



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108166375 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 09

(21) 申请号 201810026855.X

(22) 申请日 2018.01.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108166375 A

(43) 申请公布日 2018.06.15

(73) 专利权人 广西大学

地址 530004 广西壮族自治区南宁市大学
路100号

(72) 发明人 谢肖礼 邓俨峰 覃霞 欧阳平

谭洪河 江闪闪

(74) 专利代理机构 南宁深之意专利代理事务所

(特殊普通合伙) 45123

专利代理师 徐国华

(51) Int. Cl.

E01D 4/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106522078 A, 2017.03.22

CN 203270457 U, 2013.11.06

CN 207904737 U, 2018.09.25

KR 100656948 B1, 2006.12.13

审查员 闫集斐

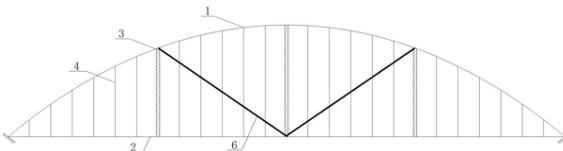
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

预张拱桥

(57) 摘要

本发明公开了一种预张拱桥,主要由拱肋、桥面系、刚性竖联、柔性吊杆、横撑和预张拉索组成;在桥面系的1/4、1/2及3/4处分别设置一对刚性竖联,桥面系的其余位置则均匀布置柔性吊杆;所述的刚性竖联的上端与拱肋连接、下端与桥面系连接;所述的刚性竖联与桥面系、横撑形成刚性箍;所述的预张拉索对称布置于跨中,并施加预张力,上端分别连接于拱肋的1/4、3/4处,下端连接于跨中刚性竖联的底部。本发明的预张拱桥受力合理,具有稳定性好、刚度大、经济效益好、外形美观等优点,对拱桥实现刚度提升与稳定性瓶颈的突破提供了新的有效途径,具有极大的工程应用价值。



1. 一种预张拱桥, 其特征在于: 主要由拱肋(1)、桥面系(2)、刚性竖联(3)、柔性吊杆(4)、横撑(5)和预张拉索(6)组成; 在桥面系(2)的 $1/4$ 、 $1/2$ 及 $3/4$ 处分别设置一对刚性竖联(3), 桥面系(2)的其余位置则均匀布置柔性吊杆(4); 所述的刚性竖联(3)的上端与拱肋(1)连接、下端与桥面系(2)连接; 所述的刚性竖联(3)与桥面系(2)、横撑(5)形成刚性箍; 所述的预张拉索(6)对称布置于跨中, 并施加预张力, 上端分别连接于拱肋(1)的 $1/4$ 、 $3/4$ 处, 下端连接于跨中刚性竖联(3)的底部; 所述的预张拉索(6)通过刚性竖联(3)使拱轴线变长而产生拉力, 从而一方面抵消了部分拱肋压力、减小由活载引起的变形, 另一方面预张力在拱肋 $1/4$ 、 $3/4$ 处的水平分力还抵消了部分拱肋水平推力, 而两拉索在跨中刚性竖联底部相交处的水平分力相互平衡;

所述的拱肋(1)不倾斜时, 为普通拱; 所述的拱肋(1)向内倾斜时, 为提篮拱;

根据桥面系(2)设置位置不同, 分为中承式预张拱桥、下承式预张拱桥。

2. 根据权利要求1所述的预张拱桥, 其特征在于: 所述的拱肋(1)为钢结构、混凝土结构或者钢混组合结构; 所述的刚性竖联(3)为钢结构。

预张拱桥

技术领域

[0001] 本发明属于一种拱桥体系,具体涉及了一种预张拱桥。

背景技术

[0002] 拱桥体系的主要承重构件是拱圈或拱肋。拱桥体系在竖向荷载作用下,桥墩和桥台承受水平推力,同时墩台对拱有一对水平反力,水平反力在拱内产生的弯矩基本抵消了由竖向荷载引起的弯矩,因此拱是主要承受压力的构件。与同等跨径的梁相比,拱的弯矩、剪力和变形都要小得多。

