

## 政策战略

### 首部《耕地质量等级》国家标准发布

《耕地质量等级》(GB/T33469-2016)国家标准近日经国家质检总局、国家标准委批准发布,已于2016年12月30日起正式实施。该标准规定了耕地质量区域划分、指标确定、耕地质量等级划分流程等内容,适用于各级行政区及特定区域内耕地质量等级划分。标准从农业生产角度出发,对耕地地力、土壤健康状况和田间基础设施构成的满足农产品持续产出和质量安全的能力进行评价,将耕地质量划分为10个耕地质量等级。一等地耕地质量最高,十等地耕地质量最低。标准根据不同区域耕地特点、土壤类型分布特征,将全国耕地划分为东北区、内蒙古及长城沿线区、黄淮海区、黄土高原区、长江中下游区、西南区、华南区、甘新区、青藏区等9大区域,各区域评价指标由13个基础性指标和6个区域补充性指标组成,明确了相关评价指标的涵义、获取方法和划分标准等。

农业部2014年曾发布《全国耕地质量等级情况公报》。根据这份公报,评价为一至三等的耕地面积占耕地总面积的27.3%;评价为四至六等的耕地面积比例为44.8%;评价为七至十等的耕地面积比例为27.9%。

国家标准委有关负责人说,这一国家标准的发布与实施,实现了全国耕地质量评价技术标准统一,有利于摸清耕地质量家底,掌握耕地质量变化趋势,科学评价耕地质量保护成效,推动“藏粮于地、藏粮于技”战略实施。同时,标准有利于落实最严格的耕地保护制度、推进耕地质量保护与提升行动的开展,也有利于指导各地根据耕地质量状况,合理调整农业生产布局,缓解资源环境压力,提升农产品质量安全水平。

农业部种植业管理司司长曾衍德介绍,下一步,农业部将结合《耕地质量调查监测与评价办法》的发布实施,做好《标准》的宣贯和培训。同时,加快推动建立覆盖全国主要土壤类型的耕地质量监测网络,建设耕地质量基础数据库和耕地质量管理信息系统,定期发布全国耕地质量等级公报和耕地质量监测年度报告,为保障新形势下国家粮食安全,促进农业可持续发展打下坚实基础。

(金慧敏 编译)

(原文题目:国家标准《耕地质量等级》发布)

(来源: [http://www.agri.cn/V20/ZX/nyyw/201701/t20170105\\_5425379.htm](http://www.agri.cn/V20/ZX/nyyw/201701/t20170105_5425379.htm);) )

### 农业资源与生态环境保护工程规划(2016-2020年)

近日,农业部印发《农业资源与生态环境保护工程规划(2016—2020年)》,对“十三五”时期切实加强农业资源与生态环境保护进行了谋划设计,也是《全国农业现代化规划(2016—2020年)》的配套规划。

《规划》指出，近年来我国农业发展取得了巨大成就，但发展方式依然粗放，农业可持续发展面临严峻挑战。“十三五”期间要通过实施重大工程项目，不断夯实农业绿色发展的物质基础，走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代化道路。

“十二五”以来，党中央、国务院重视农业资源保护和生态环境建设，不断加大投入力度，实施了高标准农田建设、旱作节水农业、退牧还草、京津风沙源治理等一系列重大工程，取得了积极进展。以草原保护为例，2015年草原综合植被盖度为54%，比2011年提高3个百分点；重点区域天然草原平均牲畜超载率15.2%，比2011年下降12.8个百分点；草原生态持续恶化的势头得到了初步遏制，局部草原生态状况改善明显。农业部发展计划司负责人说，近年来我国农业发展取得了重大成就，但是当前我国农业发展方式依然粗放，农业资源与生态环境保护仍面临诸多困难和问题。例如，资源过度消耗，投入品大量增加，农业面源污染加重，农业生态系统退化明显。部分区域耕地质量退化问题依然突出。东北黑土区耕地有机质含量下降，理化性状变差，农田生态功能退化；南方部分地区耕地重金属超标，治理难度大；西北旱作农区农田水利基础设施建设欠账多，农田灌溉水有效利用系数还不高。外来入侵生物蔓延的态势依然存在。据不完全统计，目前，入侵我国的外来物种高达529种，每年造成的经济损失超过千亿元，已成为生物多样性利用与保护、经济社会可持续发展的重大威胁。全国中度和重度退化草原面积仍占1/3以上，草原生态环境依然脆弱；农业湿地侵占破坏问题依然严重。重要水域农业湿地被破坏、被开发问题仍然存在，水生生物多样性受到破坏，生态系统质量及稳定性下降。

