

## 加州火灾的几种有效解决方案

Yulin Liu

大连理工大学 辽宁大连

**【摘要】**随着温室效应的加剧和全球气温的升高，加州火灾越来越频繁，然而想要从根本上解决问题，需要设法解决温室效应，消除温室气体。但解决温室效应很难，因此本文试图利用其他的方法和手段来减缓火灾发生的频率，减少火灾带来的危害。本文通过对加州多年火灾源头的追溯，找出了加州大部分火灾背后的人为原因，包括焚烧杂物、人类活动和旧电线等。并且在文章中对原因进行一一分析，找到一对一合适的解决方案，包括主动燃烧一些可燃物以产生可控的火灾、无人机灭火等。以最大限度地减少加州火灾对人民安全的威胁和财产损失。

**【关键词】**野火；温室效应；无人机

**【收稿日期】**2024 年 10 月 15 日

**【出刊日期】**2024 年 11 月 18 日

**【DOI】**10.12208/j.ccm.20240003

### Several Effective Solutions to California Fire

Yulin Liu

Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning

**【Abstract】**With the intensification of the greenhouse effect and the global warming of temperature, California fires are more and more frequent. However, if we want to fundamentally solve the problem, we need to try to solve the greenhouse effect and eliminate greenhouse gases. But it is difficult to solve the greenhouse effect. Therefore, this paper tries to use other methods and means to slow down the frequency of fire and reduce the harm caused by fire. By tracing the source of fires in California for many years, this paper finds out the human causes behind most of the fires in California, including burning debris, human activities and old wires. And in the article, the reasons are analyzed one by one to find a one-to-one appropriate solution, including actively burning some combustibles to generate a controllable fire, unmanned aerial vehicle fire extinguishing, etc. To minimize the threat to people's safety and property loss caused by California fire.

**【Keywords】**Wildfire; Greenhouse Effect; UAV

#### 1 简介

这个时代，数百万人受到气候变化的威胁。2020 年 9 月初的一天，加州人从昏暗的晨光中醒来，发现自己仿佛睡到了世界末日。红橙色的天空映衬着远处的火光和烟雾。这一刻，加州人民再次感受到被山火主宰的恐惧。

#### 2 加州山火防治：追溯原因并提出解决方案

为什么说“又”呢？因为山火对加州来说并不陌生。自 2016 年以来，加州平均每年发生 7000 多起山火，平均每年烧毁 120 万英亩土地，相当于烧毁 4 个纽约。在这个气候变化迅速的时代，无数因气候

变化而引发的加州大火，正威胁着加州数百万人的生命。二氧化碳含量升高为火灾提供了绝佳的滋生地。二氧化碳的逐年增加，导致气温逐渐升高，降水量持续下降，这导致加州气候越来越干燥，延长了加州的火灾季节。同时，干燥的气候会让枯死的树木变成更易燃的燃料。虽然加州火灾在过去屡见不鲜，但近年来，人为火灾（包括温室效应和人为纵火的影响）的数量是自然形成火灾的两倍，人为火灾的危害更为严重<sup>[1]</sup>。

如果要完美解决这个问题，解决温室效应必不可少，但解决温室效应太难了因为这涉及到全球多

注：本文于 2023 年发表在 OAJRC Environmental Science 期刊 4 卷 1 期，为其授权翻译版本。

个国家和人民。因此，彻底解决温室效应并不现实。同时，由于加州大火是历史渊源较深的时期，火灾往往早在美洲原住民时期就已发生，因此仅仅解决温室效应并不能完全杜绝火灾的发生<sup>[2]</sup>。因此，我们需要追根溯源，找到加州火灾发生的根本原因，并从这些原因出发，尝试提出几种有利于减少加州火灾发生数量或者减轻加州火灾危害的方法。

### 2.1 追溯加州山火的成因

对于加州的山火，不难发现引发这些可怕火灾

的原因：燃烧的垃圾和人类活动，以及旧电线。最重要的是，气候变化产生的枯树和杂草成为了完美的燃料。燃烧垃圾：山火最常见的原因之一是燃烧垃圾产生的余烬。

风可以将这些余烬吹到七英里之外而不会将其扑灭。人类活动：比如开车、拖拉拖车、举办性别揭秘派对或进行庭院维护。电力：电线倒塌是加州山火的第三大常见原因，也是历史上最致命的火灾——坎普大火的起因<sup>[3]</sup>。

