹	TN	2.61
		NH ₃ -N	3.64
		TP	28.2
人体健康危害	1,4-二氯苯当量·kg ⁻¹	NO _x	1.2
		SO _x	0.096
		颗粒物	0.82

B.4.4 计算方法

影响评价结果计算方法见式（B.1）

$$EP_i = \sum EP_{ij} = \sum Q_j \times EF_{ij} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

EP_i ——第i中影响类型特征化值； EP_{ij} ——第i种影响类别中第j种清单因子的贡献；

Q_j ——第j中清单因子的排放量； EF_{ij} ——第i中影响类型中第j种清单因子的特征化因子。

《绿色设计产品评价技术规范-1,4 丁二醇》 编制说明

绿色产品设计评价规范编制组

2019 年 6 月

目 录

1 项目背景	15
1.1 任务来源	15
1.2 编制过程	15
2 标准编制的必要性	16
2.1 推进生态文明建设	16
2.2 强调环保重点	17
2.3 填补废物资源化利用率标准缺失	17
2.4 加强生命周期评价的应用	17
3 行业概况	17
3.1 行业发展现状	17
3.2 行业存在问题	20
3.3 行业发展趋势	21
4 编制依据及参考文献	21
5 研究方法和技术路线	23
5.1 研究方法	23
5.2 技术路线	23
6 相关内容确定说明	24
6.1 总体说明	24
6.2 适用范围	24
6.3 评价流程说明	24
6.4 指标体系说明	25
6.4.2 能源属性	25
6.4.3 环境属性	26
6.4.3 产品属性	26
6.5 检测分析方法	26
6.6 生命周期评价说明	27
6.6.1 研究意义	27
6.6.2 流程说明	27
7 标准实施的可行性分析	27

1 项目背景

1.1 任务来源

1,4-丁二醇, 英文名 1,4-Butanediol (简称 BDO), CAS: 110-63-4, 分子式为 $C_4H_{10}O_2$, 分子量为 90.12. 结构式为 $OH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ 。在制药工业、纺织工业、化工工业、造纸工业、汽车工业和日用化工工业等行业有广泛的应用, 是一种起着关键作用的有机化工产品和精细化工产品, 其下游衍生物众多, 均为高附加值的化工产品, 主要有 γ -丁内酯 (GBL)、四氢呋喃 (THF)、聚四亚甲基醚二醇 (PTMEG)、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)、聚酯多元醇、共聚多酯醚 (COPEs)、聚氨酯 (PU)、聚丁二酸丁二醇酯 (PBS) 和弹性纤维 (Spandex) 等^[1], 另外可用来生产 V_{B6} 、溶剂、增塑剂、电镀工业的增亮剂和医药中间体等^[2]。

2018 年全球 BDO 产能达到 363 万吨, 其中中国大陆产能为 200.6 万吨, 占全球 55% 左右的份额, 开工率为 73%, 价格同比上涨 0.7%, 预计 2019 年新增产能 30.4 万吨, 全球 BDO 生产企业所使用的主要工艺路线有四种, 分别为 Reppe 法、顺酐法、烯丙醇法、丁二烯法^[3-4]。其中 Reppe 法又称炔醛法, 是生产 BDO 的传统方法, 1930 年由德国 Farben 公司的 W. Reppe 等人开发成功, 1940 年由德国巴斯夫公司率先实现工业化。它是以乙炔和甲醛为原料, 先由乙炔和甲醛在铜催化剂作用下合成 1,4-丁炔二醇, 再经加氢生成 1,4-丁二醇。丁二烯法以丁二烯为原料生产 1,4-丁二醇 (BDO), 又分为丁二烯乙酰基氧化法和丁二烯氯化法两种工艺, 前者以丁二烯和乙酸为原料在氧气存在条件下进行乙酰氧化反应生成 1,4-二乙酰氧基-2-丁烯, 再经加氢、水解制成, 副产 THF, 乙酸则循环使用, 可任意调节产物 BDO 和 THF 生产比例。后者将丁二烯在 260-300℃ 下经气相氯化加成 3,4-二氯丁烯-1 和 1,4-二氯丁烯-2, 前者用于生产氯丁橡胶, 后者经水解得到 1,4-丁二醇。烯丙醇法由美国利德安化学公司和日本可乐丽公司实现工业化, 该法由环氧丙烷为原料, 通过异构化生产烯丙醇, 然后在铑系催化剂催化条件下经液相加氢甲酰化生成 4-羟基丁醛, 再加氢生成 1,4-丁二醇 (而台湾大连采用醋酸烯丙基酯通过脱水转化为烯丙醇, 其余相同)。顺酐法是以正丁烷经气相氧化生成顺酐, 再经加氢值得 1,4-丁二醇, 其中顺酐加氢工艺分为直接加氢法和酯化加氢法, 前者在雷尼镍的作用下通过液相加氢生产 GBL 和 THF, 再以铜铬为主催化剂和氧化钾为助催化剂对 GBL 催化加氢生产 1,4-丁二醇; 而后者以顺酐与乙醇为原料进行酯化反应生成马来酸单乙酯, 在离子交换树脂催化剂存在下与乙醇进行双酯化反应生成马来酸二乙酯, 再通过加氢生产丁二酸二乙酯, 最后经氢解生成 1,4-丁二醇。各类生产工艺方法的优缺点详见表 1。

表1: BDO主要生产工艺方法优缺点比较

生产工艺方法	优点	缺点	
经典法	1. 工艺成熟 2. 流程短, 产品收率高 3. 操作费用低, 副产品少	1. 原料乙炔远程运输危险 2. 操作条件苛刻, 压力高, 设备造价高 3. 廉价乙炔获得量有限	
Reppe 法	改良法	1. 工艺先进成熟, 副产品少, 流程短, 产品收率高 2. 催化剂活性高, 寿命长, 操作压力低, 生产安全 3. 投资低, 适用于大规模生产	1. 原料乙炔远程运输危险 2. 廉价乙炔获得量有限
丁二烯法	1. 原料来源丰富 2. 操作条件温和、无公害 3. 同时可副产 THF	1. 流程长, 过程复杂 2. 投资高, 公用工程费用大 3. 丁二烯醋酸法设备腐蚀严重	
环氧丙烷/烯丙醇法	1. 催化剂可循环使用、寿命长 2. 产品收率高, 能耗低 3. 生产负荷容易调节	1. 环氧丙烷难以廉价得到时成本高 2. 羟基化反应选择性低 3. 全过程收率低	
正丁烷/顺酐法	1. 投资少, 生产成本低, 三废量少 2. 可联产 THF 和 GBL	1. 受原料顺酐制约 2. 流程长	

由于我国特有的“富煤、贫油、少气”的资源 and 能源结构, 特别是新疆丰富的煤炭和石灰石资源, 决定了电石行业的迅猛发展及 1,4-丁二醇生产以炔醛法为主、烯丙醇法为辅的产业结构, 2015 年后新增产

能都是炔醛法一体化装置，主要集中在西北资源富集区。随着我国 1,4-丁二醇行业技术的不断进步，围绕突出环保问题可行性已基本得到解决，如副产物分离回收及处理、丁醇分离提纯、蒸馏废液回收、生产废水处理等问题，但上述问题解决仅限于小试实验阶段，特别受环境条件制约，距离工业化生产阶段很远，目前仍有废液无害化处理、副产丁醇提纯、净化废硫酸的再生、减少 VOC 和污水的外排量、氢气回收及节能减排降耗等问题仍然制约着行业的发展^[5-15]。

