



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108301956 A

(43)申请公布日 2018.07.20

(21)申请号 201810258757.9

(22)申请日 2018.03.27

(71)申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅  
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 许栋 张博曦 及春宁 杨海滔  
张炳昌

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代  
理事务所 12201

代理人 刘子文

(51)Int.Cl.

F03B 13/00(2006.01)

A01G 15/00(2006.01)

E02B 9/00(2006.01)

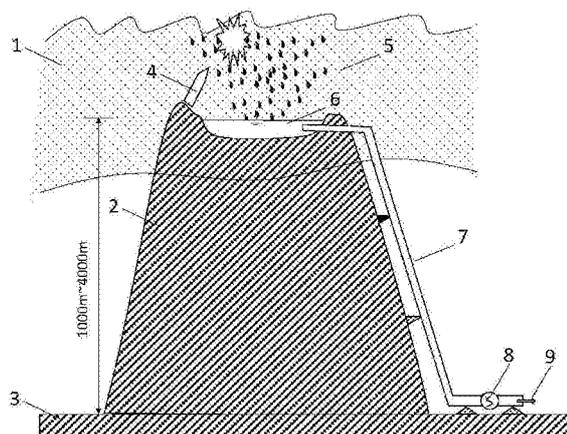
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

## (54)发明名称

一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统

## (57)摘要

本发明公开了一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,包括由高耸山体、山顶水库和山下地面组成的自然地形及山顶水库系统,还包括人工增雨系统、高压输水和水力发电系统;所述人工增雨系统由定向增雨装置构成,定向增雨装置采用碘化银或干冰作为水汽促凝剂,其中碘化银受热后会在空气中形成碘化银粒子;所述高压输水和水力发电系统由高压输水管道和水轮机组成。本发明充分利用高空水汽蕴含的巨大重力势能,在典型高耸山体处进行人工定向增雨,减少雨滴下降过程的重力势能损失,形成超高作用水头,通过水力发电产生规模可观的电能。



1. 一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,包括由高耸山体、山顶水库和山下地面组成的自然地形及山顶水库系统,其特征在于,还包括人工增雨系统、高压输水和水力发电系统;所述人工增雨系统由定向增雨装置构成,定向增雨装置采用碘化银或干冰作为水汽促凝剂,其中碘化银受热后会在空气中形成碘化银粒子;所述高压输水和水力发电系统由高压输水管道和水轮机组成。

2. 根据权利要求1所述一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,其特征在于,所述自然地形及山顶水库系统设置在水汽含量 $3\text{g}/\text{m}^3$ 的高水汽通道之上,用于形成高落差水体。

3. 根据权利要求1所述一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,其特征在于,所述碘化银喷洒采用增程焰剂炮弹和焰剂火箭完成,亦可采用水型无人机自动化作业。

4. 根据权利要求1所述一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,其特征在于,所述高压输水管道的厚度至少为18mm。

## 一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于清洁能源技术领域,特别涉及利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统。

### 背景技术

[0002] 水力发电在我国能源利用中占有较大比重,其原理是利用高处水体的重力势能,通过水轮机转化为电能,现代水电站水体能量转化效率可达90%。水电开发的前提是存在较大的水位落差,而目前水能较集中的河流水电开发逐步接近饱和。此外,大规模水库建设往往需要淹没大量土地并带来生态环境的不良影响,而水电站运行和调度则大规模改变河流的天然径流过程,形成对河流系统较为强烈的扰动。

[0003] 河流的水体主要来自降水,高空云团中包含大量饱和水汽,在自然天气过程中,这些水汽在气压、温度等适当条件下凝结成雨滴,自1000m-4000m高空自由降落;在降落过程中,受空气阻力影响,很快接近匀速运动,最终以2-9m/s的速度冲击到地面;在此过程中,绝大部分水滴势能通过空气阻力耗散,剩余的部分通过与地面的冲击而耗散,最终完全转化为热能,耗散在周围环境中。近期的研究表明,我国西南山区存在稳定的高浓度水汽通道,高空云团浓度可常年持续维持在3g-10g/m<sup>3</sup>(王光谦、钟德钰等,中国科学,2016,46(1):1-8)。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服现有技术中的不足,提供一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,充分利用高空水汽蕴含的巨大重力势能,在典型高耸山体处进行人工定向增雨,减少雨滴下降过程的重力势能损失,形成超高作用水头,通过水力发电产生规模可观的电能。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0006] 一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,包括由高耸山体、山顶水库和山下地面组成的自然地形及山顶水库系统,还包括人工增雨系统、高压输水和水力发电系统;所述人工增雨系统由定向增雨装置构成,定向增雨装置采用碘化银或干冰作为水汽促凝剂,其中碘化银受热后会在空气中形成碘化银粒子;所述高压输水和水力发电系统由高压输水管道和水轮机组成。

