



水力压裂开采来势汹汹：需要制定新规定来保护我们的健康和环境免受废水污染的侵害

作者

Rebecca Hammer
美国自然资源保护委员会

Jeanne VanBriesen博士, PE
美国卡耐基梅隆大学

项目设计和开发

Larry Levine
美国自然资源保护委员会



© NETL.gov



© Julia Schmalz/彭博新闻社

本报告对水力压裂开采之废水处理的联邦和各州监管法律进行了评估，同时提供了由一位独立科学家为美国自然资源保护委员会（NRDC）所编纂的全面风险审查。风险审查对水力压裂开采所产生的大量废水会导致的健康和环境风险作出了综述，并提出了目前可用的处理和处置方法。审查发现目前可用的选择方法不足以充分保护人类健康和环境，但在各州和联邦层面采取更强有力的保障措施有助于更好地防范水力压裂废水所带来的风险。目前所急需的最为重要的政策变革包括（1）封堵联邦法律的漏洞，保证有害的油气废弃物在处理、储存和处置方面不享受豁免待遇，而是遵循适用于其他有害废弃物的法律要求，以及（2）提高针对废水处理设施以及在排放到水体前之处理程度方面的监管标准。

在对马塞勒斯页岩气区块目前所采用的不同水力压裂废水处置方法进行研究之后，本报告认为尽管所有方法都存在问题，但是某些处理方法在加强监管后更具可选性，而其他一些处理方法则完全不应该被允许使用。NRDC反对在没有制定有效保障措施前就推广水力压裂开采法。包括纽约州在内的一些州正考虑除非可用的废水处理方案得到全面评估，并且保障措施完全到位，本报告所提出的风险和影响得到解决，否则不能推行水力压裂开采。在已经使用水力压裂开采的地方，联邦和州政府必须迅速采取行动，采纳本报告所提出的政策建议，以便更好地保护居民和环境。

美国自然资源保护委员会简介

美国自然资源保护委员会（NRDC）是一家全国性非盈利环境组织，拥有130多万名成员和在线积极活动分子。自1970年以来，我们的律师、科学家和其他环境专业人士就一直致力于保护世界的自然资源、公共卫生以及环境。美国自然资源保护委员会在纽约市、华盛顿特区、洛杉矶、旧金山、芝加哥、蒙大拿以及北京设有办事处。请登录我们的网址www.nrdc.org了解更多信息。

致谢

美国自然资源保护委员会在此感谢威廉佩恩基金会的慷慨资助。本报告作者们谨此感谢Amy Mall、Kate Sinding、Jon Devine、John Wood、Briana Mordick以及Matt McFeeley在本报告编写过程中所给予的指导和提供的专业知识。作者们还要感谢为本报告审稿的以下人士：Emily Collins (匹兹堡大学)、Wilma Subra (Subra公司)以及Danny Reible (德克萨斯大学) (我们的外部同行审阅者)。

本报告及其建议完全来自美国自然资源保护委员会，并不一定代表了个人观点。

作者的备注

作者们在此确认VanBriesen博士（Ph.D., PE）是管理层选择、治理方法以及潜在影响等章节的作者，而Hammer女士是监管框架和政策建议等章节的作者。

本专题通报的内容源自一份篇幅更长的同行审查报告，那份报告就此专题进行了更详尽的阐述。如需了解更多信息，敬请浏览：www.nrdc.org/energy/files/Fracking-Wastewater-FullReport.pdf

美国国家资源保护委员会传媒总监: Phil Gutis

美国国家资源保护委员会传媒副总监: Lisa Goffredi

美国国家资源保护委员会出版物总监: Alex Kennaugh

设计与制作: Sue Rossi

© 美国自然资源保护委员会2012

本报告分析了采用水力压裂法开采天然气所导致的废水问题，特别针对马塞勒斯页岩气生产的相关废水处理问题进行了探讨。^{*} 本报告认为，尽管水力压裂法（通常被称为“水裂法”或“压裂法”）产生大量受到污染的废水，威胁到我们的饮用水供应、江河、水流以及地下水的安全，联邦和各州条例却未能跟上水力压裂法迅猛发展的态势。因此这些监管条例必须在很大程度得到加强，从而降低水力压裂开采在整个马塞勒斯区域及其他地区所带来的风险。^{1**}

水力压裂过程以及从水力压裂气井生产天然气的过程会产生副产品，这些副产品必须得到妥善处理，以避免对人类健康和环境造成严重危害。这些废水副产品被称为“返排废水”（注入气井内的水力压裂液体在井内钻井压力释放后回流到地表），以及“生产废水”（这种废水都是生产开始后在井内出现，多数废水为页岩构造内所蕴含的盐性水）。

这两种类型的废水都含有潜在有害污染物，包括盐分、有机碳氢化合物（有时被简单称为油脂）、无机和有机添加物以及天然放射性物质（NORM）。这些污染物如果被释放到环境中或接触到人员就可能会造成危险。它们可能对人类和水生物造成毒性、放射性或腐蚀性的危害。它们可能会导致氧气枯竭或藻类繁生而破坏生态系统，或者它们会在饮用水处理工厂与消毒剂产生反应，形成致癌化学物。

