(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108252277 A
(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201810128565.6

(22)申请日 2018.02.08

(71)申请人 四川大学
地址 610065 四川省成都市武侯区一环路南一段24号

(72)发明人 张建民 许唯临 汪凯迪 罗晶 刘善均 王韦 邓军 曲景学 田忠 张法星

(74)专利代理机构 成都科海专利事务有限责任公司 51202
代理人 黄幼陵

(51)Int.Cl.
E02B 9/02(2006.01)

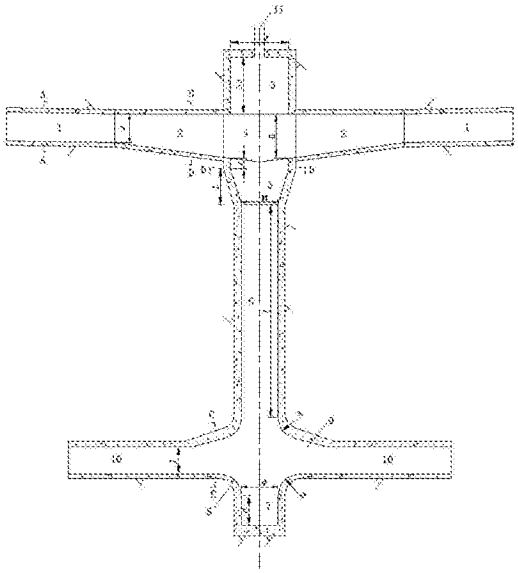
权利要求书1页 说明书6页 附图10页

(54)发明名称

多进口汇流、多出口分流水工设施

(57)摘要

本发明提供一种多进口汇流、多出口分流水工设施，结构自上游至下游依次为进水段、跌落段、退水段，所述跌落段自上至下由依次相接的顶部空腔段、涡室、收缩段、直段、底部水垫保护井相接构成，所述进水段与涡室相接，退水段与直段下端相接，所述进水段和退水段分别设置多个，整个水工设施通过各进水段分别与上游各引水隧洞衔接，通过各退水段与下游各引水隧洞衔接。该水工设施在保证完成基本消能任务的同时，通过合理布置上下游水流衔接设施的进出口型式，提高调水、排水或给水过程中多支流引水、多支流分流的复杂水环境下上下游水流衔接灵活性，降低工程难度，增强工程的实用性和安全性。



CN 108252277 A

1.一种多进口汇流、多出口分流水工设施，结构自上游至下游依次为进水段、跌落段、退水段，所述跌落段自上至下由依次相接的顶部空腔段(3)、涡室(4)、收缩段(5)、直段(6)、底部水垫保护井(7)相接构成，所述进水段与涡室相接，退水段与直段下端相接，其特征在于所述进水段和退水段分别设置多个，整个水工设施通过各进水段分别与上游各引水隧洞衔接，通过各退水段分别与下游各引水隧洞衔接。

2.根据权利要求1所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于各进水段布置在跌落段的同一高程，多个进水段沿涡室周向均匀布置，所述涡室、收缩段各设置一个；或各进水段布置在跌落段的不同高程，且高程数为2，对应于每个进水段，在跌落段上分别设置一个与该进水段相接的涡室和与涡室相接的收缩段。

3.根据权利要求2所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于各进水段布置在跌落段的同一高程时，沿涡室周向均匀布置2～3个进水段；各进水段布置在跌落段的不同高程时，沿每个涡室周向均匀布置1～3个进水段。

4.根据权利要求3所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于对应同一涡室布置的相邻进水段之间的夹角为30°～180°。

5.根据权利要求1～4中任一权利要求所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于各退水段布置在跌落段中直段下端的同一高程，各退水段根据所需分流方向布置；或各退水段布置在跌落段中直段下端的不同高程，且高程数为2～3个，各退水段根据下游所需分流高程和方向布置。

6.根据权利要求5所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于所述退水段布置在跌落直段下端的同一高程时，沿直段周向均匀布置2～3个退水段；所述退水段布置在跌落直段下端的不同高程时，沿直段周向均匀布置1～3个退水段。

7.根据权利要求6所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于布置在同一高程的相邻两个退水段之间的夹角为30°～180°。

8.根据权利要求1～4中任一权利要求所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于所述进水段由上平段(1)与变坡段(2)沿进水方向相接构成，进水段断面为矩形，变坡段底板高程沿进水方向降低，变坡段一侧边壁与涡室相切，另一侧边壁沿进水方向向内收缩，使水流通道变窄。

9.根据权利要求1～4中任一权利要求所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于所述退水段由沿水流方向依次相接的渐变段(9)和下平段(10)构成，所述渐变段沿出水方向水流通道变小，退水段与跌落段直段下端通过弧线段(8)平滑相接。

10.根据权利要求1～4中任一权利要求所述多进口汇流、多出口分流水工设施，其特征在于所述进水段、退水段断面为矩形，跌落段断面为圆形，跌落段中收缩段外形为沿水流方向的倒圆锥台形。

多进口汇流、多出口分流水工设施

技术领域

[0001] 本发明属于水利水电工程中的水流衔接技术领域，特别涉及一种多进口、多出口水工设施。

背景技术

[0002] 在落差大、管线多的调水、排水或给水等工程中，需要考虑在水流输水管线分布复杂、上下游支流数量不止一个时合理的进行水流衔接，即有效地消除水流携带的多余能量。特别是对落差大的水流进行消能的主要形式为掺气水流在跌落过程中和在底部水垫保护井内上下翻滚，相互冲撞将大部分能量消除，从而保证水工建筑物及下游出口河床在过流时的安全。为确保过流时的安全可靠，通常需要保证水流衔接设施内的流速、掺气浓度等水力学指标在安全指定范围内。传统的水流衔接设施为单进口单出口型式，因而在较为复杂的输水网络环境下适应性差，缺乏灵活性，且其进水段与退水段洞室开挖面积大，施工难度高，进而影响工程整体效益。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种多进口汇流、多出口分流的水工设施，在保证完成基本消能任务的同时，通过合理布置上下游水流衔接设施的进出口型式，提高调水、排水或给水过程中多支流引水、多支流分流的复杂水环境下上下游水流衔接灵活性，降低工程难度，增强工程的实用性和安全性。

[0004] 本发明提供的多进口汇流、多出口分流水工设施，结构自上游至下游依次为进水段、跌落段、退水段，所述跌落段自上至下由依次相接的顶部空腔段、涡室、收缩段、直段、底部水垫保护井相接构成，所述进水段与涡室相接，退水段与直段下端相接，所述进水段和退水段分别设置多个，整个水工设施通过各进水段分别与上游各引水隧洞衔接，通过各退水段分别与下游各引水隧洞衔接。

[0005] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，各进水段布置在跌落段的同一高程，多个进水段沿涡室周向均匀布置，所述涡室、收缩段各设置一个；或各进水段布置在跌落段的不同高程，且高程数为2，对应于每个进水段，在跌落段上分别设置一个与该进水段相接的涡室和与涡室相接的收缩段。

[0006] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，各进水段布置在跌落段的同一高程时，沿涡室周向均匀布置2～3个进水段；各进水段布置在跌落段的不同高程时，沿每个涡室周向均匀布置1～3个进水段。