[0003] 拱桥是以承受轴向压力为主的拱圈或拱肋作为主要承重构件的桥梁,拱结构由拱圈(拱肋)及其支座组成。拱桥可用砖、石、混凝土等抗压性能良好的材料建造;大跨度拱桥则用钢筋混凝土或钢材建造,以承受发生的力矩。按拱圈的静力体系分为无铰拱、双铰拱、三铰拱。前二者为超静定结构,后者为静定结构。无铰拱的拱圈两端固结于桥台,结构最为刚劲,变形小,比有铰拱经济,结构简单,施工方便,是普遍采用的形式,但修建无铰拱桥要求有坚实的地基基础。双铰拱是在拱圈两端设置可转动的铰支承,结构虽不如无铰拱刚劲,但可减弱桥台位移等因素的不利影响,在地基条件较差和不宜修建无铰拱的地方,可采用双铰拱桥。三铰拱则是在双铰拱的拱顶再增设一铰,结构的刚度更差些,拱顶铰的构造和维护也较复杂,一般不宜作主拱圈。拱桥按结构形式可分为板拱、肋拱、双曲拱、箱形拱、桁架拱。

[0004] 拱桥为桥梁基本体系之一,一直是大跨径桥梁的主要形式。但其自重较大,相应的水平推力也较大,增加了下部结构的工程量,当采用无铰拱时,对地基条件要求高,而由于拱桥水平推力较大,在连续多孔的大、中桥梁中,为防止一孔破坏而影响全桥的安全,需要采用较复杂的措施,或设置单向推力墩(制动墩),增加造价。拱桥的极限承载能力涉及到稳定问题,当外力增加到某一量值时,就有可能丧失稳定性平衡状态,随着跨径的不断增大,其稳定性问题尤为突出。此外,在荷载作用下,拱式体系中主要受力构件通过刚度来分担荷载,拱、梁和吊杆之间的刚度变化对体系整体的受力性能将产生很大的影响。大跨度拱桥由于宽跨比相对较小,使其相对刚度较弱,在外界因素作用下,结构内力除轴向力外,弯矩、扭矩所占比重较大,结构变形呈非线性状态,结构的受力性能由弹性状态转入非弹性状态,易使结构发生压溃破坏并丧失结构的稳定承载能力。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有技术中存在的不足,提出一种新的拱桥---预张拱桥,结合了铁路桥的优点,用刚性竖联来提供强大的刚性连接与支撑、整体稳定性,与同材料用量的柔性吊杆拱桥相比,强度承载力维持不变,刚度与稳定承载力大幅提高。拉索通过刚性竖联使拱轴线变长而产生拉力,从而一方面抵消了部分拱肋压力、减小由活载引起的变形。本发明的预张拱桥受力合理,具有稳定性好、刚度大、经济效益好、外形美观等优点,对拱桥实现刚度提升与稳定性瓶颈的突破提供了新的有效途径,具有极大的工程应用价值。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0007] 一种预张拱桥,主要由拱肋、桥面系、刚性竖联、柔性吊杆、横撑和预张拉索组成;在桥面系的 $1/4$ 、 $1/2$ 及 $3/4$ 处分别设置一对刚性竖联,桥面系的其余位置则均匀布置柔性吊杆;所述的刚性竖联的上端与拱肋连接、下端与桥面系连接;所述的刚性竖联与桥面系、横撑形成刚性箍,刚性箍增加了结构竖向及横向刚度、减少拱肋的变形;所述的预张拉索对称布置于跨中,并施加预张力,上端分别连接于拱肋的 $1/4$ 、 $3/4$ 处,下端连接于跨中刚性竖联的底部;所述的预张拉索通过刚性竖联使拱轴线变长而产生拉力,从而一方面抵消了部分拱肋压力、减小由活载引起的变形,另一方面预张力在拱肋 $1/4$ 、 $3/4$ 处的水平分力还抵消了部分拱肋水平推力,而两拉索在跨中刚性竖联底部相交处的水平分力相互平衡。