^{*} 本报告主要关注了马塞勒斯页岩气区块进行水力压裂开采所带来的问题，然而本文所提出的这些问题适用于采用水力压裂法进行开采的任何其他地方。鉴于马塞勒斯地区在水力压裂开采方面有着多年的经验，并提供了丰富的知识素材，以该区域为例可为那些正在引入水力压裂开采法或正在扩大水力压裂开采范围的其他地区提供有益的他山之石。

^{**} 鉴于本专题的广度和深度，我们并未在本报告中试图解决与页岩气废水管理相关的某些特定问题，尽管那些问题本身也可能引发严重的环境关注。这些问题包括雨水问题、事故性溢漏、注入水力压裂液前就产生出的废弃物以及废水管理过程所产生的与水无关的影响。本文没有阐述的其他问题包括水力压裂流程抽取所需水源所产生的影响或者钻井和气井开发所产生的影响（包括水力压裂过程的地下水污染问题）。

表1. 马塞勒斯页岩气开发所产生的生产废水之化学成分^{1*}

化学成分或代表参数	测量单位	马塞勒斯页岩区块水力压裂五天后的钻井废水中所含化学成分区间值	马塞勒斯页岩区块水力压裂十四天后的钻井废水中所含化学成分区间值
悬浮固体总量(TSS)	mg/L	10.8—3,220	17—1,150
混浊度	NTU	2.3—1,540	10.5—1,090
溶解固体总量(TDS)	mg/L	38,500—238,000	3,010—261,000
电导率	Umhos/cm	79,500—470,000	6,800—710,000
有机碳总量(TOC)	mg/L	3.7—388	1.2—509
溶解有机碳 (DOC)	mg/L	30.7- 501	5—695
化学需氧量 (COD)	mg/L	195—17,700	228—21,900
生化需氧量(BOD)	mg/L	37.1—1950	2.8—2,070
生化需氧量/化学需氧量比率 (可生物降解百分比)			0.1 (10%)
碱度	mg/L	48.8—327	26.1—121
酸度	mg/L	<5—447	<5—473
硬度 (碳酸钙含量)	mg/L	5,100—55,000	630—95,000
总凯式氮 (TKN)	mg/L as N	38-204	5.6—261
氨氮	mg/L as N	29.4—199	3.7—359
硝酸盐氮	mg/L as N	<0.1—1.2	<0.1—0.92
氯化物	mg/L	26,400—148,000	1,670—181,000
溴化物	mg/L	185—1,190	15.8—1,600
钠	mg/L	10,700—65,100	26,900—95,00
硫酸盐	mg/L	2.4—106	<10—89.3
油脂	mg/L	4.6—655	<4.6—103
BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)	μ g/L		未发现—5,460
VOC (挥发性有机化合物)	μ g/L		未发现—7,260
天然放射性物质 (NORM)	pCi/L	未发现—18,000 pCi/L; 中间值为2,460 pCi/L	
钡	mg/L	21.4—13,900	43.9—13,600
锶	mg/L	345—4,830	163—3580 J
铅	mg/L	未发现-0.606	未发现—0.349
铁	mg/L	21.4—180	13.8—242
锰	mg/L	0.881—7.04	1.76—18.6

¹ T. Hayes, 美国天然气技术研究院, 与马塞勒斯页岩气开发相关的水流取样和分析, 为马塞勒斯页岩联盟会做准备的报告, 2009年12月http://www.bucknell.edu/script/environmentalcenter/marcellus/default.aspx?articleid=14; E.L. Rowan等人, 阿巴拉契亚北部盆地(美国)油气田生产废水中的镭含量: 数据的汇总和讨论, 2011, 31, http://pubs.usgs.gov/sir/2011/5135/pdf/sir2011-5135.pdf.

* 这些数据均来自同一渠道 (Hayes, “水流的取样和分析”), 天然放射性物质属于例外 (来自Rowan等人编写的“油气田生产废水的镭含量”)。天然放射性物质数据并未说明完井后多长时间内的取样, 因此不能认为是水力压裂开采后5或14天时间段的取样结果。本文提供的苯系物和挥发性有机化合物数据具有极大的不确定性。标注有J的数据为估测值, 因为极高的浓度造成了分析局限性。关于全美生产废水水质有大量数据可以查阅 (请浏览energy.cr.usgs.gov/prov/prodwat/intro.htm)。关于马塞勒斯的更多数据可以参考各种数据来源 (生产废水处置工厂、环境保护部以及钻井企业)。然而这些数据未被整理核对到统一的数据库, 从而难以进行总结性分析。

由于这些风险的存在, 页岩气生产所产生的废水必须得到妥善管理。目前最常使用的管理方法包括: 在下一个水力压裂开采流程中进行再循环利用; 处理后排放到地表水体; 地下灌注、储存到储水池和储水罐内以及地面应用 (道路摊铺) 等。所有这些方法都给健康或环境造成一定程度的风险, 因此受到联邦政府和各州政府的监管。但是目前很多的监管项目并不足以确保人员和生态系统的安全。为此, 本报告在最后部分提出了关于加强和改进页岩气生产废水处理监管的若干政策建议。

