附件五：

清洁生产标准　氧化铝业

（征求意见稿）

编 制 说 明

《清洁生产标准　氧化铝业》课题编制组

二00八年九月

目　次

1 概况..... 1
2 编制过程..... 4
3 适用范围..... 5
4 指导原则..... 5
5 制订标准的依据和主要参考资料..... 6
5.1 标准制订的依据..... 6
5.2 主要参考资料..... 6
6　编制标准的基本方法..... 6
6.1 方法概述..... 6
6.2 生产工艺与装备要求指标的确定..... 7
6.3 资源能源利用指标的确定..... 8
6.4 产品指标的确定..... 9
6.5 污染物产生指标（末端处理前）的确定..... 9
6.6 废物回收利用指标的确定..... 10
6.7 环境管理要求指标的确定..... 10
7 标准实施的技术可行性和经济分析..... 11
7.1 标准实施的经济分析..... 11
7.2 标准实施的技术可行性..... 11
7.3 标准实施的可操作性..... 11
8 标准的实施建议..... 12
附图 1 拜耳法生产工艺流程及排污节点图..... 13
附图 2 烧结法生产工艺流程及排污节点图..... 14
附图 3 联合法生产工艺流程及排污节点图..... 15

《清洁生产标准　氧化铝业》编制说明

1 概况

清洁生产是我国工业可持续发展的一项重要战略，也是实现我国污染控制重点由末端治理向生产全过程控制转变的重大措施。

近几年来，企业参加清洁生产审核的数量呈上升趋势，企业和咨询机构在清洁生产审核过程中，如何判断一个企业或者一个项目是否达到清洁生产要求一直非常困难。本标准的制订，适用于以铝土矿为原料用拜耳法、烧结法和联合法生产冶金级氧化铝（铝土矿开采、自备热电生产部分除外）的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断，以及清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价和排污许可证等环境管理制度。生产多品种氧化铝的企业不适用本标准。

铝是一种银白色的金属，铝及其合金外观好、质轻，可机加工性、物理和力学性能好，抗腐蚀性好，可回收性高，再生效益大，铝被世人誉为“万能金属”、“21 世纪的绿色工程材料”。由于极少发现铝的自然金属，工业上要先从铝土矿中提取氧化铝，然后将氧化铝经电解得到金属铝，即原铝。铝工业对矿石、煤、水、电等资源、能源消耗量很大，耗能高、污染重的设备众多，生产流程较长，产业关联度大。铝和钢铁一样，已成为现代经济的筋骨和工业基础，是电力、冶金、化工、航空航天、机械、建筑、食品、工艺美术等许多行业不可缺少的重要原料。

目前我国铝工业已经初步形成了“靠近铝土矿资源建设氧化铝，依托能源基地建设电解铝，在消费集中地发展铝加工”的模式，形成了从铝土矿、氧化铝、电解铝、铝加工、研发为一体的比较完善的工业体系。

氧化铝是原铝生产的中间原料，80%～90%用于电解生产金属铝，即普通的氧化铝，称冶金级氧化铝；其余 10%～20%（或其水合物）不直接用于炼铝，而是作为陶瓷、磨料、填料、耐火材料等生产的重要原料，广泛应用于石化、日化、医药、电子等非冶金行业，被称为多品种氧化铝、非冶金级氧化铝、氧化铝化学制品或特种氧化铝。

我国是世界氧化铝生产大国，2006 年氧化铝产量 1370 万 t，仅次于澳大利亚，居世界第二位。现有氧化铝生产企业 20 多家，成立于 2001 年 2 月的中国铝业公司拥有其中的 6 家冶金级氧化铝生产企业，氧化铝产量世界第二，铝加工、电解铝产量全国第一。2006 年，中国铝业公司氧化铝产量达 952 万 t，企业平均生产规模超过百万吨，而“非中铝系”企业只生产了 418 万 t。2006 年国内主要氧化铝生产企业及产能情况如表 1 所示，主要分布于山东、河南、山西、贵州、广西和重庆 6 个省市，近年四川、云南等省正在建设或拟建氧化铝生产企业，但均尚未投入生产。2007 年全国氧化铝产量如表 2 所示。据预测，“十一五”末氧化铝生产总能力将达到 2100 万 t。我国氧化铝生产企业的地域分布较为集中。

表 1　2006 年国内主要氧化铝生产企业及产能情况（单位：万 t）

序号	企业名称	2006 年产量	2006 年底具备产能
1	中国铝业	952	900
2	茌平华宇氧化铝有限公司	174	320
3	山东魏桥铝电有限公司	50	200

序号	企业名称	2006 年产量	2006 年底具备产能
4	开曼（三门峡）铝业有限公司	50	80
5	山西鲁能晋北铝业有限责任公司	35	80
6	东方希望（三门峡）铝业有限公司	24	40
7	山东南山实业股份有限公司	5	50
8	洛阳中超铝业公司	4	5
	合计	1294	1675

资料来源：中国有色金属工业协会

表 2　2007 年全国氧化铝产量（单位：万 t）

序号	地区	产量
1	河南	749.454
2	山东	636.2437
3	山西	305.5044
4	贵州	128.2744
5	广西	96.5008
6	重庆	29.6776
	合计	1945.6549

资料来源：卓创咨讯

氧化铝业是一种资源性产业，其发展建立在铝土矿、能源、电力、水等资源的开发利用的基础上。在氧化铝生产企业中推行清洁生产，合理利用自然资源与能源，实行工业污染的全过程控制，走可持续发展的道路，是氧化铝业促进经济与环境协调发展、促进污染防治深入开展的一项重要战略措施。氧化铝生产企业通过开展清洁生产审核活动，将全过程预防控制、源头削减的清洁生产理念引入到氧化铝生产工序，有利于普及清洁生产知识，进而提高清洁生产水平，从而进一步减少氧化铝业污染物的排放量，使污染物排放总量得到进一步控制。