[0007] 进一步的,所述自然地形及山顶水库系统设置在水汽含量3g/m<sup>3</sup>的高水汽通道之上,用于形成高落差水体。

[0008] 进一步的,碘化银喷洒采用增程焰剂炮弹和焰剂火箭完成,亦可采用水型无人机自动化作业。也可采用声波振动人工降雨(利用高强度的声波定向发射装置发射具有指向性的声波可以使附近空气剧烈震动,造成空气中的水蒸气在震动中集合在一起,实现可控的人工降雨)、高压放电产生等离子体降雨(放电产生的离子被云滴俘获形成带电云滴,带电云滴会引起水气在其表面凝结,从而加速云滴增长)等。

[0009] 进一步的,所述高压输水管道的厚度至少为18mm。

[0010] 与现有技术相比,本发明的技术方案所带来的有益效果是:

[0011] ①发电效率高,能量密度大:由于本方案直接就近利用了高空云层中的水份的大部分重力势能,实际上将雨水下落过程中的空气阻力损耗收集了起来,形成了超高作用水头,比一般大型地面水库的作用水头高10~100倍;以一个高2000m、面积25km<sup>2</sup>的山顶区域为例,即使人工增雨后的山顶降水保持在平均0.1mm/h的小到中雨水平,所产生的水流流量仅为0.675m/s,而产生的能量可达约13.2MW;如果人工增雨效率高,降雨强度可达1mm/h,其能量可进一步增加至10倍。②与传统水力发电相比,该系统不需要淹没大范围的土地,也有利于保持生态环境;③该系统尤其适用于我国西南山区,即“天空河流”所在的稳定高浓度水汽通道上,这些区域地势险峻,不方便实施其它形式的发电;目前我国正在推进这些偏远区域的经济建设,大量的此类小型发电装置能够为灵活地为当地人口密集区解决电力供应问题;④目前我国的水能开发正趋于饱和,采用这种方式,能够形成水能开发的新源泉。

## 附图说明

[0012] 图1是本发明系统的结构示意图。

[0013] 附图标记:1-高浓度水汽云层;2-高耸山体;3-山下地面;4-定向增雨装置;5-雨滴;6-山顶水库;7-高压输水管道;8-水轮机;9-水体泄流

## 具体实施方式

[0014] 下面结合附图对本发明作进一步的描述。

[0015] 如图1所示,一种利用人工定向增雨实现水头水力发电的发电系统,该发电系统分为三个组成部分:自然地形及山顶水库系统、云水资源及人工增雨系统、高压输水和水力发电系统。其中,自然地形及山顶水库系统由高耸山体2、山顶水库6和山下地面3组成,位置选择在具有稳定且浓度较高水汽通道路由之上,用于形成高落差水体;

[0016] 云水资源及人工增雨系统由高浓度水汽云层1和定向增雨装置4组成,高浓度水汽云层1用于提供降雨所需水源,人工增雨系统可采用碘化银或干冰作为水汽促凝剂,其中碘化银受热后会在空气中形成极细的碘化银粒子。1g碘化银可以形成几十万亿个微粒。这些微粒可以在冷云中产生几万亿到上百万亿个冰晶。相对于干冰中,碘化银的用量很小,在北京的人工增雪工程中,约一万平方公里的作业面积仅使用13公斤碘化银。碘化银喷洒可采用增程焰剂炮弹和焰剂火箭等,也可以采用水型无人机自动化作业;另外,也可采用声波振动人工降雨(利用高强度的声波定向发射装置发射具有指向性的声波可以使附近空气剧烈震动,造成空气中的水蒸气在震动中集合在一起,实现可控的人工降雨)、高压放电产生等离子体降雨(放电产生的离子被云滴俘获形成带电云滴,带电云滴会引起水气在其表面凝结,从而加速云滴增长)等。总之,根据目前相关技术发展情况,将催化剂在合适的时段按需要的剂量输送到云的合适部位的问题已基本上获得解决。人工增雨系统通过定向控制,将高浓度水汽云层中的大量雨滴5的水份集中降落至山顶水库6中;