[0007] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，对应同一涡室布置的相邻进水段之间的夹角为30°～180°。

[0008] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，各退水段布置在跌落段中直段下端的同一高程，各退水段根据所需分流方向布置；或各退水段布置在跌落段中直段下端的不同高程且高程数为2～3个，各退水段根据下游所需分流高程和方向布置。

[0009] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述退水段布置在跌落直段下端的同一高程时，沿直段周向均匀布置2～3个退水段；所述退水段布置在跌落直段下端的不同高程时，沿直段周向均匀布置1～3个退水段。

[0010] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，布置在同一高程的相邻两个退水段之间的夹角为30°～180°。

[0011] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述进水段由上平段与变坡段沿进水方向相接构成，进水段断面为矩形，变坡段底板高程沿进水方向降低，变坡段一侧边壁与涡室相切，另一侧边壁沿进水方向向内收缩，使水流通道变窄。

[0012] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述退水段由沿水流方向依次相接的渐变段和下平段构成，所述渐变段沿出水方向水流通道变小，退水段与跌落段直段下端通过弧线段(反弧段)平滑相接。

[0013] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述进水段、退水段断面为矩形，跌落段断面为圆形，跌落段中收缩段外形为沿水流方向的倒圆锥台形，顶部空腔段、涡室与收缩段顶部入口直径相等，直段与收缩段下部出口直径相等。空腔段顶部设置有通气孔。

[0014] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述跌落段涡室直径r＝(1.2～1.4)D，D为跌落段直段直径。

[0015] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，跌落段收缩段高度L＝(1.2～2.0)D，D为跌落段直段直径。

[0016] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述跌落段涡室下部连接收缩段的尺寸(与进水段连接处的最低点至与收缩段连接处之间的涡室高度)一般取Z＝0.4D，其中D为跌落段直段直径。

[0017] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述跌落段涡室尺寸为r×H(直径×高)，顶部空腔部分尺寸为r×Δd(直径×高)，开挖Δd高度的空腔部分应满足在最大流量时避免进入的水流冲击顶板造成破坏，其中Δd＝(0.9～1.2)r。

[0018] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，所述底部水垫保护井尺寸为Φ×d(直径×高)，其中d＝(0.7～1.7)Φ。

[0019] 上述多进口汇流、多出口分流水工设施，进水段中上平段尺寸为a×b(宽×高)，变坡段底板倾斜角和内侧边墙收缩角度为4°～8°。退水段尺寸为e×f(宽×高)，退水段上顶板与反弧段之间为一渐变段，其坡度为1:4～1:6，反弧段半径为R。

[0020] 本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施，水流通过多个进水段进入该水工设施后形成沿涡室内壁面切线的旋流，旋流通过收缩段来避免大流量下水流脱壁，水流脱壁易破坏中部空腔形成气囊危害建筑物边壁。旋流在进入跌落段后不断掺入空气形成水、气两相流，有效的消除能量。水流在进入底部水垫保护井后在井内形成深水垫，防止初始落水冲蚀底板，同时与下落的水流相互碰撞，井中水流的掺气和紊动更加充分，急剧消耗能量，从而提高消能率，达到工程要求。下泄后的水流可通过多个退水段流出，以实现合理布置隧洞系统的目的。

[0021] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0022] 1、本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施采用多进口与多出口结合，在非常规泄洪、落差大的给排水以及多流域调水中通过多进口与多出口的灵活运用，实现了隧

洞系统的优化布置，提高排水、给水、调水过程中多支流引水、多支流分流的复杂水环境下上下游水流衔接灵活性，真正发挥了其在水流衔接与流域结合处的枢纽作用，增强工程的实用性和安全性。

[0023] 2、本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施能将水流挟带的大部分能量在水流旋流跌落过程与底部水垫保护井中消除，大大降低了下泄水流挟带的能量，减少了对下游出口段造成的危害，保护了河床及河岸，减少了下游河床加固的费用耗损。

[0024] 3、本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施采用多进口多出口型式，进、出口数量适当增多减小了进口与出口的横断面积，可以避免大断面的洞室开挖，减小了施工难度，提高了施工过程中的安全性。

[0025] 4、本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施在较小空间和较短距离内，安全泄散水流能量，在正常运行情况下使上游水流与下游水流获得妥善衔接，有效布置下游出口，与传统水流衔接设施相比，出口方向的多元化改变出口水流方向，实现向不同方向调水的作用，减少了引水沟渠、隧洞的开挖。

[0026] 5、本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施在增多进出口数量的同时，结合上游引水隧道与下游出流高程，可以通过改变相应进出口高程实现在单个水工衔接设施中满足更加复杂的引水环境需求，避免了因高程差异增加水工设施数量或改建隧道而造成工程量的加大进而影响工期以及工程效益。

附图说明

[0027] 图1为本发明所述同高程双进口汇流、双出口分流水工设施的剖面图；

[0028] 图2为图1的俯视图；

[0029] 图3为图1的A-A剖视图；

[0030] 图4为图1的B-B剖视图；

[0031] 图5为图1的C-C剖视图；

[0032] 图6为图1的D-D剖视图；

[0033] 图7为本发明所述水工设施在同高程布置了三个进水段、三个退水段的俯视图。

[0034] 图8～图13为进水段、退水段位于不同高程时多进口汇流、多出口分流水工设施的示意图。

[0035] 图中，1—进水段上平段，2—进水段变坡段，3—顶部空腔段，4—涡室，5—收缩段，6—直段，7—底部水垫保护井，8—退水段弧线段，9—退水段渐变段，10—退水段下平段，11—通气孔。

具体实施方式

[0036] 下面通过实施例对本发明所述多进口汇流、多出口分流水工设施作进一步说明。

[0037] 实施例1和对比例1的工程概况如下：

[0038] 某电站需要建造水工设施对某一具有高差的上下游水流进行衔接，且上游存在两条平行支流，按设计要求下有水流同时存在两条分流路径。上游为矩型隧洞，原隧洞接进口水平段处宽度a＝8m，泄洪流量500m^3/s。

[0039] 针对上述工程，采用实施例1和对比例1两种消能系统进行水工模型试验。

[0040] 实施例1

[0041] 本实施例所述多进口汇流、多出口分流水工设施，结构如图1-6所示，采用双进口汇流、双出口分流水工设施，结构自上游至下游依次为进水段、跌落段、退水段，跌落段自上至下由设置有通气孔的圆柱形顶部空腔段3、圆柱形涡室4、圆锥台型收缩段5、圆柱形直段6、圆柱形底部水垫保护井7依次相接构成，所述进水段与涡室相接，退水段与直段末端相接，进水段沿涡室周向均匀布置2个，所述退水段于直段末端周向均匀布置2个。所述进水段由上平段1与变坡段2沿进水方向相接构成，进水段断面为矩形，变坡段底板高程沿进水方向降低，变坡段一侧边壁与涡室相切，另一侧边壁沿进水方向向内收缩，使水流通道变窄。退水段由沿水流方向依次相接的渐变段9和下平段10构成，所述渐变段沿出水方向隧洞横断面积变小，退水段底部底板通过弧线段8与跌落段直段末端平滑衔接。整个水工设施通过各进水段分别与上游各引水隧洞衔接，通过各退水段分别与下游各引水隧洞衔接。水流通过上游隧洞，进入进水段，继而进入跌落段，经过跌水后进入底部水垫保护井内防止跌落水流冲蚀底板并充分消能后，通过出口退水段流入下游隧洞。