[0008] 在本发明中,作用于桥面系上的荷载遵循以下传力路径:桥面系→吊杆/刚性竖联→拱肋→基础。本发明的刚性竖联既能起到吊杆传递桥面荷载的作用又能提供强大的刚性连接与支撑,还能提高结构的整体稳定性;预张拉索通过刚性竖联使拱轴线变长而产生拉力,既能抵消部分拱肋压力,又能减小由活载引起的变形。

[0009] 本发明进一步说明,所述的拱肋不倾斜时,为普通拱;所述的拱肋向内倾斜时,为提篮拱。

[0010] 本发明进一步说明,可根据桥面系位置不同,可以分为中承式预张拱桥、下承式预张拱桥。下承式预张拱桥即为桥面系的两端分别与拱肋的两端相连接,均使用同一个基础支撑;中承式预张拱桥则是桥面系的两端在拱肋两端的上方。

[0011] 本发明进一步说明,所述的拱肋与常规拱肋结构类似,可为钢结构、混凝土结构或者钢混组合结构;所述的刚性竖联为钢结构。所述的桥面系采用常规的结构形式。

[0012] 本发明的优点:

[0013] 1.刚度大,稳定性好。本桥在保持拱桥优越性的前提下,所增加的刚性竖联与桥面系、横撑形成刚性箍,刚性箍增加了结构竖向及横向刚度、减少拱肋的变形。此外,拉索通过刚性竖联使拱轴线变长而产生拉力,从而一方面抵消了部分拱肋压力、减小由活载引起的变形。

[0014] 2.推力较小。预张力在拱肋 $1/4$ 、 $3/4$ 处的水平分力还抵消了部分拱肋水平推力。

[0015] 3.本发明的预张拱桥受力合理,具有稳定性好、刚度大、经济效益好、外形美观等优点,对拱桥实现刚度提升与稳定性瓶颈的突破提供了新的有效途径,具有极大的工程应用价值。

[0016] 4.施工方便,施工工艺成熟。

附图说明

[0017] 图1是本发明中一实施例下承式预张拱桥的结构示意图。

[0018] 图2是图1的俯视结构示意图。

[0019] 图3是本发明中另一实施例中承式预张拱桥的结构示意图。

[0020] 图4是拱顶顶处的受力示意图。

[0021] 图5是 $1/4$ 、 $3/4$ 拱肋处受力示意图。

[0022] 图6是拱肋横向变形示意。

[0023] 图7是主梁横向变形示意。

[0024] 图8是本发明的受力图示。

[0025] 附图标记:1-拱肋,2-桥面系,3-刚性竖联,4-柔性吊杆,5-横撑,6-预张拉索。

具体实施方式

[0026] 结合图4-图8,对本发明的力学原理及其结构进行说明:

[0027] 1.刚度分析

[0028] 预张拱桥通过预张索将拱顶顶起,使拱顶获得向上的推力F,而在1/4、3/4拱肋处则各获得向下的力F/2。由于预张拱桥为多次超静定结构,要直接计算两种结构的刚度较为复杂,为了说明预张力的有效性,作以下类似分析,其中图4为拱肋简化后拱顶处的受力示意图,图5为1/4、3/4拱肋处受力示意图。

[0029] 如图2所示,在0~1/2范围内的弯矩为

$$[0030] \quad M(x) = \frac{F}{2}x \quad (1)$$

[0031] 又由挠曲方程得

$$[0032] \quad M(x) = -EI\omega_1''(x) \quad (2)$$

[0033] 由式(1)和式(2)得

$$[0034] \quad \omega_1''(x) = -\frac{F}{2EI}x \quad (3)$$

[0035] 对式(3)求二次积分并代入边界条件得

$$[0036] \quad \omega_1(x) = \frac{Fx}{48EI}(3l^2 - 4x^2) \quad (4)$$

[0037] 由式(4)得跨中挠度

$$[0038] \quad \omega_1\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{Fl^3}{48EI} \quad (5)$$

[0039] 如图5所示,同理有1/4~3/4范围内的弯矩和挠度关系式

$$[0040] \quad EI\omega_2''(x) = -M(x) = -\frac{F}{2}x + \frac{F}{2}\left(x - \frac{l}{4}\right) \quad (6)$$

