

一、填空题

- 1) 公路桥梁的作用按其随时间变化的性质，分为永久作用、可变作用、偶然作用。
- 2) 按结构体系及其受力特点，桥梁可划分为梁桥、拱桥、悬索桥以及组合体系。
- 3) 桥跨结构在温度变化、混凝土的收缩和徐变、各种荷载引起的桥梁挠度、地震影响、纵坡等影响下将会发生伸缩变形。
- 4) 钢筋混凝土梁内钢筋分为两大类，有受力钢筋和构造钢筋。
- 5) 作用代表值包括标准值、准永久值、频遇值。
- 6) 桥梁纵断面设计包括桥梁总跨径的确定、桥梁的分孔、桥面的标高及桥下净空、桥上及桥头引导纵坡的布置。
- 7) 桥台的常见型式有重力式桥台、轻型桥台、组合式桥台和框架式桥台等。
- 8) 公路桥面构造包括桥面铺装、防水和排水系统、桥面伸缩装置、人行道及附属设施等。
- 9) 悬索桥主要由桥塔、锚碇、主缆和吊索等组成。
- 10) 重力式桥墩按截面形式划分，常见的有矩形、圆形、圆端形和尖端形等。
- 11) 常见的轻型桥台有薄壁轻型桥台、支撑梁轻型桥台、框架式轻型桥台、组合式轻型桥台等。
- 12) 设计钢筋混凝土简支T梁，需拟定的主要尺寸有梁宽、梁高、腹板厚度、翼缘板厚度。
- 13) 柱式桥墩的主要型式主要有独柱式、双柱式、多柱式和混合式。
- 14) 明挖扩大基础的稳定性验算包括倾覆稳定性验算和滑动稳定性验算。
- 15) 桥梁支座按其变为的可能性分为活动支座和固定支座。
- 16) 支座按其容许变形的可能性分为固定支座、单向支座和多向支座。
- 17) 常用的重力式桥台有U形桥台、埋置式桥台、八字式桥台、一字式桥台等。
- 18) 桥梁的主要组成部分包括桥墩、桥台及桥跨结构等。
- 19) 桥梁设计一般遵循的原则包括安全性、适用性、经济性、先进性和美观等。
- 20) 荷载横向分布影响线的计算方法主要有：杠杆原理法、偏心压力法、铰接板法、比拟正交异性板法。
- 21) 通常将桥梁设计荷载分为三大类：永久荷载、可变荷载、偶然荷载。
- 22) 公路桥粱设计汽车荷载分为公路-I 级、公路-II 级两个等级，它包

- 括车道荷载和车辆荷载，其中 车辆 荷载用于桥梁结构的局部加载和桥台验算。
- 23) 桥梁净空包括 设计洪水位 和 桥下通航净空。
- 24) 柱式桥墩的型式主要有 独柱式、双柱式、多柱式 和混合柱式四种。
- 25) 进行扩大基础验算时，常进行基底的 倾覆 稳定性和 滑动 稳定性检算。
- 26) 我国古代隋朝时期修建，位于河北赵县的著名古桥是 赵州桥。
- 27) 一般说来，桥梁的组成可分为两大部分 桥上结构、桥下结构。
- 28) 桥梁净空包括 设计洪水位 和 桥下通航水位。
- 29) 预应力筋的主要类型有 高强钢丝和钢绞线、高强度粗钢筋 和 无粘结预应力钢筋。
- 30) 桥面板的有效工作宽度与 板的支撑条件、荷载性质、荷载位置 有关。
- 31) 大型桥梁的设计阶段一般分为 初步设计、技术设计 与 施工设计 三个阶段。
- 32) 桥面铺装的类型有 水泥混凝土、沥青混凝土 沥青表面处置 和 泥结碎石。
- 33) 桥梁全长规定为：有桥台的桥梁是 两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离；无桥台的桥梁 为桥面系行车道全长。
- 34) 作用在支座上的竖向力有 结构自重反力、活荷载的支点反力 及其 影响力。
- 35) 支座垫石的作用是 调整坡度。
- 36) 按桥面所在的位置可把拱桥分为 上承式拱桥、中承式拱桥 和 下承式拱桥。
- 37) 一般重力式梁桥墩台的验算包括 截面强度验算、抗滑移稳定验算 和 墩台顶水平位移的验算。
- 38) 装配式简支梁桥横截面主要有 II形、T形、箱形 等几种形式。
- 39) 引起超静定预应力混凝土桥梁结构次内力的外部因素有 温度影响、混凝土收缩徐变作用 及 钢筋松弛和基础不均匀沉降。
- 40) 箱梁在偏载作用下的变形可分为 纵向弯曲、横向弯曲、扭转 和 扭转变形 四种基本状态。
- 41) 刚构桥是指 桥墩 和 主梁 整体相连的桥梁。
- 42) 确定拱桥设计标高有四个，分别为 桥面标高、拱顶底面标高、起拱线标高、基础底面标高。
- 43) 拱桥常用的拱轴线形有 圆弧线拱桥、抛物线拱桥、悬链线拱桥。

- 44) 拱桥分类方法很多，按其结构受力图示可分为 简单体系拱桥、组合体系拱桥 拱片拱桥。
- 45) 拱桥的矢跨比是指 计算矢高 与 计算跨径 之比。
- 46) 拱桥的柱式腹孔墩由 底梁、墩身、墩帽 几部分组成。
- 47) 梁桥以受 竖向荷载，拱桥以受 水平推力 为主。
- 48) 空腹式拱桥采用拱式腹孔时一般在 紧靠桥墩(台)的第一个腹拱圈和靠墩台的拱铰上方的侧墙 设伸缩缝，在 台身与翼墙之间设变形缝。
- 49) 拱上填料的作用是 以使车辆能够在行车道上平顺行驶。
- 50) 梁式桥按静力体系分为 简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥、T形钢构桥及连续—钢构桥。
- 51) 伸缩缝的作用为 为使车辆平稳通过桥面并满足桥面变形。
- 52) 斜拉桥由 斜索、塔柱、主梁 几部分组成。
- 53) 拱桥的施工可分为两大类：有支架施工 和 无支架缆索吊装。
- 54) 双曲拱桥的主拱圈由 拱肋、拱波、拱板、横向联系等几部分组成。
- 55) 对于连续梁桥，为有利于梁的变形分散，宜将固定支座设在 中跨 处。
- 56) 简支梁桥一般一端设 固定 支座，另一端设 滑动 支座，一般不能将相邻两跨的 固定 支座设在同一桥墩上。
- 57) 斜拉桥按主梁、索塔、斜索的相互结合方式可组成 悬浮体系斜拉桥、支承体系斜拉桥、塔梁固结体系斜拉桥、钢构体系斜拉桥 四种结构体系。
- 58) 漂浮体系斜拉桥是 将主梁除两端外全部用缆索吊起 的斜拉桥。
- 59) 半漂浮体系斜拉桥是 主梁在塔墩上设有支点，接近于具有弹性支承的连续梁 的斜拉桥。
- 60) 桥台是由 台帽与背墙、台身、翼墙与耳墙 和 锥形护坡 及 台后排水 等几部分组成。
- 61) 桥墩墩顶弹性水平位移验算的目的是 间接验算较支座的沉降。
- 62) 沉井施工的步骤主要包括 井筒下沉、清基、封底、填充混凝土或灌顶。
- 63) 桥梁墩台常用的基础类型有 刚性扩大基础、桩基础、沉井基础，其中 刚性扩大基础 为浅基础，桩基础 和 沉井基础 为深基础。
- 64) 长宽比大于等于2的周边支承板为 单向受力板，而对于长宽比小于2的周边支承板为 双向受力板。

