

造纸工业碱回收译文集

轻工业出版社

造纸工业碱回收译文集

佳木斯造纸厂等译

轻工业出版社

内 容 提 要

本译文集选译了国外近年来发表的有关碱回收方面的论文共十二篇。其中包括：碱回收炉的腐蚀、防爆、除臭、从烟气中回收热能及化学品、干固物高含量黑液的蒸发、碱回收炉运行控制等。对黑液燃烧的理论及碱回收炉物料、热的平衡计算也作了详细介绍。本书可供造纸工业生产、科研和设计部门工作的同志参考，也可供专业院校师生参考。

造纸工业碱回收译文集

佳木斯造纸厂等译

· 轻工业出版社出版

(北京阜成路白堆子75号)

佳木斯市印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32印张： $6\frac{5}{8}$ 插页：1 字数：146千字

1975年3月 第一版第一次印刷

印数：1—5000 定价：0.56元

统一书号：15042.1333

目 录

关于碱回收炉腐蚀问题的调查报告.....	(1)
碱回收炉水冷壁外部腐蚀的研究.....	(22)
碱回收炉事故实例及其防止措施.....	(35)
关于硫酸盐制浆法碱回收炉产生恶臭气体的机理.....	(43)
硫酸盐制浆法碱回收炉除臭系统的选型和安装.....	(51)
除臭式碱回收炉.....	(64)
从碱回收炉的烟气中回收热能及化学品.....	(80)
关于配置双级文丘里蒸发器的碱回收炉.....	(88)
文丘里湍流装置的试验.....	(103)
碱回收炉系统运行和控制的分析.....	(109)
黑液蒸发为干固体高含量的运行经验.....	(131)
黑液的燃烧.....	(146)

关于碱回收炉腐蚀问题的调查报告

I. L. 克莱门特

制浆造纸工业生产每吨纸的用电量正在增加。提高蒸汽的压力和温度，可以供应发电用的低流量透平蒸汽，同时，蒸汽压力高还可使制浆造纸厂的蒸汽—电力平衡得到改善。选择碱回收炉的运行压力时要考虑这个经济因素。

运行压力决定着锅炉循环水的饱和温度，因此也决定着炉膛管壁金属的温度，而这个温度又关系到管子损耗的可能性。这个问题不能予以忽视。过去就曾对碱回收炉的水冷壁管腐蚀问题进行过研究。在碱回收炉中，燃烧生成物会造成管子腐蚀，因此在设计中应慎重考虑。

根据调查结果，B&W 公司制造的碱回收炉的炉壁管和炉底管一般在着火面上没有发现普遍性的腐蚀。个别情况下，在一次风口附近有局部性管子损坏的情形。但是，这次调查也断定了在一些过热器出口，蒸汽压力超过84公斤/厘米²的碱回收炉的一次风区域内，水冷壁管的后侧或风道侧有腐蚀现象。过去对风道侧的腐蚀事故曾有过报导，这次提出的计划是要对碱回收炉进行实地调查和实验室的分析研究，以确定腐蚀反应的性质以及造成管子后侧腐蚀的条件。

炉 体 设 计

B&W公司已安装了11台过热器出口压力在84公斤/厘米²以上的碱回收炉。表1列出了每台炉的投产时间。对其中

A、B、C、E、F、J以及另外两台压力分别为42公斤/厘米²和63公斤/厘米²的炉子进行了腐蚀检查。

这个大规模的腐蚀调查计划起源于1965年对E炉着火面的一次例行检查，当时这台炉子已运行了7年。在这次检查中，发现一次风口附近的销钉有局部性损坏情形，这件事促使对销钉损坏变形最大的三个管段进行分析。结果发现所取下的这几根管样的后部风道侧有严重腐蚀，因此又决定对其它碱回收炉机组进行检查。

表1 运行中的压力为84公斤/厘米²以上的碱回收炉机组

代 号	能力(吨/日)	投 入 运 行 时 间	过 热 器 出 口 条 件	
			压 力 (公斤/厘米 ²)	温 度(°C)
A	360	1957年8月	90	482
B	300	1957年9月	88	482
C	390	1958年7月	90	482
D	390	1958年8月	90	482
E	360	1958年8月	107	470
F	500	1958年9月	107	470
G	390	1961年1月	90	482
H	250	1962年7月	84	482
J	600	1964年6月	88	500
K	1100	1967年12月	90	500
L	1100	1968年3月	90	500