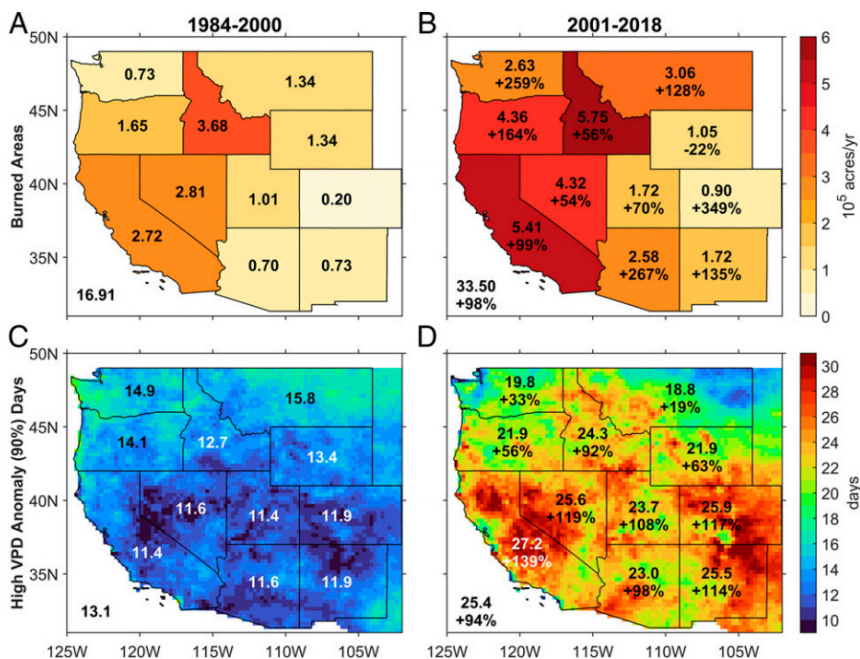


图1 加州火灾烧毁面积正在增加

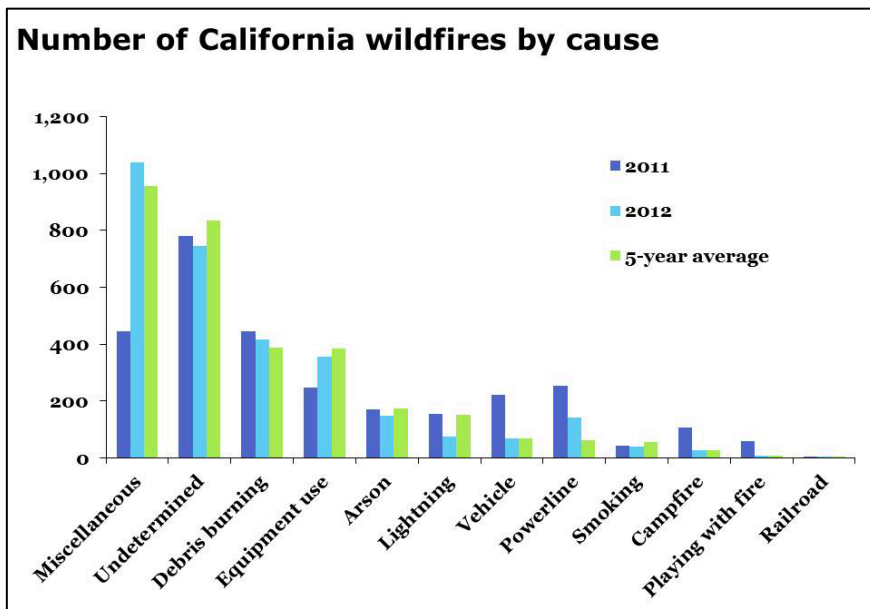


图2 主要火灾原因



图3 山火是由人类活动引起的

## 2.2 提出解决方案：“以火攻火”

那么我们来逐一分析一下这些原因以及相应的解决办法。

一是森林面积巨大：根据 2016 年的数据，<sup>[4]</sup>加州的森林面积仅次于得克萨斯州和阿拉斯加州，在美国排名第二，约有 3300 万英亩，占全州的三分之一。其次，加州干旱的气候条件让这些树木成为山火的良好燃料。过去 10 年来，加州或多或少都比较干燥<sup>[5]</sup>在如此干旱的状态下，即便是偶尔的阵雨甚至还起到了适得其反的作用——2017 年北加州和今年年初雨季南加州的降雨量都达到了历史平均水平甚至更高水平，使得当地的植物得以恢复生长。然而到了夏季干旱和季风来临的时候，这些茂盛的植物干涸后反而变成了更多的燃料。因此，要想解决火灾问题，必须设法追根溯源，从源头上杜绝火灾。加州乃至全美许多专家提出了许多建设性建议。其中最有意思的一条是尝试“以火攻火”，通过主动燃烧部分可燃物，制造可控的火灾。“很多森林——密度是原来的五倍”，林务局太平洋西南研究站生态学家马尔科姆·诺斯说。许多科学家正在研究如何保持西部森林的健康。研究人员建议，该州每年应该烧掉大约一百万英亩的土地。这样不仅可以清除引发许多严重野火的枯死植物和浓密的灌木丛，还可以恢复曾经保持森林健康和恢复力的自然过程。处方烧毁是有效的。例如，去年的克里克大火在内华达山脉部分地区爆发。然而，在 2019 年，也就是有数据可查的最后一年，该州只有大约 118,000 英亩的土地被故意烧毁<sup>[6]</sup>。这可能很棘手，因为所有火灾，无论是自然灾害还是人为火灾，本质上都是危险且烟雾缭绕的。即便如此，专家表示，这样做的好处远