二、名词解释

- 1) 建筑高度：指桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。
- 2) 桥下净空高度：指设计洪水位或通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离。
- 3) 桥梁高度：指桥面与低水位之间的高差或为桥面与桥下线路路面之间的高差。
- 4) 设计洪水频率：是由有关技术标准规定作为桥梁设计依据的洪水频率。
- 5) 净跨径：对于梁桥是指设计洪水位上相邻两个桥墩或桥墩与桥台之间的净距离；对于拱桥是指两拱脚截面最低点之间的水平距离。
- 6) 计算跨径：对于有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心的距离，用 l 表示；对于拱桥，是指相邻两拱脚截面形心点之间的水平距离。
- 7) 标准跨径：对于梁桥，是指两相邻桥墩中心线之间的距离，或桥墩中心线至桥台台背前缘之间的距离；对于拱桥，则是指净跨径，用 l_b 表示。
- 8) 桥梁全长：指桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离，对于无桥台的桥梁为桥面系行车道的全长。
- 9) 设计洪水位：桥梁设计中按规定的洪水频率计算所得的高水位
- 10) 低水位：枯水期的最低水位。
- 11) 高水位：洪水期的最高水位
- 12) 荷载横向分布：表示某根主梁所承担的最大荷载是各个轴载的倍数。
- 13) 荷载折减系数：计算结构受力时，考虑活荷载标准值不可能全部布满和各构件受载后的传递效果不同，对荷载进行折减的系数。分为横向折减系数和纵向折减系数。
- 14) 车辆制动力：汽车刹车运动过程所产生的惯性力通常称为制动力。
- 15) 持久状况：指结构在使用过程中一定出现，且持续期很长的荷载状况。
- 16) 刚构桥：主承重采用刚构，及梁和腿或墩（台）采用刚性连接的桥梁。
- 17) 偶然作用：是指在结构使用期间出现的概率很小，一旦出现，其值很大且持续时间很短的作用。
- 18) 永久作用：是指在结构使用期间，其量值不随时间而变化或其变化值与平均值比较可忽略不计的作用。
- 19) 冲击作用：车辆以一定速度在桥上行驶时，由于桥面的不平整、车轮不圆以及发动机的抖动等原因，会使桥梁发生振动，产生动力作用。这种动力作用会使桥梁的内力和变形较静活载作用时为大，这种现象称为冲击作用
- 20) 可变作用：是指在结构使用期间，其量值随时间变化，且其变化值与平均值比较不可忽略的作用。
- 21) 施工荷载：指的是施工阶段为验算桥梁结构或构件安全度所考虑的临时荷载，如结构重力、施工设备、风力、拱桥单向推力等。
- 22) 荷载安全系数：是指结构截面按极限状态进行设计时所取的第一个安全系数。
- 23) 主动土压力：挡土墙在土压力的作用下，向离开土体方向移动，作用在墙背上的土压力值逐渐减少，直至墙后土体出现滑动面。滑动面以上的土体将沿着这一滑动面向前滑动，在滑动瞬间，墙背上的土压力减少到最小值，土体内处于主动极限平衡状态，此时作用在墙

背上的土压力称为主动土压力，一般用 E_a 表示。

- 24) 静止土压力：当挡土墙在土压力的作用下，不产生任何位移或转动，墙后土体处于弹性平衡状态，此时墙背所受的土压力称为主动土压力。
- 25) 被动土压力：当挡土墙在外力作用下向土体方向移动或转动时，墙体挤压墙后土体，作用在墙背上的土压力值逐渐增大，直至墙后土体出现滑动面。滑动面以上的土体将沿着这一滑动面向上向后推出，在滑动瞬间，墙背上的土压力增大到最大值，土体内处于被动极限平衡状态，此时作用在墙背上的土压力称为被动土压力，一般用 E_p 表示。
- 26) 地震震级：是表示地震本省大小的等级，他以地震释放的能量为尺度，根据地震仪记录得到地震波来确定。
- 27) 地震烈度：是指某地区地面和各类建筑物遭受一次地震影响的强弱程度。
- 28) 温度梯度：当桥梁结构受到太阳照射后，结构的温度沿截面的高度时各不相同的，反映温度沿截面高度变化的规律称为温度梯度。
- 29) 年温差：是指常年缓慢变化的年气温，它对结构的影响主要导致桥梁各截面的均匀温升或温降、伸长或缩短，当结构的上述位移受约束时，会导致结构内部产生温度次内力。
- 30) 局部温差：是指由日照辐射或温度降低引起的，它的传热方式在结构各截面上分布是不均匀的，而且分布也是非线性的。
- 31) 最不利荷载组合：对于桥梁结构可能同时存在的荷载，使其产生最不利效应时的荷载组合。
- 32) 重力式桥台：主要靠自身重量来平衡外力而保持平衡的桥台。
- 33) 先张法：即先张拉钢筋，后浇筑混凝土的方法。
- 34) 后张法：是先浇筑构件混凝土，待混凝土结硬后，再张拉预应力钢筋并锚固的方法。
- 35) 荷载横向分布影响线：指表径桥路上车辆、人群荷载沿横桥上对主梁分配的荷载程度的系数。
- 36) 拉力支座：指既能承受拉力又能承受压力的支座。
- 37) 减震支座：是一种应用在地震区德新型桥梁支座，它是利用阻尼和摩擦耗能，是桥梁阻尼增大，消减最大地震力峰值，减缓强烈地震的动力反应和冲击作用。
- 38) 拱轴系数：是指拱脚的恒载集度和拱顶恒载集度的比值。
- 39) 作用效应组合：对结构上可能同时出现的作用，按照产生最不利效应时进行的组合。
- 40) 模板：在桥梁结构施工时，使桥梁结构按照设计尺寸成型的工具。
- 41) 净矢高：指从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点连线的垂直距离，以 f_0 表示。
- 42) 计算矢高：指从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心连线的垂直距离，以 f 表示
- 43) 失跨比：指拱桥中拱圈（或拱肋）的计算矢高与计算跨径之比 (f/l)，亦称拱矢度，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。
- 44) 纯压拱：拱桥的各个拱截面均无弯矩的拱称为纯压拱
- 45) 压力线：拱桥上各个荷载作用在拱桥上产生的压力值的连线。
- 46) 合理拱轴线：能使拱的各个截面弯矩为零的拱轴线。
- 47) 计算矢高：指从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心连线的垂直距离，以 f 表示