[0042] 进水段的水平段尺寸为a＝b＝6.5m，变坡段底板倾斜角和内侧边墙收缩角均为8°，顶部空腔部分尺寸为7.2m×6.5m(直径×高)，涡室尺寸为7.2m×8.0m(直径×高)，收缩段高度L为7.5m，跌落段直段尺寸1×R＝25m×6m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为4.2m×6m(高×直径)，出口退水段尺寸为6.0m×7.0m(宽×高)。

[0043] 试验结果：进水段内水流流速为7.5m/s，进入涡室后经过收缩段后进入跌落段直段，在进入底部水垫保护井前水流流速为29m/s，经过在水垫保护井内水流碰撞混掺之后流入退水段的水流流速为14.6m/s，水流平稳进入下游隧洞。若进水段与退水段开挖长度均为20m，则该水工系统共开挖5100m^3石料。进水段开挖横断面积为45m^2，退水段开挖横断面积为42m^2。

[0044] 对比例1

[0045] 本对比例隧洞中设置单进口单出口式水工设施，其他结构与时实施例1相同。

[0046] 进口水平段尺寸为a＝b＝8m，变坡段底板倾斜角与内侧边墙收缩角均为6°，顶部空腔部分尺寸为7.2m×7.0m(直径×高)，涡室尺寸为7.2m×8.0m(直径×高)，收缩段高度L为7.5m，跌落段直段尺寸1×R＝25m×6m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为4.2m×6m(高×直径)，出口退水段尺寸为6.0m×8.0m(宽×高)。因需将上游两条支流在进入水工衔接设施前提前汇流，因此需额外建设汇流口，长度为10m，下游建设额外分流口，长度为10m。

[0047] 实验结果：在与实施例1相同进口断面处测得速度为9m/s，底部水垫保护井前测得水流流速为30m/s，经过水垫保护井后在出口退水段前测得水流流速为15m/s，水流平稳进入下游隧洞。若进水段与退水段开挖长度均为20m，则该水工系统共开挖4800m^3石料，进水段开挖断面面积为64m^2，退水段开挖横断面积为50m^2。

[0048] 实施例2和对比例2的工程概况如下：

[0049] 某涉及三条流域的调水工程因地势及环境需要，在消能的同时更好的进行水流衔接，上游引水隧洞为矩形隧洞，原隧洞接进水段水平段处宽度a＝4m。泄洪流量82.1m^3/s。

[0050] 针对上述工程，采用实施例2和对比例2两种消能系统进行水工模型试验。

[0051] 实施例2

[0052] 多流域调水空间分布不均，难度较大，本实施例所述多进口汇流、多出口分流水工

设施，进水段和退水段布置结构如图7所示。与实施例1的不同之处在于：进水段沿涡室周向同高程均匀布置3个，退水段周向同高程均匀布置3个。使用上述三进口三出口式水流衔接水工设施，水流通过进水段形成旋流进入涡室，继而进入收缩段，经过跌水段后进入底部水垫保护井内并充分消能后，通过出口退水段流入下游隧洞。

[0053] 采用三进口三出口式水工设施进行水流的衔接，进口水平段尺寸为a×b＝2.0m×2.5m，变坡段底板倾斜角和内侧边墙收缩角均为4°，跌落段顶部空腔部分尺寸为11.2m×10m(直径×高)，涡室尺寸为11.2m×10.5m(直径×高)，收缩段高度为12m，直段尺寸1×R＝50m×8m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为8.0m×8.0m(高×直径)，出口退水段尺寸为2.0m×2.5m(宽×高)。

[0054] 试验结果：上游隧洞内水流流速为15.5m/s，进入涡室后经过收缩段后进入直段，在进入底部水垫保护井前水流流速为40m/s，经过底部水垫保护井后流入退水段的水流流速为10.3m/s，水流平稳进入下游隧洞。在利用该水工设施进行调水消能的同时，各流域可利用本身地理位置各自修建引水道至该水工设施进水段，平均每条引水道修建60m，进水段与退水段开挖长度均为20m，则该水工系统共开挖8,800m^3石料，每个进口与出口开挖断面面积为5.0m^2。

[0055] 对比例2：

[0056] 本对比例隧洞中设置单进口单出口水工设施，其余结构与实施例2相同。隧洞接进口水平段处宽度a＝4m，泄洪流量82.1m^3/s。

[0057] 进口水平段尺寸为a＝b＝4.0m，变坡段底部边墙与内侧边墙收缩角均为4°，顶部空腔部分尺寸为7.2m×7.0m(直径×高)，涡室尺寸为7.2m×8.0m(直径×高)，收缩段高度为12.0m，直段尺寸1×R＝25m×6m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为4.2m×6m(高×直径)，出口退水段尺寸为4.0m×4.0m(宽×高)。

[0058] 实验结果：在与实施例2相同进口断面处测得速度为15.5m/s，水垫保护井前测得水流流速为39m/s，经过水垫保护井后在出口退水段前测得水流流速为10.4m/s，水流平稳进入下游隧洞。因为该调水工程涉及多条流域，在利用该水工设施进行调水消能的同时，需提前修建引水道完成“三合一”至该水工设施进水段，平均每条引水道修建80m，进水段与退水段开挖长度均为20m，则该水工系统共开挖9200m^3石料，进水段开挖断面面积为16m^2，退水段开挖横断面积为16m^2。

[0059] 实施例3和对比例3的工程概况如下：

[0060] 某水利工程给水路线涉及两条不同高程入水口及两条方向不同的出水口，上下游存在约15m调水高差。根据当地水环境需要，在优化水流衔接的同时进行水流消能，上游引水隧洞为矩形隧洞，原隧洞接该衔接设施进口水平段处宽度a＝1.5m。调水流量19m^3/s。

[0061] 针对上述工程，采用实施例3和对比例3两种消能系统进行水工模型试验。

[0062] 实施例3

[0063] 本实施例所述多进口汇流、多出口分流水工设施，进水段和退水段布置结构如图8所示。与实施例1的不同之处在于：在不同高程布置2个进水段，各进水段对应布置一个涡室和收缩段，退水段根据下游在同一高程根据调水方向布置2个。使用上述双进口汇流、双出口分流式水工设施进行水流衔接，水流通过进水段形成旋流进入涡室，继而进入收缩段，经过跌水段后进入底部水垫保护井内并充分消能后，通过出口退水段流入下游隧洞。

[0064] 采用双进口汇流、双出口分流式水工设施进行水流衔接，进口水平段尺寸为a×b＝1.5m×1.5m，变坡段底板倾斜角和内侧边墙收缩角均为5°，跌落段顶部空腔部分尺寸为2.8m×2.0m(直径×高)，涡室尺寸为2.8m×3.0m(直径×高)，收缩段高度为L为3.0m，两个涡室型式相同，直段尺寸l×R＝6m×2.1m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为3.5m×2.1m(高×直径)，出口退水段尺寸为3.0m×3.0m(宽×高)。