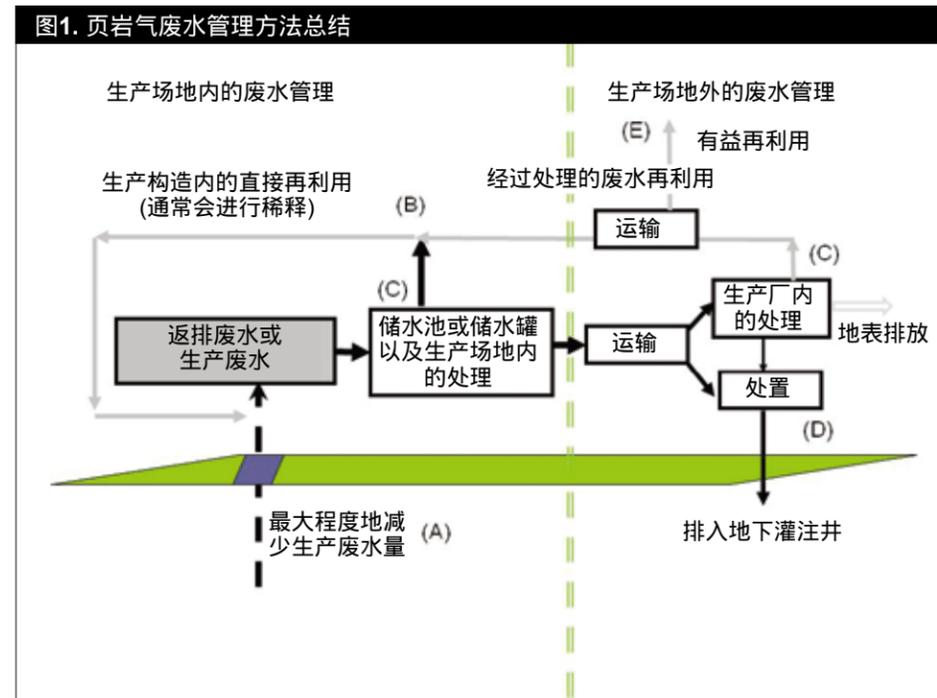
页岩气废水管理方案

对于在页岩构造中开展天然气生产所产生的废水, 有五种基本的管理方法: 最大程度地减少生产废水量; 在天然气钻井作业中进行循环回收和再利用; 处理; 处置以及作业外的有益再利用。生产现场所采用的最大程度减少废水量、循环回收和再利用等管理方法通常用于处理返排期所产生的废水; 现场外处理和处置方法是生产废水管理的主要途径。

最大程度地减少废水量以及循环回收/再利用 生产作业中最大程度地减少废水量以及循环回收/再利用是钻井过程中在气

井现场所展开的。尽管这些此前并非是油气钻探所常用的废水管理方案, 马塞勒斯页岩气区块现在却越来越多地予以使用, 主要原因是很难在气井近距离范围内施展传统的生产场地外废水处置方法。生产场地内的废水循环回收可以带来重大的成本和环境效益, 因为作业方可以减少淡水消耗, 并且降低需要清理的废水量。然而, 这种选择会产生高浓度的残留副产品 (必须进行妥善处理), 而且非常消耗能源。

处置 联邦法律禁止将来自页岩气井的废水直接排放到地表水体。因此, 如果作业方希望在不处理或少处理的前提下排放废水, 他们主要会采取地下灌注的方式。相对于其他管理方法而言, 通过地下灌注方式处置废水所要求的处理程序较少, 而且如果配以适当的保障措施, 这种方式所造成的废水污染物进入环境的风险最小。然而, 它的确会导致地震的风险, 而且如果处置井距离生产井较远, 这种方法还需要将废水进行远距离运输。美国几乎所有的陆地生产废水 (该分类包括天然气生产废水) 都被灌注地下。这种处理方式或者是出于废水处置的目的, 或者是为了保持油田构造的井压进行再生产。马塞勒斯的废水通常被运送到位于宾夕法尼亚、俄亥俄以及西弗吉尼亚州的灌注井。



水处理 水处理是最为复杂的废水管理方式。既可以在生产现场内或外处理，也可以与循环回收/再利用、排放和处置等一起进行。尽管水处理成本可能很高，耗能很大，废水管理的所有方法通常都包括某种形式的处理手段—例如对废水进行处理用于天然气开发回用或回灌处置井，抑或加工成清洁水进行排放，或部分处理的水和/或者残留物可作为有益再利用。

当确定废水会在随后的水力压裂作业中回用，或回灌处置井，废水处理重点是去除造成井内污染的有机污染物和无机成分。出于其他目标的处理—加工成再利用或排放所需的清洁水，或加工成卤水或固体残渣进一步再利用—则可能需要另外有针对性地去其他一些成分。