- 48) 连拱作用：支承在有限刚度桥墩上得连续多孔拱桥，在拱圈受力时，各孔拱圈桥墩变形相互影响的作用。
- 49) 联合作用：对于上承式拱桥，当活载作用于桥面时，拱上建筑的主要组成部分与主拱圈共同承担活载的作用。
- 50) 五点重合法：求悬链线拱的拱轴系数时，要求拱圈的五个关键控制截面，即拱顶，两拱脚和两个四分点达到压力线和拱轴线必须重合，从而使各拱圈截面不产生过大的弯矩峰值，这种设计方法称为五点重合法。
- 51) 系杆拱：由水平受拉构件平衡拱脚推力的拱桥称为系杆拱。
- 52) 提篮拱：两拱肋向内侧倾斜一定的角度值，以增加拱桥的稳定性。这类拱桥称为提篮拱。
- 53) 预拱度：为了平衡桥梁使用时的上部结构和施工时支架的各变形值，在桥梁浇筑时预先施加的一个上拱值。
- 54) 钢管混凝土拱桥：拱肋采用钢管和混凝土组合截面的拱桥称为钢管混凝土拱桥。
- 55) 劲性骨架施工：对于有劲性骨架的拱桥，施工时先制作骨架，安装合拢就位，再以骨架为支架进行混凝土内填和外包的施工方法。
- 56) 单向推力墩：是指能够独立承受任意一侧拱的推力的墩。
- 57) 摩擦桩：主要依靠桩侧阻力承受竖直荷载的桩。
- 58) 柱桩：在极限荷载作用下，桩顶荷载全部或主要由桩端阻力承受的桩。
- 59) 高桩承台：底面位于地面以上的承台。
- 60) 低桩承台：底面位于地面以下的承台。
- 61) 围堰：修筑地下和水中建筑物时，所做的临时性围护结构。
- 62) 顶推法：指的是梁体在桥头逐段浇筑或拼装，用千斤顶纵向顶推，使梁体通过各墩顶的临时滑动支座面就位的施工方法。
- 63) 拱桥的劲性骨架施工法：对于有劲性骨架的拱桥，施工时先制作骨架，安装合拢就位，再以骨架为支架进行混凝土内填和外包的施工方法。
- 64) 拱桥的转体施工法：桥梁转体施工是指将桥梁结构在非设计轴线位置制作（浇注或拼接）成形后，通过转体就位的一种施工方法。
- 65) 悬臂浇筑法：指的是在桥墩两侧设置工作平台，平衡地逐段向跨中悬臂浇筑水泥混凝土梁体，并逐段施加预应力的施工方法。
- 66) 预制梁逐孔施工法：将机械化的支架和模板支承在长度稍大于两跨、前端做导梁用的承载梁上，然后在桥跨内进行现浇施工，待混凝土达到规定强度后脱模，并将整孔模架沿导梁前移至下一浇筑桥孔、逐孔推进至全桥施工完毕的方法。

三、是非判断题

- 1) 桥面连续构造就是使其在该处能承受活载弯矩。（N）
- 2) 悬臂梁桥一般为静定结构，可在地基较差的条件下使用。（Y）
- 3) 对于坡桥，宜将滑动支座设置在标高较低的墩台上以利主梁伸缩变形。（Y）

- 4) 计算主梁的弯矩和剪力时, 可在全跨内取用相同的荷载横向分布系数。 (N)
- 5) 当车辆制动力较大时, 桥梁就应该设置拉力支座。 (N)
- 6) 年温差影响对简支梁只引起温度自应力, 并不导致结构内温度次内力。 (Y)
- 7) 在超静定梁中, 预应力引起的次力矩是由支座次反力产生的, 因此次力矩是非线性的。(N)
- 8) 在静定梁式结构中, 呈非线性变化的温度梯度会引起结构的次内力。 (N)
- 9) 同一座桥中, 计算主梁荷载横向分布系数的值与采用的汽车荷载等级有关。 (N)
- 10) 混凝土的徐变对于静定结构不会引起次内力, 也不会产生徐变变形。 (N)
- 11) 因箱形截面梁抗弯、扭能力强, 因此简支钢筋混凝土梁采用箱形截面是合适的。 (Y)
- 12) 采用悬臂法施工的预应力混凝土连续梁因中间桥墩上要放支座, 故施工时存在体系转换的问题, 而采用悬臂法施工的预应力混凝土连续刚构则施工时不存在体系转换问题。 (N)
- 13) 修正刚性横梁法主要考虑了主梁的抗扭刚度, 与结构几何尺寸和材料特性无关。 (N)
- 14) 多跨带剪力铰 T 形刚构桥在发生基础沉降时, 相邻 T 构会互相发生影响。 (Y)
- 15) 连续梁自重内力的计算与施工方法无关, 只与主梁结构最终体系有关。 (N)
- 16) 在同一座连续梁桥中的主梁自重内力与采用的施工方法、顺序、体系转换的具体情况有关, 因为主梁自重内力只与它的计算跨径和自重的分布情况有关。 (Y)
- 17) 横隔梁在装配式 T 形梁桥中起着保证各片主梁相互连成整体的作用。 (Y)
- 18) 在同一座桥中, 由于汽车荷载横向分布系数与采用的汽车荷载等级无关, 因此采用不同的汽车荷载等级计算出的汽车荷载横向分布系数不同。 (N)
- 19) 计算主梁的弯矩和剪力时, 可在全跨内取用相同的荷载横向分布系数。 (N)
- 20) 修正刚性横梁法中的修正系数是一个与桥梁横截面集几何尺寸、材料特性有关与主梁的刚度无关的参数。 (Y)
- 21) 重力式桥台的计算只包括基底应力验算、整体抗倾覆稳定性验算和整体抗滑动验算三部分。 (N)
- 22) 在预应力混凝土连续梁中, 次力矩为零的束筋位置为吻合束位置。 (Y)
- 23) 在箱梁分析中, 只有顶板才会发生剪力滞后现象, 底板则不会出现, 可不必考虑底板剪力滞后效应。 (Y)
- 24) 连续板桥在支点处产生负弯矩, 对跨中弯矩起到卸载作用, 故可以比简支梁桥的跨径做得大一些或其厚度比同跨径的简支梁做得薄一些。 (Y)
- 25) 简支梁桥是静定结构, 结构内力不受基础变位的影响, 因而能适用于地基较差的桥位上建桥。 (Y)
- 26) 在超静定梁中, 混凝土徐变引起的结构次内力在梁内的分布是非线性的, 因为在混凝土结