随着 2012 年 7 月《清洁生产促进法》的实施，2015 年 9 月 18 日，中共中央、国务院印发《生态文明体制改革总体方案》（中发【2015】25 号）。2016 年工信部发布了《关于开展绿色制造体系建设的通知》（工信厅节函【2016】586 号），并于 6 月 30 日制定了《工业绿色发展规划（2016-2020 年）》，提出：建立工业绿色设计产品标准体系，开展绿色设计试点示范，制定绿色产品评价标准。2016-2018 年工信部连续三年评选国家级绿色工厂、绿色设计产品、绿色园区和绿色供应链管理示范企业（参照《绿色工厂评价通则》（GB/T36132-2018）及《通知》中绿色工厂评价有关要求），第三方机构可参照《绿色制造体系评价参考程序》（工信厅节函〔2017〕564 号）开展评价工作。2018 年为积极响应“中国制造 2025”行动计划，为推进行业绿色发展进程，以产品生命周期评价理论为指导，提升产品在其生命周期中的综合环境绩效为目标，针对行业产品环境安全和节能减排问题，选取 1,4 丁二醇为研究目标，从废物资源化利用、三废无害化处理、能源高效利用等方面开发绿色生产工艺技术，制定低能耗、高品质、环境友好的绿色产品设计技术规范应运而生。

1.2 编制过程

本标准遵循生命周期的基本指导思想，在广泛收集国内外 1,4 丁二醇行业环境保护、清洁生产相关的政策、法律法规、技术导则、标准等文献，选择典型企业开展系统深入地调研，结合我国 1,4 丁二醇产业现状，进行全面系统研究基础上，完成了本标准征求意见稿的撰写。该标准给出了 1,4 丁二醇绿色设计产品的基本要求、评价指标体系框架、生命周期评价要求和评价方法。具体编制过程如下：

（1）2018 年 7 月，任务下达，成立标准编制组；

（2）2018 年 7-9 月，开展行业现状调研，国内外相关标准，资料分析。

（3）2018 年 9 月，中国石油和化工联合会组织开展 1,4 丁二醇绿色设计产品标准立项答辩，标准编制组于 2018 年 10 月底完成了《绿色产品评价技术规范 1,4-丁二醇产品》编制说明；

（4）2019 年 5 月，中国石油和化工联合会组织行业内的典型企业开展了 1,4 丁二醇绿色设计产品标准的专项讨论会，月底完成征求意见稿的编制；

（5）2019 年 9 月，由石化联合会组织标准征求意见；

（6）2019 年 12 月，中国石油和化学工业联合会组织召开了标准送审定稿讨论会，对标准进行终审审查。

2 标准编制的必要性

2.1 推进生态文明建设

“十三五”规划纲要明确提出，加快建设资源节约、环境友好型社会，形成人与自然和谐发展现代化建设新格局。生态型产品作为生态型社会的重要组成部分，是建立生态型消费模式的基础。国家发展改革委编制的《“十三五”节能环保产业发展规划》中提出，完善绿色产品推广机制。建立统一的绿色产品认证、标识等体系，逐步将目前分头设立的环保、节能、节水、循环、低碳、再生、有机等产品统一整合为绿色产品，加强绿色产品全生命周期计量测试、质量检测和监管。目前我国 1,4-丁二醇行业只有《工业用 1,4-丁二醇》产品质量标准和《1,4-丁二醇行业清洁生产评价指标体系》行业标准，没有绿色（生态型）设计产品评价标准，其它评价标准要求参差不齐，政策机制不够健全。因此，有必要通过开展绿色产品评价及其标准化工作，制定与国际接轨、高水平的绿色 1,4-丁二醇产品评价技术标准，并通过评价标准的示范应用，不断提升 1,4-丁二醇产品的生态性，为生态型社会建设提供评价技术、评价标准等基础支撑。

绿色产品作为建设生态型社会一项重要内容，主要是指在原材料获取、生产、使用、废弃处理等全生命周期过程中，在技术可行和经济合理的前提下，确保产品的资源和能源利用高效性、生物安全性、无毒

无害或低毒低害性、低排放性，实现产品环境负荷的最小化。1,4-丁二醇作为聚酯、聚氨酯和特性材料的主要功能性二醇原料，绿色发展势在必行。绿色 1,4-丁二醇产品在开发使用过程中应以产品生态设计理念为指导，降低产品资源、能源消耗强度和环境影响，最大程度地采用从原料、生产、使用等各个环节减少对人类健康和环境产生危害的绿色先进技术和手段，减少或消除对人类和环境危害大的原料和产品使用^[24-25]，减少副产物、固废、废水、有机废液和废气的生产和外排，实现副产物提纯、废物资源化利用、危废再生并永续利用、废气回收。面对“十三五”期间生态型社会建设和环保产业发展要求，我国对绿色 1,4-丁二醇产品评价及其标准化工作存在着十分迫切的需求。

2.2 强调环保重点

据统计，我国 2018 年 BDO 总产量达 200.6 万吨，其中 Reppe 法占 91%，是行业中生产工艺占比最大的工业化方法，根据《1,4-丁二醇行业清洁生产评价指标体系》规定，Reppe 法生产工艺的先进值是 950kgce/t，如果将该工艺绿色产品能耗指标控制在 900kgce/t 之内，由此每年节约 9.5 万吨标煤的使用量。另外 Reppe 法主要的原料是甲醛、乙炔和氢气，为确保催化剂的使用寿命需要对原料乙炔净化，净化所产废硫酸属于危险废物，每年全国大约产生 8.5 万吨废硫酸；此外还会产生废焦油和含有丙醇、四氢呋喃、丁醇、甲醇、甲醛、丁炔二醇、丁二醇等有机废液，每年 6.5 万吨以上，副产丁醇溶液 10 万吨和废水 400 万吨以上，放空的废气、氢气和乙炔气等挥发性有机物 2800 多吨，中低压蒸汽凝液及含盐废液。这些危险废物、废气、废液、废盐的排放将会对当地环境造成严重污染，危险废物和废液的转运也存在很大的危险性，随着 2018 年 10 月《大气污染防治法》修订并实施，环保部办公厅印发《关于重点地区环境空气挥发性有机物监测方案》（环办监测函【2017】2024 号），国家对挥发性有机物排放和能源管理的要求越来越严格，地方政府相继出台挥发性有机物污染防治管理办法、排放标准和治理方案，编制以节能减排、废物资源化利用、降低单耗提升副产品附加值及废弃物的循环利用和无害化处理为重点的标准势在必行。

2.3 填补废物资源化利用率标准缺失

目前国内外均无 1,4-丁二醇绿色产品设计评价标准，现各 1,4-丁二醇企业生产的工业产品检测标准均执行 GB/T 24768-2009，而单位产品能源消耗限额标准执行 GB 31824-2015，仅从产品综合能耗和产品属性 3 大指标进行产品质量表征；未能体现 1,4-丁二醇产品生产过程资源属性、能源属性、环境属性等方面进行综合评价，没有相关的净化废酸再生重复利用率、放空氢气回收利用率、水的重复利用率、副产物回收利用率、有机废液无害化处理率、产品废水和有机废液的排放量等指标的评价标准，无法体现全生命周期过程绿色化程度，所以制定 1,4-丁二醇绿色设计产品评价技术规范是推进引导该行业绿色化进程的必要工作。

2.4 加强生命周期评价的应用

企业要想协调好自身利益与社会利益的关系，就须在降低生产成本的基础上把对环境污染和健康危害降至最低。生命周期评价方法（Life Cycle Assessment, 即 LCA）是国际上环境管理和产品设计的重要工具之一。采用 LCA 方法对我国 1,4-丁二醇工业进行分析，进而指导产业向节约资源能源，减少污染物排放，与环境相协调的可持续方向发展，具有非常现实和重要的意义。