[0065] 试验结果：上游隧洞内水流流速均为13.0m/s，水流进入双涡室后经过收缩段后进入直段，在进入底部水垫保护井前水流流速为20.6m/s，经过底部水垫保护井后流入退水段的水流流速为7.5m/s，水流平稳进入下游隧洞。利用此双涡室型式水工设施进行调水时，根据上游两条支流高程特点修建引水隧洞及进水段位置，平均每条引水隧洞修建30m，进水段与退水段开挖长度均为10m，则该水工系统共开挖700m^3石料，每个进口的开挖断面面积为4.0m^2，每个出口的开挖断面面积为9m^2。

[0066] 对比例3：

[0067] 本对比例隧洞中设置单进口双出口水工设施，采用单涡室型式，其余结构与实施例3相同。原隧洞接进口水平段处宽度a＝2.2m。调水流量19m^3/s。

[0068] 进口水平段尺寸为a×b＝2.2m×2.2m，变坡段底板倾斜角和内侧边墙收缩角均为7°，跌落段顶部空腔部分尺寸为2.9m×2.0m(直径×高)，涡室尺寸为2.9m×3.0m(直径×高)，收缩段高度为L为3.0m，直段尺寸l×R＝9m×2.1m(高×直径)，底部水垫保护井尺寸为3.5m×2.1m(高×直径)，出口退水段尺寸为3.0m×3.0m(宽×高)。

[0069] 实验结果：在与实施例2相同进口断面处测得速度为13.0m/s，水垫保护井前测得水流流速为20.0m/s，经过水垫保护井后在出口退水段前测得水流流速为7.6m/s，水流平稳进入下游隧洞。因为该调水工程中上游两条调水支流高程差异，在水流汇流至进水段前需修建汇流口至同一高程，在增大工程难度的同时，增加开挖量400m^3，平均每条引水道修建30m，进水段与退水段开挖长度均为10m，则该水工系统共开挖874m^3石料，进水段开挖断面面积为5m^2，退水段开挖横断面积为9m^2。

