**题目** 一条质量线密度为的细绳，起初

***v***

*x*

*y*

*z*

*y*

*O*

***a***

# F

盘绕在光滑桌面上，现以力***F***竖直向上提

绳，提绳时(1)* v =* const. ；(2) *a=* const. ，

求提起的高度为 *y* 时力***F***的大小．

**参考解答**

**解题分析** 本题是有关绳（或链）的

运动问题，这显然是属于质点系的问题，

这类问题需用质点系的动量定理或质心运

动定理来处理．

本题可有多种选取系统的方法，下面列出4种：

1. 已被提起的绳子(*t*时刻为*m*， *t +* d *t*时刻为*m +* d*m*)；

2. *m* (*t* 时刻被提起的部分) 和 d*m* (*t*至 *t +* d *t*过程中被提起的部分)分别为系统；

3. 全部链条(设全部链条长为*l* )；

4. *m* (看作变质量系统).

**解题过程**

**解法一：**以被提起的绳子为研究对象；

*m+*d*m*

***v*+d*v***

*x*

*y*

*z*

*y*+d*y*

*O*

# F

d*y*、d*m*

*t +* d *t* 时刻

***v***

*x*

*y*

*z*

*y*

*O*

***a***

# F

*t* 时刻

*m*

***mg***

• **过程：**从*t*至 *t +* d *t*提绳的过程；

• **系统：**已被提起的绳子(*t*时刻为*m*， *t +* d *t*时刻为*m +* d*m*) ；

• **规律：**质点系动量定理

系统动量：*t* 时刻 

*t +* d *t* 时刻 

其中、项可略；

由质点系动量定理有

****

****

得 

**• 特例：**(1)当*v =* const. 有 

(2)当*a =* const. 有 

利用*v*2 = 2*ay*，可得 

**解法二：**分别以 *m*和d*m*为研究对象

• **过程：**从*t*至 *t +* d *t*提绳的过程；

• **系统：**分别以 *m* (*t* 时刻被提起的部分)、d*m* (*t*至 *t +* d *t*过程中被提起的部分)为研究对象；

***mg***

***F***

***F***

*m*

• **规律：**质点系的动量定理和质点的动量定理．

**对*m***，受力：拉力***F***；重力***mg***；d*m*对*m*向下的

拉力*F****f***，由质点系的动量定理

(*F* – *mg*- *Ff* )d*t = m*[(*v+* d*v*)- *v*]  （1）

**对d*m***（看作质点），受力：*m*对d*m*向上的拉力***F′***

（大小为*Ff*）；重力(**d*m***)***g***可略；由质点的动量定理，

*F***′**

d*m*

*Ff* d*t =* d*m*(*v* - 0) *=*(*λ* d*y*) *v* （2）

由（2）式得



代入（1）式中可得



（此式也可由质心运动定理直接得出）

**同样可得** *F* = *λyg + λy*a+ *λυ*2 .

**解法三：**以全部链条（包括已提起的部分和未提起的部分）为研究对象

• **系统：**全部链条(设长为*l* )；

• **规律：**质心运动定理;

质心位置：*t*时刻已提起的部分长为*y*，故*t*时刻质心的位置为



（1）

**• 受力**(大小)：拉力*F* ；已提起的部分所受重力*mg* (=*λyg*)；未提起的部分所受重力*m′g* [= *λ*( *l* - *y*) *g*]；桌面对未提起的部分的支持力*FN*;

由质心运动定理

 （2）

由(1)式有





再由（2）式可得



和前结果相同．

**解法四：**把 *m* 看作变质量系统；

• **过程：**从*t*至 *t +* d *t*提绳的过程；

• **系统：***m* (*m*是变量)；

• **规律：**质点系的动量定理;





得