中国铝业公司河南分公司作为大型资源型企业，矿石、煤、水、电等资源、能源消耗量大，生产流程长，耗能高、污染重的设备众多，对环境保护工作带来了巨大压力，环保工作面临着严峻困难和挑战。近年来，公司在生产经营活动中，坚持把清洁生产工作与强化企业管理相结合，与技术改造相结合，与资源节约和综合利用相结合，与建立现代企业制度相结合，把开展清洁生产作为实现污染物达标排放和削减污染物排放总量的重要手段。2003 年，在公司产品产量大幅度提高的情况下，清洁生产水平也得到大幅提高，单位产品工艺能耗降低 5%，工业粉尘排放总量削减 11.58%，单位产品排污量降低，每生产 1t 氧化铝污染物排放量减少 3.4kg。公司积极贯彻循环经济理念，推动清洁生产工作向纵深发展，发动群众广泛参与，把清洁生产作为推动企业节能、降耗、减污、增效的重要手段，提高各级领导干部和广大员工的环境意识，进一步加大环保投资，继续削减污染物的排放量，提高资源的利用率，实现经济和环境效益的“双赢”。

中国铝业公司山东分公司严格落实国家的各项环保政策，在生产经营建设各环节全面推行清洁生产。坚持合理用水、节约用水、一水多用的原则，做到了工业用水的封闭循环，工业废水连续 6 年实现零排放，工业用水重复利用率达 92%以上。强化烟尘、烟气治理，投资完成了氧化铝熟料窑电除尘器改造，解决了含碱物料飞扬流失问题；对煤粉锅炉进行了脱硫和除尘改造，SO2 和烟尘排放全部达标，所有新建项目都实施了环境影响评价，经济效益和社会效益明显。

从 2001 年到 2005 年全球氧化铝产量平均年增长率达到 3.58%。 2005 年，全球氧化铝产量为 6466 万 t，几乎达到满负荷生产程度，但仍不能满足世界原铝产量增长的需求，导致氧化铝价格暴涨，促进了氧化铝投资的热潮。 2005、2006 年世界氧化铝市产量统计如表 3 所示。

表 3　2005、2006 年世界氧化铝市场产量统计（单位：万 t）

年	氧化铝等级	非洲	北美洲	拉丁美洲	亚洲	欧洲西部	欧洲中东部	大洋洲	总计
2005	化工用氧化铝	0	983	223	862	1629	597	236	4530
	冶金用氧化铝	736	5945	12965	4533	4931	4833	17684	51627
	总计	736	6928	13188	5395	6560	5430	17920	56157
2006	化工用氧化铝	0	870	205	875	1750	622	266	4588
	冶金用氧化铝	530	5929	14667	4489	4998	4853	18341	53807
	总计	530	6799	14872	5364	6748	5475	18607	58395

近年来国际上氧化铝生产企业的规模逐步向规模化和大型化发展，年生产能力超过 2000kt 的氧化铝生产企业有 6 家，其中 4 家位于澳大利亚。世界上最大的 6 家氧化铝生产企业产能情况如表 4 所示。

表 4　世界上最大的六家氧化铝生产企业产能情况

国家	厂名（地址）	生产方法	产能(kt/a)
委内瑞拉	澳尔达斯港(Puerto Oordaz)	拜耳法	2000
美　　国	波因特康福特(Point Comfort)	拜耳法	2200
澳大利亚	瓦吉拉普(Vagerup)	拜耳法	2200
澳大利亚	平贾拉(Pinjarra)	拜耳法	3200
澳大利亚	格拉斯通(Gladstone)	拜耳法	3580

澳大利亚	沃斯利(Woesley)	拜耳法	3100

本标准主要针对氧化铝业（铝土矿开采、自备热电生产部分除外）的典型工艺来设定清洁生产的指标和基准数据值，具体的基准数据按行业的实际情况考虑分级。

2 编制过程

根据国家环境保护总局清洁生产标准编制计划（05-总局项目-045），中国环境科学研究院清洁生产与循环经济研究中心于 2007 年承担了本标准的编制工作。

中国环境科学研究院清洁生产与循环经济研究中心组成了课题组。并与本中心承担的“第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数核算项目”和现场调研，以及“铝工业发展循环经济环境保护导则”和“郑州市上街区国家生态工业示范园区建设规划研究”等工作相结合，根据标准编制的要求，课题组首先进行了大量的调研工作，向中国有色金属工业协会、北京有色金属研究总院、环境保护部环境工程评估中心、环境保护部环境标准研究所、广西壮族自治区环境科学研究院等单位专家进行了咨询，并深入中国铝业公司广西分公司、中国铝业公司河南分公司等氧化铝生产企业进行了现场考察，收集到中国铝业公司中州分公司、中国铝业公司河南分公司等氧化铝生产企业的技术质量报表，收集到中国铝业公司广西分公司、中国铝业公司河南分公司等氧化铝生产企业的验收监测、企业自测等数据，共计调研收集全国 18 家各种类型的氧化铝生产企业情况（表 5），其中含 4 家新建氧化铝项目的环评报告书。截至 2007 年底，这 14 家氧化铝生产企业生产能力为 1817 万 t，实际产量为 1690.849 万 t，占 2007 年全国氧化铝产量的 86.9%，涵盖了我国各种典型氧化铝生产工艺。

表 5　调研收集资料的氧化铝生产企业名单

序号	地区	企业	生产工艺	调研方式
1	河南	中国铝业股份有限公司河南分公司	联合法	现场、资料
2	河南	中国铝业股份有限公司中州分公司	烧结法 拜耳法	现场、资料
3	河南	东方希望三门峡铝业有限公司	拜耳法	资料
4	河南	开曼铝业(三门峡)有限公司	拜耳法	资料
5	河南	河南有色汇源铝业有限公司	拜耳法	资料
6	河南	洛阳香江万基铝业有限公司	拜耳法	资料
7	山东	中国铝业股份有限公司山东分公司	烧结法 拜耳法	资料
8	山东	山东魏桥铝电有限公司	拜耳法	资料
9	山东	茌平信发华宇氧化铝有限公司	拜耳法	资料
10	山西	中国铝业股份有限公司山西分公司	联合法 拜耳法	资料
11	山西	山西鲁能晋北铝业有限责任公司	拜耳法	资料