远大于风险<sup>[7]</sup>。事实上，这种方法有着悠久的历史。很久以前，美洲原住民就是通过这种方法管理加利福尼亚的，他们一直与火和平相处。亚利桑那州立大学名誉教授、作家兼火灾历史学家斯蒂芬·派恩说：“火是永恒的伴侣，是万能的催化剂和技术。”<sup>[8]</sup>约塞米蒂国家公园本身也经常燃烧，以清除灌木丛、开辟牧场、为鹿提供营养饲料，并支持森林粮食作物的生长，以养活和维持曾经庞大而繁荣的土著人口。人类学家已经确定了土著和原住民至少 70 种不同的用火方式，包括清理旅行路线、长途信号、减少啮齿动物和昆虫等害虫种群以及狩猎。

## 3 政府的努力和挑战

事实上，政府部门也在朝这个方向努力，也出台了相关政策和手段，支持及早焚烧多余的杂草和灌木<sup>[9]</sup>但效果不佳的原因有很多，包括政府执行力不强、措施落实难度大等。预防性焚烧需要相关部门事先进行勘探，找出高风险区域，制定相应策略（全部烧毁、烧毁关键节点或烧毁大段隔离带），然后等到天气有利（许可申请获得批准、消防队员到场、天气条件适宜）才能真正进行预防性焚烧（Ehlers<sup>10</sup>）。这使得真正完成预防性焚烧的难度很大，而相关政府机构至今尚未简化相应程序和许可证。

再难也要干？如果你问相关政府机构，为什么没干（或者为什么干得不够），答案基本有两个。第一是预算，说白了就是没钱。有消息称，联邦政府削减了对林业部门的拨款，让本来就捉襟见肘的防火工作更加困难。我发现联邦政府制定的 2021 年预算，比 2020 年少了 2.094 亿美元<sup>[11]</sup>。这让选择性早燃的工作更加困难。