力争通过5年努力，改善恢复农业生态功能

——资源过度开发的趋势得到初步遏制。力争耕地重度污染面积不扩大，土壤清洁率达到80%以上。基本实现农业“一控两减三基本”目标，农田灌溉水有效利用系数超过0.55，主要农作物化肥、农药利用率达到40%，农膜回收率达到80%，养殖废弃物综合利用率达到75%。

——重点区域环境问题治理取得阶段性成效。东北黑土退化区、南方重金属污染区、京津冀地下水超采区、西南石漠化区、草原生态治理区治理技术体系和推进机制基本建立，耕地轮作休耕全面推进，主要农产品产地实现农产品安全达标生产。北方农牧交错带、西北干旱区农业结构适应性水平、可持续发展水平明显提升。

——农业生态功能得到恢复和增强。基本控制草原退化沙化和渔业水域资源荒漠化趋势，草原综合植被盖度达到56%，有代表性的草原类型及珍稀濒危野生动植物资源得到有效保护，重大外来有害入侵物种得到有效遏制。

——绿色生态农业发展机制基本建立。基本构建科学的考评机制、合理化的生态补偿机制、市场化的投入交易机制、法制化的监督问效机制。

确定了加强耕地质量建设与保护、推进农业投入品减量使用等8项重点任务。

据分析，《规划》的实施可进一步优化农牧业产业结构，提高农业投入品利用效率，提升粮食、牧草生产能力，保护、丰富渔业物种资源，促进生产生态协调发展，为农、牧、渔业生产带来巨大经济效益。同时，也可有效缓解重点区域耕地和草原退化态势，有效控制外来入侵生物蔓延，有效控制典型流域农田氮磷流失、畜禽养殖污染、农村生活污染等农业面源污染问题，改善土壤和水体环境质量，有效保护我国农业资源与生态环境，促进农业可持续发展。

(罗婷婷 编译)

(原文题目：让绿色化贯穿农业现代化发展始终——解读《农业资源与生态环境保护工程规划(2016-2020年)》)

(来源：[http://www.moa.gov.cn/zwillm/zcfg/xgjd/201701/t20170110\\_5428248.htm](http://www.moa.gov.cn/zwillm/zcfg/xgjd/201701/t20170110_5428248.htm);) )

## 英国科学家领导全球 6000 万美元氮管理计划

英国的生态水文中心 (CEH) 的 Mark Sutton 教授将领导一个新的全球计划，旨在为清洁水和空气，集成管理氮循环，减少温室气体排放，改善土壤和生物多样性保护。

活性氮是地球上不可缺少的物质，但大量释放时，活性氮是空气、水和土壤中的危险污染物。

联合国和来自世界各地的科学家和机构汇集了 6000 万美元用于建立一个新的国际管理体系来对抗氮污染。该计划于 2016 年 12 月 5 日星期一上午 (澳大利亚时间) 在澳大利亚发起。世界上许多氮专家，包括 Mark Sutton 教授，在澳大利亚参加了国际氮计划会议。

我们呼吸的空气几乎 80% 是由氮组成，并以惰性氮气形式存在。这种气体稳定着大气成分，确保氧气被限制在维持地球上生命的安全量范围内。然而，自工业革命以来，活性氮一直作为化石燃料燃烧的副产品进入大气中，并以氮肥的形式进入到地球。

过去的 150 年里，人类驱动的活性氮流动，增加了十倍以上，他们在空气、水和土壤中形成危险化合物，严重影响人类健康。过量的氮营养物也影响了我们地球的生物多样性。

联合国环境执行主任 Erik Solheim 说，“这一计划是汇集氮循环方面全球和关键科学力量的绝佳机会。我们可以开始一个持续的过程，使科学、政府、企业和民间社会共同努力，统一认知，以产生真正的变化，”他补充说，“投资表明，我们在认真对待世界的氮循环。这一国际管理体系一个目的是展示全球氮循环的管理将如何为海洋、气候、大气和土地生态系统提供可衡量的好处。通过这种联合方式，我们将为具体行动夯实一个更强大的基础。”