[0041] 对式(6)求二次积分并代入边界条件整理得

$$[0042] \quad \omega_2(x) = \frac{3Fl^2}{64EI} + \frac{F[(x - \frac{l}{4})^3 - x^3]}{12EI} \quad (7)$$

[0043] 由式(7)得跨中挠度

$$[0044] \quad \omega_2\left(\frac{l}{2}\right) = \frac{3Fl^3}{128EI} > \omega_1\left(\frac{l}{2}\right) \quad (8)$$

[0045] 由(8)式可见预张索起到提高拱桥竖向刚度的目的。

[0046] 2.稳定分析

[0047] 由于结构在竖向设置了刚性竖联,其刚度远大于柔性吊杆,结构的稳定性有所增加,分析如下:

[0048] (1)侧向稳定分析

[0049] 拱肋侧倾后,吊杆及刚性杆发生倾斜,如图6、图7所示,其拉力T对桥面产生了一个

向外的水平分力,使之发生侧向弯曲变形 $u_b(x)$,而对拱肋产生了一个向内的水平分力 $H(x)$:

$$[0050] \quad H(x) = T \frac{u_s - u_b}{y(x)} = k(x)u_s \quad (9)$$

[0051] 其中,

$$[0052] \quad k(x) = T \frac{u_s - u_b}{y(x)u_s} \quad (10)$$

[0053] 考虑到桥面侧向刚度(EI_{by})相对于拱肋要大得多^[10],本文也近似取 $EI_{by} = \infty$,则 u_b 接近为零,故式(10)可简化成:

$$[0054] \quad k(x) = \frac{T}{y(x)} \quad (11)$$

[0055] 预张拱桥比柔性吊杆拱桥增设了三对刚性竖联及预张索,非保向力作用更加明显。

[0056] (2) 面内稳定分析

[0057] 由于拱肋是小偏心受压构件,其竖向刚度较大,横向刚度较小,而桥面系侧向刚度大,竖向刚度较小。因此刚性竖联将竖向刚度大的拱肋与侧向刚度大的桥面系进行连接,两者优势互补,提高了结构的整体刚度,可见,其面内稳定承载力也大幅提高。

[0058] 3. 预张力的确定

[0059] 拱桥为对称结构,其半拱结构受力如图8所示,预张拱桥的结构受力分析类似,其中 H_0 为恒载产生的拱顶轴力, H_L 为恒载产生的拱脚推力, H' 为结构未施加预张力时活载产生的拱脚推力, S 为预张索预张力, N_1 、 N_2 为刚性竖联的轴力, q 为恒载的等效均布荷载, q' 为活载的等效均布荷载, L 为跨径, f 为矢高, α 为预张索水平角。如图8(a)所示,在活载作用下,拱脚产生的推力为:

$$[0060] \quad H' = \frac{q'L^2}{8f} \quad (12)$$

[0061] 预张索的预张力由活载确定,令其水平分力等于活载产生的拱脚水平推力,可得:

$$[0062] \quad S = \frac{H'}{\cos \alpha} \quad (13)$$

[0063] 在恒载作用下,拱顶轴力、拱脚推力及预张索力之间的关系如图8(b)所示,在水平方向列平衡式:

$$[0064] \quad H_L = H_0 - S \cdot \cos \alpha \quad (14)$$

[0065] 由式(14)可知预张力在1/4、3/4截面的水平分力可以减小部分拱脚推力。

[0066] 下面结合附图和实施例对本发明的结构设计进一步详细说明。

[0067] 实施例:

[0068] 本实施例的预张拱桥的跨度布置均与永和大桥(总投资2.65亿元)相同。一种预张拱桥,主要由拱肋1、桥面系2、刚性竖联3、柔性吊杆4、横撑5和预张拉索6组成;在桥面系2的1/4、1/2及3/4处分别设置一对刚性竖联3,桥面系2的其余位置则均匀布置柔性吊杆4;所述的刚性竖联3的上端与拱肋1连接、下端与桥面系2连接;所述的刚性竖联3与桥面系2、横撑5形成刚性箍;所述的预张拉索6对称布置于跨中,并施加预张力,上端分别连接于拱肋1