某些地区的页岩气作业者，包括马塞勒斯区块作业者，会将废水运到公共污水处理厂（POTWs）进行处理，但是这种做法可能会带来严重的环境恶果。马塞勒斯页岩气废水中最常见的污染物之一是盐分，而公共污水处理厂的设计并未考虑去除可溶固体物，因此这些设施完全不会对盐分进行任何有意义的处理；公共污水处理厂接受处理的污水大多数盐分都会直接排放到接受水体之中。此外，废水中高浓度的盐分、有机物和重金属会影响到公共污水处理厂的处理流程。因此，宾夕法尼亚州在一般情况下不再允许将没有进行脱盐预处理的废水运送到公共处理设施（该州的条例给予某些公共处理设施预处理方面的豁免待遇，但是已要求这些设施自愿地停止接受页岩气废水）。

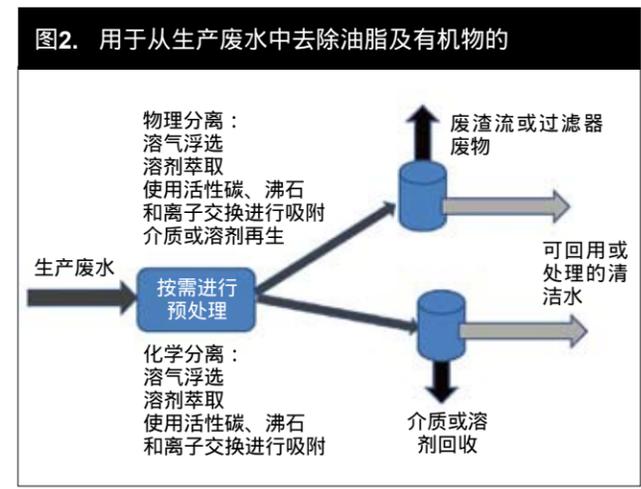
除了在公共处理设施内去除悬浮固体物和有机成分外，另一个替代方案是采用专门的盐水或工业废水处理设施进行处理，这些设施可称为废弃物集中处理设施（CWT）。这些设施中的很多处理工艺与公共处理设施大同小异，但可能会添加絮凝和沉淀工艺来去除溶解固体物。然而，尽管与公共处理设施相比，废弃物集中处理设施的设计能够去除更多的废水污染物，其排放物仍然可能含有诸如溴化物之类的大量污染物。马塞勒斯生产盆地的盐水处理工厂已经运营了几十年。在废弃物集中处理设施接受处理后的废水可以被排放到地表水体，或排放到下水道后再通过某公共处理设施进行再次排放。

有益再利用 油气盐性废水的有益再利用在很多州历史悠久。在很多地区，生产废水被用于未铺砌道路上降尘以及北部各州寒冷冬季的道路融冰或除雪。宾夕法尼亚州允许将马塞勒斯盐性废水用于上述用途，只要这些盐性废水达到某些水质要求。通过将废水出售给当地政府用于上述用途，天然气运营方可以收回一些废水处理和管理成本，但是将废水用于地面会增加污染物被冲洗至附近水体或渗透进入地下水的风险。

对于残留物的管理方法 不仅是处理后的污水，所有的处理方法都还会产生其他残留物—废弃材料，多数为固体、泥浆或液体状态，处理后仍然存在残渣。在马塞勒斯地区以及其他区域，固渣或浆渣泥浆态残留物通过传统工艺流程进行管理：根据各自特性采取土地应用或填埋的方法。高浓度液态盐性废弃物（即高盐分水）的可选处置方法与原先生产废水的处置方案大体相同，但运输成本更低。对于脱盐过程中所产生的高浓度盐水，最为常见的处置方法是深井灌注。如果将脱盐工艺产生的盐水送到对于可溶固体物排放没有限值要求的处理设施（公共处理设施多属这种情况），就浪费了浓缩处理这些废水的效益。

2011年这些实践在宾夕法尼亚州的应用 宾夕法尼亚州环保局的数据表明，2011年，宾夕法尼亚州页岩气生产所产生的所有废水中的一半左右在废弃物集中处理设施（CWT）进行处理，而该州最近更新的水污染物排放限值适用于所有这些设施。下图具体介绍了该限值情况。（根据该数据无法确定经过废弃物集中处理设施所处理的废水有多少被随后被排放到地面水体，进行再利用或以另外方式接受处置。）大约1/3的废水回收后用于其他的水力压裂开采。不到十分之一的废水灌注进处置井，还有类似水量的废水在不受最新处理标准约束的废弃物集中处理设施进行处理。不足百分之一的废水由公共污水处理厂进行处理。其余废水（不到百分之一）据称被储存起来等待处理或处置。

从2011年上半年到下半年，所报告的废水总量增加了一倍多。送到“豁免”废弃物集中处理设施的废水量减少了98%，但废弃物集中处理设施的废水处理量增长了近4倍。深井灌注量增加了三倍多，水力压裂作业的回用废水量增加了约10%。在公共处理设施接受处理的废水量实际上不复存在。