为了说明腐蚀与炉体设计的关系，需要先介绍一下碱回收炉的燃烧设备和结构。在碱回收炉中，摆动式的燃烧器将雾化的黑液颗粒喷射到炉壁上。黑液经干燥、炭化而落入炉膛，在炉膛中钠盐熔融了，而有机物则燃烧成气体。熔融的化学产品从炉底的斜坡流下，通过炉子前墙上的溜口流出。

燃烧用的空气经由三处不同标高的风口送入——即一次风、二次风、三次风。位置最低的是一次风的风口。一次风约占总风量的50%，用以燃烧垫子，并使风口附近的化学品

还原。其余50%为二次风和三次风。

炉底和炉壁下部，到二次风风口上面50.8厘米高的部位，采用销钉和炉衬结构。圆柱形的销钉以非常紧密的间距焊在管子上，以便挂住塑性铬质炉衬。

所检查的8台碱回收炉都是1964年以前投产的，其结构如图1所示。管子外径为76毫米，中心距为127毫米，管间公称间距为51毫米。沿炉壁平面，在管子两侧都焊有25.4毫米高的平板销钉式的管翅，将管间间距填满。炉壁外面的气体隔绝层和保温层的结构包括：浇灌在炉壁面上的炉衬，保温层和外层护板。

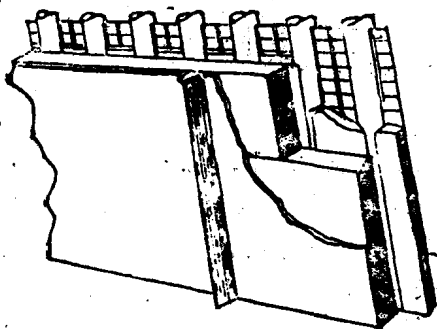


图1 管翅水冷壁

在一次风道范围内，风道内板上涂有炉衬材料层，如图2所示。二次风的风道内壁只有炉衬材料，没有铁板。二次风的风口位置是在风管下面，在延伸至一次风道内的有挡板装置的间隔中。风道的内侧

板向上延伸到二次风管底部，以二次风口为界。

平板销钉式的管翅结构已被膜式管壁结构所代替。这种膜壁结构是在外径76毫米的管子之间，以102毫米的中心距焊以整条的扁铁，使之连接成膜屏。这种设计保留了销钉和炉衬，以便保护炉子还原区的管子。这种结构使风道不再需要用炉衬和内侧铁板就可以密封了，因为炉壁本身就作为风道内侧了。

碱回收炉投入生产后，销钉的长度渐逐减少，直到达到一个“平衡长度”为止。销钉在运行中变圆和变短，这对于碱回收炉是正常的。图3是现场观察测得的销钉平衡长度曲线，它表明了 32公斤/厘米^2 压力下运行的碱回收炉的销钉长度和运行时间的函数关系。

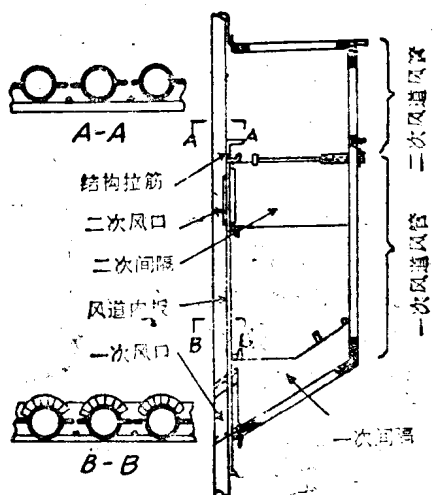
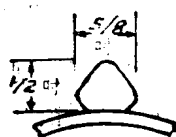
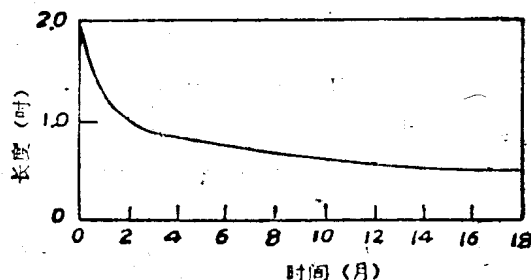


图2 风道侧炉壁结构

在投入运行的最初五个星期中，销钉损耗得很快，长度由51毫米（2吋）降低到25.4毫米（1吋）。运行18个月后，钉销损耗速度逐渐下降到零，这时平衡长度为12.7毫米（0.5吋），这一长度要维持很长一段时期。