的1/4、3/4处,下端连接于跨中刚性竖联3的底部;所述的预张拉索6通过刚性竖联3使拱轴线变长而产生拉力,从而一方面抵消了部分拱肋压力、减小由活载引起的变形,另一方面预张力在拱肋1/4、3/4处的水平分力还抵消了部分拱肋水平推力,而两拉索在跨中刚性竖联底部相交处的水平分力相互平衡。

[0069] 方案一为下承式预张拱桥,如图1所示,并采用上述的结构形式,主拱矢跨比为1/5.5,设置三对刚结构竖联。若采用常规设计,与永和大桥相比:本方案的拱肋受力基本相同,故拱肋面积基本不变;横撑材料用量减少了28%、柔性吊杆减少了8%,此费用即省去0.011亿元;所增加的刚性竖联及预张索费用为0.0062亿元;因此,与永和大桥普通拱桥相比,预张拱桥一共省了0.18%的费用。同时预张拱桥的刚度增大了45%,稳定承载力提高了30%。

[0070] 方案二为中承式预张拱桥,如图3所示,并采用上述的结构形式,主拱矢跨比为1/6,设置三对刚结构竖联。若采用常规设计,与永和大桥相比:本方案的拱肋受力基本相同,故拱肋面积基本不变;横撑材料用量减少了25%、柔性吊杆减少了12%,此费用即省去0.009亿元;所增加的刚性竖联及预张索费用为0.005亿;因此,与波司登长江大桥普通拱桥相比,预张拱桥一共省了0.15%的费用。同时预张拱桥的刚度增大了55%,稳定承载力提高了48%。