- 硬初期，徐变增长较快，随着龄期的增长，徐变逐渐减慢。（Y）
- 27) 在超静定梁中，预加力的次力矩是由多余约束的次反力产生的，因此该力矩是非线性分布的。（N）
- 28) 牛腿的最大应力发生在截面开始变化的竖直截面上。（N）
- 29) 刚架桥在混凝土收缩、墩台不均匀沉降等因素的作用下，结构内力不会发生变化。（N）
- 30) 横隔梁在装配式 T 梁桥中起着保证各片主梁相互连成整体的作用。（N）
- 31) 用偏心压力法算简支 T 梁的中横隔梁内力时，横隔梁的力学模式为一简支梁。（N）
- 32) 任何纵横正交梁格系结构比拟成的异性板，都可以完全仿照真正的材料异性板来求解，只是微分方程中的刚度常数不同，但所求的解是近似的。（Y）
- 33) 重力式型桥台的计算只包括基底应力验算，整体抗倾覆稳定性验算和整体抗滑动验算三部分。（N）
- 34) 弯桥的反力与直线桥相比直线桥有内梁变大，外梁变小的趋向。（N）
- 35) 拱轴线和压力线在任何时候都是重合的。（N）
- 36) 简单体系拱是主拱式承重构件，拱上建筑仅起传力作用，因此，计算拱上建筑内力时，不必考虑其联合作用。（Y）
- 37) 中承式拱桥的拱轴系数取值一般都比较大。（Y）
- 38) 计算斜拉桥内力时，应计入其拉索的垂度效应。（Y）
- 39) 拱桥应该选择在很低的温度下合龙。（Y）
- 40) 拱桥按静力图示可分为三铰拱、两铰拱和无铰拱。（Y）
- 41) 拱式空腹式拱桥的端腹拱常做成无铰拱。（Y）
- 42) 中、下承拱桥计算时，考虑吊杆的“保向力”对主拱是有利的。（N）
- 43) 拱桥重力式桥台与轻型桥台的计算原理相同。（N）
- 44) 拱的施工加载程序设计的目的是为了施工进度。（N）
- 45) 简单体系拱只是由主拱承担内力，拱上建筑仅起传力作用，因此，计算拱上建筑内力时，不必考虑其联合作用。（Y）
- 46) 钢管混凝土拱桥的拱轴系数取值一般都比较大。（N）
- 47) 计算斜拉桥内力时，应计入其拉索的垂度效应。（Y）
- 48) 板式橡胶支座的水平位移是通过支座与梁底或墩台面间的相对滑动实现的。（N）
- 49) 桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度，才能保证桥下的通航要求。（N）

四、单项选择题

- 1) 桥梁两个桥台侧墙或八字墙后端点之间的距离称为 ____ C
A 桥梁跨度
B 桥梁总长
C 桥梁全长
D 桥梁标准跨径
- 2) 梁式桥与拱式桥在受力特征上最大的区别在于 ____ C
A 在竖向荷载作用下，梁式桥有水平反力产生，拱式桥有水平反力产生
B 在竖向荷载作用下，梁式桥有水平反力产生，拱式桥无水平反力产生
C 在竖向荷载作用下，梁式桥无水平反力产生，拱式桥有水平反力产生
D 在竖向荷载作用下，梁式桥无水平反力产生，拱式桥无水平反力产生
- 3) 桥面应设置横坡，以利排水。横坡一般可以设置在 ____ B
A 墩台上
B 铺装层采用混凝土三角垫层
C 桥道板上
D 以上都正确
- 4) 桥梁设计时主梁配筋多少及布置位置最主要依据是 ____ C
A 跨中截面的最不利内力组合
B 各截面的基本组合内力
C 截面的内力包络图
D 截面的束界
- 5) 对于用企口缝联接的简支空心板梁桥，跨中部分一般采用 ____ C 计算荷载横向分布系数。
A 杠杆法
B 偏心压力法
C 铰接板梁法
D 刚接梁法
- 6) 对于坡桥，宜将固定支座布置在标高 ____ B 的墩台上。
A 相对较高
B 相对较低
C 相对平均
D 随便
- 7) 顶推法施工适用哪种梁桥？ ____ A
A 等截面预应力混凝土连续梁桥
B 等截面钢筋混凝土连续梁桥

