# 第三章 机械波

## 第一节 机械波的形成和传播

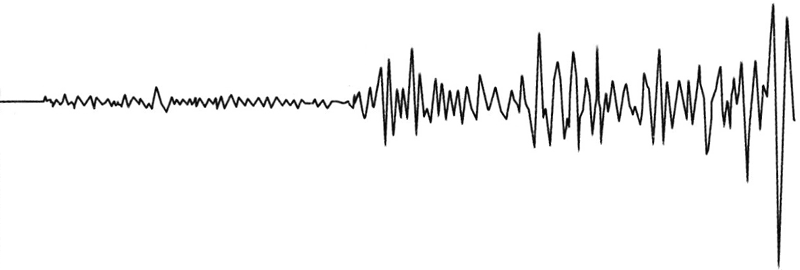
1. 机械波是\_\_\_\_\_\_\_\_\_在介质中的传播。机械波传播时，组成介质的质点之间通过\_\_\_\_\_\_\_\_引起相邻质点的运动。
2. 介质中质点的振动方向与波的传播方向\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的波称为纵波，例如，\_\_\_\_\_\_\_\_波就是波形疏密相间的纵波。介质中质点的振动方向与波的传播方向互相\_\_\_\_\_\_\_\_的波称为横波，例如，\_\_\_\_\_\_\_\_波就是波形凹凸相间的横波。
3. 判断下列关于机械波的说法是否正确，说明理由或举例。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 有机械振动一定会有机械波 |  |  |
| 有机械波一定有机械振动 |  |  |
| 只要有介质，就一定有机械波 |  |  |

1. 我们能听见从琴房里传来的弹琴声。琴声传播的过程中空气分子有没有从弹琴处随着声波迁移到你的耳边？生活中还有什么实例也可证明你的看法。
2. 手握绳子右端 A 点上下振动，形成的横波沿着绳子传播。某时刻绳波的形状如图 3 – 1 所示。在图中用箭头标出波的传播方向，判断波源的起振方向。

*A*

1. 中国赛艇队女子四人双桨在东京奥运会夺得金牌。图 3 – 2 为赛艇运动员比赛时的照片，运动员整齐划一地划桨，赛艇在水面上飞驰。赛艇驶过后，水面上留下八个水波圈。解释引起水波的波源是什么。为何八个水波圈的大小几乎相同？
2. 地震发生时，震源同时发出横波（S 波）和纵波（P 波）。P 波造成的破坏小，S 波导致的破坏大，而 P 波的传播速度比 S 波快得多。图 3 – 3 为地震记录仪记录的某次地震情况。要推断地震记录仪所处的位置与震源间的距离，还需哪些信息？如何推断？



*t*/s

2 200

2 000

1 800

1 600

1 400

1 200

1 000

800

*O*

P波到达

S波到达

*A*

### 参考答案

1．机械振动，相互作用

2．在同一直线上，声，垂直，绳

3．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 说法 | 判断 | 说明理由或举例 |
| 有机械振动一定会有机械波 | 错 | 机械波的产生条件是波源和能够传播机械振动的介质 |
| 有机械波一定有机械振动 | 对 | 机械波是机械振动在介质中的传播 |
| 只要有介质，就一定有机械波 | 错 | 形成机械波除介质外，还要有波源 |

4．没有。弹簧的一端振动时，会产生疏密相间的波沿弹簧传播，但是每一圈弹簧却不会随波迁移；水面上的树叶并不会沿水波的传播方向运动；抖动绳子产生的绳波并不会让绳子向前运动。

5．如图 11 所示。波源起振方向向下。

*v*

6．引起水波的波源是船桨对水面的作用。由于运动员的动作整齐划一，八个船桨几乎同时接触水面，同时离开水面，形成的水波同时开始向周围传播，水波的波速相等，因此形成的水波圈的大小也几乎相等。

7．还需要的信息是 P 波的波速 *v*1 和 S 波的波速 *v*2。设 P 波从震源传播到地震记录仪的时间为 *t*，则 *v*1*t* = *v*2（*t* + 600 s），则 *t* = s，*s* = *v*1*t* = m。