12	贵州	中国铝业股份有限公司贵州分公司	联合法	资料
13	广西	中国铝业股份有限公司广西分公司	拜耳法	现场、资料
14	重庆	重庆市南川区先锋氧化铝有限公司	拜耳法	资料
15	山西	山西同德铝业有限公司 1000kt 氧化铝工程	拜耳法	环评报告
16	山西	山西武圣铝业有限公司 80 万吨 二期 50 万吨氧化铝工程	拜耳法	环评报告
17	山西	中国铝业公司兴县 80 万吨氧化铝工程	拜耳法	环评报告
18	山西	交口肥美铝业有限责任公司 80 万吨氧化铝工程	拜耳法	环评报告

3 适用范围

本标准适用于以铝土矿为原料用拜耳法、烧结法和联合法生产冶金级氧化铝（铝土矿开采、自备热电生产部分除外）的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断，以及清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价和排污许可证等环境管理制度。生产多品种氧化铝的企业不适用本标准。

4 指导原则

制订清洁生产标准的基本原则是：

依据生命周期的分析理论，制订本标准以整体污染预防为主，针对从矿石采选到氧化铝生产的全过程，从生产工艺与装备要求、资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）、废物回收利用指标和环境管理要求六个方面来考虑。

具体原则如下：

（1）符合清洁生产的思想，体现预防为主的原则。本标准完全不考虑末端治理，因此，污染物产生指标是指污染物离开生产线时的数量和浓度，不是经过处理之后的数量和浓度。

（2）符合产业政策和氧化铝业发展趋势的要求。

（3）对难以量化的指标，不设定基准值，但给出明确的限定或定性的说明，力求实用和可操作；各项指标均选用氧化铝业和环境保护部门常用的指标，以易于企业和审核人员的理解和掌握。

（4）因氧化铝生产企业的企业规模和管理水平差异较大，各企业的指标值均相差甚远，考虑到大多数氧化生产铝企业的积极性，基准值设定时考虑国内外现有技术水准和管理水平，并要有一定的激励作用，以及今后进行企业清洁生产绩效评定和公告制度，将标准划分为三级。

一级指标：

达到国际上同行业清洁生产先进水平。此项指标主要作为清洁生产审核时的参考，以通过比较发现差距，从而寻找清洁生产机会。国际先进指标采用公开报道的国际先进水平指标。

二级指标：

达到国内同行业先进水平。国内先进指标采用公开报道的国内先进水平指标。

三级指标：

达到国内一般清洁生产水平，即基本要求。

清洁生产水平指标根据国内外氧化铝生产企业实际情况及其有关的统计数据、按清洁生产对生产全过程采取污染预防措施要求所应达到的水平指标、结合清洁生产审核结果综合形成。同时，所有氧化铝企业的污染物必须达标排放。

5 制订标准的依据和主要参考资料

5.1 标准制订的依据

国家环境保护总局清洁生产标准编制计划（05-总局项目-045）。

《清洁生产标准 制订技术导则》（HJ/T 425）

《铝工业发展专项规划》，2005 年 9 月 7 日国务院常务会议原则通过。

《铝工业产业发展政策》，2005 年 9 月 7 日国务院常务会议原则通过。

《关于加快铝工业结构调整指导意见的通知》，2006 年 4 月 11 日，国家发改委等 9 部委联合发布。

《铝行业准入条件》，2007 年 11 月 13 日，国家发改委发布。

5.2 主要参考资料

[1] 毕诗文. 氧化铝生产工艺. 北京：化学工业出版社，2005

[2] 吴金水，等. 拜耳法与混联法氧化铝生产工艺物料平衡计算. 北京：冶金工业出版社，2002

[3] 屠海令，赵国权. 有色金属冶金、材料、再生与环保. 北京：化学工业出版社，2003

[4] 孙启宏，段宁，毛玉如，李艳萍，沈鹏，著. 中国循环经济发展战略研究. 北京：新华出版社，2006

[5] 孙启宏，段宁，毛玉如，沈鹏，等编著. 清洁生产标准体系研究. 北京：新华出版社，2006

[6] 郑州上街区国家生态工业（铝业）示范园区建设规划. 2005

[7] 中国铝业股份有限公司中州分公司循环经济试点实施方案. 2005

[8] 国家发展改革委员会. 铝行业清洁生产评价指标体系（试行）. 2006

[9] HJ/T 425 清洁生产标准 制订技术导则

[10]第一次全国污染源普查工业源产排污系数手册

[11]《有色金属行业污染物排放系列标准－－铝》开题报告. 2004

[12]《铝工业污染物排放标准》（征求意见稿）. 2007

[13]有色金属工业统计年报. 2006

6 编制标准的基本方法

6.1 方法概述

清洁生产标准的制订在国内乃至国际尚属首次，因此没有现成的标准或要求可借鉴。本标准的制订严格按照清洁生产的发展战略，以污染预防为主导思想，立足企业，以氧化铝生产为主线，通过对产品生命周期的全过程考察，将污染物消灭在氧化铝生产的每一个可能环节中，最终确定从生产工艺装备的先进性、资源能源利用的可持续性、产品的清洁性、污