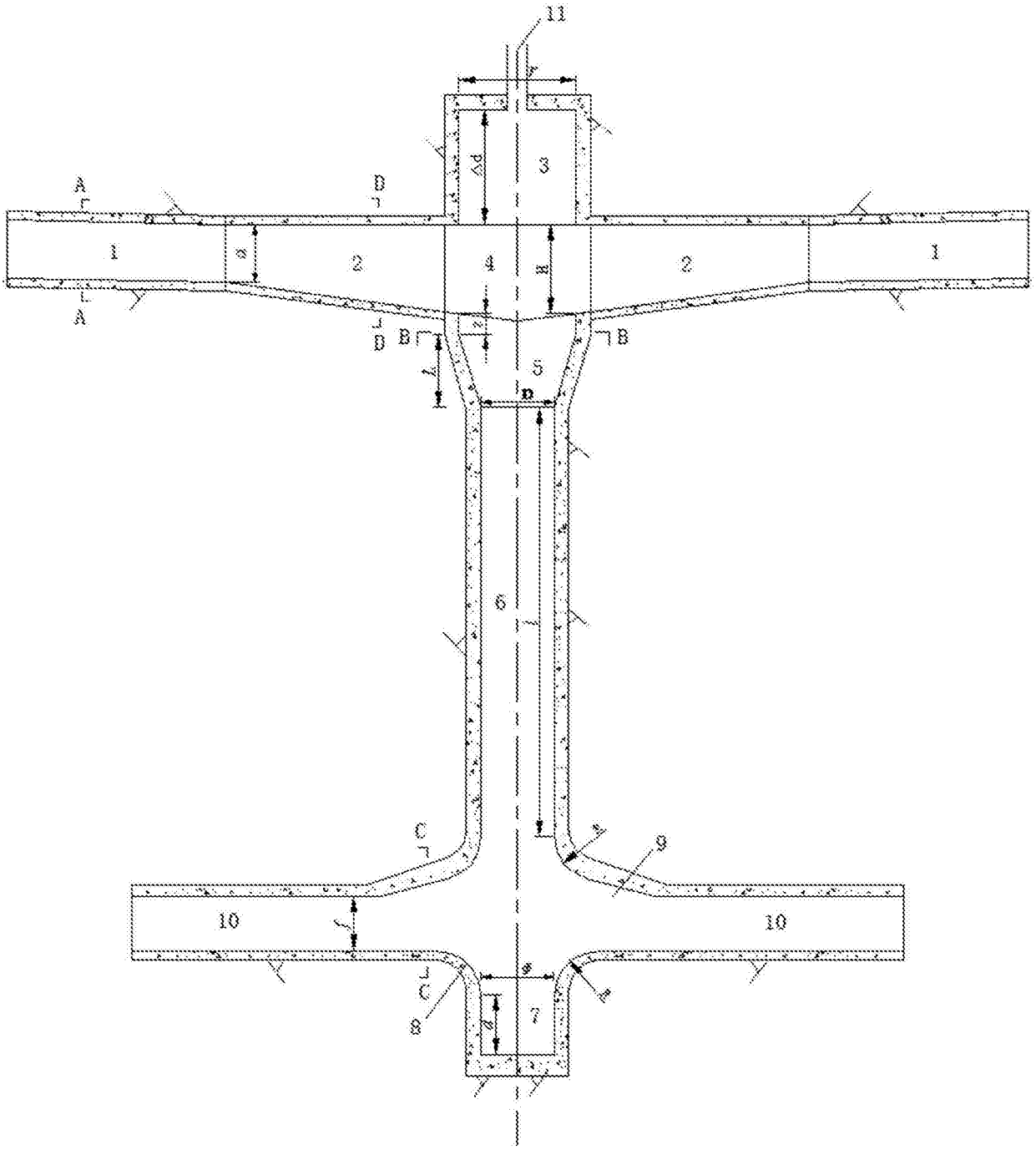


图1

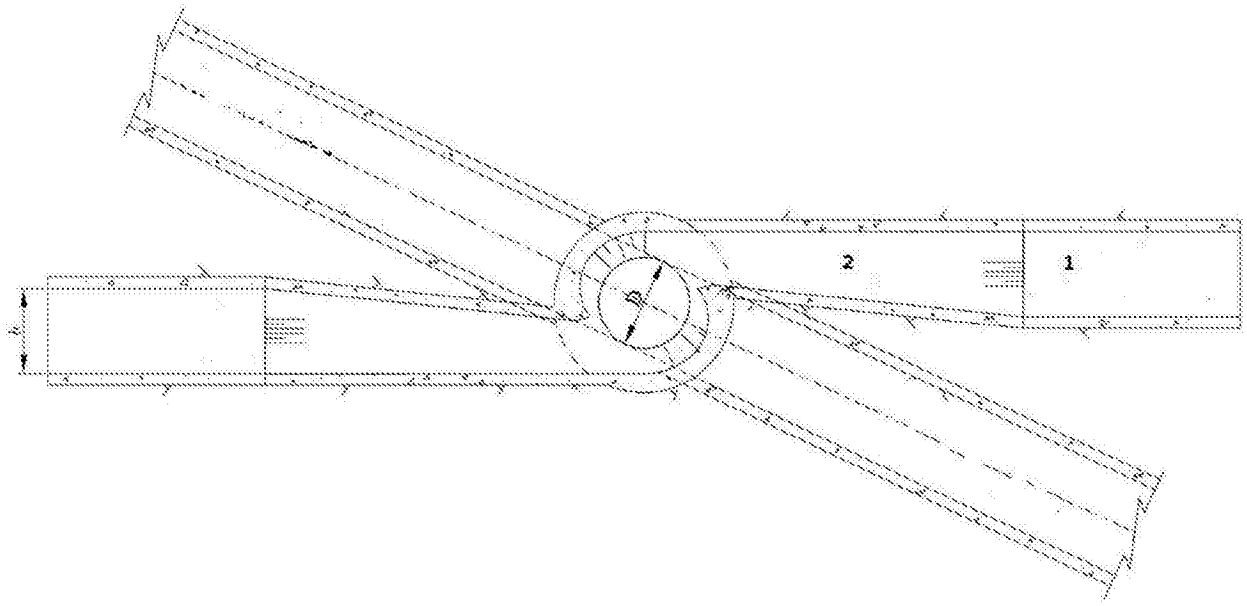


图2

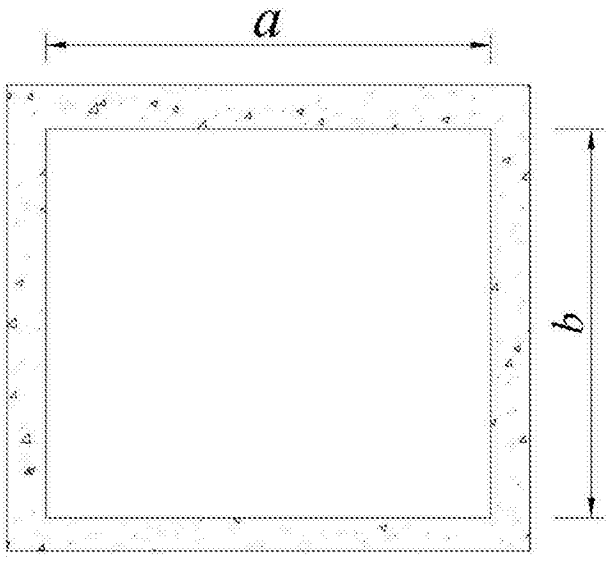


图3