C 变截面预应力混凝土连续刚构桥

D 变截面预应力混凝土连

8) 水浮力和基础变位影响力属于 A

A 永久荷载

B 可变荷载

C 偶然荷载

D 可变荷载和永久荷载

9) 在计算荷载位于靠近主梁支点时的横向分布系数 m 时可偏安全的采用 A

A 杠杆法

B 偏心压力法

C 铰接板法

D 修正偏心压力法

10) 重力式桥台的主要特点是依靠什么来平衡外力而保持其稳定? B

A 台后土压力

B 自身重量

C 台内填土

D 锥坡填土

11) 人群荷载属于 B

A 永久荷载 B 基本可变荷载 C 其他可变荷载 D 偶然荷载

12) 有一座由多片截面 T 形梁组成的桥跨结构, 其横截面布置也对称于中轴线, 则 C

A 每片梁的荷载横向分布系数 m 值一定是不同的

B m 值可以大于 1 或小于 1

C m 值只能小于 1

D m 值只能大于 1

13) 主梁中配置预应力束筋、纵向主筋、斜筋以及作各种验算时, 需要作出主梁的 D

A 弯矩图 B 剪力图 C 影响连线图 D 包络图

14) 在配置式 T 形梁桥中, 为保证各片主梁能相互连接成整体, 共同参与受力, 需设置

B

A 钢板 B 横隔板 C 内纵梁 D 腹板

15) 梁式桥的两个相邻桥墩中线之间的水平距离, 或桥墩中线到桥台台背前缘之间的水平距

离，称为 C

- A 净跨径 B 总跨径 C 标准跨径 D 计算跨径

16) 按设计洪水位频率计算所得的高水位称之为 D

- A 标准水位 B 最高水位 C 枯水位 D 设计洪水位

17) 桥梁的基本组成包括上部结构、下部结构以及 D

- A 地基 B 桥跨结构 C 锥坡 D 基础

18) 桥梁设计和施工中，要进行强度、刚度和稳定性验算，这刚度是指 C

- A 应力 B 应变 C 挠度（变形） D 预拱度

19) 装配式 T 梁的横隔梁连接方式有 A

- A 扣环式接头

- B 企口铰连接

- C 干接缝连接

- D 铰接缝连接

20) 跨径大而墩的高度小的连续刚构桥常采用 B

- A 实体重力式墩

- B 水平抗推刚度较小的桥墩

- C 水平抗推刚度较大的桥墩

- D 对主梁嵌固作用大的桥墩

21) 影响斜板桥受力的因素有 B

- A 斜交角、板的横截面形式及支承形式

- B 斜交角、宽跨比及支承形式

- C 斜交角、板的横截面形式及宽跨比

- D 宽跨比、板的横截面形式及支承形式

22) 位于透水性地基上墩台，在验算稳定时，应采用 C

- A 低水位时的浮力

- B 不考虑水的浮力

- C 设计高水位时的浮力

- D 常水位时的浮力

23) 非线性温差分布的情况下 A

A 静定梁和超静定梁截面内都产生温度自应力

B 只在静定梁截面上产生温度自应力

C 只在超静定梁截面上产生温度自应力

D 静定梁和超静定梁截面内都只产生温度自应力

24) 徐变引起的徐变变形 C

A 只在超静定结构中产生

B 只在静定结构中产生

C 在超静定结构和静定结构中都产生

D 在超静定结构和静定结构中都不产生

25) 桥梁总长是指A

A 桥梁两桥台台背前缘间的距离

B 桥梁结构两支点间的距离

C 桥梁两个桥台侧墙尾端的距离

D 各孔净跨径的总和

26) 桥梁的建筑高度是指A

A 桥面与桥跨结构最低边缘的高差

B 桥面与墩底之间的高差

C 桥面与地面线之间的高差

D 桥面与基础地面之间的高差

27) 在影响斜板桥受力的主要因素中，下列D不是主要因素。

A 斜交角

B 宽跨比

C 支承形式

D 板的厚度

28) 截面的效率指标是C

A 预应力束筋偏心距与梁高的比值

B 截面上核心距与下核心距的比值

C 截面上、下核心距与梁高的比值

D 截面上、下核心距与预应力束筋偏心距的比值

29) 单向板是指长宽比B的周边支承桥面板。

- A 大于 2
- B 等于和大于 2
- C 等于和小于 2
- D 小于 2

30) 人群荷载属于B

- A 永久荷载
- B 基本可变荷载
- C 其他可变荷载
- D 偶然荷载

31) 斜交板桥的最大反力发生在A

- A 钝角附近
- B 锐角附近
- C 桥轴线处
- D 桥跨跨中处

32) 箱梁的自由扭转产生B

- A 纵向正应力和剪应力
- B 剪应力
- C 横向正应力和剪应力
- D 纵向正应力、横向正应力和剪应力

33) 箱梁的畸变产生C

- A 纵向正应力、横向正应力和剪应力
- B 剪应力
- C 横向正应力和剪应力
- D 纵向正应力和剪应力

34) 我国桥梁设计程序可分为前期工作及设计阶段，设计阶段按“三阶段设计”进行，即

- D
- A 上部结构设计、下部结构设计及基础设计
- B 初步设计、立面设计与和截面设计

C 桥型设计、截面设计和施工设计

D 初步设计、技术设计与施工设计

35) 桥梁按体系划分可分为A

A 梁桥、拱桥、刚构桥、缆索承重桥以及组合体系桥

B 简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥和连续刚构桥

C 木桥、钢桥、圬工桥、钢筋混凝土桥和预应力混凝土桥

D 公路桥、铁路桥、人行桥和农用桥

36) 刚性横梁法的基本假定为C

A 横梁的刚度与主梁相同

B 横梁的刚度为无穷小

C 横梁的刚度为无穷大

D 上述三个答案都不对

37) 非线性温度场在连续梁桥中将A

A 产生结构自应力和次应力

B 只产生结构自应力

C 只产生结构次应力

D 既不产生结构自应力也不产生次应力

38) 在预应力混凝土结构中，预加力产生的混凝土压力线C

A 与束筋在中间支点上的偏心距有关

B 与束筋的梁端偏心距和束筋在跨内的形状无关

C 与束筋的梁端偏心距和束筋在跨内的形状有关

D 不仅与束筋的梁端偏心距和束筋在跨内的形状有关，而且与束筋在中间支点上的偏心距有关

39) 我国现行规范中，将桥梁设计荷载分为A

A 永久作用、可变作用、偶然作用

B 永久荷载、基本可变荷载、其他可变荷载

C 恒载、可变荷载、地震力

D 结构自重、车辆荷载、偶然荷载

40) 在桥梁施工中，预拱度的大小通常取C

- A 全部恒载所产生的竖向挠度
 - B 全部恒载和全部活载所产生的竖向挠度
 - C 全部恒载和一半活载所产生的竖向挠度
 - D 全部活载所产生的竖向挠度
- 41) 用刚性横梁法计算出的某梁荷载横向分布影响线的形状是 A
- A 一根直线
 - B 一根折线
 - C 一根曲线
 - D 一根抛物线
- 42) 下列哪一种桥台形式不属于重力式桥台 A
- A 双柱式桥台
 - B 重力式桥台
 - C 八字式桥台
 - D U型桥台
- 43) 按照不同的静力图式，主拱圈可做成 A、_____ 和 _____。
- A 圆弧、抛物线、悬链线
 - B 砌工、钢筋混凝土、钢
 - C 三铰拱、无铰拱、二铰拱
 - D 板、肋、箱形

五、问答题

1) 桥梁有哪些基本类型？按照结构体系分类，各种类型的受力特点是什么？

答：梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥。按结构体系划分，有梁式桥、拱桥、钢架桥、缆索承重桥（即悬索桥、斜拉桥）等四种基本体系。梁式桥：梁作为承重结构是以它的抗弯能力来承受荷载的。拱桥：主要承重结构是拱肋或拱圈，以承压为主。刚架桥：由于梁与柱的刚性连接，梁因柱的抗弯刚度而得到卸载作用，整个体系是压弯构件，也是有推力的结构。缆索桥：它是以承压的塔、受拉的索与承弯的梁体组合起来的一种结构体系。

2) 桥梁按哪两种指标划分桥梁的大小？具体有哪些规定？

答：按多孔跨径总 L 和单孔跨径划分。

3) 各种体系桥梁的常用跨径范围是多少？各种桥梁目前最大跨径是多少，代表性的桥梁名称？

答：梁桥常用跨径在 20 米以下，采用预应力混凝土结构时跨度一般不超过 40 米。代表性的桥梁有丫髻沙。拱桥一般跨径在 500 米以内。目前最大跨径 552 米的重庆朝天门大桥。钢构桥一般跨径为 40-50 米之间。目前最大跨径为