国际氮计划生态水文中心和国际氮计划主席（INI）Mark Sutton 教授说，“氮污染是一个巨大的有价值资源的浪费。仅在英国，农业氮素损失的化肥价值约为每年 140 亿欧元。这相当于失去欧洲共同农业政策（CAP）烟气或排水预算的 25%（或整个欧盟预算的 10%）。

（金慧敏 编译）

（原文题目：<http://www.ceh.ac.uk/news-and-media/news/uk-scientist-leads-global-nitrogen-management-initiative>）

（来源：<http://www.ceh.ac.uk/news-and-media/news/uk-scientist-leads-global-nitrogen-management-initiative>;

## 研究进展

### 美国农业部为小规模牲畜生产商扩充草地保护项目

2017 年 1 月 13 日，美国农业部（USDA）农场服务局（FSA）的官员宣布美国农业部将接受 43 个州的由生产商提供的进行评级的 300000 英亩土地注册为保护储备计划（CRP）草地。通过自愿加入的 CRP 草原计划，收到发展限制或者转化为作为的草地将被保持为牲畜放牧区，同时提供重要的保护效益。大约 200000 英亩提供给小规模牲畜生产。

不同规模的生产者都对美国农业部的 CRP 感兴趣，最后一轮的 CRP 注册很多来自小规模的生产经营者，显示了美国家庭农场主和大农场主对环境保护有很的影响。最近的评级期截止到 2016 年 12 月 16 日，CRP 草地措施细化到小规模放牧操作以鼓励更多的人参与。这个评级阶段以及将来的阶段，100 头或者更少牛（或等量）的小规模牲畜养殖可以提交申请，每户注册 200 英亩的草地。USDA 为这种小规模申请提供了 200000 英亩草地。可以访问网站：<http://go.usa.gov/x9PFS> 浏览完整的要求列表。小规模养殖或其他农场有意参加 CRP 草地项目的可以联系当地的农场服务局（<http://offices.usda.gov>），网站 [www.fsa.usda.gov/conservation](http://www.fsa.usda.gov/conservation) 包含更多的农业服务局保护项目。

（金慧敏 编译）

（原文题目：USDA Expands Grasslands Conservation Program to Small-Scale Livestock Producers）

（来源：[https://www.fsa.usda.gov/news-room/news-releases/2017/nr\\_20170113\\_rel\\_0008](https://www.fsa.usda.gov/news-room/news-releases/2017/nr_20170113_rel_0008)）

## 马德里理工大学研究多种技术来提高种植中的水氮利用率

马德里理工大学农业系统研究组研究人员进行的研究表明，面向减少氮素损失和保持农业生产力的管理实践应该依靠优化氮和水的同时输入。这两个农业要素的协同改善要比分别优化具有更大的生产和环境优势。

水和氮的可用性，是全球范围内最具限制性的作物生长因子。这两个因素对许多地区的粮食主权和减少世界上潜在食物和实际食物之间的差距有着根本性的影响。因此，氮的过度使用造成的问题，如自然水体中的硝酸盐污染和大气中温室气体的增加主要受水管理的影响。此外已经证明，大多数种植系统的水和氮的使用效率之间具有很强的相互作用。因此，寻求同时提高这两个因素效率的做法要比分别优化每个因素的方法更成功。

本研究由马德里理工大学研究人员 Miguel Quemada 和 José Luis Gabriel 完成，评估了 7 种实践做法，目标是在种植制度中同时改进这两种元素。首先，当有作物水分亏缺时，氮的使用必须调整到受胁迫作物的实际需求，因为植物生长受最重要的限制因素决定（在这种情况下是水），因此其余部分氮仍然在土壤中，会从系统中消失。其次，另一个好的做法是提高灌溉作物的水分管理，因为过度使用水分有利于水分流失，并溶解根际范围以外的氮。再次，研究人员建议使用滴灌，包括将养分溶解到灌溉水中，该技术对单株水、氮精准需要方面潜力巨大。

土壤覆盖是本研究提出的第四种技术。适当利用以前的作物节秆或合成材料来使用这种技术，可以防止土壤直接蒸发所造成的水分大量流失。此外，土壤覆盖有利于创造土壤氮素的高矿化条件，也能增加土壤的入渗量，减少土壤侵蚀造成的水、氮流失。