18个月时的
销钉外型轮廓

图3 销钉平衡长度

现 场 调 查

1965年时，一台运行压力为107公斤/厘米²的碱回收炉(E)发现有管子严重损坏的现象，经使用厂提出后，对这台炉子进行了现场调查。彻底检查了炉膛的下部炉壁，将三段外观损坏最严重的管子取下来作了专门研究。表2列举了这

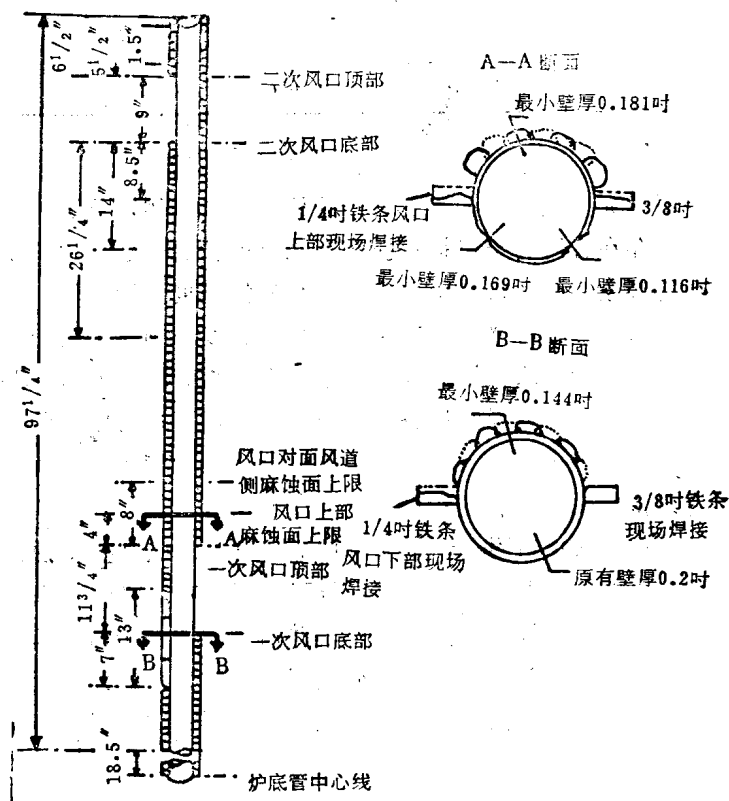


图 4 E 炉左炉壁管子取样检查结果——从前壁算起第 6 根管

三根管段着火侧和风道侧的最大金属损耗。图4是销钉损坏最严重的左炉壁第6根管子的情况示意。

表2 E炉水冷壁管的最大金属损耗

管壁原有厚度 = 5 毫米(0.2吋)

右壁第12根管		左壁第6根管		前壁第8根管	
着火侧	风道侧	着火侧	风道侧	着火侧	风道侧
0.61毫米 (0.024吋)	3.37毫米 (0.133吋)	1.4毫米 (0.056吋)	2.13毫米 (0.084吋)	0.61毫米 (0.024吋)	0

着火侧的金属损耗发生在一次风口附近，这里的销钉差不多完全烧光了。这台炉子的检查结果表明，管子着火侧并不存在普遍的金属损耗。在有销钉保护的管子上没有发现损耗现象，管子仍保留原来的5毫米的厚度。测定结果表明，为了保护管壁不受腐蚀，销钉的长度必须大于3.2~6.4毫米。靠近一次风口的地方，销钉和平板管翅损耗得最严重，这些地方要经常检查，运行几年之后要进行维护预修工作。在两侧炉壁的前部，以及前壁上熔融物溜口和侧壁之间的部位，销钉金属损耗最大。

在一次风口附近，管子靠风道一侧发现大量麻蚀，因此，1966年1月对E炉外部进行了全面检查。将炉子周围的一次风和二次风风道全部拆除，并用砂吹洗管子，以露出干净的管壁。经过这次检查，确定了在一次风口的风道侧管子普遍受到腐蚀。对于大片的腐蚀面用焊接金属复层进行了修理。

在由一次风口下面到二次风口顶部的区域内，风道内板与管子中心线上的管翅之间，发现有相当数量的化学积

聚。氢铬质炉衬和透过管翅壁的炉膛燃烧生成物起了化学作用。炉衬膨胀了，将风道板推离炉管1.27毫米到25.4毫米以上。用于将风口铸件和风道板紧固在管壁上的销钉几乎有一半破裂了。图5表明一次风口区管壁和内板之间颜色不同的各层物质的一般情况，同时也表明了一次风口区的原有结构。