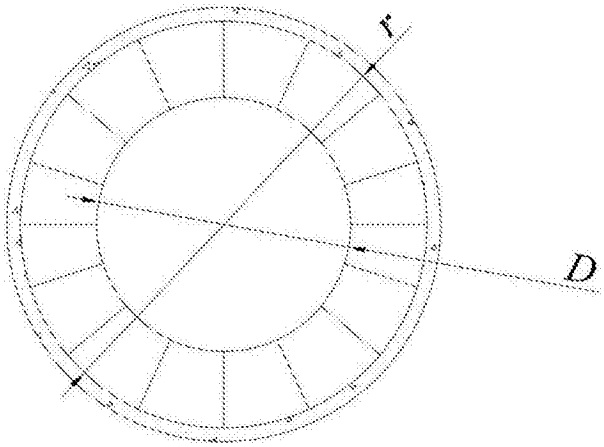


图4

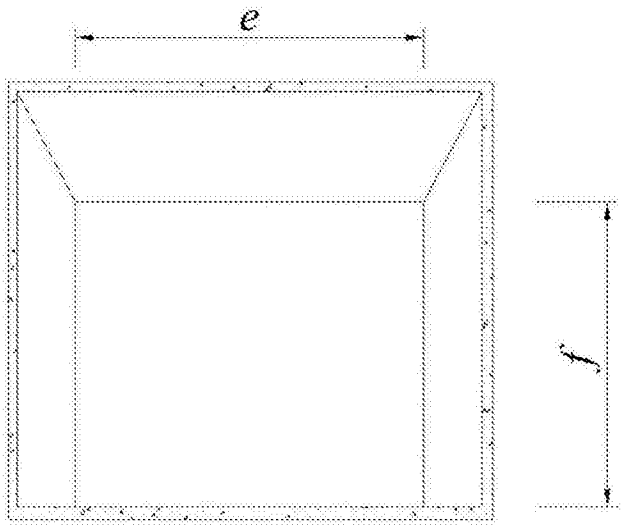


图5

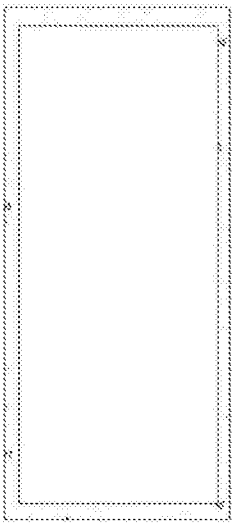


图6

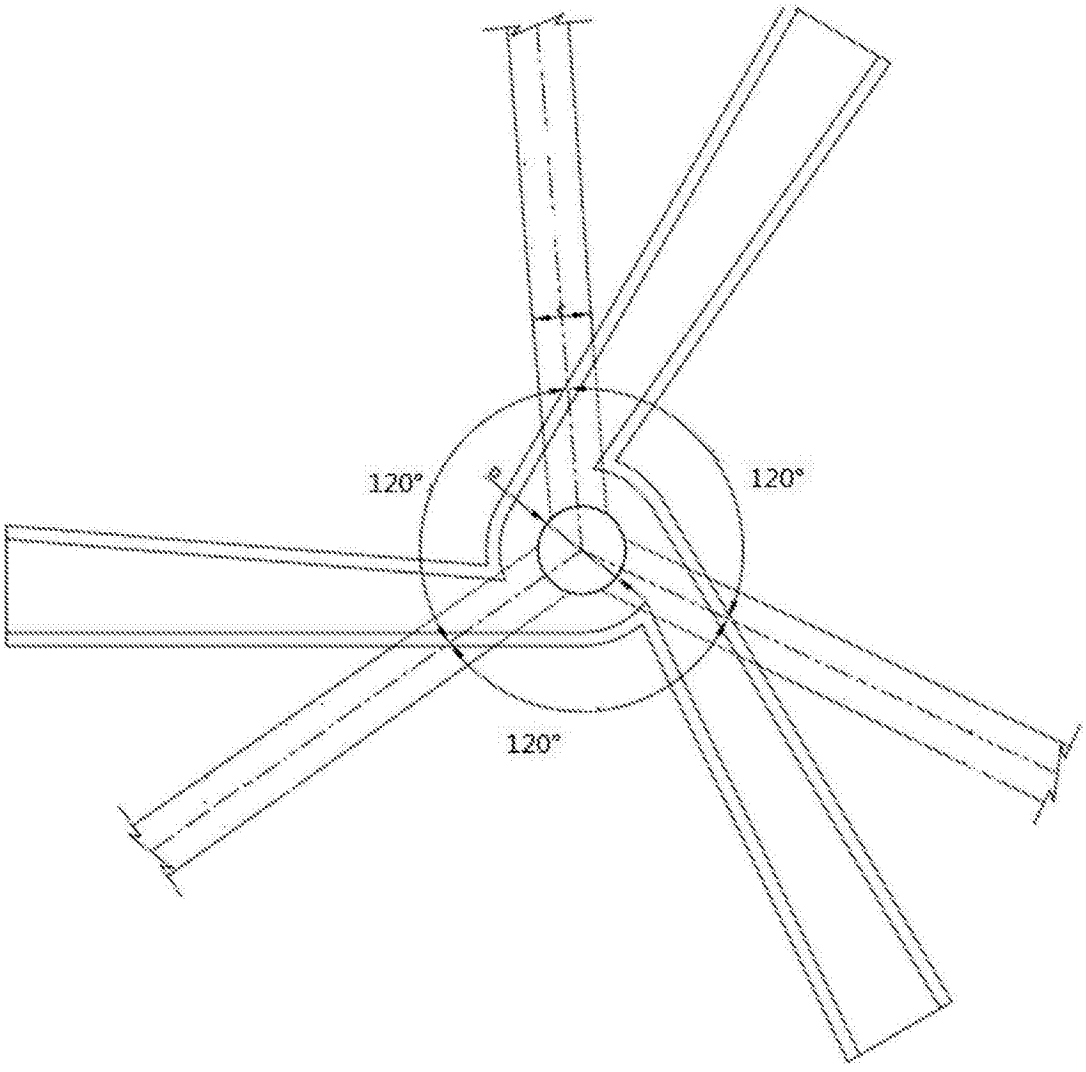