4) 桥梁的基本组成部分有哪些？各组成部分的作用如何？

答：有五大件和五小件组成。具体有桥跨结构、支座系统、桥墩、桥台、基础、桥面铺装、排水防水系统、栏杆、伸缩缝和灯光照明。桥跨结构是线路遇到障碍时，跨越这类障碍的主要承载结构。支座系统是支承上部结构并传递荷载于桥梁墩台上，应满足上部结构在荷载、温度或其他因素所预计的位移功能。桥墩是支承两侧桥跨上部结构的建筑物。桥台位于河道两岸，一端与路堤相接防止路堤滑塌，另一端支承桥跨上部结构。基础保证墩台安全并将荷载传至地基的结构部分。桥面铺装、排水防水系统、栏杆、伸缩缝、灯光照明与桥梁的服务功能有关。

5) 桥梁规划设计的基本原则是什么？

答：桥梁工程建设必须遵照“安全、经济、适用、美观”的基本原则，设计时要充分考虑建造技术的先进性以及环境保护和可持续发展的要求。

6) 桥梁设计必须考虑的基本要求有哪些？设计资料需勘测、调查哪些内容？

答：要考虑桥梁的具体任务，桥位，桥位附近的地形，桥位的地质情况，河流的水文情况。设计资料需勘测、调查河道性质，桥位处的河床断面，了解洪水位的多年历史资料，通过分析推算设计洪水位，测量河床比降，向航运部门了解和协商确定设计通航水位和通航净空，对于大型桥梁工程应调查桥址附近风向、风速，以及桥址附近有关的地震资料，调查了解当地的建筑材料来源情况。

7) 大型桥梁的设计程序包括哪些内容？

答：分为前期工作及设计阶段。前期工作包括编制预可行性研究报告和可行性研究报告。设计阶段按“三阶段设计”，即初步设计、技术设计、与施工图设计。

8) 桥梁的分孔考虑哪些因素？桥梁标高的确定要考虑哪些因素？

答：要考虑通航条件要求、地形和地质条件、水文情况以及经济技术美观的要求。要考虑设计洪水位、桥下通航净空要求，结合桥型、跨径综合考虑，以确定合理的标高。

9) 桥梁纵断面设计包括哪些内容？

答：包括桥梁总跨径的确定，桥梁额分孔、桥面标高与桥下净空、桥上及桥头的纵坡布置等。

10) 桥梁横断面设计包括哪些内容？

答：桥梁的宽度，中间带宽度及路肩宽度，板上人行道和自行车道的设置桥梁的线性及桥头引道设置设计等。

11) 为什么大、中跨桥梁的两端要设置桥头引道？

答：桥头引道起到连接道路与桥梁的结构，是道路与桥梁的显性协调。

12) 什么是桥梁美学？

答：它是通过桥梁建筑实体与空间的形态美及相关因素的美学处理，形成一种实用与审美相结合的造型艺术。

13) 桥梁墩台冲刷是一种什么现象？

答：流向桥墩的水流受到桥墩阻挡，桥墩周围的水流结构发生急剧变化从而造成了对桥梁墩台的冲刷，这种冲刷是对桥梁墩台的一种损害现象。

14) 车辆荷载的影响力有哪些？

答：车辆重力标准值、前轴重力标准值、中轴重力标准值、后轴重力标准值、轴距。

15) 基本可变荷载包括哪些内容？

答：包括汽车荷载、汽车冲击力荷载、汽车荷载离心力、汽车荷载引起的土侧压力、人群荷载、汽车荷载制动力、风荷载、温度荷载和其他可变荷载。

16) 其他可变荷载包括哪些内容？

答：包括水压力、冰压力和支座摩擦阻力等。

17) 偶然荷载主要指哪几种？

答：有地震作用船舶漂流物的撞击作用汽车撞击作用。

18) 桥规对安全等级有何规定？

答：分为三个等级，一级指特大桥、重要桥梁，二级指大桥、中桥、重要小桥，三级指小桥、涵洞。

19) 桥规对公路-I 级、公路-II 级车道荷载和车辆荷载有哪些规定？

答：桥梁结构的整体计算采用车道荷载；桥梁结构的局部加载、涵洞、桥台和挡土墙土压力等的计算采用车辆荷载。

20) 承载能力极限状态作用效应组合分哪两种？

答：分为基本组合和偶然组合。

21) 正常使用极限状态作用效应组合分哪两种？

答：作用短期效应组合和作用长期效应组合。

22) 试举属于永久荷载、可变荷载的具体桥梁设计荷载各 3 例。

答：永久荷载有结构重力、水的浮力、基础变位等，可变荷载有汽车荷载、汽车冲击力荷载、风荷载等。

23) 汽车冲击力产生的原因是什么？在计算中主要考虑哪些因素的影响？

答：汽车以一定速度在桥上行驶时，由于桥面的不平整、车轮的不圆以及发动机的抖动等原因，会产生冲击力作用。要考虑结构基频、结构材料的弹性模量、结构跨中截面的截面惯性矩、结构跨中处的单位长度质量、结构跨中处每延米结构重力。

24) 制动力和牵引力各是怎样产生的？其大小、方向和作用点如何？

答：制动力是车辆在刹车时为克服车辆的惯性力而在路面与车辆之间发生的滑动摩阻力。牵引力是车辆起动时为提供牵引力而在路面与车辆之间发生的滑动摩阻力。当着力在桥面以上 1.2 米处，在计算墩台时可移至支座中心或滑动支座、橡胶支座、摆动支座的底座面上；计算钢构桥、拱桥时，可移至桥面上，但不计因移动而产生的竖向力和力矩。

25) 风荷载基本风压如何确定? 风荷载标准强度计算时, 还应考虑哪些因素?

答: 作用在建筑物单位面积上的风力叫风压。还应考虑风向、风流经过建筑物产生的涡旋。

26) 作用(荷载)效应的组合有什么原则? 公路桥规的作用效应组合有哪几类?

答: (1) 只有在结构上可能同时出现的作用, 才进行其效应的组合。(2) 当可变作用的出现对结构或结构构件产生有利影响时, 该作用不应该参与组合。(3) 施工阶段作用效应的组合, 应按计算需要及结构所处条件而定, 结构上的施工人员和施工机具设备均应作为临时荷载加以考虑。

(4) 多个偶然作用不同时参与组合。分为按承载能力极限状态设计时的作用效应组合和按正常使用极限状态设计时的作用效应组合。

27) 什么叫抗震分析的时程分析法和反应谱分析法?

答: “时程分析法”是由结构基本运动方程输入地震加速度记录进行积分, 求得整个时间历程内结构地震作用效应的一种结构动力计算方法, 也为国际通用的动力分析方法。是在输入大量的地震加速度记录后所绘制的很多反应谱曲线经过处理后得到的平均反应谱从而分析动力性质的一种方法。

28) 在桥梁平面设计中对于直线桥与曲线桥的选择应注意哪些要求?