LCA 是 1,4-丁二醇行业开展产品生命周期评价，推动行业绿色化进程不可或缺的分析工具。目前 1,4-丁二醇行业应率先在国家级绿色工厂示范企业中运用 LCA，以引领国内行业绿色发展。但需要注意的是，LCA 的结果，尤其是影响评价阶段的结果所能提供的信息只是单一环境评价指标。而在 1,4-丁二醇产品和生产系统的评价过程中，还需要考虑如何将其融入可持续性综合评价工具之中，进而促进行业健康的可持续发展。1,4-丁二醇行业正在向满足消费者对于安全、使用性能和个性化需求方面发展，绿色、高效、环保、专用、功能化是发展方向，具有广阔的发展前景。

3 行业概况

3.1 行业发展现状

2016-2018 年全球产能增长趋于平稳，顺酐法及云维装置处关停状态（详见表 2），2018 年中国大陆 BDO 装置产能（包括台湾大连在国内大陆的装置）有 200.6 万吨，占全球 54% 左右的份额，本年度新增产能为新

疆国泰新华10万吨/a装置、新疆新业能源化工6万吨/a以及韩城添工的6万吨/a，预计2019年将新增延长石油10万吨/a装置和新疆蓝山屯河扩建10万吨/a装置，其它国家基本维持原有产能，未来趋势仍然是中国大陆新增产能。而从生产工艺上分析，2018年全球1,4-丁二醇生产工艺中，Reppe法比例越来越高，占据63.1%（详见图1），2018年以后的新增的装置也将是炔醛法工艺路线。

表2：2016-2018全球BDO生产企业产能情况

生产商		装置分布		年度产能			工艺方法
		区域	具体位置	2016	2017	2018	
国外	巴斯夫（BASF）	欧洲	德国路德维希港	190	190	190	Reppe法
		北美	美国吉斯玛	135	135	135	Reppe法
		亚洲	日本千叶	25	25	25	Reppe法
		亚洲	马来西亚关丹	100	100	100	顺酐法
		亚洲	韩国蔚山	停产	停产	停产	丁二烯法
	利安德（LYONDELL）	北美	美国得克萨斯州	55	55	55	烯丙醇法
		欧洲	荷兰鹿特丹	133	133	133	烯丙醇法
	亚什兰（Ashland）	欧洲	德国玛利	100	100	100	Reppe法
		北美	美国莱马	60	60	60	顺酐法
	英威达（INVISTA）	北美	美国拉帕特	110	110	110	Reppe法
	日本三菱（MITSUBISHI）	亚洲	日本四日市	90	90	90	丁二烯法
	韩国PTG	亚洲	韩国蔚山	28	28	28	顺酐法
	韩国SK	亚洲	韩国蔚山	40	40	40	Reppe法
海湾先进化学（GACIC）	亚洲	沙特阿拉伯朱拜勒	75	75	75	顺酐法	
台湾南亚（NPC）	亚洲	台湾清宜	40	40	40	丁二烯法	
	亚洲	台湾麦寮	60	60	60	丁二烯法	
	亚洲	台湾高雄	370	370	370	烯丙醇法	
国内	台湾大连（DCC）	亚洲	江苏仪征	80	80	80	烯丙醇法
		亚洲	辽宁盘锦	150	150	150	烯丙醇法
	新疆美克	亚洲	新疆库尔勒	160	260	260	Reppe法
	新疆天业	亚洲	新疆石河子	210	210	210	Reppe法
	新疆蓝山屯河	亚洲	新疆昌吉	100	100	100	Reppe法
	新疆国泰	亚洲	新疆昌吉州	在建	在建	100	Reppe法
	新疆新业	亚洲	新疆五家渠	在建	在建	60	Reppe法
	内蒙古东源	亚洲	内蒙古乌海市	100	100	100	Reppe法
	中石化长城能源	亚洲	宁夏银川	200	200	200	Reppe法
	陕西比迪欧	亚洲	陕西渭南	130	130	130	Reppe法
	陕西国融精细化工	亚洲	陕西榆林神木	在建	60	60	Reppe法
陕西韩城添工	亚洲	陕西韩城市	在建	在建	60	Reppe法	
国内	河南开祥	亚洲	河南义马	90	90	90	Reppe法
	河南鹤煤	亚洲	河南鹤壁	100	100	100	Reppe法
	四川天华	亚洲	四川泸州	85	85	85	Reppe法
	重庆弛源	亚洲	重庆涪陵	60	60	60	Reppe法
	福建湄洲湾	亚洲	福建泉州	40	40	40	Reppe法

生产商	装置分布		年度产能			工艺方法
	区域	具体位置	2016	2017	2018	
山西三维	亚洲	山西洪洞	75	75	75	Reppe法
			75	75	停产	顺酐法
云南云维	亚洲	云南曲靖	25	25	25	Reppe法
山东中亚化工	亚洲	山东东营	13	13	13	顺酐法
南京蓝星	亚洲	江苏南京	110	停产	停产	顺酐法
仪征化纤	亚洲	江苏仪征	100	100	停产	顺酐法
浙江华辰	亚洲	浙江平湖	55	55	55	顺酐法
江宁化工	亚洲	浙江江山	70	70	70	顺酐法
总计			3639	3689	3734	