图7

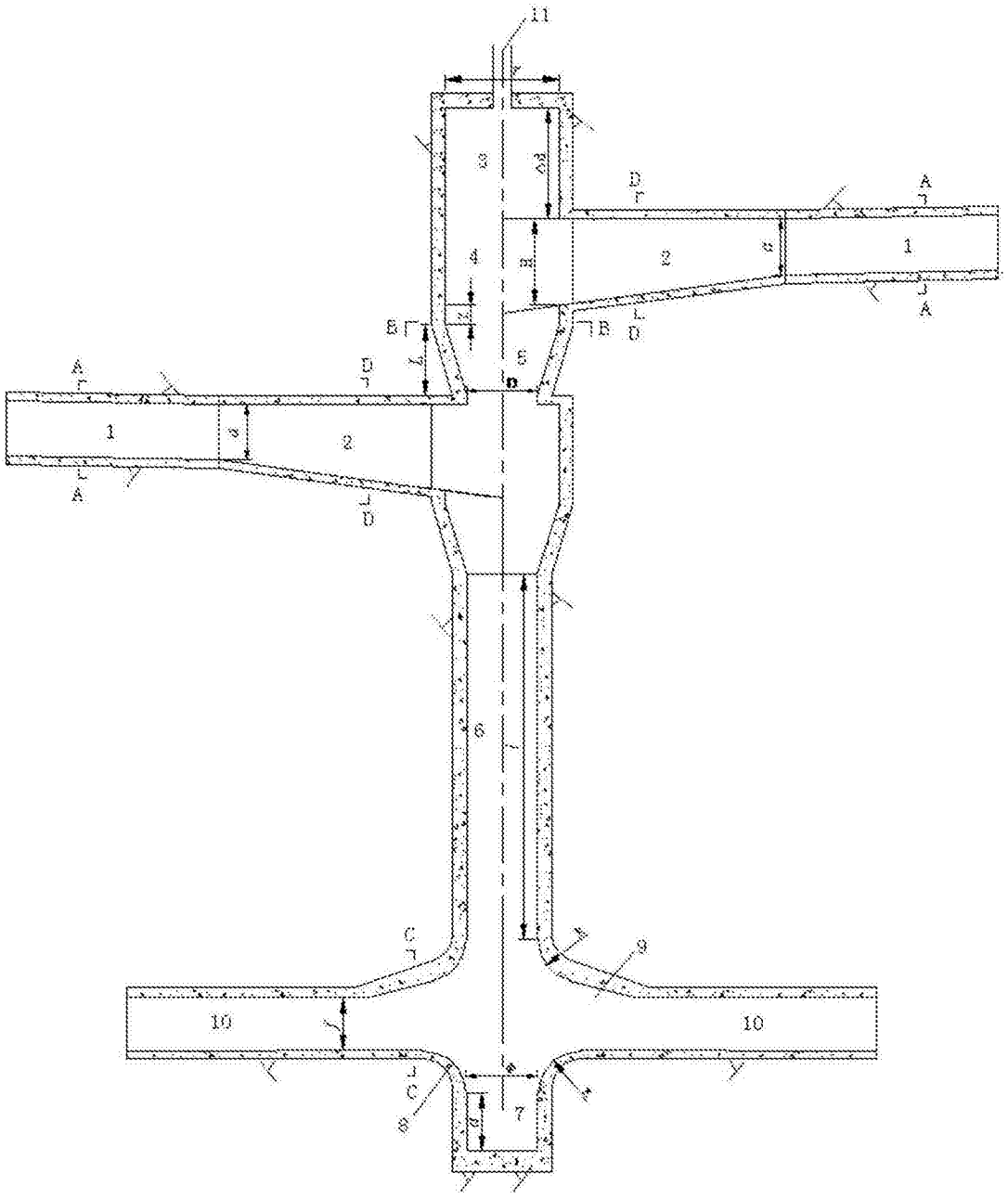


图8

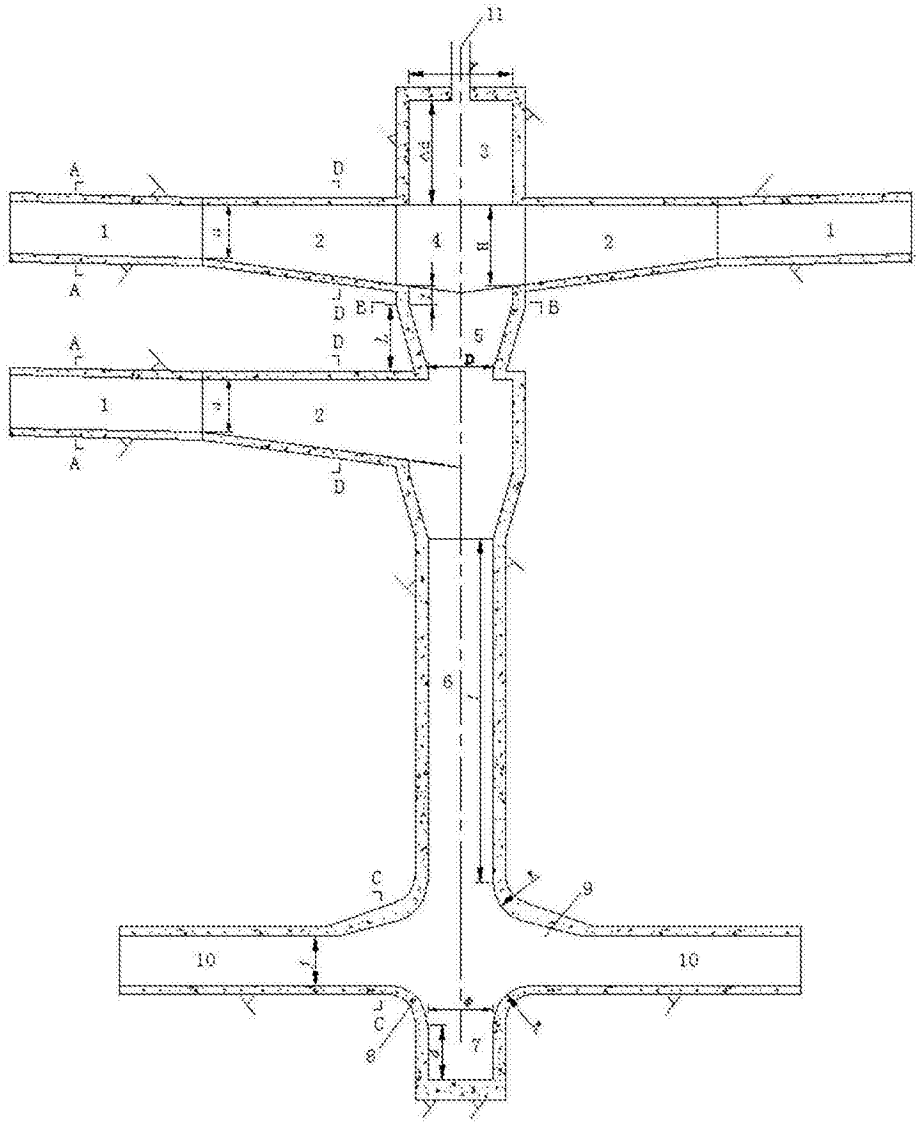


图9

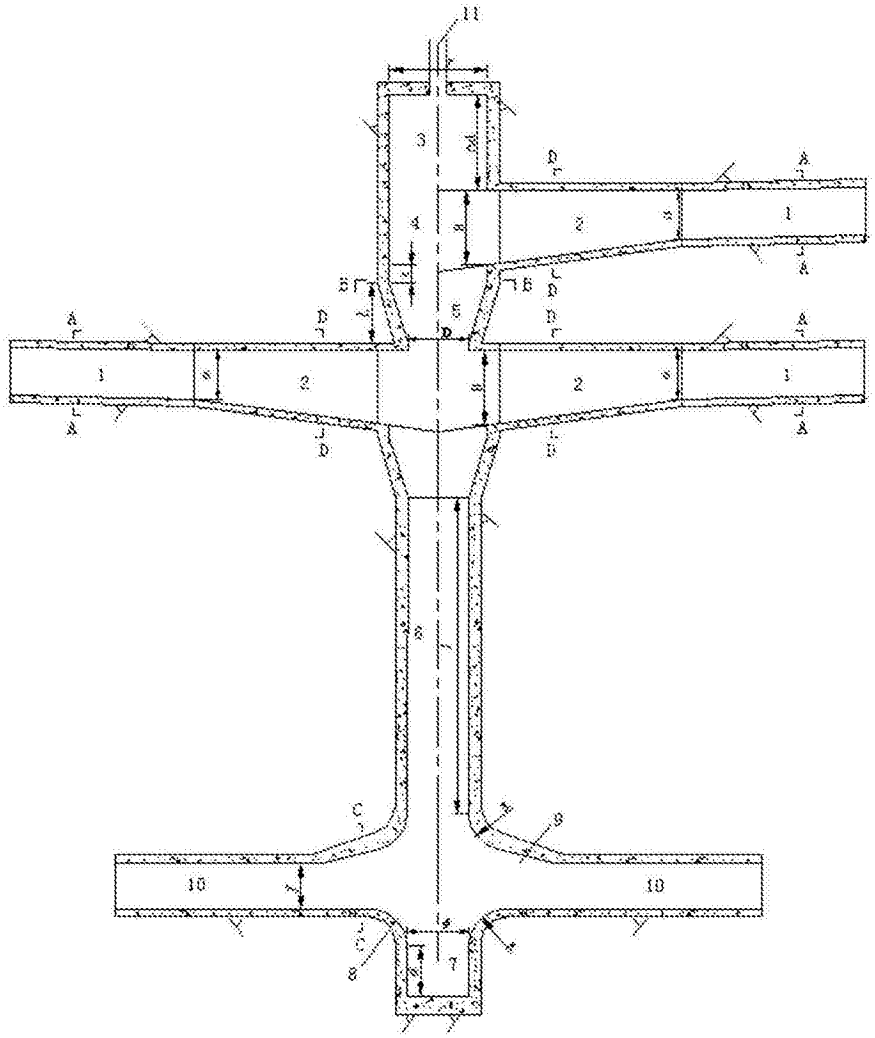