染物产生的最小化、废物回收利用的最大化和环境管理的有效性等方面提出清洁生产要求，实现环境保护和可持续发展的目的。

6.2 生产工艺与装备要求指标的确定

氧化铝生产方法有拜耳法、烧结法和联合法。拜耳法、烧结法和联合法生产工艺流程及排污节点图如附图 1～3 所示。

由于我国在近 10 年氧化铝业的快速发展中，不断了解、认识、引进、实践国际先进的技术装备，使氧化铝生产的技术装备水平有长足发展，近年建设的拜耳法氧化铝生产企业（尤其是中国铝业公司下属氧化铝生产线）的技术装备水平已达国际领先水平，如铝土矿溶出采用双流法、管道化溶出；赤泥分离洗涤采用高效沉降技术；氢氧化铝焙烧采用流态化焙烧技术等等。高技术装备的采用使其生产技术指标已达到发达国家氧化铝生产企业如美铝(ALCOA)和加铝(ALCAN)的水平。

《铝行业准入条件》规定：氧化铝项目要根据铝土矿资源情况选择采用拜耳法、联合法等生产效率高、工艺先进、能耗低、环保达标、资源综合利用效果好的生产工艺系统。必须有资源综合利用、节能等设施。设计选用余热回收等工艺及设备必须满足国家《节约能源法》、《清洁生产促进法》、《环境保护法》等法律法规的要求。

拜耳法是用苛性溶液加温溶出铝土矿中氧化铝的生产方法，适合处理铝硅比较高的红土型铝土矿（三水铝土矿），具有工艺简单、产品纯度高、经济效益好等优点。拜耳法的生产工艺主要由溶出、分解和熔烧三个阶段组成。拜耳法工艺简单，流程短，能耗低，投资少，产品质量高，而且大气污染物排放量最小。由于我国氧化铝矿 90%以上为一水硬铝土矿，具有高铝、高硅、低铝硅比的特点。自 2000 年以来，我国针对一水硬铝土矿的性质，试验成功了选矿拜耳法和石灰拜耳法生产工艺，使中低品位铝土矿经过适当处理和改进工艺，变为可以采用简单经济的拜耳法生产高质量的砂状氧化铝，并已投入大型氧化铝生产项目的建设。拜耳法工艺无熟料烧成工序，主要耗能工序为高压溶出、母液蒸发、氢氧化铝焙烧，其能耗占拜耳法能耗的 60%～70%。选矿拜耳法与国内现行的主要生产方法比较，建设投资节省 15%～20%，生产成本降低 10%，能耗降低 50%。采用选矿拜耳法处理高品位铝土矿(A/S=10 以上)与常规拜耳法比较，工艺流程相似，其各项主要生产能耗指标基本相当。以节能降耗，提高效率为中心，向大型化、系列化、标准化发展。不断完善氧化铝生产。对拜耳法溶出、晶种分解、碱液蒸发、氢氧化铝焙烧等技术进行完善，发展热耗低、质量好、投资少、占地少、设备简单、使用寿命长、维修费用低和污染轻的实用生产工艺是发展方向。

烧结法是在处理各类低品位铝土矿资源时惟一在工业上应用的生产方法。烧结法工艺增加了熟料烧成、脱硅等工序。熟料烧成是烧结法的核心部位，全部的烧成化学反应都在此发生，烧成的产品——熟料的质量直接影响以后各工序的技术指标。烧成所用的设备为回转窑，燃料为煤粉，产生的灰渣直接进入物料中参与化学反应。烧结法工艺能耗和大气污染物排放量均较拜耳法高出 1 倍以上。强化烧结法与传统烧结法相比，产能提高 30%以上，烧成熟料氧化铝含量高（43%～46%），熟料溶出 αk 高（1.35～1.45），粗液、精液氧化铝浓度高（160～200g/l），精液脱硅指数高（800）。本标准只涉及烧结法中的强化烧结法。

联合法是将拜耳法与烧结法联合使用生产氧化铝的方法，适合大规模生产和用于处理铝硅比 5～7 的原料，最大特点是可用烧结法系统所得的铝酸钠溶液，来补充拜耳法系统中的碱损失。联合法工艺分为串联法、并联法和混联法。混联法是指拜耳法与烧结法联合在一起，既有串连的内容也有并联的内容，组织生产较为灵活；高品位矿石先经拜耳法处理，产

出的残渣赤泥再经烧结法处理，同时在烧结配料时又加入低品位矿石与拜耳法的赤泥同时处理，最终的残渣赤泥由烧结法排出。本标准只涉及联合法中的混联法。

6.3 资源能源利用指标的确定

资源能源利用指标、污染物产生指标（末端处理前）和废物回收利用指标是最具可定量性的清洁生产指标，集中体现了企业的清洁生产水平和环境影响，是衡量企业清洁生产水平的重要依据。

宏观上来讲，生产 1t 氧化铝将消耗 1.8～2t 铝土矿、0.3～1.6t 石灰石、1.5t 煤炭、60kg 碱、10～20t 新鲜水，产生 0.9～1.7t 赤泥。

《铝行业准入条件》规定：新建拜耳法氧化铝生产系统氧化铝综合回收率达到 81%以上，新水消耗低于 8t/t 氧化铝。新建其他工艺氧化铝生产系统氧化铝综合回收率达到 90%以上，新水消耗低于 7t/t 氧化铝。现有氧化铝企业要通过技术改造降低资源消耗，在“十一五”末达到新建系统标准。氧化铝综合回收率三级指标参照《铝行业准入条件》中的新建氧化铝生产系统对氧化铝综合回收率的要求是合理的。

《铝行业准入条件》规定：新建拜耳法氧化铝生产系统综合能耗必须低于 500kgce/t 氧化铝，其他工艺氧化铝生产系统综合能耗必须低于 800kgce/t 氧化铝。现有拜耳法氧化铝生产系统综合能耗必须低于 520kgce/t 氧化铝，其他工艺氧化铝生产系统综合能耗必须低于 900kgce/t 氧化铝。综合考虑氧化铝业节能减排工作，本标准三级指标选取《铝行业准入条件》规定的现有拜耳法氧化铝生产系统综合能耗最低限值 520kgce/t 氧化铝。