[0071] 实施例技术参数对比表

	费用节省%	刚度提高(%)	稳定承载力提高(%)
[0072] 方案一	0.18	45	30
方案二	0.15	55	48

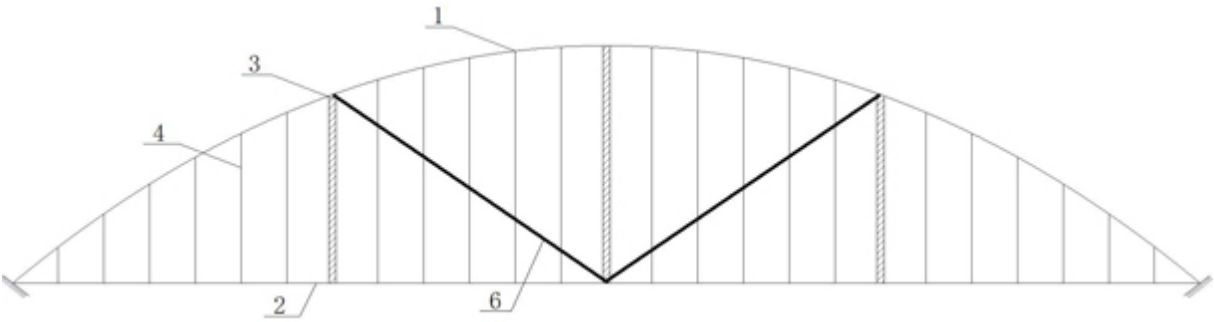


图1

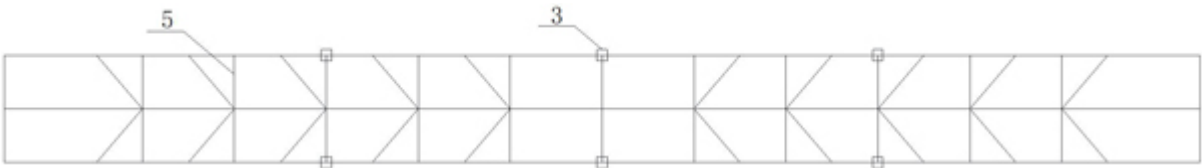


图2

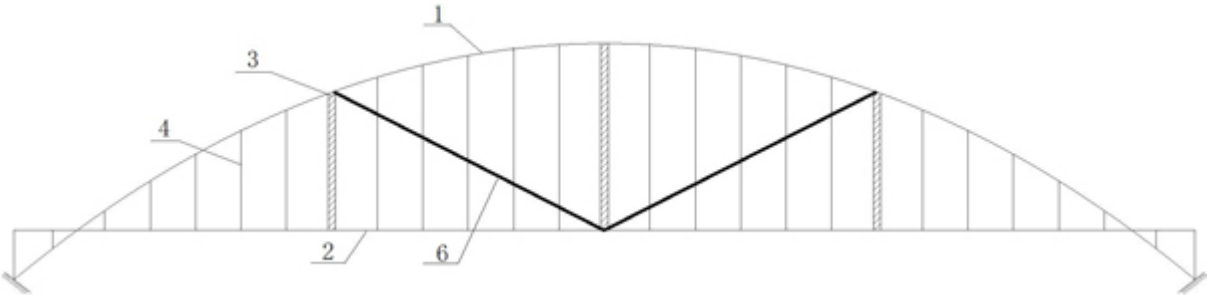


图3