图10

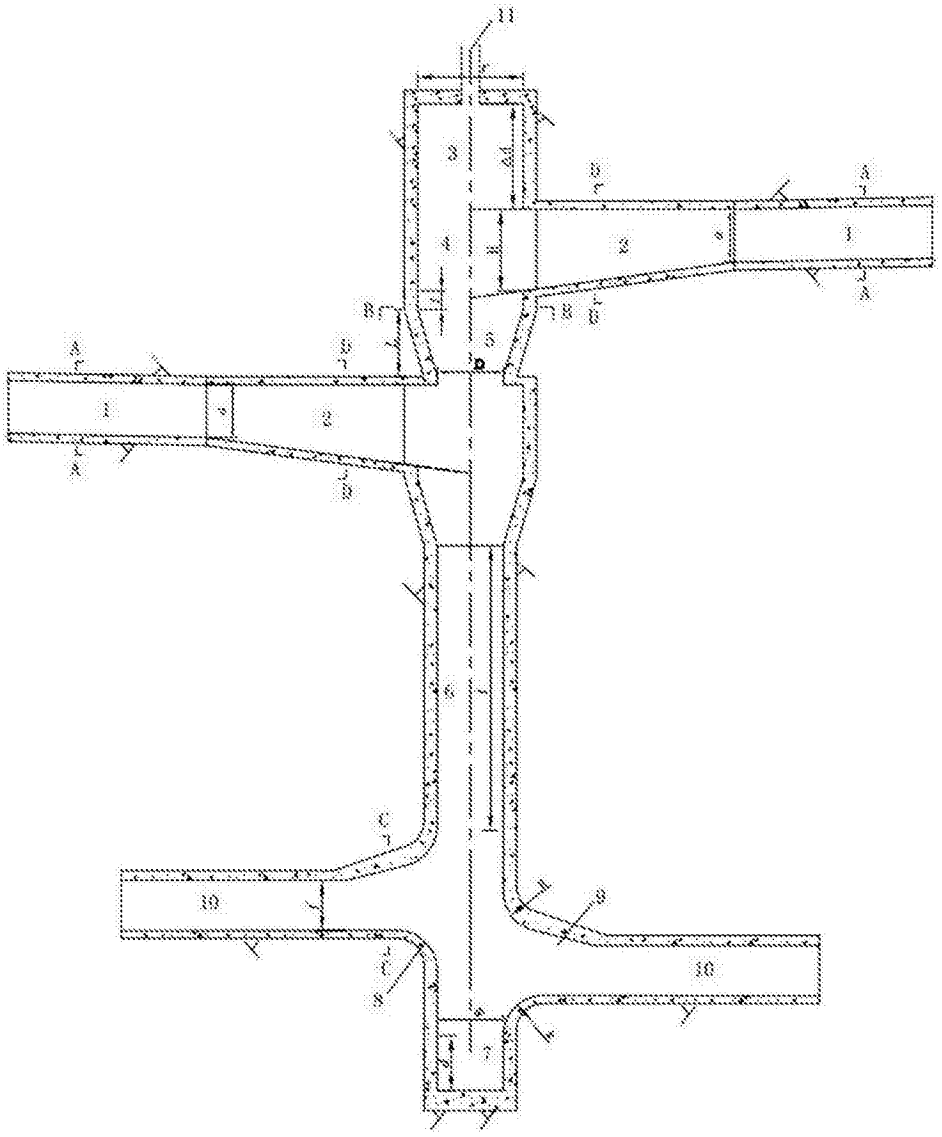


图11

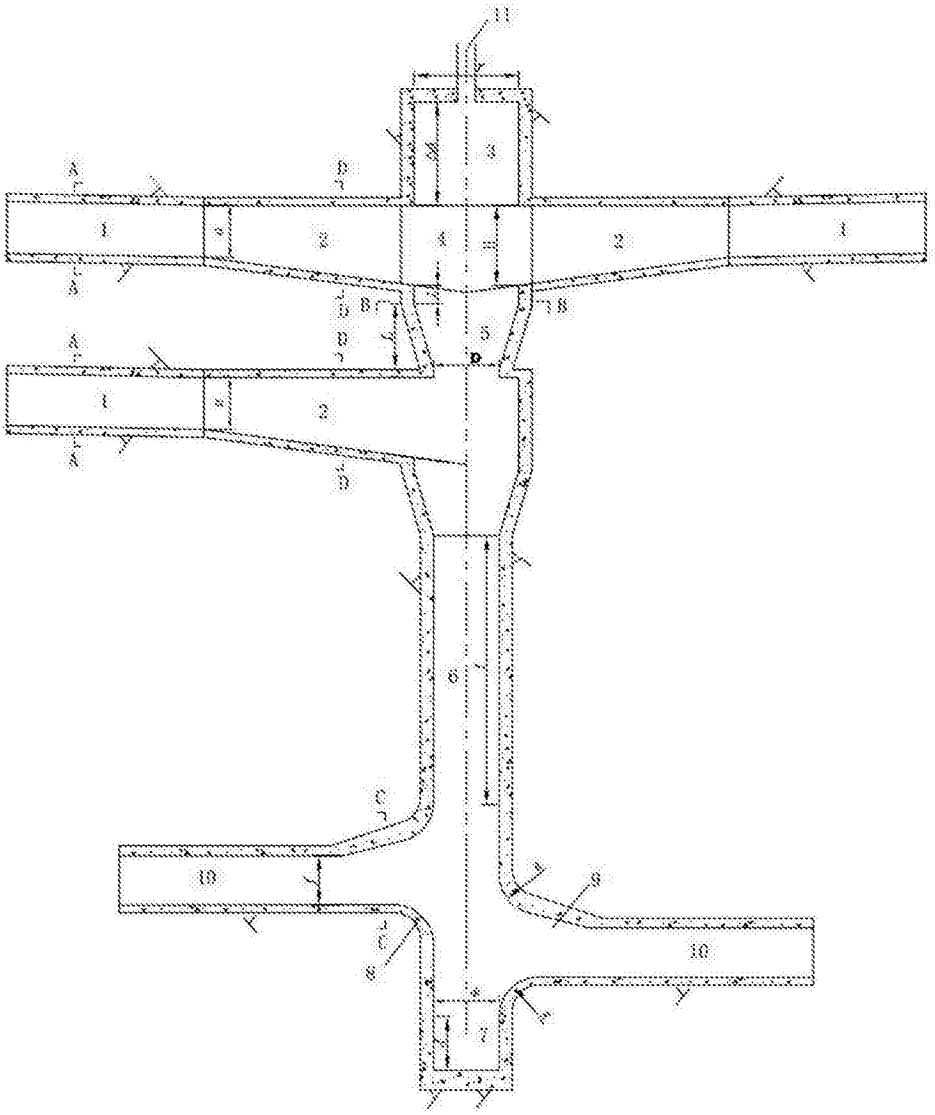


图12

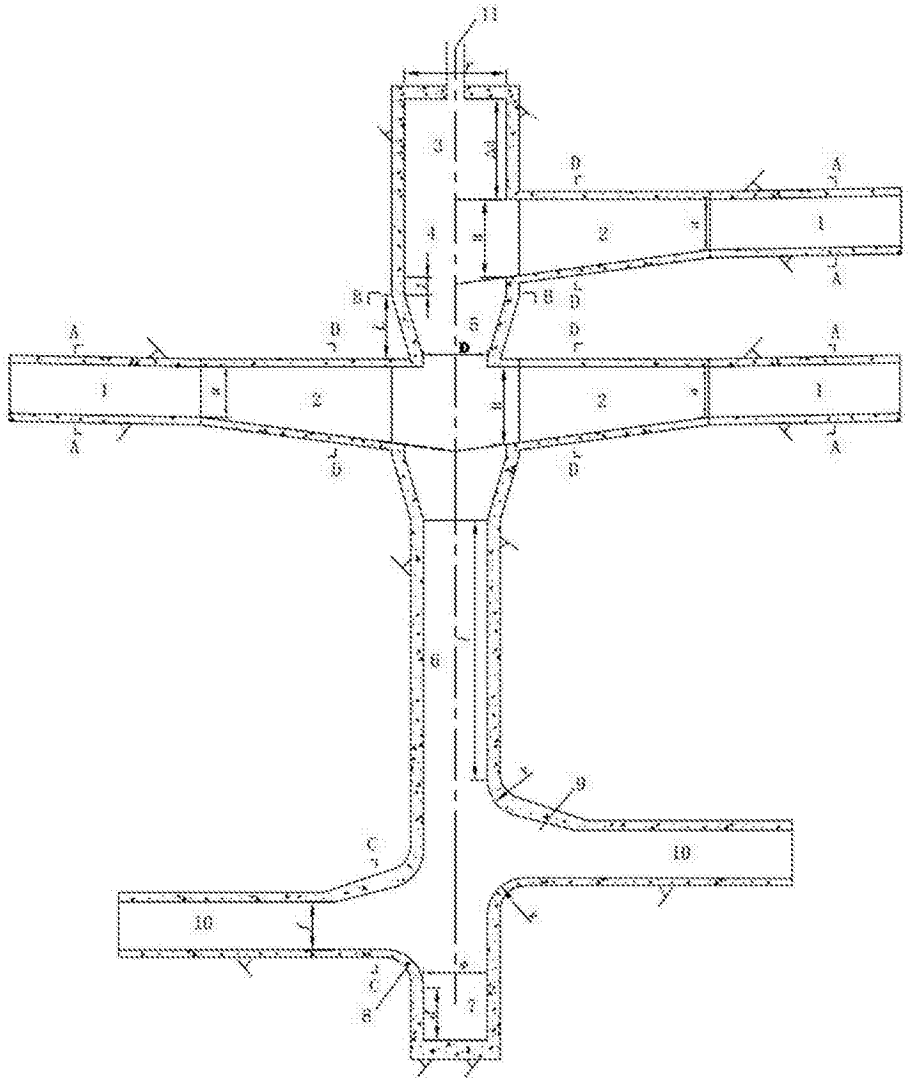


图13