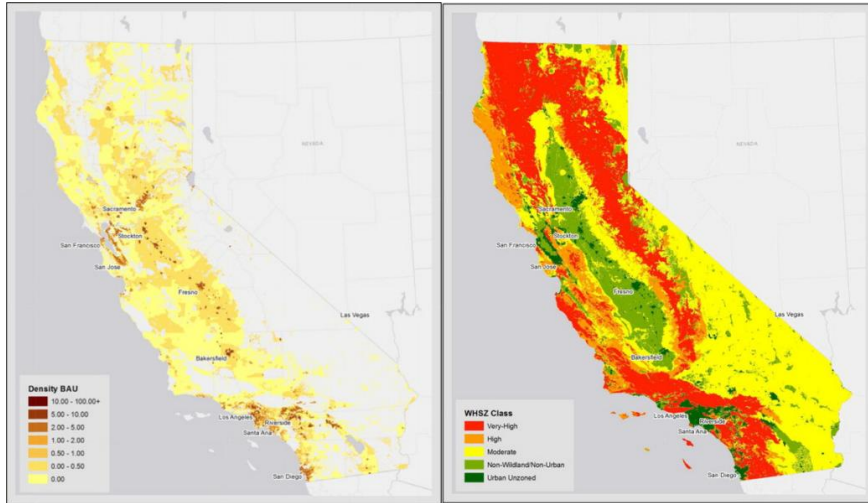


图 4 加州高危山地火灾分布

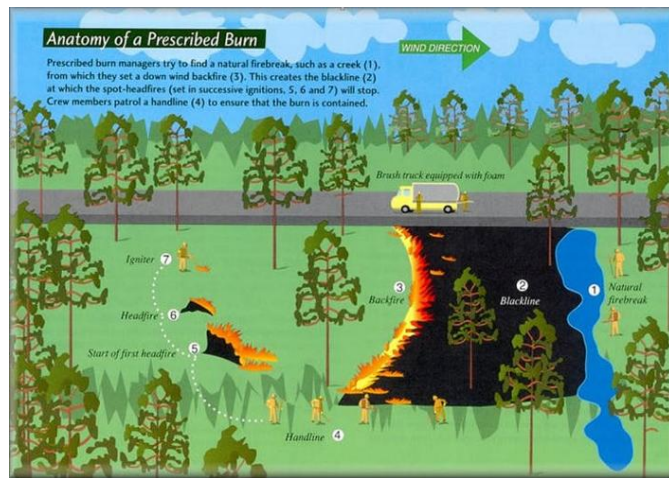


图 5 如何进行预防性焚烧/野火

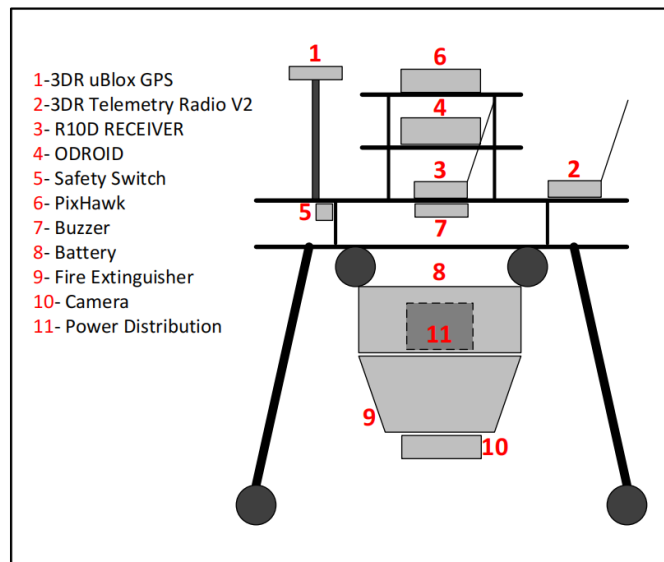


图 6 FXUAV 的结构

#### 4 用于早期检测和控制的无人机

由于燃料储备很难减少，为了能在早期快速发现火灾并予以解决，因此有公司和组织提出通过卫星定位、控制无人机快速反应的方式，将火灾控制在小范围内。其中，美国中佛罗里达大学电子工程与计算机科学系的研究人员开发了一套比较完善的无人机灭火系统，他们在无人机上使用 opencv（英特尔开发的用于视觉识别的函数库）来实时判断是否发生火灾，如果无人机的视觉识别确认发生火灾，就会将装载的灭火物质洒在无人机身上进行灭火，同时还能与地面单位进行通信，及时通知消防队进行灭火，他们把这种无人机叫做 FXUAV。

这种方法已经非常完善了，但是我感觉还是存在一些问题，第一个原因是卫星的实时定位功能还不够完善，这可能是由于卫星缺乏视觉识别，同时它们都是通过 FXUAV 上的摄像头进行识别，因此范围不够广。如果要覆盖整个森林，并且保持 24 小时的实时监控，那么需要的无人机数量会非常多，同时操作这些无人机需要的人力和物力也会非常大。

#### 5 解决高压线风险

而且由于加州山火的存在，往往发展速度非常快，规模也非常大，因此体型较小的 FXUAV 无人机很难在其中起到非常关键的作用，但作为预防性功能已经足够，加州这种规模的山火，加油机等大型飞机更多时候是主力。