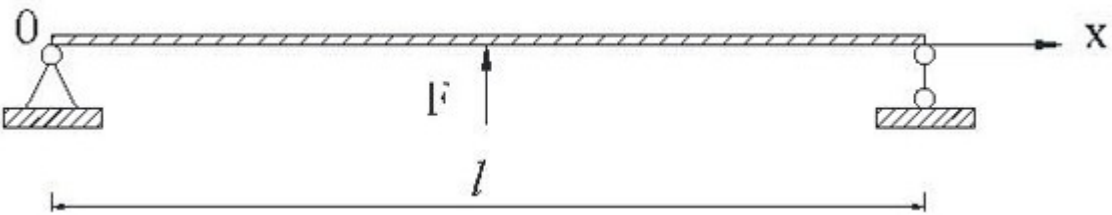


图4

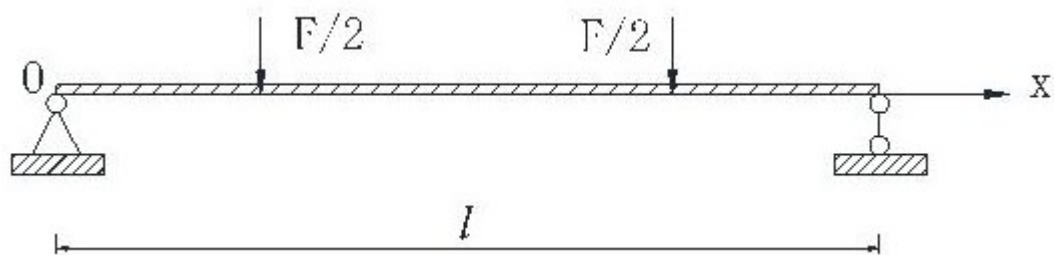


图5

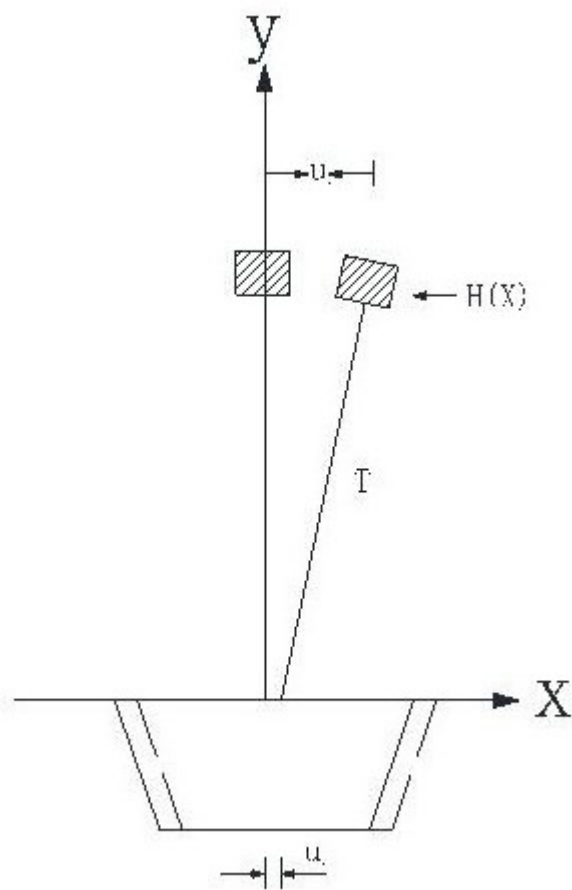


图6

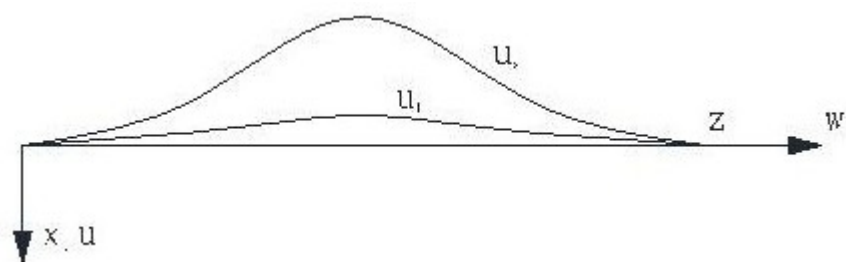


图7

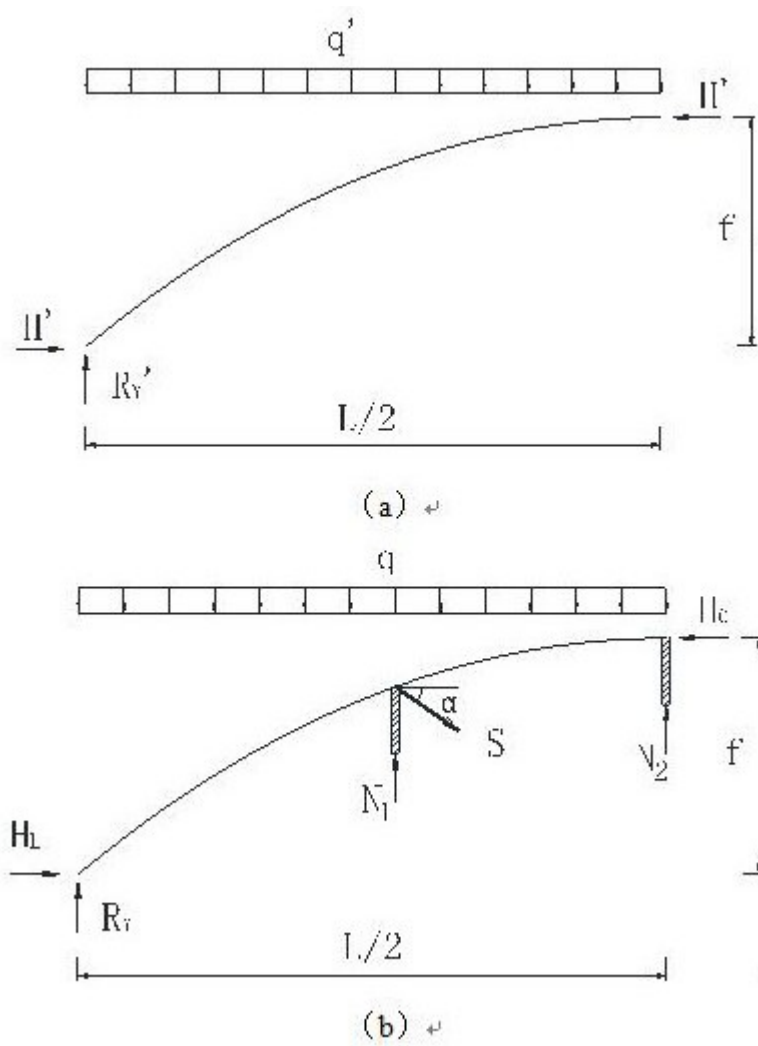


图8