## 第二节 机械波的描述

1. 机械波在介质中的传播速度称为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，它由\_\_\_\_\_\_\_\_\_决定，与波源\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“有关”或“无关”）。
2. 波的频率\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_波源的振动频率。波在介质中传播时，介质中质点的振动频率\_\_\_\_\_\_\_（选填“等于”或“不等于”）波源的振动频率，该频率与介质\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“有关”或“无关”）。
3. 经过一个周期，波在介质中传播的距离称为波长。波长等于在波的传播方向上，相邻的两个\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_的质点间的距离，在横波中为相邻\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_之间的距离，在纵波中为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_之间的距离。
4. 声速指声音的速度，即声波在介质中的传播速度。通常把声音在空气中传播的速度取为 340 m/s。有同学认为做超音速运动物体的速度一定超过 340 m/s，你是否认同他的观点？说明理由。
5. 弹奏钢琴发出声波，其波源和介质分别是什么？若钢琴键盘上的中央 C 音对应的频率为 262 Hz，则其在空气中的波长为多少？（声音在空气中的传播速度为 343 m/s）
6. 振动图像和波动图像的形状相同，但两者的意义不同。完成下列各项填写。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 图像 | *y*/cm  *t*/s  *O*  1  2  3  4 | *y*/cm  *x*/m  *O*  1  2  3  4 |
| 研究对象 |  |  |
| 横坐标 |  |  |
| 纵坐标 |  |  |
| 两个相邻峰值间的距离 |  |  |
| 图像的意义 |  |  |
| 由图像直接获得的信息 |  |  |
| 图像随时间的变化趋势 |  |  |

1. 图 3 – 4 为某时刻的波形图。此时 P 点沿 *y* 轴正方向运动，经过 0.3 s 第一次返回平衡位置。求：

*y*/cm

*x*/m

*O*

1

2

3

6

10

−10

*P*

*Q*

4

5

7

8

（1）波的传播方向和此时 Q 点的运动方向。

（2）这列波的波长、频率和波速。

1. 图 3 – 5 为横波某时刻的波形图。a、d 位于平衡位置且相距 9 m，c 在波谷，该波的波速为 2 m/s。若此时 b 向上振动，在图中画出 5.25 s 后 ad 间的波形。

*a*

*b*

*c*

*d*

1. 某同学用图 3 – 6 所示的装置测量声波的速度，所使用的测量工具是最小刻度为毫米的刻度尺和两个声音传感器。实验时，扬声器持续发出频率为 *f* 的声音，用声音传感器 1 测量传感器所在位置的振动图像，沿着扬声器和传感器 1 的连线移动传感器 2，找到振动情况完全同步的另一个位置，测量两个传感器间的距离 *s*。

如何根据实验方案测得声波的波速？还能如何改进该方案？

扬声器

声音传感器1

声音传感器2

1. 波源在坐标原点处沿 *y* 轴方向上下振动，振动图像如图 3 – 7 所示，在介质中形成的波向左右两边由近及远地传播开去。若波源左右两侧的介质不同，波在左侧介质中的传播速度更快，波源的振动频率不变，在图 3 – 8 中画出波源开始振动后 1 s 时原点两侧的大致波形。

*y*/cm

*t*/s

*O*

1

2

*O*

*x*/m

*y*/cm

### 参考答案

1．波速，介质的性质，无关

2．等于，等于，无关

3．振动情况总是相同，波峰（谷），相邻疏（密）部

4．超音速指物体的运动速度大于当前环境中声速的现象。通常所说的声速为 340 m/s 是声波在海平面高度、1 个标准大气压和 15℃ 的条件下的传播速度。声速大小受介质影响，当空气的密度等参数变化时，声速也会发生变化。需根据当时、当地的确切的声速为依据来做出判断。所以做超音速运动的物体的速度可以大于，也可以小于 340 m/s。

5．波源是振动的琴弦，介质是空气，波长为 1.31 m

6．见下表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 图像 | *y*/cm  *t*/s  *O*  1  2  3  4 | *y*/cm  *x*/m  *O*  1  2  3  4 |
| 研究对象 | 一个质点 | 介质中的各个质点 |
| 横坐标 | 时间 | 各个质点平衡位置的空间分布 |
| 纵坐标 | 该质点相对于平衡位置的位移 | 各个质点相对于平衡位置的位移 |
| 两个相邻峰值间的距离 | 周期 | 波长 |
| 图像的意义 | 一个质点在不同时刻的振动位移 | 介质中各质点在同一时刻的振动位移 |
| 由图像直接获得的信息 | 振幅，周期 | 振幅，波长 |
| 图像随时间的变化趋势 | 图形不变，图线随时间而延伸 | 原有波形沿波的传播方向平移 |