[0017] 高压输水和水力发电系统,由高压输水管道7和水轮机8组成。根据计算,对于4000m作用水头的管道,其水体最大压强为39.2MPa,需要厚度约18mm的钢管即高压输水管道7承压。为节省成本,高压输水管道7可分段铺设,高海拔处采用薄壁粗管,低海拔处采用

非壁细管。相比作用水头,高压输水管道7内的流速水头和水头损失可以忽略不计。水轮机8在超高作用水头的作用下,最终在山底完成水体泄流9,水轮机在水的势能作用下发生旋转并产生电力。该电力的一小部分可以反过来用于维持整个系统的正常运行。

[0018] 关于本发明系统的实施位置选择:首先调查高浓度云水资源的分布情况,在王光谦、钟德钰等(中国科学,2016,46(1):1-8)对天空河流研究的基础上,通过调研国内外其它气象领域资料,弄清我国西南地区典型积雨云中水汽的含量及其时空变化情况,估算可利用水量;结合地理信息数据,确定重点实施位置;

[0019] 关于云中水汽促凝装置的设计可通过调研目前工程常用的人工增雨技术以及新型促凝技术,通过组合优化,设计和选用适用于本系统的高效人工定向增雨措施;

[0020] 本发明并不限于上文描述的实施方式。以上对具体实施方式的描述旨在描述和说明本发明的技术方案,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,并不是限制性的。在不脱离本发明宗旨和权利要求所保护的范围情况下,本领域的普通技术人员在本发明的启示下还可做出很多形式的具体变换,这些均属于本发明的保护范围之内。

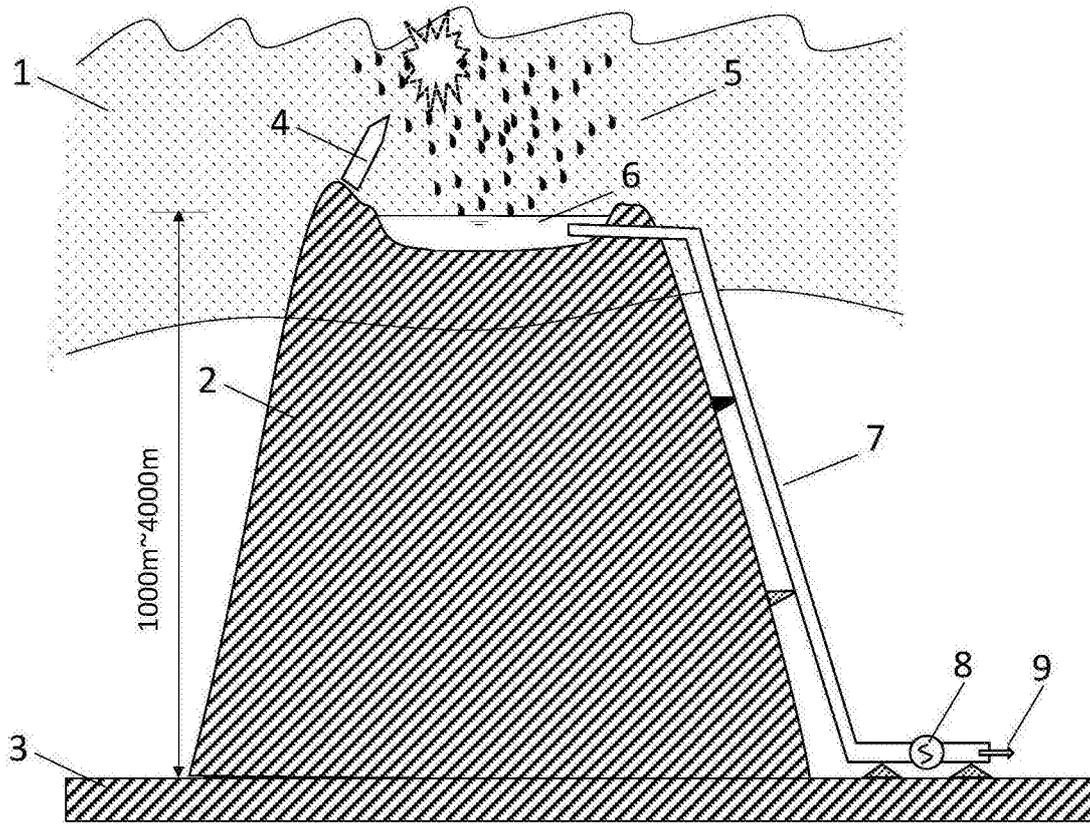


图1