

半波损失的形成和机理分析

左武魁 周惟公 魏民云 张逢春

(中国地质大学长城学院 河北 保定 071000)

(收稿日期:2018-08-09)

摘要:波从波疏介质垂直入射到波密介质并从界面处反射回波疏介质时,界面处形成波节,合成波位移为零,此时反射波与入射波是不连续的,反射波和入射波相比,发生了 π 相位突变,因 π 相位突变对应的是半个波长的变化,故称作半波损失.本文借助于参考圆和旋转矢量,详尽分析了入射波和反射波在节点处的形态和变化,阐明了 π 相位突变的形成过程和机理,从而将半波损失这一抽象的概念形象地展示在读者面前.

关键词:旋转矢量 半波损失 机理分析

1 引言

半波损失是一个非常重要的物理概念和自然现象,它不仅在波动理论和光学中有着广泛的应用,而且和我们的生活息息相关.例如,为了使照相的效果更好,照片更清晰,通常照相机中都加有增透膜,其工作原理就包含了半波损失的概念.所以掌握好半波损失的概念并理解半波损失的机理是十分必要的.

那么,什么是半波损失呢?

要想知道什么是半波损失,首先要弄清楚波疏介质和波密介质的概念.

我们知道,介质的密度 ρ 和波速 u 的乘积 ρu 称为波阻.波阻 ρu 相对较大者称为波密介质,而波阻 ρu 相对较小者称为波疏介质.所以波疏介质和波密介质只是一个相对的概念.举例来说,一条绳索和一面墙壁相比,因为绳索的密度 ρ_1 和绳索中的波速 u_1 的乘积 $\rho_1 u_1$ 比墙壁的密度 ρ_2 和墙壁中波速 u_2 的乘积 $\rho_2 u_2$ 小,所以绳索是波疏介质而墙壁是波密介质.而绳索和空气相比,则空气是波疏介质,绳索是波密介质.再如空气和山体相比,空气是波疏介质,

山体是波密介质.

然后,我们再来介绍什么是半波损失.

当波从波疏介质垂直入射到波密介质并从波疏介质和波密介质的分界面反射回波疏介质时,反射波在离开反射点时的振动相位相对于入射波到达入射点时的振动相位相差 π ,也就是发生了 π 相位突变,这种现象称为半波损失.

简单地讲,波从波疏介质入射到波密介质并从界面处反射回波疏介质发生了 π 相位突变的现象称为半波损失.

举例来说,如果我们将绳索的一端固定在墙壁上,那么当机械波从绳索传向墙壁并且从结点反射回绳索时,在结点处就会发生半波损失.同样的,如果波从空气传向山体并从分界面处反射回空气中时,也会发生半波损失.

为什么 π 相位突变称为半波损失呢?这是因为波在传播过程中,在一个周期的时间内,波传播的距离为一个波长,而相应的相位变化是 2π .这就是说波在传播过程中, 2π 的相位变化对应的是一个波长的变化,那当然 π 相位的变化对应的就是半个波长的变化.如果波在传播过程中发生了 π 相位突变,那

就相当于突然发生了半个波长的变化,这就相当于有半个波长不见了,或者说是损失了半个波长,因此称为半波损失.

那么,为什么会发生半波损失呢?下面我们就借助于旋转矢量和参考圆以横波在绳索上的传播为例,对半波损失产生的原因和形成机理作一个详尽的分析.

首先来观察一个实验现象.将一条拉紧绳索的一端固定在墙壁上,如图1所示.图中介质1是绳索,介质2是墙壁.



图1 将绳索固定在墙壁上

如图2所示,如果使绳索的另一端沿与绳垂直的方向做简谐振动,从而产生一系列横波沿绳索向右传播,即为入射波.入射波经分界面反射形成反射波,入射波和反射波合成后形成合成波.图2中的入射波用点划线表示,反射波用虚线表示,合成波用实线表示.因为绳和墙壁的分界面(连接点)为一固定点,不能移动,所以波传播到这点时,合成波的位移必然为零,即当横波从绳索传向墙壁并从分界面反射回绳索时,合成波在界面处形成波节,这就意味着反射波和入射波在该接点处形成了 π 相位变化,也就是半波损失.

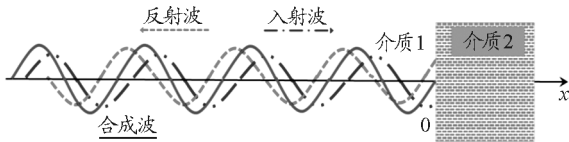


图2 使绳索做简谐振动

下面我们通过入射波和反射波的相位变化来分析一下半波损失的形成机理,也就是为什么说反射波在界面处产生了 π 相位的突变.

2 形成半波损失的情形

波从波疏介质垂直入射到波密介质并反射回波

疏介质时,会产生 π 相位突变,形成半波损失.