为了避开人员密集区域，高压电线常常被敷设在深山老林中。然而正是因为这样的地理位置，电线起火成为了加州三大火灾原因之一。电线因强风或电线柱老化而坠落地面，从而引发火灾的事故屡见不鲜。当人们注意到树枝时，电线可能断裂，或者树木没有被划伤时，电线也可能断裂。2015 年，加州因电线和设备引发的火灾高于其他任何原因。在新墨西哥州，电线火灾创下了该州的记录。2016 年，大雁山国家公园的一场大火蔓延到加特林堡，造成 14 人死亡。在深山老林中，电线给城市里的人们带来了希望。在阳光明媚的日子里，电网让生活变得更加轻松。即使远离市中心，在山边的房子里、在干燥的灌木丛中，依然可以看到灯光闪烁。然而，悬在半空中的高压电线在带来希望的同时，也成为悬在人们头上的一把刀。一般来说，只有地面上出现问题，电线才会引发火灾。就连电力公司也同意这一

观点。爱迪生电气研究所 2012 年的一项研究表明，在刮风天气，地下线路遇到的问题更少，更有利于公共安全<sup>[12]</sup>。

但经济问题始终是最大的问题。加州有 33 万公里的电线，铺设地下线路的成本约为 100 万美元/1.6 公里，在山区成本更高。将电线铺设在地下的成本可能比架空铺设电线高出五到十倍，这通常使得将电线铺设在地下在逻辑上或经济上不切实际。例如在北卡罗来纳州，将电线铺设在地下的计划已被搁置，因为受影响地区的电价可能上涨 125%<sup>[13]</sup>。

然而这一切并非完全由电力公司控制。加州电力公司并不确定他们到底在地下安装了多少电线。这个问题由美国电力委员会监管，目的是保护消费者、保护环境并确保加州人能够使用安全可靠的公共基础设施。该委员会试图平衡风险和成本，限制电力公司在地下铺设电线上可以花费的成本。因此，完全杜绝高压电线从高空通过是不可能的，但作为州政府和联邦政府，尽量减少裸露电线，控制裸露电线，使其处于可控范围内，是必不可少的。

#### 6 PG&E 在野火中扮演的角色

说到这里，不得不说一下 PG&E。太平洋天然气和电力公司（Pacific Gas and Electric Company，当地简称 PG&E）是美国的一家公用事业公司，为加州北部，从加州俄勒冈州边境到中南部的贝克斯菲尔德（Bakersfield）地区提供天然气和电力服务，约占该州的三分之二。

在过去五年中，PG&E 引发了 31 起山火，造成 113 名加州人死亡，烧毁了近 150 万亩土地，摧毁了近 24,000 栋建筑。这家公用事业公司被指责为加州历史上一些最大的火灾的罪魁祸首，包括去年夏天加州北部的迪克西大火，这场大火烧毁了超过 963,000 英亩土地，摧毁了 1,300 栋建筑<sup>[14]</sup>。

PG&E 因去年发生的致命“Zogg 火灾”造成四人死亡，数百栋建筑被毁。根据加州法律，PG&E 被控 31 项重罪、多项轻罪以及“Zogg 火灾”相关的加重罪名。

2020 年 9 月，这场火灾由一棵松树接触 PG&E 电线引发，烧毁了超过 56,000 英亩的土地。除了造成四人死亡外，火灾还造成一人受伤，并摧毁了 204 栋住宅和商业建筑<sup>[15]</sup>。PG&E 作为一家公用事业公司，在法律和监管方面都有义务通过移除电线周围的危险树木来降低火灾风险。这些责任在公共资源

和公用事业法规中有明确规定，沙斯塔县地方检察官斯蒂芬妮·布里奇特说<sup>[16]</sup>。

因此，我们可以说，为了减少火灾的发生，除了个人和政府的努力外，所有相关公司也发挥着重要且决定性的作用。PG&E 作为一家重要的公用事业公司负责管理加州三分之二电力和高压输电线的加

州电力局，屡屡将公司和个人的利益置于民众生命财产安全之上。任由高压电线直接暴露在危险环境中，或长年忽视高压电线的维护，让民众直接暴露在危险之中。因此，对相关公司迅速整改也十分紧迫。同时，加强对相关公司的监管也是必不可少。管理和监控的高压電線。