中国铝业公司从 2001 年成立到 2006 年，企业节能指标有显著下降，氧化铝综合能耗从 1180kgce/t 下降到 894kgce/t。中国铝业公司要做中国企业节能减排的排头兵，″十一五″期间确保氧化铝综合能耗下降 32.5%。中国铝业山东分公司“二段烧成和粗液直接分解”和“富矿烧结法生产氧化铝”新工艺成果的应用，可提高氧化铝生产能力 60%，工艺能耗降低 30%，成本降低 15%，减少赤泥排放量 40%。部分国外氧化铝生产企业综合能耗指标如表 6 所示，国外一般的拜耳法生产企业各工序能耗按表 7 所示比例分布。

表 6　部分国外氧化铝生产企业综合能耗指标

生产单位	生产方法	铝土矿类型	综合能耗(kgbm/t-AO)
法国铝业	拜耳法	三水铝石、一水软铝石	462
宾加拉（澳）	拜耳法	三水铝石	383
圣·尼古拉（希腊）	拜耳法	一水硬铝石	500
施塔德（德国）	拜耳法	三水铝石	328

表 7　国外一般的拜耳法生产企业各工序能耗比例分布

生产工序	能耗(kgbm/t-AO)	比例(%)
焙烧工序	120	24.0
蒸发工序	147	29.4
溶出工序	160	32.0

分解工序	34	6.8
其它	39	7.8
合计	500	100.0

碱耗是氧化铝生产企业运行状况的综合反映。根据调研数据进行了汇总分析，比如收集到的 6 家拜耳法氧化铝生产企业的年平均碱耗为 75kg/t 氧化铝（折算为 NaOH），本标准的三级标准即按此制订。

中国铝业公司贵州分公司在资源节约和节能减排上不断细化管理，使节能减排指标持续优化。吨氧化铝生产水耗从 1997 年的 19.27t 持续下降，到 2002 年已下降到 6.60t，体现了清洁生产的逐步改进理念。根据调研数据进行了新水消耗的汇总分析，比如收集到的 6 家拜耳法氧化铝生产企业的新水消耗平均为 4.5t/t 氧化铝，本标准的三级标准即按此制订。

6.4 产品指标的确定

铝土矿因来源不同，矿物成分也有差别，为保证稳定生产，矿石要进行预均化处理使之符合工艺条件的要求。根据氧化铝生产企业实际情况，选取了氧化铝一级品率和砂状氧化铝比例这两项指标，并按设计规范给出了产品指标的要求。我国规定的氧化铝质量标准 YB814-75 如表 8 所示。对于砂状氧化铝各国有自己的标准，我国提出如下指标：粒度小于 44μm≤15%；比表面积≥35m2/g； α-Al2O3 含量 20%～30%。化学成分如表 9 所示。

表 8　氧化铝质量标准 YB814-75

产品级别	代号	化学成分/%				
		Al_2O_3 >	杂质含量<			
			SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	灼减
一级	Al_2O_3-	98.6	0.02	0.03	0.50	0.8
二级	Al_2O_3-	98.5	0.04	0.04	0.55	0.8
三级	Al_2O_3-	98.4	0.06	0.04	0.60	0.8
四级	Al_2O_3-	98.3	0.08	0.05	0.60	0.8
五级	Al_2O_3-	98.2	0.10	0.05	0.60	1.0
六级	Al_2O_3-	97.8	0.15	0.06	0.70	1.2

表 9　砂状氧化铝化学成分

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	Na_2O	灼减	TiO_2	V_2O_5	ZnO	P_2O_5
≥98.5	≤0.04	≤0.04	≤0.55	≤1.0	<0.005	<0.003	<0.005	<0.003

6.5 污染物产生指标（末端处理前）的确定

污染物产生指标直接与污染控制相关，氧化铝生产的主要污染源是熟料烧成窑和氢氧化铝焙烧炉，拜耳法工艺没有熟料烧成窑，氢氧化铝焙烧炉是主要污染源。主要污染物是燃料燃烧产生的烟尘、SO2 和物料粉尘、石灰炉产生的颗粒物及 SO2，物料贮运、破碎、下料及产品贮运等过程产生的颗粒物。熟料烧成窑和氢氧化铝焙烧炉均采用电除尘器除尘，烟气

浓度高、湿度大，除尘效率在 98.4%～99.7%。除尘后熟料烧成窑排尘浓度基本控制在 100～300mg/m3，氢氧化铝焙烧炉排尘浓度控制在 23～200mg/m3。我国是世界上熟料烧成窑使用较多的国家，此外俄罗斯也有少量熟料烧成窑在生产，其它国尚未见使用报道。由 20 世纪 80 年代至今，我国氢氧化铝焙烧技术已基本完成由回转窑焙烧向气态悬浮焙烧转化，治理设施也由卧式电除尘取代了当时普遍采用的立式电除尘器。因此，粉尘排放控制水平提高很大。熟料烧成技术基本没有变化，但治理设施也由卧式电除尘器取代了立式电除尘器，控制水平也有所提高。在保证除尘器面积、适当增加电场数、加强运行管理的条件下，控制氧化铝粉尘排放浓度低于 50mg/Nm3 可以实现，当然也要求现有企业对净化设施进行改造，达到与新建源同样严格的排尘浓度限值。燃料煤含硫量是决定熟料烧成窑烟气含硫浓度的因素。由于熟料呈高碱状态，相当于燃料烟气的脱硫剂，所以烟气中 SO2 浓度可得到一定程度的净化，排放烟气中 SO2 浓度较低。氧化铝生产企业大气污染物产生及排放状况如表 10 所示。