2018年全球产能分布情况（按国家地区分）

2018年全球产能分布情况（按生产工艺分）

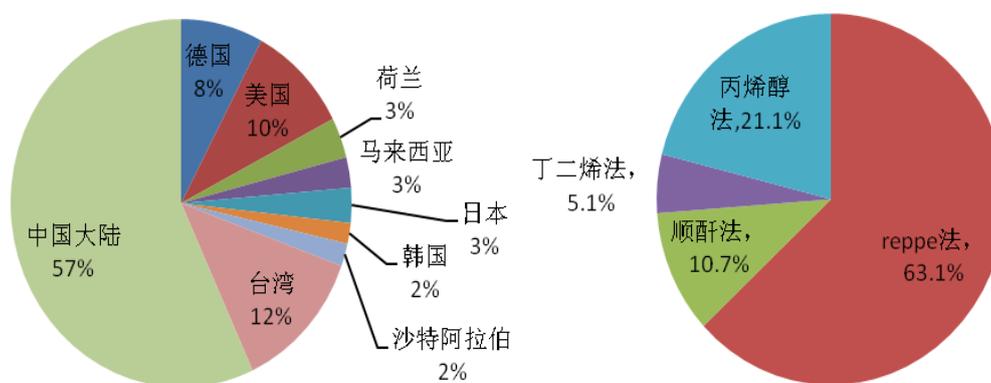


图1 2018年全球产能分布情况图

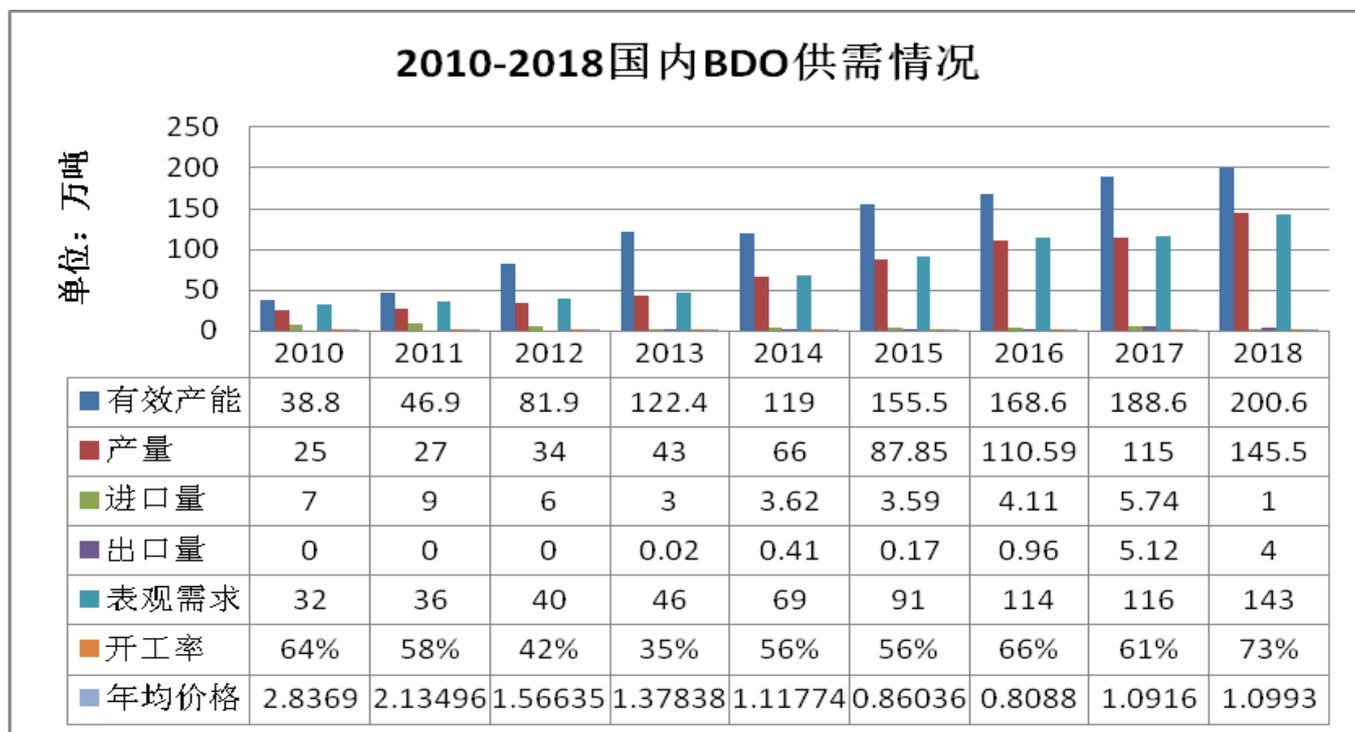
注：图1数据来源于率捷咨询、2018年BDO行业会议

2018年我国1,4-丁二醇产能已达212.3万吨/年，其中采用炔醛法工艺的产能占我国1,4-丁二醇总产能的83%（其中煤质为原料产能占84%），采用环氧丙烷/烯丙醇法的产能占16%。为追求效益的最大化和提高企业的竞争能力，降低市场风险，我国现有的1,4-丁二醇生产企业多数配套了下游衍生物装置，其中以PTMEG和PBT装置居多。2010-2015年，国内1,4-丁二醇产能呈现高速增长，2015年以后产能增长放缓，预计2019年新增产能30.4万吨（详见 图表2）。2015年后新增产能都是以煤为原料的炔醛法一体化装置，主要集中在西北资源富集区。通过产业结构的调整，国内顺酐法和部分炔醛法老旧装置长期停产，变为无效产能；2018年1,4-丁二醇整体供应稳中有增，行业装置运行好于2017年，行业正常运行的有效产能总计为200.6万吨，国内有效装置开机率73%，较2017年增加十二个百分点；产量同比增长27%，出口量约4万吨左右，全年国内价格先扬后抑，整体延续了2017年的上涨态势，同比上涨0.7%。2019年随着新增装置产能的释放，供应继续增加，预计产量将达到167万吨左右，国内宏观环境偏弱，供应将增加，竞争加剧，其价格预计弱势运行，再加上游原材料价格高位震荡使得成本增加，行业企业盈利空间将被压缩^[16-22]。

图表2 2010-2018年我国现有产能及新增产能情况（不包括台湾地区）



投资时间	企业	地区	产能	备注
2016年	美克化工	新疆	10	煤质装置，配有4.6万吨PTMEG
	陕西融合	陕西	6	配有4.6万吨PTMEG和1万吨GBL
2017年	国泰新华	新疆	20	配套6万吨PTMEG
2018年	韩城添工	陕西	6	隶属陕西黑猫集团
	新业能源	新疆	6	配套甲醇
2019年e	东源科技	内蒙	10	规划建设PBT、PBS等
	延长石油	陕西	10	配套4.6万吨PTMEG
	蓝山屯河	新疆	10.4	原有PBT\PBS



注：图表2数据来源于普华资讯、环球聚氨酯、2018年BDO行业会议

3.2 行业存在问题

随着近几年新建或扩建装置的建成投产，我国BDO的生产能力得到较快发展，但下游需求增速慢于产能增长速度，行业已经由供不应求步入供应过剩，由高利润时代进入微利润时代，市场竞争将十分激烈，一些竞争力不强的装置甚至将面临淘汰。作为大宗化工和工程塑料原料，1,4-丁二醇行业仍然存在三废排放较大、环境影响度较高、废物资源化利用率较低、所用原料甲醛对职业健康危害性较大等问题。THF/PTMEG、PBT、GBL等仍然是我国BDO主要的消费领域（详见下图3），但未来这些传统应用领域发展空间有限，因此应该加大产品新应用领域的开发力度，实现一体化生产。建议重点开发BDO在特性聚氨酯、聚酯、酯醚共聚体、功能性弹性体和胶黏剂、涂料等方面的应用，以拓展应用领域，扩大国内需求量。此外，生产企业在完善产业链的同时，应该通过提升技术水平和产品质量，积极扩大出口，规避市场风险，确保BDO行业健康稳步发展。