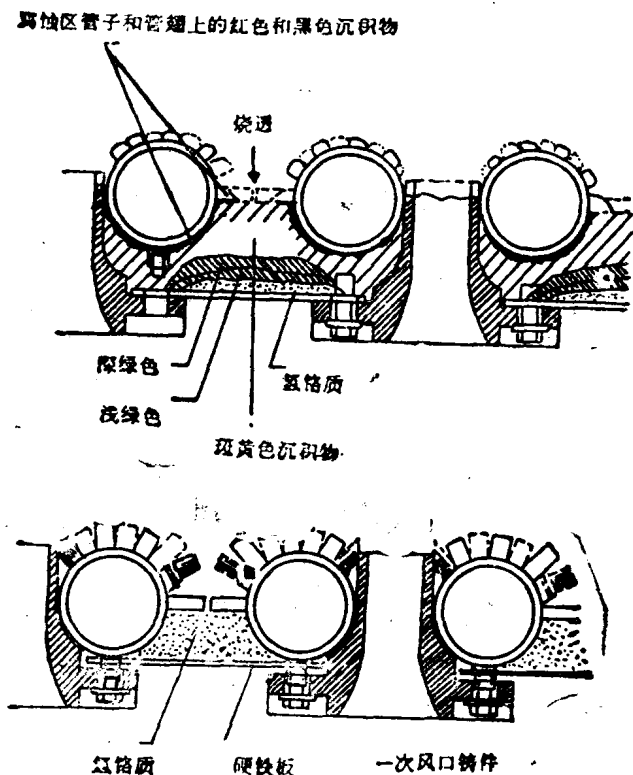


图5 一次风口的风道壁板

上图为原有结构 下图为起化学变化后的情况

挨着管壁的3.2毫米~6.4毫米厚的沉积层是黑色和红色的。由此向外厚度不同的各层依次为斑黄色、深绿色和浅绿色，紧挨外部铁板还有一层灰色的未起化学变化的氢铬质。在整个一次风道区都存在这种化学沉积物。

在二次风道区，没有内侧板，化学渗透的程度也根据所用炉衬材料不同而有所差别。后壁和左侧壁的一部分采用氢铬质，在这些部位有明显的化学渗透。炉壁其余部位采用一种叫“Kaolite20”的材料

(B&W公司的商标)，仅发现微乎其微的化学渗透，同时，炉衬仍然与管子很牢固地结合着。在二次风风口和风道的任何部位都没有发现管子金属腐蚀。

碱回收炉的前壁上只有8个一次风口，即两个熔融物溜口，每个溜口的两侧各两个，中心距为38.6毫米。这面炉壁的腐蚀程度远比其它三面炉壁为轻，腐蚀的范围也小。

这台碱回收炉的前壁没有二次风道，一次风道上面的炉壁结构为炉衬、保温层和护板。在这个区

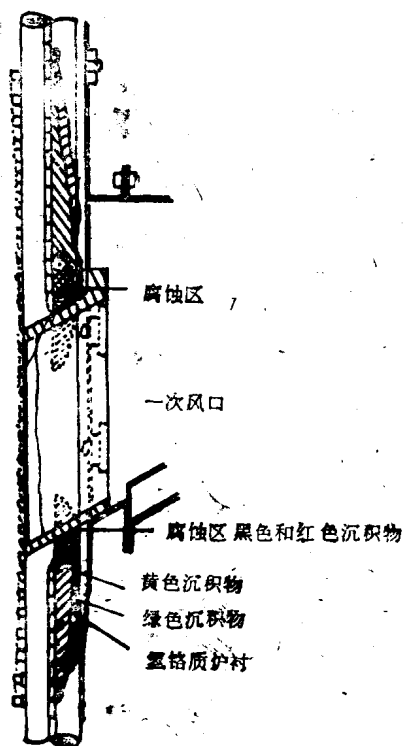


图6 典型的腐蚀情况

域中，炉壁与Kaolite20炉衬材料之间有63.5~76.2毫米厚

的化学沉积物，造成护板显著膨胀。在这里，和在二次风道中一样，Kaolite20与化学药品没有发生反应。没有检测出金属腐蚀或损耗。

炉膛两面侧壁和后壁的腐蚀状况相同，这三面炉壁上的一次风口中心距都是254毫米。所有的腐蚀都是在一次风口铸件以下76.2毫米到一次风口铸件以上203.2毫米的范围内。图6是图5所示一般性腐蚀的典型分布情况。由于管翅烧损，使化学药品得以透过炉壁。