7．（1）由图 3 – 4 可知，波长 *λ* = 8 m，根据 P 点的运动情况，可以判断这列波向左传播，Q 点沿 *y* 轴负方向运动。

（2）当波从图示位置经过时间 Δ*t* = 0.3 s，向左运动 Δ*x* = 3 m 后，P 点到达平衡位置，由此可得，波速 *v* = = m/s = 10 m/s，频率 *f* = = Hz = 1.25 Hz。

8．由图 3 – 5 可知，波长为 6 m，周期为 *T* = = s = 3 s，因此 5.25 s 后的波形与 2.25 s 后的波形一致。由于 b 点向上振动，因此该波向右传播。经过 2.25 s，该波向右平移 *s* = *vt* = 2×2.25 m = 4.5 m，据此画出波形图如图 12 所示。

*a*

*b*

*c*

*d*

图12

9．由于两个传感器测得的是距离最近的振动同步的两个位置，传感器间距即为声波的波长 *λ*，由此可得 *v* = *λf* = *sf*。该方案有以下几点可以改进：（1）探寻 *n* 个振动完全同步的位置，测量距离后求平均值，得到波长，可减小误差；（2）使扬声器与两个传感器的距离缩小，保证声波不会受到其他因素的影响。

10．如图 13 所示

*O*

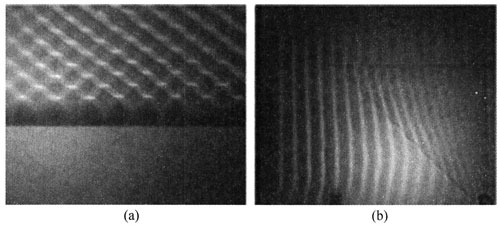
*x*/m

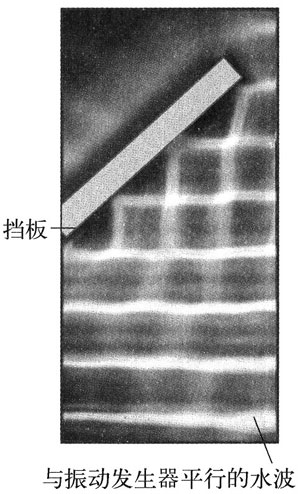
*y*/cm

图 13

## 第三节 机械波的反射和折射

1. 图 3 – 9 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_［选填“（a）”或“（b）”］所示是水波的反射现象。机械波发生反射时，其反射方向与入射方向的关系为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；机械波发生折射时，传播方向发生变化，但\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_不变。（选填“波速”“波长”或“频率”）



1. 发波水槽中有一平板振动发生器，振动后在水槽中产生了一列与其平行的水波。若水槽中有一倾斜放置的挡板，在图 3 – 10 中画出水波遇到挡板后的传播（用波峰的连线表示水波挡板在水面上的特征）。与遇到挡板前的水波相比，波速、波长有何变化？
2. 如图 3 – 11 所示，振动频率为 18 Hz 的波源 S 附近有一固定的反射面 PQ，S 发出的波的波峰如图中实线所示，S 到 PQ 的垂直距离为 2.7 m。

（1）画出反射波的两个波峰分布。

（2）求该波的波长与波速。

*P*

*Q*

*S*

1. 如图 3 – 12（a）所示，直径为 0.075 m 的管道中发生了部分堵塞的现象。人们常用超声波传感器（传感器既可以发射超声波脉冲也可以接收超声波）来确认堵塞物的位置。检测时使传感器沿管道移动，再在显示器上接收到的超声波脉冲波形图来确定堵塞物的位置。

超声波传感器

管道

(a)

(b)

*A*

*B*

堵塞物

（1）当传感器刚好位于堵塞物正上方发射超声波脉冲，接收到反射波的图像如图 3 – 12（b）所示，图中峰值 A 为管道上壁的反射波，峰值 B 为堵塞物上侧反射的超声波。若传感器下方没有堵塞物，图像会有什么不同？