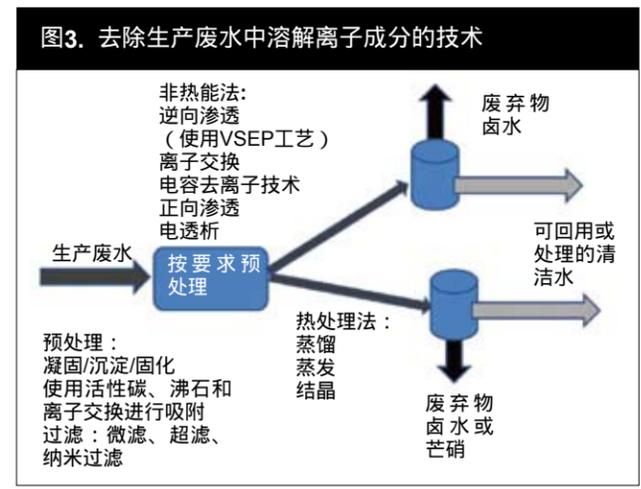
处理的技术分析

可用于页岩气废水处理的技术很多。无论废水的最终用途如何，通常都需要进行一定程度的处理。具体处理方法的选择取决于废水中污染物的性质和浓度，以及处理后废水的处置意向，因为这些因素决定了必要的减污程度。

将废水排放到地表水体前需要开展大量处理工作，以保护饮用水供应和水生态系统。回用前可能需要进行部分处理，以避免污染物重新进入下一口气井，从而影响生产。用于道路喷洒前，废水可能也需要进行处理以降低水流中污染物的浓度。同样，如将废水灌注到处置井，通常要进行部分处理以尽可能降低处置井堵塞的风险。

对于任何给定的钻井作业而言，一旦确定了废水的特性，了解了必要的水质状况，就可以选择一套由不同组件构成的处理系统。废水处理首先要去除悬浮固体物，有机物或无机物，然后去除可溶有机物，和可能形成水垢的成分。当仅剩单纯的可溶盐类时，可以进行脱盐处理，这是排放到地表水体时必要的工艺。此外，需要对高含量的自然生成放射性物质进行特别处理。

其他因素也可能影响到适当的处理方法的选择，例如处理方法的耗能强度以及处理过程所产生残渣的性质。对于所有类型的处理方案，将污染物从废水中分离出来通常需要投入大量的化学药品和能源，通常取决于工艺流程、流入废水特性以及处理后出水所期望达到的水质相当。同样的道理，所有处理方法都会产生残留废弃物，其中包含了分离出来的污染物或处理中产生的副产品。这种残留物可以是液态、固态或泥浆态，抑或是气态。残留物必须得到妥善管理以避免环境危害。例如，废水



处理过程中产生的卤水和污泥可以作为固体废弃物进行处置，或送到处置井内。

可用的处理技术包括化学、物理，以及/或者生化工艺。这些方法包括沉降、过滤、絮凝、离心分离、吸附、沉淀以及脱盐处理。脱盐处理可以采用热能法（例如蒸汽压缩、蒸馏、多级闪蒸、凝露点蒸发、冻融、蒸发以及结晶处理）或者非热能法（包括逆向渗透、纳米过滤、电透析、电去离子、电容式去离子、薄膜蒸馏以及正向渗透）。在宾夕法尼亚州，污水处理厂采用很多上述技术；然而，由于脱盐处理耗能最大，很多处理设施仅在必须进行脱盐处理以便将处理后的废水用于油气开发生产时才予以考虑。

页岩气废水管理中的潜在水源影响

水力压裂开采活动本身以及随后在压裂井内进行天然气生产过程中所产生的废水都必须得到管理，以避免危害环境。然而，由于很多可用的管理技术会将污染物释放到地表水体、土壤以及地下水中，可能会直接造成环境危害。

生产现场的储水池和储水罐 如同任何液体材料的储存一样，废水的意外溢漏和管理不当可能造成废水被释放到环境中，从而污染邻近水体和土壤。开放式储水池，也称为污水井，通常要求在设计上确保尽可能降低污染风险，然而各地实施这些要求却千差万别。封闭式储水罐有时也被用来在返排期收集生产废水。储水罐的使用有时会配备辅助围堰，这是最好的一种废水储存管理做法。储水罐被放置到类似托盘的一种构造上，四周都是凸起的围堰。在这种设计下，即使由于罐体破裂而发生物料泄漏，泄漏的废水也能得以控制，而不会渗透到土壤内或流到附近的水道中。

气井现场以外的影响 页岩气废水最为严重的潜在水源影响来自于气井长期产生废水，而这种影响却出现在气井现场之外。生产废水通常被运到生产现场外接受管理和处置。在这种情况下，废水中的污染物可能被有意直接排出到环境中，有时候可能都没有采取适当的处理和防护措施以限制污染物排放。此外，在处理生产废水的任何场所，意外泄漏时有发生，所以必须采取最佳实践做法和良好的管理模式来避免事故，同时还需要制定紧急预案来减轻意外泄漏所产生的负面影响。