图 7 极点着火图



8 PG&E 引发的金凯德大火

### 参考文献

- [1] Zhuang, Yizhou, et al. "Quantifying Contributions of Natural Variability and Anthropogenic Forcings on Increased Fire Weather Risk over the Western United States." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 118, no. 45, 9 Nov. 2021, <https://doi.org/10.1073/pnas.2111875118>.
- [2] Roos, Dave. "How Native Americans Used Fire to Protect and Cultivate Land." *HISTORY*, 18 Sept. 2020, [www.history.com/news/native-american-wildfires](http://www.history.com/news/native-american-wildfires).
- [3] "California Wildfires History & Statistics | Frontline Wildfire Defense." *Frontline*, 30 Sept. 2020, [www.frontlinewildfire.com/california-wildfires-history-statistics/](http://www.frontlinewildfire.com/california-wildfires-history-statistics/).
- [4] University of California Agriculture and Natural Resources. "California Forests." *Ucanr.edu*, 2010, [ucanr.edu/sites/forestry/California\\_forests/](http://ucanr.edu/sites/forestry/California_forests/).
- [5] "California." *Drought.gov*, [www.drought.gov/states/california#:~:text=from%202000%20%2D%202020](http://www.drought.gov/states/california#:~:text=from%202000%20%2D%202020). Accessed 25 Apr. 2022.
- [6] "More "Good Fires" Could Help California Control Future Catastrophes." *Environment*, 27 July 2021, [www.nationalgeographic.com/environment/article/more-good-fire-could-help-california-control-future-catastrophes#:~:text=By%20the%201960s%2C%20intentional%20fire%20had%20been%20mostly](http://www.nationalgeographic.com/environment/article/more-good-fire-could-help-california-control-future-catastrophes#:~:text=By%20the%201960s%2C%20intentional%20fire%20had%20been%20mostly). Accessed 25 Apr. 2022.
- [7] Rosen, Julia, and Los Angeles Times. "Here's How California Can Use Fire to Solve Its Wildfire Problem." *Phys.org*, [phys.org/news/2018-12-california-wildfire-problem.html](http://phys.org/news/2018-12-california-wildfire-problem.html). Accessed 25 Apr. 2022.
- [8] Smolens, Michael. "Column: 'Good Fire' Gets Renewed Attention amid Devastating Wildfires - The." *San Diego Union-Tribune*, 1 Sept. 2021, [www.sandiegouniontribune.com/columnists/story/2021-09-01/column-good-fire-gets-renewed-attention-amid-devastating-wildfires](http://www.sandiegouniontribune.com/columnists/story/2021-09-01/column-good-fire-gets-renewed-attention-amid-devastating-wildfires).
- [9] California Department of Forestry and Fire Protection. *Community Wildfire Prevention & Mitigation Report*. California Department of Forestry and Fire Protection, 5 Nov. 2019.
- [10] Loftis, Randy Lee. "As Wildfires Rage, Trump Plans to Slash Fire Science Funding." *Mother Jones*, [www.motherjones.com/environment/2018/08/as-wildfires-rage-trump-administration-plans-to-slash-fire-science-funding/](http://www.motherjones.com/environment/2018/08/as-wildfires-rage-trump-administration-plans-to-slash-fire-science-funding/).

- Accessed 25 Apr. 2022.
- [11] Congressional Research Service. Forest Service: FY2021 Appropriations. 18 Feb. 2021.
- [12] “Read Power Lines Are Burning the West Online.” Scribd, [www.scribd.com/article/380158287/Power-Lines-Are-Burning-The-West](http://www.scribd.com/article/380158287/Power-Lines-Are-Burning-The-West). Accessed 25 Apr. 2022.
- [13] Ehlers, Rachel, et al. Improving California’s Forest and Watershed Management. Mar. 2018.
- [14] “Many Californians Still ‘trapped’ Years after PG&E Wildfires.” PBS NewsHour, 25 Jan. 2022, [www.pbs.org/newshour/show/many-californians-still-trapped-years-after-pge-fires-has-the-company-improved-safety](http://www.pbs.org/newshour/show/many-californians-still-trapped-years-after-pge-fires-has-the-company-improved-safety).
- [15] Chan, Sarah Cnn Moon and Stella. “PG&E Charged with Manslaughter over 2020 Zogg Fire, Which Killed 4 People.” CNN, 25 Sept. 2021, [edition.cnn.com/2021/09/24/us/california-pge-zogg-fire-criminal-charges/index.html](http://edition.cnn.com/2021/09/24/us/california-pge-zogg-fire-criminal-charges/index.html).

**版权声明：**©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**