（2）图 3 – 12（b）中横轴为时间，每五小格表示 2.0×10−6 s，如何估算堵塞物上侧到管道上壁的距离。（超声波在空管道中的传播速度为 340 m/s）

1. 机械波从一种介质入射到与另一种介质的分界面时发生折射的情况如图 3 – 13 所示，图中实线为入射波波峰的连线，它与分界面的夹角为 *α*，虚线为折射波波峰的连线，它与分界面的夹角为 *β*。*β* 随 *α* 的数值变化关系如下表所示。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *α* | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
| *β* | 0° | 7° | 13° | 19° | 25° | 30° | 35° | 39° | 41° | 42° |

（1）画出 *β* – *α* 图像。

（2）当 *β* 为 10° 时，*α* 多大？

*α*

*β*

### 参考答案

1．（a），入射方向与法线的夹角等于反射方向与法线的夹角，频率

2．如图 14 所示。实线表示遇到挡板后的水波，虚线表示的是法线。水波遇到挡板后反射，波速大小不变、方向改变，波长不变。

图片包含 游戏机

描述已自动生成

图 14

3．（1）如图 15 所示。

*P*

*Q*

*S*

图 15

（2）*λ* = m = 0.6 m，*v* = *fλ* = 18×0.6 m/s = 10.8 m/s

4．（1）两个峰值会离得更远。

（2）由图 3 – 12（b）可得，峰值 A 与峰值 B 相差 33 个格子，设 *s* 为堵塞物上侧到管道上壁的距离，则 *s* = *v*·= m ≈ 2.24×10−3 m。

5．（1）如图 16 所示。

*β*

*α*

10

20

30

40

50

60

80

70

90

100

*O*

5

10

15

20

25

30

35

40

45

图 16

（2）由图可知，当 *β* 为 10° 时，*α* 约为15°。

## 第四节 机械波的干涉和衍射

1. 当缝、孔的宽度或障碍物的尺寸与\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_相差不多或者更小时，能观察到明显的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_现象，此时波可以绕过孔或障碍物继续传播。
2. 两列相干波相遇时，相遇区域内某些质点的振动始终加强，另一些质点的振动始终减弱，这种现象称为波的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。此时振动加强和振动减弱的区域\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
3. 科学探究发现蝙蝠用超声波探测物体，其探测到的最小物体的大小尺寸大致与其发射的超声波的波长一致。若某只蝙蝠能够探测最小长度为 0.57 cm 的虫子，该蝙蝠发射的超声波频率可能为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“3”“6”或“8”）×104 Hz。（超声波在空气中的速度约为 340 m/s，在虫体内的速度约为 1 500 m/s）
4. 大象可接收到的声波频率范围是 1 ~ 20 000 Hz，它发出低频的次声波（传播时不易被水和空气吸收）与数千米外的同类互传信息。为何低频声波可以实现这样的远距离野外交流？
5. 如图 3 – 14 所示，两列波在拉紧的水平弹性绳中以相同速度相向传播。画出当向左传播的波的波峰到达 a 点时两波叠加后的波形示意图。

*a*

1. 图 3 – 15（a）为两相干波源 S1 和 S2 发出振幅为 *A* 的波在空间相遇后发生干涉的情况，实线表示波峰，虚线表示波谷。图 3 – 15（b）、（c）中 *x* 轴上的坐标对应了两波源连线中垂线上各点的位置，在图 3 – 15（b）画出 *x* 轴上各点此时偏离各自平衡位置的位移 – 位置图像。分析比较 *x* 轴上各点的振幅，在图（c）中画出这些点的振幅随其位置变化的图像。

*a*

*b*

*c*

*O*

*S*1

*S*2

(a)

*O*

*a*

*b*

*c*

*x*

*y*

*A*

−*A*

(b)

*O*

*a*

*b*

*c*

*x*

*y*

*A*

−*A*

(c)

1. 如图 3 – 16 所示，扬声器、声音传感器和金属盘的中心位于直线 PQ 上，直线 PQ 与金属盘垂直。扬声器发出频率为 10 000 Hz 的声波，可在金属盘表面反射。传感器沿着 PQ 在扬声器和金属盘之间从左向右匀速移动，分析传感器所测得的强度如何随时间变化。