答 1)高等级道路上, 桥的平面符合路线类型 2)公路为二级以下的桥面设计为直线桥 3)小桥都设为直线桥。

29) 在桥梁平面设计中对于正交桥与斜交桥的选择应注意哪些要求?

答:1)公路桥中的大中桥一般设计为正交桥 2)受街道制约的城市桥一般设直线桥, 当斜交角小于 5 度时设斜交桥 3)公路、城市桥下为非通航的河流, 斜交角小于 45 度时可设斜交桥 4)小桥斜交角小于 45 度设斜交桥。

30) 桥梁纵断面的设计的主要内容有哪些项?

答:桥梁纵断面设计包括确定桥梁的总跨径, 桥梁的分孔, 桥道的标高, 桥上和桥头引道的纵坡以及基础的埋置深度等。

31) 桥梁的经济分孔原则是什么?

答:1)对于通航河流, 在分孔时首先应满足桥下的通航要求; 2)平原区宽阔河流上的桥梁, 通常在主河槽部分按需要布置较大的通航孔, 而在两侧浅滩部分按经济跨径进行分析; 3)对于在山区深谷上, 水深流急的江河上, 或需要在水库上修桥时, 为了减少中间桥墩, 应加大跨径, 如果条件允许的话, 甚至可以采用特大跨径的单孔跨越; 4)对于采用连续体系的多孔桥梁, 应从结构的受力特性考虑, 使边孔与中孔的跨中弯矩接近相等, 合理地确定相邻跨之间的比例; 5)对于河流中存在的不利的地质段, 例如岩石破碎带, 裂隙, 溶洞等, 在布孔时, 为了使桥基避开这些区段, 可以适当的加大跨径。

32) 桥型方案的比选有哪六个步骤?

答: 1. 明确各种标高 2. 桥梁分孔和初拟桥型方案草图 3. 方案筛选 4. 详绘桥型方案 5 编制估算或概算 6 方案选定和文件汇总。

33) 混凝土桥面是由哪些部分组成的? 各部分的作用是什么?

答: 1、道床: 减弱对桥的冲击; 缓和列车的震动; 防治枕木移位; 将车轮集中荷载分布到梁顶面; 调整轨底标高。

2: 桥面铺装: 防治车道板磨耗; 保护主梁免受雨水侵蚀; 减缓冲击; 分散汽车荷载。

3: 防排水系统: 使桥面快速排水, 防治桥面水渗透到主梁内部; 增加结构的耐久性。

4: 伸缩缝: 使桥面自由伸缩, 桥面连续, 车辆驶过时平顺, 防止雨水和杂物渗入。

5: 防撞墙: 防治汽车重装桥面护栏, 同时作为机动车道和人行道或非机动车道的分隔带。

34) 理想的桥梁伸缩装置应满足哪些要求? 现在常用的伸缩装置有哪些类型?

答：应满足在平行、垂直于桥梁轴线的两个方向，均能自由伸缩；除本身要有足够的强度外，应与桥面铺装部分牢固连结；车辆通过时应平顺、无突跳且噪声小；具有良好的密水性和排水性，并便于安装、检查、养护和清除沟槽的污物。现在常用的有对接式伸缩装置、钢制支承式伸缩装置、组合剪切式橡胶伸缩装置、模数支承式伸缩装置、无缝式伸缩装置。

35) 为什么梁与梁之间要留梁缝？引起梁长变化的因素有哪些？

答：主要是为了防止梁的纵向变形不均匀而造成的纵向裂缝不均匀的裂缝，引起梁长变化的主要因素有：温度变形，收缩徐变变形，车道荷载等。

36) 桥面的防排水系统有何作用？常用的构造措施和施作方法有哪些？

答：应迅速排除桥面上积水，并使渗水的可能性降至最小限度。城市桥梁排水系统应保证桥下无滴水和结构上无漏水现象。

37) 桥规对桥梁耐久性设计有何规定？设计基准期和使用寿命有何不同？

答：1、桥梁结构的耐久性是指桥梁结构在正常使用、维护良好的情况下应具有足够的耐久性能。
2、设计基准期 T 是指在确定可变荷载及与时间有关的材料性能取值时而选用的时间参数，与结构的重要性无关。而结构的使用寿命是指在正常设计，正常施工，正常使用和维护下结构所达到的使用年限。

38) 公路车道荷载为什么需要进行纵向折减？

答：车轮荷载作用于桥面上时，除了直接承受荷载的板条外，沿纵向与之相邻的板也分担一部分荷载所以要进行纵向折减。

39) 设置桥梁纵坡的原因和目的是什么？

答：为使雨水迅速排除，防止或减少雨水对铺装层的渗透，从而保护了行车道板，延长桥梁使用寿命。

40) 桥梁上有哪些基本的附属设施？桥面构造由哪些组成？

答：包桥面系、伸缩缝、桥梁与路堤衔接处的桥头搭板和锥形护坡等。桥面构造包括桥面铺装、排水防水系统、栏杆、伸缩缝、灯光照明，

41) 桥面铺装、伸缩缝的作用、要求和类型？

答：桥面铺装作用是保护桥梁主体结构，承受车轮的直接磨损，防止主梁遭受雨水的侵蚀，并能对车辆集中荷载起一定的分布作用。因此，桥面铺装应有一定的强度，防止开裂，并耐磨损。主要类型有普通水泥混凝土、防水混凝土、沥青混凝土。伸缩缝为了保证桥跨结构在气温变化、活载作用、混凝土收缩与徐变等影响下按静力图示自由变形，要求 1. 能保证结构温度变化所引起的伸缩变形 2. 车辆驶过时应能平顺、不打滑、无突跳、过大的噪声与振动 3. 具有安全排水防水的构造防止雨水侵蚀、垃圾及泥土的阻塞对伸缩缝本身以及对桥面以下支座和其他结构的损坏、对功能正常发挥作用。类型有充填式伸缩缝、钢板伸缩缝、橡胶伸缩缝、组合伸缩缝。

42) 伸缩缝的伸缩量如何计算？

答：桥梁伸缩缝的由于温变变化而成伸缩量变化，根据当地温度变化范围和安装支座时的温度来计算伸缩量(ΔL_t)、混凝土的徐变、收缩的缩短量；其它次要因素是用一定的安全值在构造上给以考虑，同时还应算出由于因工时，温度变化的修正量。

43) 桥面排水系统如何设计？

答：为使雨水迅速排除，桥面上一般应设置纵横坡，以防止或减少雨水对铺装层的渗透，还要设置排水设施将雨水迅速排除。

44) 横坡设置有哪几种方法？各自的适用性是什么？

答 对于板桥(矩形板梁或空心板梁)或就地浇筑的肋板式梁桥，将墩台顶部做成倾斜的，再在其上

盖桥面板，可节省铺装材料并减轻恒载；2) 对于装配式肋板式梁桥，可采用不等厚的铺装层（包括混凝土的三角垫层和等厚的路面铺装层），方便施工；3) 桥宽较大时，直接将行车道板做成双向倾斜，可减轻恒载，但主梁构造、制作均较复杂。桥面不是很宽时，第2种方式较常用。