第五种技术建议在考虑来自土壤和有机物氮量的情况下，对氮剂量进行修正，从而在某些情况下，如土壤湿度适宜时，可以完全替代合成肥料。

另一种技术基于更好地适应气候和土壤周期的品种和作物，寻找更适合每个地区对可用水分适应的品种，同时还要考虑能够利用其它品种利用不到的水和氮的品种，这一技术还包括防止养分损失和可以作为土壤覆盖和绿肥的覆盖作物。

最后，研究的第七个实践是通过使用远程和邻近传感器监测水和氮的可用性。有越来越多的便宜传感器，使我们能够测量植物的生理状态和土壤水分的可用性，因此可以根据所观察到的不足之处对施肥和灌溉预测进行调整。

研究人员建议致力于减少氮损失的作物技术，确定了每种情景下的最有效做法，这将有助于改善世界环境。

（金慧敏 编译）

（原文题目：Simultaneous water, nitrogen use can enhance sustainability）

（来源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/01/170116092046.htm>；）

## 变化的气候改变土壤

气候变化以激烈和不可预测的方式影响着世界的生活。这种不可预测性也延伸到更微妙但仍很重要的方面：气候变化的影响效应。例如，气候变化如何影响土壤，如何影响农场或健康的自然生态系统的支持性生产力，这些都是不确定的。

在一项新的研究中，研究人员利用数字技术来预测一个重要的土壤特征--土壤有机碳，怎样受到气候变化影响而改变。这项研究的主要作者乔纳森·格雷（Jonathan Gray）认为土壤有机碳是土壤健康的主要决定因素，它影响了土壤的许多化学、物理和生物学特性，如肥力和持水力。

研究人员使用 12 种气候变化模型来预测土壤有机碳水平如何随气候变化而变化。在研究中使用的模型反映了全方位的全球气候预测结果。模型也适用于澳大利亚东南部新南威尔士的具体研究区。结果是多种多样的，大多数模型显示随着气候变化，土壤有机碳减少了。但一些模型实际的预测是增长。为什么会有不同的预测？格雷将它归因于气候变化模型的内部不确定性。他认为在可以自信地预测土壤有机碳水平如何表现之前，更需要气候变化预测一致性。

研究人员还发现，土壤有机碳的变化在一定范围内，土壤有机碳随不同的土壤类型、当前气候和土地利用制度的变化而变化。例如，预测干旱条件种植制度下，沙质、低肥力土壤土壤有机碳的平均降幅小于每公顷 1 吨，这是湿润条件原生植被制度下，富粘性、肥沃的土壤 15 倍。预测土壤有机碳的变化是至关重要的，将使人们能够更好地准备和适应土壤条件的改变，将最终改善人们管理农业和本地生态系统的方法。

格雷和他的同事结合不同的数字方法来实现非常高的分辨率制图。而不是典型的 10 公里分辨率，他们团队取得了分辨率为 100 米。这使得研究人员将土壤有机碳的变化与特定的土壤类型或土地利用方式联系起来。

现在研究团队正试图预测其他受到气候变化的影响的关键土壤性质，如养分和酸度。研究人员认为理解气候变化如何影响土壤性质，实际上可能会产生更准确的气候变化模型。能够预测土壤储存碳或释放碳到大气中的潜力，将是未来气候变化建模和减灾战略的关键。

（罗婷婷 编译）

（原文题目：Changing climate changes soils）

（来源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/01/170111133851.htm>；）

## 2050 年世界地下水资源可能耗尽

2016 年 12 月 15 日，美国地球物理学联合会秋季年会上科学家发布最新研究称，未来几十年内，人们对地下水的消费可能导致印度、欧洲和美国部分地区的地下水枯竭。

世界地下水等级模拟研究表明，在 2040-2060 年之间，印度的恒河流域上游地区和西班牙南部、意大利的地下蓄水层（即土壤或岩石持有的地下水），可能会耗尽。2030 年代，美国加州的中心河谷、杜瑞盆地、圣华金河谷南部的地下蓄水层可能会耗尽；南部高原地区供应德州、俄克拉荷马州和新墨西哥州部分的水分，在 2050-2070 年间可能达到其极限。由于过度的抽取地下水用于饮用和农业，到 2050 年，约 18 亿人口的生活区的地下水将完全或接近耗竭。同时指出从模拟数据来看，中国的地下水资源情况略好一些，与北方相比，中国南部地区的地下水资源情况更好一些。