*Q*

金属盘

声音传感器

扬声器

*P*

1. 查阅资料，了解主动降噪耳机是如何通过收集环境音，用声音本身来消除不必要的噪声的。撰写简单的说明。（字数在 200 字以内）

### 参考答案

1．波长，衍射

2．干涉，互相间隔，分布稳定

3．6 或 8。蝙蝠为了探测虫子需要加强反射，减小衍射，即没有产生明显衍射。超声波的波长为 0.57 cm，对应的频率 *f* = = Hz ≈ 5.96×104 Hz，当蝙蝠发出的超声波频率大于该数值时，反射更明显。即蝙蝠发射的超声波频率可能为 6×104 Hz 或 8×104 Hz。

4．因为波速一定的前提下，低频声波的波长相对较长，即使遇到障碍物也容易绕过障碍物发生衍射，不容易被挡住，可以传播比较长的距离。

5．如图 17 所示。

*a*

图 17

6．如图 18（a）、（b）所示。

*O*

*a*

*b*

*c*

*x*

*y*

*A*

−*A*

(a)

*O*

*a*

*b*

*c*

*x*

*y*

*A*

2*A*

(b)

2*A*

−2*A*

7．因为扬声器发射的声波会被金属盘反射，所以可以将金属盘看作另一个波源。两波源的波长和波速相同，发出的声波沿 PQ 相向传播且相遇并叠加，沿连线呈现稳定的干涉图样。在 PQ 连线上振动的加强点和减弱点间隔分布，因此传感器测得的振幅也随时间周期性变化。所以在传感器沿 PQ 连线匀速移动的过程中，传感器测得的声波强度会周期性变化。在振动加强区强度有最大值，在振动减弱区强度有最小值。

8．主动降噪技术是通过在隔音耳罩内部接近耳机内部的扬声器处放置一个麦克风，对入耳听到的噪声进行采样，通过电子系统，产生一个与噪声的振动方向始终相反的“反噪声”。反噪声与噪声叠加，从而消除外界通过耳罩传入的噪声。

## 第五节 多普勒效应

1. 波源发出频率一定的波，当波源与观察者相对静止时，观察者接收到的波的频率等于 *f*。当波源与观察者相互靠近时，观察者接收到的波的频率\_\_\_\_\_\_ *f*；当波源与观察者相互远离时，观察者接收到的波的频率\_\_\_\_\_\_ *f*。（均选填“大于”“小于”或“等于”）
2. 当一辆救护车鸣着警笛声从远处驶来，警笛声的频率如何变化？驶离时又如何变化？
3. 一辆故障车停在路边，它的喇叭持续发出声音。若你乘车从故障车旁驶过，你听到的声音频率发生了怎样的变化？
4. 如图 3 – 17 所示，甲、乙两人正以 10 m/s 的速度相向跑动。在两人的连线上，有一发声装置一边发出频率为 *f*0 的声音，一边以 10 m/s 的速度向乙运动，甲、乙两人听到的声音频率分别为 *f*甲、*f*乙。比较 *f*甲、*f*乙 和 *f*0 的大小，说明理由。

甲

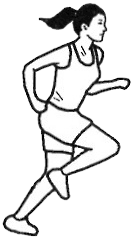
乙

10 m/s

10 m/s

10 m/s

*f*0



1. 发波水槽中，固定在振动片上的小球周期性接触水面作为波源。若振动片与小球一起沿直线 AB 做速度为 *v* 的匀速运动，波的图样分布如图 3 – 18 所示，根据图样分析波源的运动方向。波源运动的速度 *v* 与波传播的速度 *u* 哪个大？

*A*

*B*

### 参考答案

1．大于，小于

2．救护车从远处驶来时，频率会变大；救护车驶离时，频率会变小。

3．先变大后变小。

4．*f*甲 = *f*0 < *f*乙，因为甲与发声装置处于相对静止状态，所以甲听到的声音频率不变；而发声装置与乙相互靠近，根据多普勒效应，乙听到的声音频率增大。

5．由图 3 – 18 可知，靠近 B 侧的水波波长较小，A 侧的水波波长较大。由于波峰向外扩展的同时，波源也沿直线运动，在波源的运动方向上，不同时刻发出的波的波峰间距减小，而相反方向则增加。因此波源向右运动，波速 *u* 比波源运动的速度 *v* 大。