深井灌注 废水地下灌注的设计初衷是将释放到生物圈后可能造成危害的物质进行隔绝处理。美国环境保护署的一项风险分析表明，通过严格监管的一级有害废弃物进行处置并灌注是安全和有效的技术，对于人体健康和环境所造成的风险甚小。其他的研究也证实了这种观点。然而，油气废弃物目前被灌注到安全要求和标准较低的二级处置井，因此污染地下水和诱发地震的风险较大。在灌注前或在灌注井设施现场通常会对生产废水进行部分处理以降低处置井堵塞的可能性。

地表水体排放 如果废水在废弃物集中处理设施或公共处理设施未能充分处理的情况下排放，会污染处于排放点下游的地表水体—包括饮用水源。如果排放废水中所含的污染物量或浓度过高，或者接受水体缺乏足够的吸收能力，这种污染会严重危害生态系统和人体健康。某些污染物（例如苯、甲苯乙苯以及二甲苯）会直接引起生态系统或人员中毒；其他的一些污染物会与环境中产生互动反应而产生讨厌的负面影响（例如氨类营养物质会刺激有害的藻类繁生）。某些污染物会令人忧心忡忡，因为它们会影响到下游水源的有益使用（例如硫酸盐会导致饮用水糟糕的味道），还有一些污染物会破坏生态系统（例如氯化物会改变鱼类繁殖方式）。

土地应用 将生产废水用于道路灰尘控制会产生好几种潜在影响。雨水和融雪会将盐分和其他化学物从路面洗刷下去，有可能造成水流或地下水污染。当将大量废水用于道路用途，或者废水的道路应用地点距离降雨地点非常接近的时候，其危害可能性大增。此外，当生产废水用于道路铺设时，它们可能替换同样有效的抑尘剂和防冰剂，而对地表水体和地下水造成更高层次的氯化物污染（更高浓度或更频繁应用所造成的后果）。

残留物管理 无论选择什么样的废水处理方法都会产生副产品—浓缩卤水和固体物，含有从废水处理中去除的化学成分。由于这些残留废弃物的化学物质浓度高于原始生产废水，采取谨慎的管理措施必不可少，否则一旦将残留物释放到环境中，就

失去了对废水进行处理的意义。例如，由于污染物浓度较高，残留盐水排放到地表水体，或将废水处理所产生的盐水或固体盐分用于土地/道路应用都会产生重大的负面影响，其影响程度相当于，或者超过原生产废水所造成的潜在影响。

页岩气废水的监管框架

一些联邦和州政府的法律条规对页岩气废水的处理、处置和再利用做出了相关规定。这些条例旨在尽可能降低或消除接触废水污染物所带来的危害风险，但是很多监管项目的保护力度不足，有些监管条例甚至对页岩气废水完全不予处理（或对油气开发产生的废水完全不予处理，包括马塞勒斯页岩气区块的废水）。

废水处理及水体排放 《联邦水体污染控制法》（更常用的名称是“清洁水法”）对页岩气废水的处理以及向地表水体的排放做出了规定。根据该法令，如果任何设施欲将页岩气废水或页岩气废水处理过程所产生的副产品，排放到任何地面水体，该设施必须先获得许可证。这些许可证规定了废水中污染物的排放上限。

联邦条例彻底禁止将来自天然气生产点源的废水污染物进行直接排放。因此，很多水力压裂作业方不再将废水直接排放到地表水体，而是运送到获得了排放授权的处理设施。那些处理设施（通常）都获得了美国环保署授权各州发放的“清洁水法排放许可证”。这些设施包括公共处理设施和废弃物集中处理设施。美国环保署的条例对进入公共处理设施的工业废水（美国环保署条例中称为“间接排放”）以及废弃物集中处理设施排出的工业废水都提出了预处理要求。然而，清洁水法监管项目并非面面俱到；例如，并未对页岩气废水做出具体的预处理要求，而且针对废弃物集中处理设施所制定的排放标准已经时过境迁。

各州可能会针对这些排放来制定比联邦标准更为严格的要求。例如，宾夕法尼亚州环保局就推出了本州条例，实施《清洁水法》以及该州的《清洁水流法》，并制定了本州的工业废弃物排放标准。2010年，宾夕法尼亚州环保局完成了对于本州条例的修订工作，就天然气生产作业所产生的废水向地表水体的排放做出了明文规定。这些条例禁止未获该州发放的许可证就擅自排放“新的和更多的”页岩气废水。只有废弃物集中处理设施才能获得此类排放的授权；公共处理设施如欲获得新的或更大量页岩气废水的排放授权，就必须先在废弃物集中处理设施对废水进行处理。

地下灌注 《联邦安全饮用水法》（SDWA）对废水的地下灌注做出了规定。《联邦安全饮用水法》批准创建了“地下灌注控制项目”（UIC）。该项目旨在通过制订安全废水灌注实践标准以及严禁某些类型的灌注来防止所灌注的液体废弃物进入地下饮用水源。任何未得到该项目授权的地下灌注都被禁止进行。根据“地下灌注控制项目”的规定，美国环保署将地下灌注井分为五级，每个级别都适用不同的要求和标准。因为美国环保署的监管决定中未将页岩气废水归为“有害物质”（下文还有探讨），所以页岩气废水无需被灌注到专用于处置有害废弃物的一级井。相反，页岩气废水可以被灌注到用于处置油气生产液体的二级井。与处置有害废弃物的一级井相比，二级井需要遵循的要求和标准要宽松很多。