表 10　氧化铝生产企业大气污染物产生及排放状况

项目	单位	颗粒物	SO_2
熟料窑	kg/t-Al_2O_3	1.6-2.0	0.55
氢氧化铝焙烧炉	kg/t-Al_2O_3	0.15-0.43	0.77-2.6
原料制备及贮运	kg/t-Al_2O_3	0.13-1.2	－－

氧化铝生产企业湿法过程物料呈碱性，污水排放项目主要控制常规项目。氧化铝生产赤泥排放量较大，由于其附液中含碱量较高，pH 值有的甚至超过 12.5。大部分企业赤泥堆场都采取严格的防渗措施，控制碱对地下水的污染。

6.6 废物回收利用指标的确定

氧化铝生产企业废水直接排放将造成环境污染，因此，提出工业水重复利用率指标，通过提高废水回收利用率，降低新鲜用水量，同时降低对环境的污染。根据调研数据进行了汇总分析，比如收集到的 8 家拜耳法氧化铝生产企业的工业水重复利用率，有 5 家都在 90%以上，但是其他 3 家都比较低，在 30%～50%之间。本标准的三级标准按 90%制订。赤泥回水利用率、二次蒸汽利用率和新蒸汽冷凝水利用率都应该达到 100%。

6.7 环境管理要求指标的确定

环境管理要求是一类定性指标，主要从遵守环境法律法规，开展清洁生产审核、生产过程环境管理制度是否健全等方面考虑。

生产过程管理制度主要从岗位培训、操作管理、生产设备的使用、维护、检修，生产工艺用水、用电管理，环保设施运行状况及标识管理和药剂制度，作业环境等方面都给出定性描述。

企业的环境管理由于涉及到环保设施的运行与维护、各类废弃物正确有序的堆存和利用、无组织排放及非正常排放的避免和控制、废气与废水的处理和在线监控等等，因此，其管理水平的高低也直接关系对环境的影响大小。

应对氧化铝生产过程中产生的赤泥进行危险废物的判别。赤泥控制其浸出液或附液中的 pH 值。附液 pH 值大于 12.5 的赤泥应按 GB 18598 要求进行处置，附液 pH 值小于 12.5

的赤泥应按 GB 18599 二类一般固废要求进行处置。

7 标准实施的技术可行性和经济分析

7.1 标准实施的经济分析

本标准包括定性和定量要求，定性要求给出明确的限定或说明，对氧化铝生产过程提出生产工艺与装备、环境管理上的要求。另一类指标是定量要求，包括资源能源利用指标、产品指标、污染物产生指标（末端处理前）和废物回收利用指标，其指标用数值表述，本标准取用的这些指标都是氧化铝生产企业内部通常考核的经济指标，结合即将发布的铝工业污染物排放标准，以及《污水综合排放标准》（GB8978-1996）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相应的标准值，并进行计算而确定。因此，它不仅不会给企业增加任何经济负担，而且有了这些指标考核有助于企业的管理与节能、减排、减污、增效。因此，本标准的实施上在经济方面是可行的。

由表 11 废水产生量单位削减量（以混联法为例）、表 12 工业水重复利用率提高量（以混联法为例）可以看出，本标准中的指标相对较严于参考的排放标准，但又不是高不可攀。该标准的实施有利于氧化铝生产企业提高对资源、能源（水、电）等的利用效率，减少现有氧化铝生产企业污染物产生量。

表 11　废水产生量单位削减量（以混联法为例）

项目	一级指标	削减量	相对量	二级指标	削减量	相对量	三级指标	削减量	相对量
废水产生量/(m^3/t)	≤3	6	66.7%	≤4.5	4.5	50%	≤5.5	3.5	38.9%

注：废水产生量/(m^3/t)在污水综合排放标准中为 9.0m^3/t

表 12　工业水重复利用率提高量（以混联法为例）

项目	一级指标	相对提高	二级指标	相对提高	三级指标	相对提高
工业水重复利用率/（%）	≥96	21	≥95	20	≥91	16

注：工业水重复利用率/（%）在污水综合排放标准中为 75%

7.2 标准实施的技术可行性

本标准的提出从环境保护的角度出发，立足氧化铝生产企业，各项指标数值的确定参考了氧化铝业的技术经济指标，实现这些指标并不是高不可攀，但也不是轻而易举，其技术难度不大，只要企业经营和管理达到全国平均水平，均可达到三级要求。本标准在实施的技术上是可行的。