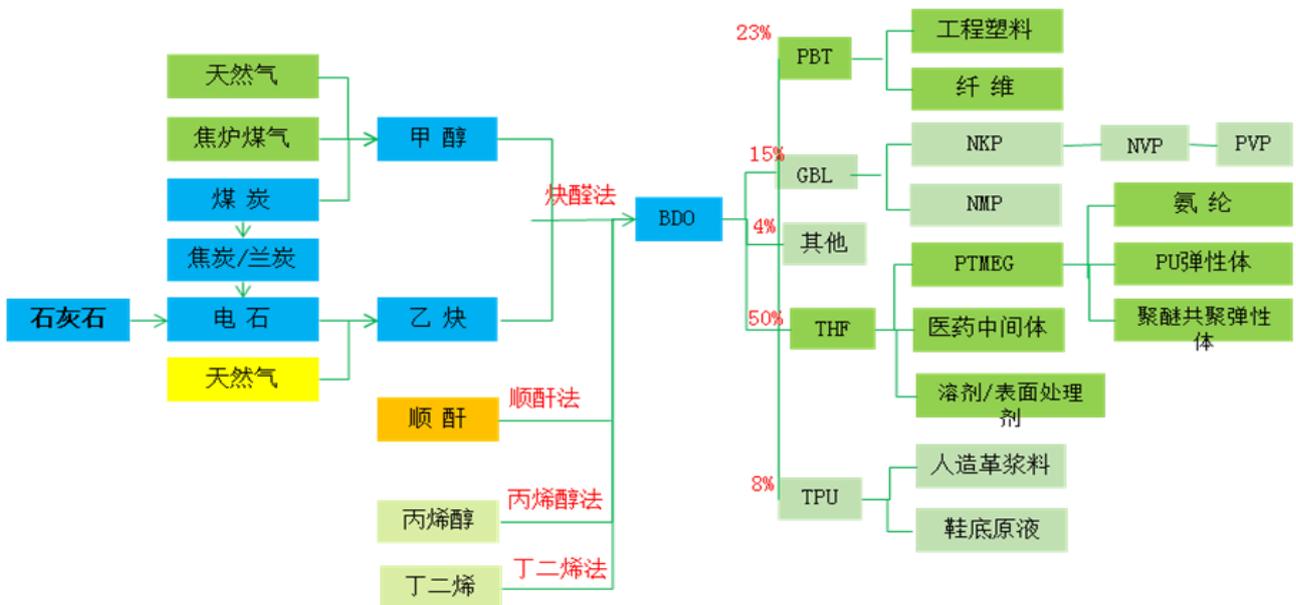


图3 1, 4-丁二醇下游产品需求及应用情况图

注：图3数据来源于2018年BDO行业会议

3.3 行业发展趋势

1,4-丁二醇主要有四大需求领域，其中THF/PTMEG与PBT消费占在73%以上（见图3）。2018年，国内产量同比增加26.5%，出口增长趋于平缓，表观需求同比上升23.3%。国内需求较为平稳，但装置不断增加，部分优势企业寻求出口通道，出口将成为消化国内产能的另一路径。我国对1,4-丁二醇的需求量仍将稳步增长。其中THF/PTMEG仍然是我国1,4-丁二醇需求增长的主要推动力，但其受氨纶行业的影响较大。目前我国氨纶行业已经进入成熟期，PTMEG的需求增长将趋于平稳，对THF的需求增长也将趋缓，因此，THF对1,4-丁二醇的需求将保持平稳增长，未来对1,4-丁二醇需求大幅度增长可能性不大。GBL的市场容量有限，且进入者较多，未来竞争会异常激烈。聚氨酯合成革浆料、鞋底料市场增长空间也不容乐观。PBT凭借其特殊的物理性能在节能灯具、纺丝原料、汽车用工程塑料领域迅速普及，其各种改性料应用更加广泛，未来一段时间内将是1,4-丁二醇用量增长最快的下游产品。聚丁二酸丁二醇酯（PBS）是生产降解塑料材料中的佼佼者，用途极为广泛，可用于包装、餐具、化妆品瓶、一次性塑料制品、农用薄膜、化肥缓释材料等领域，该产品有可能成为下游发展的一个亮点。此外，1,4-丁二醇在热塑性聚酯弹性体橡胶（TPEE）、热熔胶、多元醇等领域都有应用，而且这部分用量也正在不断增长，但目前国内产能不足需，主要依赖进口。由于受到技术要求高、产品型号复杂、与产品应用联系紧密等因素的影响，这些新型产品普遍具有较高的进入门槛，因此未来较长的时间内将具有良好的市场空间，这将给具有原料、技术、资金优势的1,4-丁二醇生产企业实现转型、培育新兴业务带来契机。预计到2019年，我国对BDO的总需求量将达到170万吨，而届时的生产能力将超过230万吨/年，产能大大过剩，将由过去的净进口国家变成世界主要的净出口国家，市场竞争激烈。

4 编制依据及参考文献

《绿色设计产品评价技术规范 1, 4 丁二醇》编制严格按照国家标准规范性文件的基本要求，在国家现行法律、法规以及行业政策要求的前提下，从产品生命周期的角度，对1,4-丁二醇绿色产品设计做出了详细的规定。依据生命周期评价方法，考虑到BDO产品的整个生命周期，从设计开发、原材料获取、生产、包装、运输、使用及废弃后回收处理等阶段，深入分析各阶段的能源和资源消耗、生态环境、人体健康影响因素，选取不同阶段的典型指标构成评价指标体系。本标准在满足评价指标体系要求的基础上，采用生命周期评价方法，建立1,4-丁二醇产品种类规则，开展生命周期清单分析，进行生命周期影响评价，将环境影响评价结果作为产品生态设计评价的重要参考依据，以体现标准的系统性、科学性和可操

作性。

主要编制依据包括：

中华人民共和国环境保护税法

中华人民共和国大气污染防治法

中华人民共和国水污染防治法

中华人民共和国土壤污染防治法

GB 2589 综合能耗计算通则

GB 31824 1,4-丁二醇行业清洁生产评价指标体系

GB/T 24768 工业用1,4-丁二醇产品

GB/T 36132 绿色工厂评价通则

“十三五”节能环保产业发展规划

工业绿色发展规划（2016-2020年）

中国制造2025

中发【2015】25号 生态文明体制改革总体方案

工信厅节函【2016】586号 关于开展绿色制造体系建设的通知

工信厅节函（2017）564号 绿色制造体系评价参考程序

环办监测函【2017】2024号 关于重点地区环境空气挥发性有机物监测方案

主要参考文献包括：

- [1] 刘尚荣. 1,4-丁二醇的分离模拟与副产物的回收【D】. 西安科技大学 2018
- [2] 尚如静, 穆仕芳, 牛刚, 宋军超, 张鲁湘. 煤基1,4-丁二醇及其衍生精细化学品市场分析【J】. 现代化工, 2018, 38(02): 11-13.
- [3] 杨亮. 丁二醇工业化生产技术方案对比分析研究【D】. 西北大学 2014
- [4] 贾文博. 炔醛法合成炔丙醇的反应工程学研究【D】. 浙江大学 2014
- [5] 杨倩. 炔醛法制1,4-丁二醇生产过程中副产物分离回收工艺的研究【D】. 天津大学 2017
- [6] 谢兰梅. 1,4-丁二醇生产中副产物正丁醇的分离提纯流程及其模拟【D】. 浙江大学 2016
- [7] 朱文龙. BDO蒸馏废液回收工艺的研究【D】. 重庆大学 2014
- [8] 李鸿斌. BDO装置副产正丁醇回收精制工艺技术开发【J】. 化学工程师, 2014(05).
- [9] 牛正玺. Reppe法副产物中1,4-丁二醇几种处理方法的比较【J】. 中国石油和化工标准与质量, 2014(06).
- [10] 赵宁华, 贾志宇, 魏宏斌, 陈良才. 1,4-丁二醇生产废水处理工程的设计及调试【J】. 中国给排水, 2015(12).
- [11] 吴英, 祝双燕, 曹文斌, 王丽春. 1,4-丁二醇生产废水处理中试研究【J】. 工业水处理, 2015(01).
- [12] 金耀军. 1,4-丁二醇装置中废甲醇回收工艺探讨及应用【J】. 中氮肥, 2017(09).
- [13] 林祥坤, 陈晨, 晏坤, 高夏晗, 龚凌诸. 浅析1,4-丁二醇尾气处理问题及改进措施【J】. 化学工程与装备, 2018(08): 323.
- [14] 张雪峰, 刘新. 1,4-丁二醇精馏残液制备四氢呋喃【J】. 化工环保, 2017, 37(06): 703-706.
- [15] 谢兰梅, 陈纪忠. BDO装置副产物正丁醇的分离提纯流程与模拟【J】. 化学工程, 2016, 44(09): 65-69.
- [16] 赵新明. 1,4-丁二醇制备工艺的现状分析【J】. 化工管理, 2017(26): 49.
- [17] 刘响, 廖启江, 张敏卿. 1,4-丁二醇加氢过程研究进展【J】. 化工进展, 2017, 36(08): 2787-2797.
- [18] 汪丽明. 影响1,4-丁二醇加酸色度原因探讨【J】. 化学工程与装备, 2015(11): 51-52+59. [19] 崔小明. 国内外1,4-丁二醇生产消费现状及市场分析【J】. 石油化工技术与经济. 2015(01)
- [20] 明文勇, 段琦, 亢建平, 韩升, 张伟, 吕剑. 1,4-丁二醇反应研究进展【J】. 山东化工. 2016(14)
- [21] 范卫强, 付勇. 醛炔法生产1,4丁二醇设计优化【J】. 化工管理. 2017(17)

[22] 唐元, 杨利利. 1,4-丁二醇、聚四氢呋喃及其重点衍生物的开发现状【J】. 山东化工, 2015, 44(21): 59-60.