在风口顶部或顶部以上的腐蚀情况最坏，一般特别是在不靠风口的那一面更为严重。没有发现腐蚀迹象的有：每面炉壁上靠拐角最近的三根管子，1965年检查时更换的两根侧壁上的管子，以及在炉壁中部有一根管子，孤另另地偶然没有受到腐蚀。表3综合了各面炉壁的腐蚀程度，在这表中，前壁与其它三面炉壁分开，单独列出，这是因为前壁上的风口配置不同，管子损耗最小。

表3 E炉风道侧管子金属损耗情况

	总管数	没有金属损耗的管子	最大金属损失	
			1.6毫米以下	大于1.6毫米
右壁	55	7	14	34
左壁	55	9	14	32
后壁	52	7	14	31
共计	162	23	42	97
占总数的%		14	26	60
前壁	52	46	3	3
占前壁的%		89	5.5	5.5

表列数据说明，在后壁和两侧壁的管子中，14%没有金属损耗，26%损耗在1.6毫米以下，60%损耗大于1.6毫米。在前壁上，89%的管子没有发现金属损耗，5.5%损耗1.6毫

米，另外5.5%损耗在1.6毫米以上。

用外卡量规和直尺测量了管子。检查出的最深的坑凹用钻孔和量规进行检验。发现最薄的管壁厚度为2.6毫米。而以前取下的右侧炉壁第12根管子是这台碱回收炉全部管子中金属损耗最严重的一根，其最小管壁厚度仅剩1.7毫米(见表2)。

1969年对E炉又进行了一次有限的检查，没有发现管子风道侧有进一步腐蚀的现象。似在着火侧，除一次风口标高处有局部腐蚀外，一般情况良好。在管段更换过的地方，销钉情况良好，销钉更换过的地方，情况也良好。后壁一些部位，销钉全部烧失，那里管壁本身的金属已有所损耗。将其中两根外观腐蚀最严重的管子进行了钻孔和测量，得出其金属损耗为2.5毫米。

1966年对A炉进行了检查，发现风道侧的腐蚀现象仅限于两面侧壁，而后壁则没有腐蚀；前壁没有检查，因为过去检查时只发现过微不足道的腐蚀。在这次检查中，没有试图消除熔融物，以便检查着火侧，并没有观察到销钉严重烧损的迹象。两年以后，对着火侧进行了一次彻底检查，清除了全部熔融物，发现在一次风口标高处，后壁管子的金属损耗厚度达管壁厚度的50%之多，销钉长度减少到3.2毫米以下。销钉高度在4.8毫米以上的地方，没有明显的管子金属损耗现象。

1966年，在B炉运行了9年之后，对它进行了检查，发现其风道侧的情况与E炉很相似，腐蚀最严重的地方，风道内板位移达25.4毫米以上，相邻的管翅之间的缝隙达6.4毫米之宽。这是唯一的一台除一次风口区外还发现有腐蚀的碱回收炉。在两侧炉壁上有小面积的腐蚀，二次风口顶部以

上约203.2毫米的地方，系结构拉筋角铁断裂并与水冷壁管脱离。结构拉筋的配置见图2。

对C炉的检查证实了预期的情况，即一次风口区侧壁和后壁的风道侧有腐蚀。在着火侧，从一次风口底部到风口以上203.2毫米的区域内，销钉严重烧损，但是没有测出管子本身的金属有损耗。

1966年对F炉的检查表明风道侧的腐蚀较B炉或E炉都轻。一共检查了25%的管子，即62根，其中只有两根管子金属损耗超过1.6毫米。但是，在F炉上发现了一处新的腐蚀部位，即在一次风口铸件不与管子接触的曲线状管壁面上有轻微的腐蚀。对炉膛进行了检查，先用水冲洗，使金属表面暴露。几处销钉损坏较多的部位经钻孔和卡尺测量，没有发现管子的着火侧有可测量到的金属损耗。

对于两台运行压力分别为42和63公斤/厘米²的碱回收炉，在检查中没有发现风道侧有显著的管子腐蚀现象。这两台炉子都是平板销钉式管翅结构。

J炉的运行压力为88公斤/厘米²，这是第一台使用的膜壁结构碱回收炉。在运行三年之后，对炉壁风道侧进行了检查，以测定金属损耗或观察潜在的腐蚀现象。检查时，选择了一次风口区中有代表性的部位。