7.3 标准实施的可操作性

为使本标准实施具有较强的操作性，既不让企业高不可攀和望而生畏，又能使所有的氧化铝生产企业在做出一定努力后能够达标，通过现场调查，资料检索、专家访谈，调研的

14 家氧化铝生产企业的质量技术报表、监测数据等以及 4 家新建氧化铝项目环评报告，调研的 14 家氧化铝生产企业主要指标达标情况统计如表 13 所示。

表 13　调研的 14 家氧化铝生产企业主要指标达标情况统计表

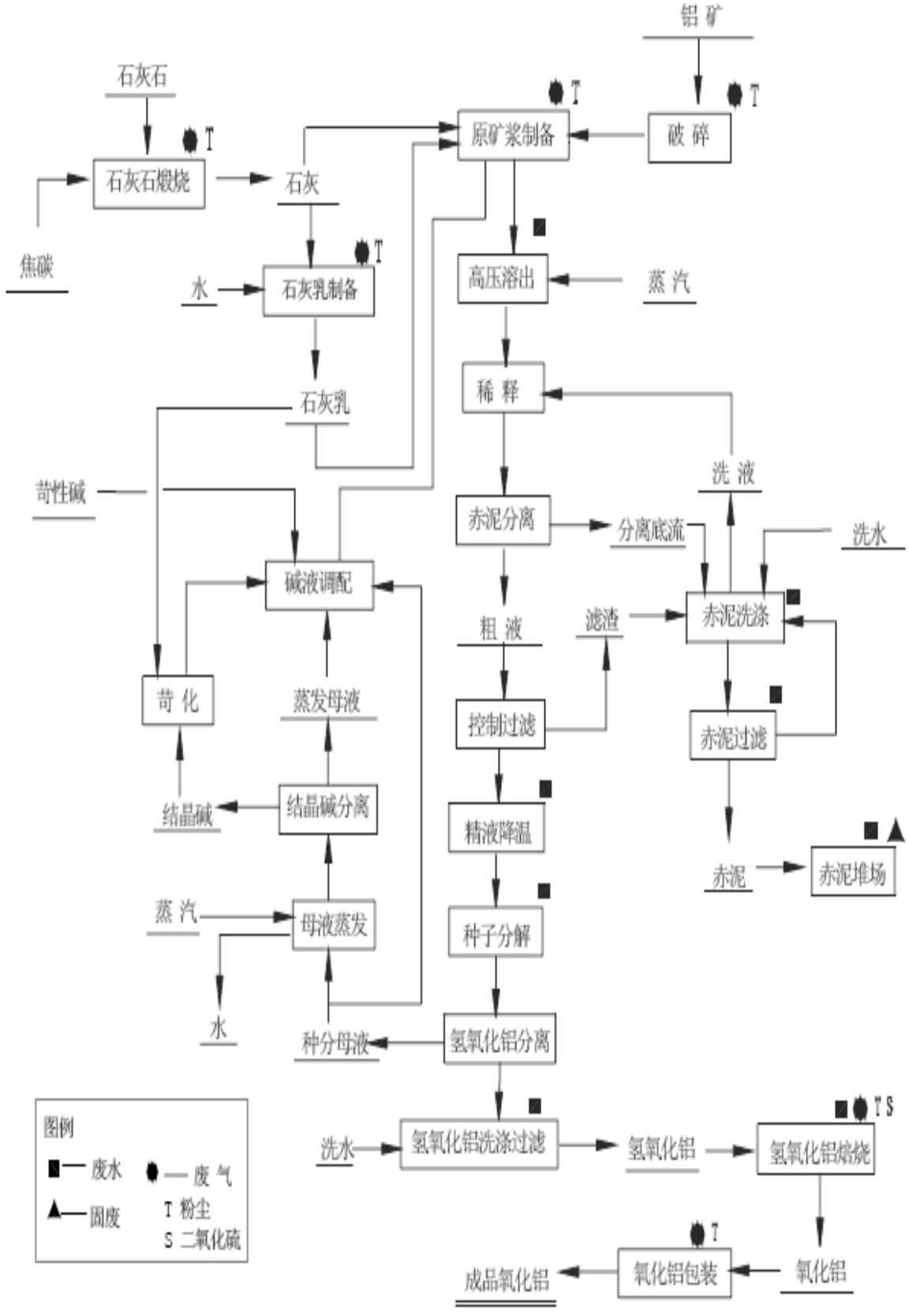
行业	级别	达标企业	百分比（%）	累计百分比（%）
氧化铝生产企业	一级	0	0	0
	二级	4	28.6	28.6
	三级	4	28.6	57.2
	三级以下	6	42.8	100

表 13 所示的调研的 14 家氧化铝生产企业 2007 年的实际产量占全国的 86.9%，涵盖国内各种典型氧化铝生产工艺，说明数据的代表性较强。由表 12 可以看出：目前没有 1 家氧化铝生产企业主要指标达到清洁生产标准一级水平，主要指标达到二级水平的企业占这 14 家企业的 28.6%左右，主要指标达到三级水平的企业占这 14 家企业的 28.6%左右，主要指标在三级以下的企业占这 14 家企业的 42.8%，说明本标准三级甚至二级指标对大多数企业来说并不是高不可攀的，企业经过努力是可以实现的。