[23] 赵巍. 生物基1,4-丁二醇的研究进展【J】. 化学推进剂与高分子材料, 2018, 16(04): 45-50.

[24] 徐建, 张宏成, 唐敏. 新疆某1,4-丁二醇化工生产企业职业危害现状评价【J】. 职业与健康, 2015, 31(19): 2601-2603+2607.

[25] 和进伟, 孙凯, 高向国, 徐亮亮. 丁二醇生产中羰基镍的危害与防控【J】. 湖南城市学院学报(自然科学版). 2015(04)

5 研究方法和技术路线

5.1 研究方法

标准研究采用文献搜集、专家咨询、问卷发放和现场考察等方法对我国 1,4-丁二醇行业的经营现状、污染物排放现状和主要环境问题进行调研。在此基础上, 为研究及评价构建做准备。

(1) 行业现状分析: 国内外 1,4-丁二醇行业有关节能、环保的政策法规的分析, 国内外 1,4-丁二醇行业现状和发展趋势调查(包括研发、装备、排污处理设施等)

(2) 行业调研: 对 1,4-丁二醇生产企业进行函调, 调查内容主要包括: 地理位置、建筑面积、周边环境敏感点、经营规模、统计近 3 年用能种类(电、热力、煤炭、燃气、燃油、蒸汽、热水等)以及能源、水资源消耗量; 配套设施的基本情况(型号、生产厂家、使用年限等); 目前已采取的节能、节水措施; 污染物排放及控制情况、固体废物回收利用情况和空气质量监管情况等。

(3) 专家咨询: 为使其不偏离相对应标准, 标准在制定过程中会向行业的节能、环保专家进行咨询;

(4) 广泛征求意见: 初稿完成后, 为保证标准的合理性、可操作性, 选择对 1,4-丁二醇生产企业征求意见, 通过对意见的汇总、分析, 进行相应的修正。

5.2 技术路线

依据行业现状调研及文献资料查询结果, 依据上述研究方法制定标准技术路线, 如下图所示:

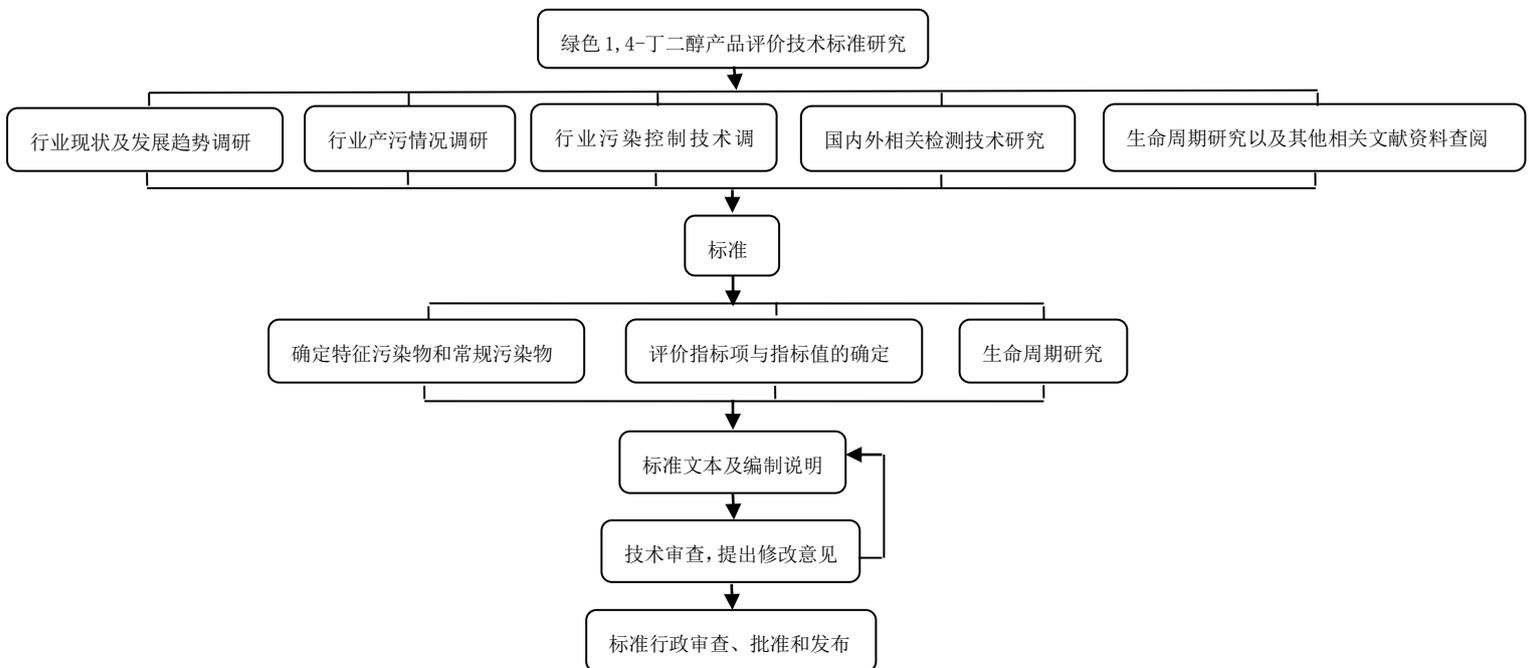


图 4 标准制定技术路线

6 相关内容确定说明

6.1 总体说明

主要包括以下几个方面：

- (1) 适用范围
- (2) 规范性引用文件
- (3) 术语和定义
- (4) 评价原则和方法
- (5) 评价要求
- (6) 产品生命周期评价方法及评价报告编制方法

6.2 适用范围

本标准规定了1,4-丁二醇绿色设计产品生态设计评价规范的术语和定义、评价原则和方法、评价要求、产品生命周期评价报告编制方法，本标准适用于Reppe法、烯丙醇法、顺酐法、丁二烯法及生物基糠醛法等1,4-丁二醇生产工艺绿色产品的评价。

6.3 评价流程说明

本标准采用指标体系评价和生命周期评价相结合的方法。

首先，确定评价的目的，根据评价对象的特点和评价目的，明确评价的范围；

此后，根据评价指标体系中指标和生命周期评价方法，收集需要的数据，同时要对数据质量进行分析；

然后，对照指标体系中指标的基准值，对产品开展指标体系评价。通过指标评价，判定该产品属于绿色型产品。

最后，绿色型产品的生产企业应向信息需求方提供绿色产品评价结果，以供信息需求方编制绿色产品评价报告。其中，应依据生命周期评价方法，通过生命周期清单分析、生命周期影响评价等过程，详细评价产品全生命周期过程对环境的影响大小，并在绿色报告中提出绿色化改进的方向和方案。