（金慧敏 编译）

（原文题目：<https://phys.org/news/2016-12-groundwater-resources-world-depleted-2050s.html>）

（来源：<https://phys.org/news/2016-12-groundwater-resources-world-depleted-2050s.html>；）

### 最新会议

## 探索农业中的废水利用

伴随着粮食需求不断增强和水资源短缺问题日益凸显，现在应当考虑不再将废水当作垃圾处理，而是将其作为可以用来种植作物和帮助解决农业水资源短缺的一种资源。经过妥善管理的废水可被安全地用来支持作物生产：直接通过灌溉或间接通过补充地下蓄水层，但是这样就需要以适当的处理或利用方式来进行有效的健康风险管理。

1 月 19-21 日，由粮农组织主办的全球粮食和农业论坛会议讨论的主要议题就是农业生产中废水利用的最新趋势。粮农组织土地及水利司高级官员 Marlos De Souza 指出在全球范围，只有很少一部分经处理的废水被用于农业，其中大多是城市废水。然而，越来越多的国家，如埃及、约旦、墨西哥、西班牙和美国，一直在探索各种可能性，以解决日益紧迫的水资源短缺问题。到目前为止，灌溉领域的废水再利用在城郊地区最为成功，因为那里废水供应普遍充足，通常为免费或成本低廉，而且拥有农产品（包括非粮食作物）市场。

自 1980 年代以来，地下水总抽取率每年增加 1%。这些压力因气候变化而不断加重。农业占全球淡水提取率已经高达 70% -- 预计到 2050 年，粮食需求将至少增加 50%，农业的用水需求也将继续扩大。科学家们认为更多地利用非常规替代性水源，包括城市污水和农业径流（如果处理得当）可以缓解这种竞争。

但同时专家们指出未经处理的废水通常含有微生物和病原体、化学污染物、抗生素残留物以及威胁农民、食物链工人和消费者健康的其他物质 - 并且也会引起环境问题。目前在全球范围正在采用一些技术和方法来处理、管理和利用可用于农业的废水，其中许多技术和方法专门针对当地的自然资源基础、使用废水的农作系统以及正在生长的作物。例如，在埃及，由于供水有限，废水往往受到严重污染，已建成的湿地被证明是一种有希望、经济可行的处理方法。在埃及和突尼斯，废水正被广泛用于农林项目，为木材生产和荒漠化防治的努力提供支持。在墨西哥中部，城市废水长期以来一直用于农业灌溉。在过去，生态过程帮助减少了健康风险。近来，作物限制 - 一些作物可以安全地使用废水，而另一些作物则不可使用 - 和水处理设施的安装已经被纳入到该系统中。在约旦，再生水占该国总用水量的 25%。在美国，蓄水层补给的处理和管理是一种常见的做法，特别是在西部。

粮农组织土地及水利司高级官员 **Marlos De Souza** 阐明如果能以安全的方式对废水进行利用和管理以避免健康和环境风险，就可以变负担为资产。

(金慧敏 编译)

(原文题目: News Article: Exploring the use of wastewater in agriculture)

(来源:

<http://www.fao.org/news/story/en/item/463433/icode>;[http://www.fao.org/europe/news/detail-news/en/c/463048/;](http://www.fao.org/europe/news/detail-news/en/c/463048/))

## 研究进展

### 美国粮食收成受气候变化影响

为了更好地评估人类排放温室气体导致的气候变化可能对小麦、玉米和大豆的影响，一个国际研究团队运行了一套全面的美国农作物产量计算机模拟系统。模拟再现所观察到的历年来高温引起的作物产量锐减，从而确认他们捕获了一个可以预测未来的主要机制。重要的是，科学家们发现增加灌溉有助于减少全球变暖对农作物的负面影响，但这种情况只有在水分充足的地区才有可能实现。因此研究结果认为需要限制全球变暖以遏制作物损失。