波从波疏介质垂直入射到波密介质并从界面处反射回波疏介质时,在界面(即结点0)处形成波节,总的位移为零,此时反射波与入射波相位必然相反,如图2所示.如果设定在 x 轴上方质点振动的位移为正,在 x 轴下方质点振动的位移为负,则由图2可以看到,入射波在结点0处的位移为负,运动方向向下.作相应的旋转矢量如图3所示,入射波在结点处的相位在II象限.而反射波在结点0处的位移为正,运动方向向上.作相应的旋转矢量如图3所示,则反射波在结点处的相位在IV象限.也就是说,反射波和入射波在相位上是不连续的,而且相差 π 相位.

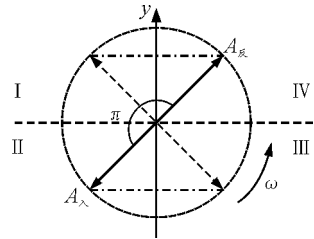


图3 对于图2所作相应的旋转矢量图

这就是说,当波从波疏介质垂直入射到波密介质并从界面处反射回波疏介质,反射波与入射波是不连续的,在界面处发生了 π 相位的变化,也就是产生了半波损失.

这一点也可以通过图4来印证^[1].从图4可以看出,如果给入射波续增半个波长,则入射波的末端相位恰与反射波的相位相同,这就是说,反射波和入射波就是连续的了.

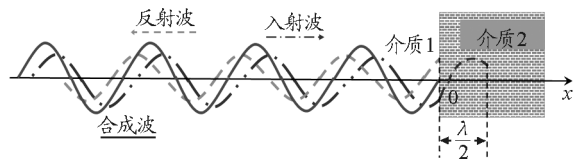


图4 印证产生半波损失的图形

3 不会产生半波损失的情形

波从波密介质垂直入射到波疏介质并从界面处反射回波密介质时,不会产生半波损失.

下面再来讨论波从绳索传向空气并从与空气的界面处反射回绳索时的情况.如图5所示,介质1是绳索,是波密介质,介质2是空气,是波疏介质.则当波从波密介质(绳索)垂直入射到波疏介质(空气)并发生反射时,反射波与入射波在界面处同相位,形成波腹.

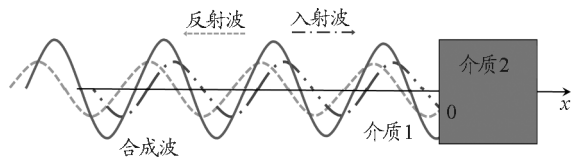


图5 波从绳索传向空气并从两者界面反射

由图5可以看到,入射波在结点0处的位移为负,运动方向向上,故相应的旋转矢量在III象限.而反射波在结点0处的位移也为负,运动方向也向上,故相应的旋转矢量也在III象限.作相应的旋转矢量如图6所示.

由图不难看出,它们在O点的的相位差为零,也就是说,反射波与入射是连续的,因此没有半波损失.

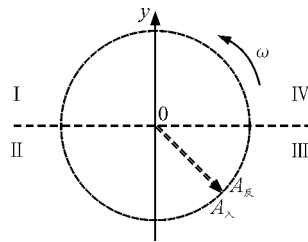


图6 对图5情形所作相应的旋转矢量图

通过以上分析,我们不仅可以从波形图形象地看出反射波与入射波相比,半波损失的形成过程,而且借助于旋转矢量,还可以通过入射波与反射波在界面处的相位分析说明 π 相位突变的形成机理.从而加深对半波损失的理解.

那么,当波从波疏介质入射到波密介质并从界面处反射回波疏介质时,一定会发生半波损失吗?这还要作具体分析.一般情况下,入射波在两种介质分界面处反射是否发生半波损失,与波的种类、两种介质的性质、以及入射角的大小有关.

参考文献

- 1 赵凯华,罗蔚茵.力学.北京:高等教育出版社,1995.306

Formation and Mechanism Analysis of Half-wave Loss

Zuo Wukui Zhou Weigong Wei Minyun Zhang Fengchun

(China University of Geosciences Great Wall College, Baoding, Hebei 07100)

Abstract: When the wave is perpendicular to the dense medium from the sparse medium and reflects the echo-hydrophobic medium from the interface, the Wave section is formed at the interface, and the synthetic wave displacement is zero, when the reflected wave and the incident wave are discontinuous, and the reflected wave and the waves occur (phase mutation). Because (the phase mutation corresponds to a half-wavelength change, it is called a half-wave loss.) Based on the reference circle and rotation vector, The morphology and change of the incident wave and reflected waves at the node are analyzed in detail, and the formation process and mechanism of the phase mutation are Expounded, thus, the abstract concept of half-wave loss is visualized in front of the Reader.

Key words: rotational vector; half-wave loss; analysis of mechanism