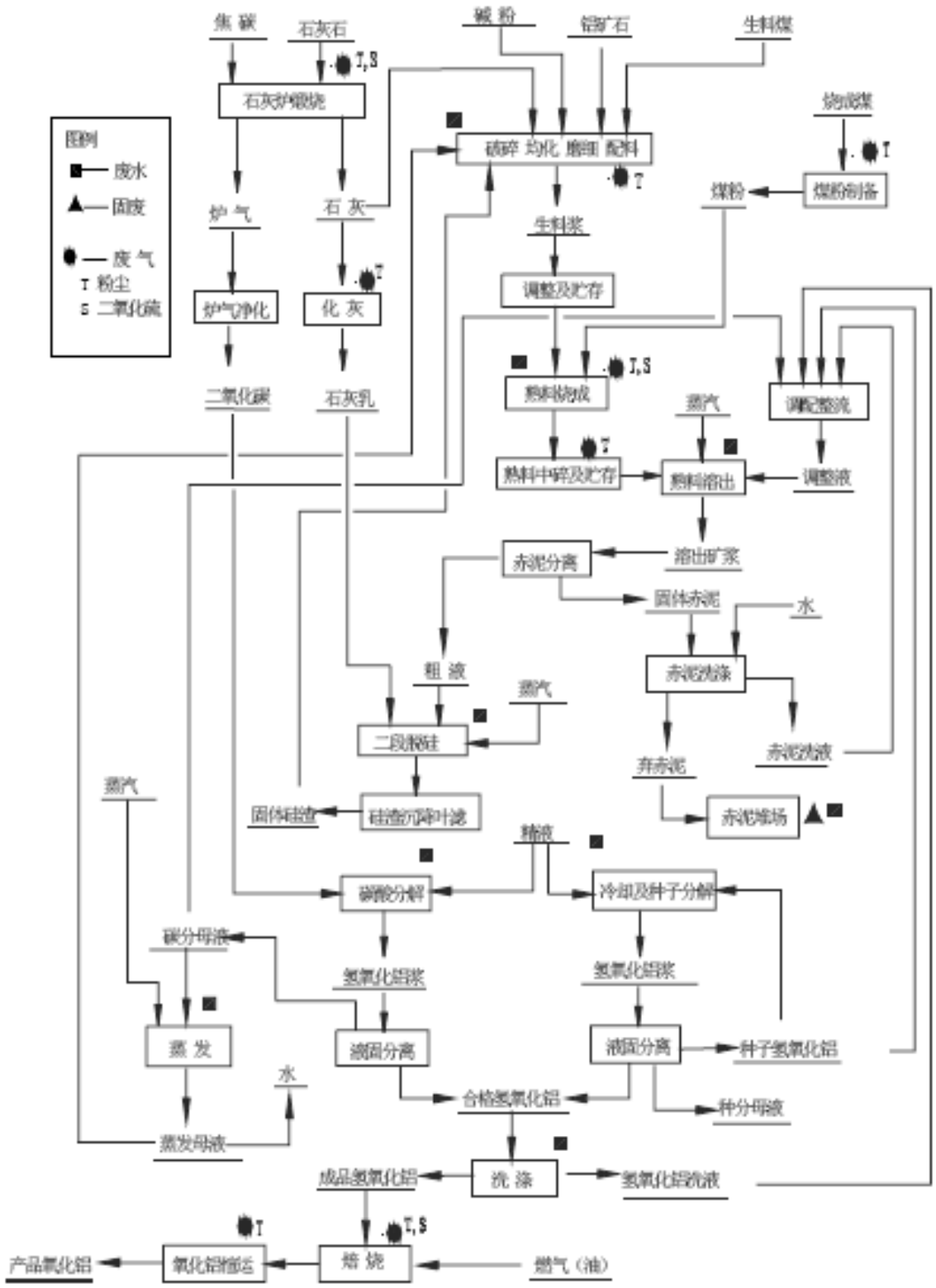
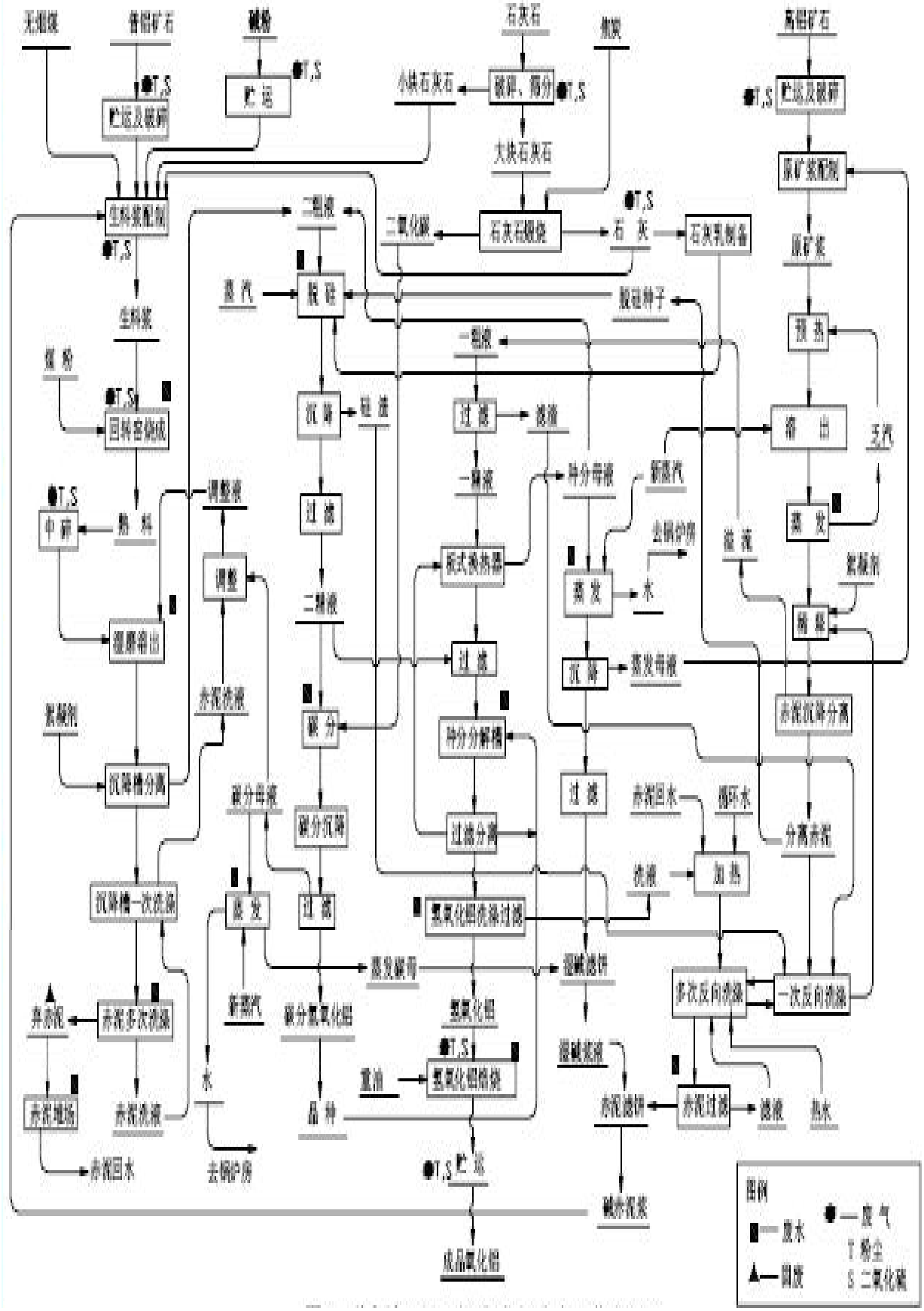
8 标准的实施建议

本标准由各级人民政府环境保护行政主管部门负责监督实施。

附图 1 拜耳法生产工艺流程及排污节点图



附图 2 烧结法生产工艺流程及排污节点图



附图 3 联合法生产工艺流程及排污节点图