研究的主要作者，波茨坦气候影响研究所的伯恩哈德(Bernhard Schauburger)阐明他们研究的计算机模拟是基于物理学、化学、生物学等方面的强大知识和大量的数据与详细算法。但是，它们当然代表不了整个复杂的作物系统，所以研究人员称之为模型。科学家将模型结果与实际观测数据进行比较。可以确认模型是否包含了关键计算因素，包括从温度到 CO<sub>2</sub>，从灌溉到施肥。

研究认为没有有效的减排措施，2100 年小麦产量可能损失 20%

如果每天气温为 30℃ 以上，玉米和大豆都会损失约 5% 的收成。仿真结果显示了该模型捕捉到超出阈值的热量增加多少可能会导致突然和大量的产量损失。在



不受气候变化影响的情况下，气温会更加频繁、严重地影响农业生产力。预计在本世纪末，在没有有效减排的情况下，与非温度升高区相比，温度升高导致的小麦收获损失为 20%，大豆为 40%，玉米为 50%，这些损失甚至不考虑超过 36℃ 的极高温，否则预计产量将进一步降低。这些影响远远不止美国这个最大的粮食出口国一地：世界市场作物价格可能会上涨，而这是贫穷国家粮食安全的关键问题。

灌溉可能是一种有效手段--然而，这只在具备充足灌溉水的地区才可行。

来自芝加哥大学的合著者乔舒亚·埃利奥特（Joshua Elliott）揭示在模拟中增加农田灌溉时，损失大大减少，因此温度升高带来的水胁迫似乎比热胁迫的影响要大得多。当从土壤到植株的供水减少时，叶片中的小开口逐渐闭合以防止水分流失。因此，这样能防止二氧化碳扩散到植物细胞。此外，作物通过牺牲地面生物量甚至产量以增加根系生长，以此作为对水分胁迫的响应。因此，埃利奥特认为灌溉可能是抑制气候变暖极端影响的一个重要适应手段。

燃烧化石燃料使空气中的 CO<sub>2</sub> 量急剧增加。这通常会增加植物的水分利用效率，因为对于每个吸收二氧化碳的单元会失去更少的水分。然而，科学家们认为，这并不能保证高温时的产量。温度大于约 30℃ 时，模拟中额外的 CO<sub>2</sub> 施肥并不会缓解相关收益率的下降。

比较不同电脑模拟气候变化影响是 ISIMIP 项目的核心（部门间建模影响对比项目），项目由全球大约 100 个模型组组成。项目模拟工作是与 AgMIP（国际农业模式比较及提高项目）共同合作完成。

（金慧敏 编译）

（原文题目：Harvests in US to suffer from climate change）

（来源：<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/01/170119084622.htm>；）

## 论文推荐

### 修复有机污染土壤——基于活化过硫酸盐的高级氧化

基于活化过硫酸盐的高级氧化技术近些年被广泛应用于土壤和地下水的有机污染修复，土壤矿物、有机质等与过硫酸盐的相互作用一直是各国环境化学家研究的热点，但目前有关土壤矿物与过硫酸盐相互作用的研究主要集中在铁锰矿物，其他矿物研究较少。

南京土壤研究所研究人员在研究过硫酸盐与磁铁矿相互作用降解有机污染物的基础上，系统开展了基于钒氧化物高效活化过硫酸盐降解典型持久性有机污染物-多氯联苯的工作。研究发现，钒氧化物能够有效活化过硫酸盐降解多氯联苯，其降解多氯联苯的主要中间产物是 2-氯苯甲酸和 2,4-D，最后矿化成二氧化碳和水。研究人员利用电子顺磁共振技术（EPR）揭示了体系中硫酸根自由基和羟

基的形成机制如下： $V_2O_3$  首先通过单电子传递给过硫酸根离子 ( $S_2O_8^{2-}$ ) 生成  $VO_2$ ，使过硫酸根离子裂解为硫酸根自由基， $VO_2$  进一步传递电子给  $S_2O_8^{2-}$  生成硫酸根自由基和五价钒 ( $V(V)$ )，其通过  $S_2O_8^{2-}$  循环再生；硫酸根自由基与水反应生成羟基，两种自由基共同主导 PCB28 的降解。研究结果为活化过硫酸盐提供了一类高效、环境友好的绿色活化剂，即使在接近于土壤钒背景的钒用量，污染物也能被高效地被降解。

(金慧敏 编译)

(原文题目: Activation of persulfate with vanadium species for PCBs degradation: A mechanistic study)

(来源: ;)