在马塞勒斯地区，马里兰州、俄亥俄州以及西弗吉尼亚州都承认联邦法律优先原则，并由州政府实施“地下灌注控制项目”。纽约州、弗吉尼亚州和宾夕法尼亚州尚未承认联邦法律优先原则，因此美国环保署在这些州直接实施“地下灌注控制项目”。

再利用于其他水力压裂开采活动 与页岩气废水灌注被作为一种废水处置方法不同的是，用于水力压裂开采流程本身的液体灌注（也可以包括循环回收废水）并未受到《联邦安全饮用水法条例》的监管。因此，如果页岩气废水的管理或处理是为了再利用于进一步的水力压裂开采，那么它就不受联邦条例的监管约束。然而，各州可以制订本州条例来监管页岩气废水的再利用。在宾夕法尼亚州，将废水进行加工用于有益再利用的处理设施需要获得宾夕法尼亚州环保局发放的一般性许可证的授权，而该许可证确立了普遍适用的标准。获得一般性许可证授权的作业不需要再为废水加工申请单独的许可证。

储水池 由于不受联邦法律的监管（下文另有讨论），储水池内页岩气废水的储存和处置完全由各州进行监管。在宾夕法尼亚州，储水池内储存和处置页岩气废水的设施必须获得符合宾夕法尼亚州固体废弃物管理条例相关规定的许可证，其中包括了对储水池的施工和设计规格方面的细节以及作业要求。宾夕法尼亚州还制定了一条法律，限制该州旗下各市政府监管储水池选址的权力；一些市政府正在法庭上挑战该法律。

土地应用 由于不受联邦法律的监管（下文另有讨论），页岩气废水的土地应用完全遵循各州层面的监管规定。尽管宾夕法尼亚州油气井管理条例通常禁止油气井作业者将盐水和其他生产液体排放到地面，该州的固体废弃物管理条例规定，宾夕法尼亚州环保局可以发放许可证，对废弃物的土地应用予以授

权。根据该授权，宾夕法尼亚州环保局发放一般性许可证，授权将天然气井盐水应用于具体的路面预浸湿，防冰以及除冰，其前提要求是盐水必须符合特定的污染物浓度限值。然而，在其他一些州，页岩气废水被禁止用于道路铺设。

处置前的处理、储存以及运输 各州条例对页岩气废水在最终处置前的处理、储存和运输做出了相关规定。《联邦资源保护和恢复法》（RCRA）是监管废弃物处理和处置的主要法律，但是它目前对油气生产废弃物不予监管。1980年，该法律的修订稿决定给予油气生产废弃物两年的豁免权，在此期间不受《联邦资源保护和恢复法》的约束。同时，修订稿指出由美国环保署来决定《联邦资源保护和恢复法》是否应将上述废弃物纳入监管范围。1988年，美国环保署决定不应将油气生产废弃物纳入该法的监管范畴。因此，油气废弃物仍然不受《联邦资源保护和恢复法》中相关有害废弃物条款规定的约束。这意味着运输页岩气废水的天然气作业者，包括公共处理设施、废弃物集中处理设施以及接收页岩气废水的任何其他设施都不是运输或接收“有害”废弃物，因此无需符合《联邦资源保护和恢复法》条例中所确立的全周期保障措施之规定。

由于联邦监管条例的缺位，各州对页岩气废水的处理、储存和运输做出了各自的规定。在宾夕法尼亚州，工业作业废水被归类为“非危害类”，必须根据该州《固体废弃物管理法令》进行管理和处置。

残留废弃物 根据其成分(液体或固体)以及处置方法（地表水体排放、灌注、土地应用等）的不同，残留废弃物需要遵循不同的管理条例。很多上述监管问题也出现在残留物处理领域。

政策建议

目前对页岩气废水管理、处理和处置的监管不够充分，因为监管力度不足以控制页岩气废水对人体健康和环境所产生的可预见风险及危害。联邦以及各州对于废水处理和处置的政府监管必须予以加强。

废水处理以及水体排放 目前，对页岩气废水污染物的排放量以及浓度限值都不足以保护水体质量。美国环保署和各州必须对公共处理设施以及废弃物集中处理设施所排放的页岩气废水加以限制，并对地表水体中允许存在的污染物限制做出更加严格的规定。

- 美国环保署和各州应该禁止或更加严格地监管向公共处理设施排放页岩气废水的做法。
- 美国环保署和各州应该更新关于接收页岩气废水的废弃物集中处理设施的污染控制标准。
- 美国环保署和各州应该针对页岩气废水中所有化学物质来制订水质标准。水质标准应该是针对某具体水体内污染物的数字量化限制，并保证足以支持该水体保持其指定功能和用途。
- 美国环保署和各州应该确认受到页岩气废水污染物破坏的水体，或有合理可能性受到破坏的水体，并应该要求减少向这些水体的排污。
- 美国环保署和各州应该保护尚未受到页岩气废水破坏的水体。