在评价过程中，尽管未将生命周期评价结果作为绿色型产品评价筛选的核心依据，但绿色报告发挥了以下几个方面的作用：

全面展示产品生命周期过程中的资源能源消耗、生态环境影响和人体健康危害；

帮助企业诊断产品不符合生态设计评价指标要求的原因，并据此提出改进措施和方案；

为产品评价提供参考，并可粗略验证指标体系评价的准确性；

可向消费者、政府、合作企业等有关方提供产品的环境声明。

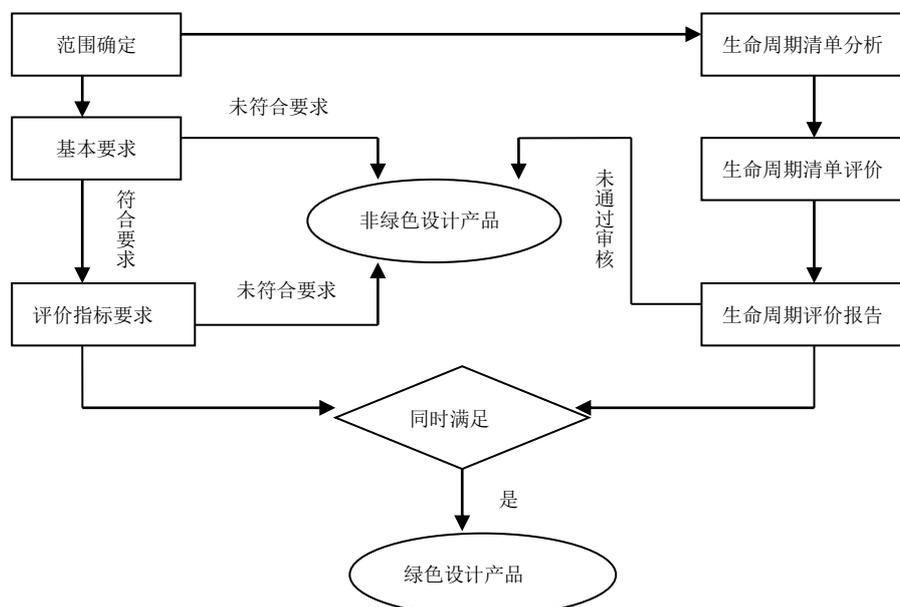


图 5 1,4-丁二醇绿色设计产品评价流程

本标准采用指标体系评价和生命周期评价相结合的方法。

同时满足以下条件的 1,4-丁二醇产品可称为绿色设计产品：

- 1) 满足基本要求和评价指标要求；
- 2) 提供经过评审的产品生命周期评价报告。

6.4 指标体系说明

首先企业需满足以下基本条件：

1 产品生产企业的污染物排放状况，应要求其达到国家或地方污染物排放标准的要求，近三年无重大安全和环境污染事故；

2 宜采用国家鼓励的先进技术工艺，不得使用国家或有关部门发布的淘汰或禁止的技术、工艺、装备及相关物质；

3 对于生产企业的污染物总量控制，生产企业的污染物排放达到国家和地方污染物排放总量控制指标；

4 对于生产企业的管理情况，按照 GB/T 24001、GB/T 19002 和 GB/T 28001 分别建立并获取环境管理体系、质量管理体系和职业健康安全管理体系的认证；开展能耗、物耗考核并建立考核制度；或按照 GB/T 23331 建立并运行能源管理体系；开展清洁生产审核。

5 生产企业按照 GB 17167 配备能源计量器具，并根据环保法律法规和标准要求配备污染物检测和在线监控设备。

6 生产的产品质量符合 GB/T 24768 工业用 1,4-丁二醇产品质量要求。

6.4.1 资源属性

资源属性从净化废酸再生重复利用率、放空氢气回收利用率、原材料消耗量、水的重复利用率、副产物回收利用率和有机废液的无害化处理率等方面提出指标要求，具体指标的提出参考 1,4-丁二醇工业清洁生产标准以及现行其他标准，具体见下表。

表 6-1 资源属性相关指标现行标准

序号	项目	单位	指标	Reppe 法	烯丙醇法	拟设定值	标准来源
			方向	指标值	指标值		
1	净化废酸再生重复利用率	%	≥	/	/	90	/
2	放空氢气回收利用率	%	≥	/	/	90	/
3	吨产品乙炔原材料消耗量	t	≤	0.325	/	0.325	工艺技术包设计值
4	吨产品甲醛原材料消耗量	t	≤	0.77	/	0.77	
5	吨产品氢气原材料消耗量	t	≤	0.055	/	0.055	
6	水的重复利用率	%	≥	/	/	95	/
7	副产丁醇提纯回收率	%	≥	/	/	90	/

6.4.2 能源属性

根据综合能耗计算通则，结合历年 BDO 行业能效领跑者情况以及清洁生产审核能耗水平，确定指标如下：

表 6-3 本标准制定的能源指标

名称	工艺	BDO 产品综合能耗先进值 (kgce/t)	拟设定值 (kgce/t)	标准来源
1,4-丁二醇	Reppe 法	≤950	≤900	GB 31824-2015 BDO 单位产品能源消耗限额标准
	烯丙醇法	≤940	≤890	
	顺酐法	≤810	≤760	

6.4.3 环境属性

环境属性从装置污水总排口 COD 浓度、吨产品废水排放量和吨产品有机废液排放量等方面提出指标要求，具体指标的提出参考工艺技术包设定值以及现行其他标准，具体见下表。

表 6-3 环境属性相关指标现行标准

序号	项目	单位	指标	Reppe 法	烯丙醇法	拟定定值	标准来源
			方向	指标值	指标值		
1	污水总排口 COD 浓度	ppm	≤	/	/	达标排放	国家或地方环境保护要求
2	吨产品废水排放量	t	≤	/	/	2.25	
3	危废处置率	%	≥	/	/	100	
4	厂界噪声	Leq dB (A)	≤	/	/	符合所在功能区 厂界噪声要求	

6.4.3 产品属性

产品属性从产品的纯度、水分、重金属和羰基数等方面提出指标要求，理由如下：产品纯度越高侧采量越大，废液产生量及外排量越大，单位产品综合能耗越高，所以选择纯度作为产品属性重要指标（由于产品生产过程中催化剂都有使用寿命周期，在催化剂使用前期转化率较高，产品纯度也较高，随着催化剂催化活性的降低，副产物越来越多，产品纯度也会逐步降低，因此无法保证产品纯度全部≥99.7%的优等品指标）；水分越高产品纯度越低，单位产品综合能耗也越低，水分与扩链剂发生副反应，严重影响下游产品质量；产品生产过程中根据工艺不同会用到铜系、镍系、铬系或其它离子交换吸附剂，不论是金属催化剂残留或者离子交换吸附剂脱附都有可能致使产品中重金属含量超标，进而影响下游产品的应用领域及环境友好性，所以选择重金属作为产品属性指标；羰基数是表征产品稳定性的指标，产品羰基数越低稳定性越好，越不容易氧化，会影响下游产品的色度，针对高端领域和对色度有严格要求的产品有重要意义。具体指标和拟定值见下表。

表 6-3 产品属性相关指标现行标准

序号	项目	单位	指标	Reppe 法	烯丙醇法	拟定定值	执行标准
			方向	指标值	指标值		
1	纯度	%	≥	99.5	99.5	99.5	气相色谱法
2	水分	mg/kg	≤	300	300	200	卡尔费休库伦法
3	重金属	mg/kg	≤	-	-	10	等离子电感耦合质谱联用法
4	羰基数	%	≤	-	-	0.003	电位滴定法

6.5 检测分析方法

检测分析方法主要是针对环境和产品属性指标，各项指标检测频次及分析方法进行明确。具体如下：

表 6-8 废水及产品检测明细表

污染源类型	监测项目	监测位置	检验方法	采样频次	测试条件
废水	化学需氧量 (COD)	装置废水处理设施排放口	重铬酸盐法 HJ 828-2017	每天采样 1 次	生产负荷 75%以上
BDO 产品	纯度	产品储罐出口	GB/T 24768-2009	每批采样 1 次	精制产品 灌装前
	水分		GB/T 24768-2009	每批采样 1 次	
	重金属		GB/T 24768-2009	每班采样 1 次	