检查了一面侧壁前、中、后部位风道侧的管子，在每个部位拆除4~5个风口铸件以及铸件周围形成空气密封的KaocreteB炉衬材料(B&W公司的商标)。还检查了后壁上与所检查的那面侧壁相对的一端。

KaocreteB炉衬密封结构仍很严密，没有发现与炉壁脱离的情形。在被管翅包围的风口铸件的上面和下面有小量化学物质。这类化学物质是由管翅之间约3.2毫米的缝隙渗透

过来的。没有发现管子和管翅有金属损耗。

实验室的检验

对腐蚀生成物和腐蚀的管子进行了分析检查，提供了关于冷的风道侧管子腐蚀的机理。为了确定物质的特性，将从蚀坑中采集的沉积物进行了光谱分析、X射线衍射分析和湿式化学分析。部分管段进行了金属检查。

将紧挨管子的红色腐蚀沉积物进行了光谱半定量分析。从不同的碱回收炉取下两根管子，分析了其受蚀部位的沉积物，即管翅后侧和风口铸件下面的沉积物。对于与熔融化学物质发生化学反应的氢铬质炉衬也进行了光谱分析。对图5所示的斑黄色腐蚀层进行的分析包括两种试样，即从紧靠一薄层红色和黑色沉积物处采得的试样，以及从斑黄色物质主体中采得的试样。表4综合了光谱分析的结果，为对比起见；表中还列出了标准氢铬质材料的分析。

光谱分析结果确定了金属表面腐蚀物质的主要元素成分——铁和钠。紧靠红色沉积物处，炉衬被铁和钠高度稀释，而炉衬主体则虽仍含有正常氢铬质的各个组成成分，但也受到了钠的高度稀释。

表5综合了X射线衍射分析的结果，说明蚀坑中的沉积物晶体主要是铁酸钠(NaFeO_2)。这个铁酸钠的纯度是惊人的。通常用X射线衍射测定沉积物晶体中的其它微量成分，因其含量太少，以致无法予以确认。黄色沉积物中的钠的化合物经证实是碳酸钠。没有检测出磁性氧化铁(Fe_3O_4)和氧化铁(Fe_2O_3)。

用湿式化学分析法检验腐蚀沉积物的其它成分。以三氧化硫表示的含硫量很低。定性分析证实了碳酸盐的存在。这类

表4 腐蚀区沉积物的半定量光谱分析

试 样	一次风口 标高后壁 蚀坑的硬 质红色沉 积物	一次风口 标高左壁 蚀坑的硬 质红色沉 积物	右壁管翅 后面的硬 质红色沉 积物	一次风口 铸件左侧 与管子之 间1/16寸 缝隙中的 沉积物	一次风口 黄铜表面 有痕迹 的痕迹	已经变 质炉衬 和管子 从主体中 采得的试 样	原来的氢 铬质炉衬
以SiO ₂ 表示 的硅	未检出	未检出	0.3%	未检出	0.2%	3.5%	6.2%
以Al ₂ O ₃ 表示 的铝	未检出	未检出	未检出	未检出	0.5%	16.5%	29.2%
以Fe ₂ O ₃ 表示 的铁	大 量	大 量	大 量	大 量	大 量	7.2%	20.8%
以TiO ₂ 表示 的钛	未检出	未检出	0.1%	未检出	0.4%	0.4%	1.4%
以CaO表示 的钙	未检出	未检出	未检出	未检出	1.4%	1.7%	3.9%
以MgO表示 的镁	0.4%	0.2%	0.3%	未检出	1.0%	1.9%	7.2%
以Na ₂ O表示 的钠	大 量	大 量	大 量	大 量	大 量	大 量	0.2%
以Cr ₂ O ₃ 表示 的铬	未检出	未检出	未检出	未检出	2.7%	10.2%	31.1%
以V ₂ O ₅ 表示 的钒	未检出	未检出	未检出	未检出	<0.1%	0.1%	—
以MnO ₂ 表示 的锰	<0.1%	<0.1%	<0.1%	未检出	未检出	未检出	—
Ni, Mo, Co, Cu, Zn, Po, Sn, Zr	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	—

注：分析结果以氧化物表示，但这并不意味着实际含有这种物质。