废水处置前的处理、储存和运输 页岩气废水处理、储存或运输不当都会导致泄漏以及污染物其他形式的释放，从而通过有毒或放射性物质来污染土地和水源。

- 美国国会或者美国环保署应该取消《联邦资源保护和恢复法》有害废弃物条例所给予页岩气废水的豁免待遇，并在页岩气废水具备有害物质之物理和化学特性的情况下将其纳入“有害废弃物”的监管范畴。
- 无论《联邦资源保护和恢复法》的豁免待遇是否取消，各州可以而且应该将达到相关技术指标的页岩气废水归类为有害物质，并相应予以监管。
- 各州应该要求对页岩气废水进行定期测试，以评估来自任何给定来源，在任何给定时间内生成的废水是否具有有害物质的特性。

地下灌注 将废水灌注到井内会导致灌注液体渗透到饮用水源的风险，以及引发地震的风险。这些不必要的风险应该尽可能予以减小。

- 具有有害物质特性的废水应该被灌注到一级有害废弃物处置井，一级井要遵循的条例标准比二级井严格很多。如果国会或者美国环保署取消《联邦资源保护和恢复法》对于油气废弃物所给予的有害废弃物认定豁免，或者美国环保署修订“地下灌注控制项目”的规定，上述转变就可以实现。

- 在此期间，各州应该运用其权力对处置油气废水的二级井进行更为严格的监管。

再利用于其他水力压裂开采活动 水力压裂开采流程本身应该受到联邦监管。然而，当进行水力压裂时，将废水再利用于水力压裂开采可以带来很多效益（尽管这些效益可能由于能源消耗以及浓缩残留物的生成而大打折扣）。各州应该酌情鼓励，甚至要求将页岩气废水进行循环回收和再利用。

- 美国国会应该取消《安全饮用水法》给予水力压裂开采的豁免待遇，从而确保水力压裂液体的灌注不会威胁饮用水源。
- 如果循环利用的效益超过缺点，各州应该鼓励或要求在水力压裂流程中对页岩气废水进行再利用。

储水池和储水罐 各州应该禁止使用储水池，或对其进行严格监管，从而尽可能减少溢漏风险。

- 各州不应该允许在开放式储水池中储存或处置页岩气废水。返排废水和生产废水应该在气井处进行收集，并且进行循环回收或直接送去处置。如果必须对废水进行储存，应该使用封闭式储水罐。
- 如果各州不禁用储水池，他们就应该更严格地对其选址、施工、作业和维修进行监管。
- 各州还应该对封闭式储水罐进行更严格的监管；该严格监管的一项要求就是配备辅助围堰。

土地应用 将页岩气废水用于土地和路面会因为有毒污染物渗透到地表水体而造成环境污染，因此这种做法应该被禁止，或者至少应该加以更严格的监管。

- 各州应该禁止将页岩气废水用以土地应用或道路摊铺。其他可用的路面物质同样有效，且环境影响较小，所以应该将那些物质用于道路灰尘控制和除冰。
- 如果不禁止将页岩气废水用于土地应用及道路铺设，这样的使用就应该得到事先授权，并遵循严格的污染物浓度限值，同时要采取预防性措施来限制渗透。
- 美国环保署和各州应该执行现有的《清洁水法》中关于控制市政雨水管系统污染物渗透的要求，从而确保任何道路铺设都不会违反这些要求。美国环保署还应该完成其正在制订的新规定，以加强《清洁水法》雨水监管项目。

残留废弃物 正如页岩气废水不应完全享受《联邦资源保护和恢复法》有害废弃物条例的豁免待遇，如果呈现出有害废弃物的特性，页岩气废水处理所产生的残留废弃物也不应该得到该条例的豁免。

- 页岩气废水处理残留物应该遵循《联邦资源保护和恢复法》有害废弃物管理条例的规定。美国国会或美国环保署应该取消《联邦资源保护和恢复法》有害废弃物管理条例所给予油气废弃物的豁免待遇，从而要求具有有害物质特性的残留废弃物接受与有害物质相同的监管。

公共信息披露 无论作业者使用了哪种处理或处置方法来管理页岩气废水，该作业者都应根据要求公开披露该废弃物的最终目的地。

模范条例 美国联邦土地管理局（BLM）正在针对联邦土地上开展的水力压裂生产活动制定相关管理条例。该条例应该尽可能地保护健康和环境，而且应该至少包含本文所提出的所有政策建议（在联邦土地管理局的监管职权范围内）。联邦土地管理局对联邦油气资源开发以及联邦土地上开展的其他活动有着广泛的监管权力，因此强有力的联邦土地管理局规定能够成为各州在制定本州法律时予以效仿的模范条例。

美国自然资源保护委员会支持建立全面有效的保障体系，以确保天然气的生产、加工、储存和配送过程中能够保护我们的水源、空气、土地、气候、人类健康以及敏感生态系统。美国自然资源保护委员会反对在有效保障措施到位前推广使用水力压裂法。如需进一步了解美国自然资源保护委员会在天然气及水力压裂开采方面所持立场，敬请浏览<http://www.nrdc.org/energy/gasdrilling/>