6.6 生命周期评价说明

6.6.1 研究意义

随着人民生活品质的提高和消费习惯的变化，消费者对日常生活绿色环保的要求也在不断提高；为实现 1,4-丁二醇产品在化工、日化、纺织、医药、工程塑料等生活领域的推广应用，相应的就必须提高产品的绿色环保要求。在满足产品后加工性能需求的基础上，更节能、高效、功能性及环境更友好的 1,4-丁二醇产品也成为关注的焦点。所以绿色 1,4-丁二醇产品设计既符合国家绿色发展的要求，同时也是提高我国产品质量性能，提高聚酯和聚氨酯领域绿色制造水平，推动聚酯和聚氨酯领域绿色可持续发展的重要途径。生命周期评估方法作为一种在国际上应用最为广泛的产品环境影响评价方法，通过对产品在其全生命周期过程（从原材料获取、生产、运输、消费乃至最终残留）对环境的影响进行量化评估，从而提供环境信息以辅助支持决策分析和政策制定。制定本标准的目的是通过生命周期的研究，可以得出绿色 1,4-丁二醇产品的环境影响量化数据，更直观的评估绿色 1,4-丁二醇产品生产过程对环境影响带来的变化，为推进聚酯和聚氨酯领域生态化的发展提供数据支撑。

6.6.2 流程说明

6.6.2.1 系统边界说明

原料获取过程包括基础化学材料和大宗原材料的获取。主要包括原料、催化剂、助剂材料的生产及其采购、运输到生产厂地以及所有原辅材料的储存。

生产过程始于原辅材料的预加工，结束于 1,4-丁二醇产品离开生产设施。生产活动包括 1,4-丁二醇产品生产的各个生产单元、产品分离、干燥、包装等过程以及生产活动中半成品的运输、材料组成包装等。

生产过程能源综合利用始于原辅材料的预加工，结束于 1,4-丁二醇产品离开生产设施。主要针对 1,4-丁二醇产品生产过程中各个环节产生的固废、危废、有机废液以及废气进行回收再利用，包括循环水、凝液、污水等水资源回收再利用，固废回用，氢气回收、副产丁醇提纯、废硫酸再生等三废综合利用情况。

本研究环境影响的地理范畴为中华人民共和国。有部分生产助剂来源于美国、英国以及日本，在生命周期评价过程中仅限于中华人民共和国地域范围内。

6.6.2.2 资源利用和排放数据清单说明

本研究所依据的基础数据包括：

- 1,4-丁二醇生产所需的原材料及用量数据
- 原材料由原材料供应商运输至 1,4-丁二醇产品生产企业
- 1,4-丁二醇生产过程的能源与水资源消耗数据
- 1,4-丁二醇由生产企业处运输至用户的运输数据
- 包装材料数据，包括原材料包装数据
- 1,4-丁二醇生产过程环境排放数据

7 标准实施的可行性分析

《1,4-丁二醇绿色设计产品评价技术规范》是在系统调研和反复论证的基础上完成的。不仅汲取了发达国家的成熟经验，还紧密结合了国内现状与发展需求。技术要求设置合理、实践可行。内容侧重以产品生命周期评价理论为指导，加强对 1,4-丁二醇产品供应链（上游）、产品的生产过程等整个产品生命周期过程链的管理控制为手段，以提升产品在其生命周期中的综合环境绩效为目标，构建包含该产品生命周期相关阶段的绿色设计评价指标体系，确定 1,4-丁二醇绿色设计产品的定量定性指标以及评价基准值，并制定相关评价技术标准；以提高 1,4-丁二醇产品绿色设计评价的科学性、客观性和可操作性，确保 1,4-丁二醇产品的质量安全性和生态友好性，促进产品的规模化推广，为构建“两型”社会和促进绿色消费模式提供技术支撑。本标准可为聚酯和聚氨酯领域 1,4-丁二醇产品生产管理人员提供有益的参考和借鉴，对于引导我国推行绿色 1,4-丁二醇产品设计评价将起到积极的作用。

意见反馈表

标准名称		1,4-丁二醇绿色设计产品评价技术规范			
标准主编单位		新疆蓝山屯河能源有限公司			
序号	标准条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由	备注
1	封面	BDO 省去	石化联合会	删除英文缩写	
2	2 规范性引用文件	根据标准权威性和出版顺序调整引用顺序	石化联合会	已调整	
3	3 术语和定义	增加 1,4-丁二醇产品的定义	石化联合会	已增补	
4	5.1 基本要求	进一步修订标准的适用性	新疆天业化工	已修订	
5	5.2 评价指标要求	调整表格,增加单位、指标方向	石化联合会	已修订	
6	5.2 评价指标要求	调整指标内容及顺序	重庆驰源化工	已修订	
7	附录 A1-12	判定依据和检验方法不一致	石化联合会	已修订	
8	附录 B 2.2 系统边界	简化系统边界图	石化联合会	已修订	
9	编制说明 1-4 部分	更新引用数据至 2018 年	重庆驰源化工	已修订	
10	前言	增加本标准起草人信息	吴刚	采纳, 修订技术规范	
11	1. 范围(与标题内容一致)	术语和定义、评价要求...修订为术语和定义、评价原则和方法、要求、产品生命周期评价报告编制方法	杨建海	采纳, 修订技术规范适用范围与标题一致	
12	2. 规范性引用文件	GB、GB/T 按从小到大罗列, 不区分 GB 和 GB/T, 删除《危化品安全管理条例》	李宇静	采纳, 修订技术规范	
13	5.1 基本要求	依据 2019 年产业发展目录, 查找鼓励工艺及生产技术, 罗列限制工艺及物质	杨建海	采纳, 修订技术规范	
14	5.1 基本要求	鼓励企业推行清洁生产, 推荐企业责任关怀, 能源器具使用二级节能以上	周献慧	采纳, 修订基本要求	

15	5.2 评价指标要求	重金属明确指哪些重金属，提供检测方法	杨建海	采纳，修订 PT 技术规范	
16	5.2 评价指标要求	水重复利用率修改为单位产品新鲜水取水量	周献慧	采纳，修订基本要求	
17	5.2 评价指标要求	符合法律法规内容的指标省去，提出特性环境指标	杨建海	采纳，修订环境属性指标	
18	6.1 方法	评价报告编制方法依据附录 B	付允	采纳，修订环境属性指标	
19	6.2.3.1 评价对象及工具	吨/吨为功能单元来表示修订为 1 吨产品质量为功能单元来表示	杨建海	采纳，修订技术规范	
20	B.2.2 系统边界	增加出售后的废料回收及处理环节，确保全生命周期	催广洪	采纳，修订技术规范	
21	B.3.4.1 数据分析	增加部分主要原料成分、用量及运输清单	王金成	采纳，修订技术规范	
22	B.4.2 清单因子归类	修订气候变化/碳足迹和富营养化清单因子	朱传俊	采纳，修订技术规范	
23	B.4.3 分类评价	针对清单因子梳理指标参数及特征化因子	付允	采纳，修订技术规范	
24	附录 A	针对评价指标修订附录 A 计算公式	卜新平	采纳，修订技术规范	
25	编制说明	依据评价指标修订编制说明部分指标体系说明	蔡杰	采纳，修订技术规范	

征求意见单位为 10 个；收到回函和书面意见的单位为 3 个，征求意见经归纳整理后共为 9 条，其中采纳和部分采纳意见 9 条，占所提意见总数的 100%；未予采纳意见有 0 条，占所提意见总数的 0%。