45) 何谓桥面连续？

答：对于多跨简支梁（板）桥，在施工中采用的连续措施，减少桥墩处桥面的断缝道数，使桥面连续为一整体的结构处理措施。

46) 行车道板的定义是什么？其作用是什么？

答：定义：行车道板是直接承受轮压的混凝土板，它与主梁梁肋和横隔梁联结在一起的结构板。

作用：承力、传力、连接。

47) 预应力混凝土简支梁与钢筋混凝土简支梁相比有何优点？

答：钢筋混凝土构件的最大缺点是抗裂性能差。当应力达到较高值时，构件裂缝宽度将过大而无法满足使用要求，因此在普通钢筋混凝土结构中不能充分发挥采用高强度材料的作用。为了满足变形和裂缝控制的要求，则需增加构件的截面尺寸和用钢量，这既不经济也不合理，因为构件的自重也增加了。预应力混凝土是改善构件抗裂性能的有效途径。在混凝土构件承受外荷载之前对其受拉区预先施加压应力，就成为预应力混凝土结构。预压应力可以部分或全部抵消外荷载产生的拉应力，因而可推迟甚至避免裂缝的出现。

48) 按承重结构截面型式划分，梁桥有哪些类型？它们的特点和适用范围如何？

答：1) 板式截面、肋梁式截面、箱型截面，

49) 钢筋混凝土简支梁一般适用的跨度范围如何？现行标准设计有哪些跨度？

答：钢筋混凝土T形、I形截面简支梁桥标准跨径不宜大于16m，钢筋混凝土箱形截面简支梁标准跨径不宜大于25m，钢筋混凝土箱形截面连续梁标准跨径不宜大于30m。预应力混凝土T形、I形截面简支梁标准跨径不宜大于50m。

50) 在装配式T形梁桥中，横隔梁（板）的作用是什么？

答：起着保证各根主梁相互连成整体的作用；它的刚度愈大，桥梁的整体性愈好，在荷载作用下各主梁就能更好地协同工作。

51) 什么叫桥面简易连续和结构连续梁式桥？

答：桥面简易连续梁式桥是指多跨的混凝土简支梁桥中，将桥面做成连续的桥梁。

结构连续梁式桥是指对多跨的混凝土简支梁桥两端做完全固结处理的桥梁。

52) 钢垫板下的间接钢筋有哪几种形式？它们的作用是什么？

答：钢垫板下的间接钢筋有：具有套箍作用的螺旋筋，钢筋网，交叉型钢筋网。防止局部承压破坏。

53) 后张法预应力简支梁中，预应力筋大部分在梁端附近弯起，这是为什么？

答：在后张法预应力简支梁中，跨中截面为了获得最大的承载能力和较大的预压应力，预应力筋尽可能地靠近梁的下缘布置，在支点附近由于梁体自重弯矩减小，在张拉锚固阶段梁体上缘可能会出现过高的拉应力，可能导致开裂，因此为减小预应力产生的弯矩，所以大部分预应力钢筋在梁端附近都要弯起以减小偏心。再者，由于预应力钢筋靠锚具锚固在梁端，锚具和张拉千斤顶需要一定的工作面积，锚具垫板下混凝土具有较高的局部压应力，可能造成锚下混凝土开裂，因此也需要将锚具在梁端分散布置，使得大部分预应力钢筋在梁端附近都要弯起。

54) 整体式板桥与装配式板桥在受力上有何不同？装配式板桥横向如何联结？

答：装配式梁桥：可在工厂或工地预制，节省模板，无需支架，可与桥梁墩台平行施工，质量有保证；需要吊装机械；整体性较差。整体式梁桥：整体性好；需要支架，施工质量控制难度大，

施工时间长(只能在桥梁墩台完成后施工,养护还需一段时间)。装配式板桥横向连接的作用是:(1)把各预制板连接为整体。(2)使各板共同受载。(3)保证桥跨的横向刚度。横向连接的方式有:企口混凝土铰连接和钢板焊接连接。

55) 梁式桥按承重结构的静力体系的分类和特点?

分为简支梁桥、悬臂梁桥、连续梁桥、T形钢构桥及连续-钢构桥。简支梁桥受力简单梁中只有正弯矩,体系温变、张拉预应力等均不会在梁中产生附加内力,设计计算方便,最易设计成各种标准跨径的装配式结构。将简支梁桥梁体加长,并越过支点就成为悬臂梁桥。将简支梁梁体在支点上连接形成连续梁,连续梁受温度变化及混凝土收缩等影响产生的纵向位移也就较大,使伸缩缝及活动支座的构造复杂化。T形刚构是一种墩梁固结、具有悬臂受力特点的梁式桥。连续钢构桥是预应力混凝土大跨梁式桥的主要桥型之一,它综合了连续梁和T形钢构桥的受力特点,将主梁做成连续梁体,与薄壁桥墩固结而成。

56) 装配式简支梁桥设计中块件划分遵循哪些原则?块件划分方式有哪几种?

答:装配式梁桥设计块件划分原则:1)根据建桥现场实际可能预制、运输和起重等条件,确定拼装单元的最大尺寸和重量。2)块件的划分应满足受力要求,拼装接头应尽量设置在内力较小处。3)拼装接头的数量要少,接头形式要牢固可靠,施工要方便4)构件要便于预制、运输和安装。5)构件的形状和尺寸应力求标准化,增强互换性,构件的种类应尽量减少。

57) 装配式T形梁的截面尺寸如何确定?

答:(1)主梁梁肋尺寸

主梁的高度与主梁间距、主梁跨径以及活载的大小等有关。主梁梁肋的宽度,在满足抗剪需要的前提下,一般都做得较薄,以减轻构件的重量。但从保证梁肋的屈曲稳定以及施工方面考虑,梁肋也不能做得太薄,目前常用的梁肋宽度为150~180mm,具体视梁内钢筋骨架的尺寸而定。

(2)主梁翼缘板尺寸

考虑构件制造上的误差和安装就位,主梁翼缘板的宽度应比主梁中距小20mm。根据受力特点,翼缘板通常都做成变厚度的,即端部较薄,向根部逐渐加厚,以利施工脱模。其悬臂端的厚度不应小于100mm,当主梁之间采用横向整体现浇连接时,其悬臂端厚度不应小于140mm。为保证翼板与梁肋连接的整体性,翼板与梁肋衔接处的厚度应不小于主梁高度的1/10。为使翼板和梁肋连接平顺,常在转角处设置钝角或圆角式承托,以减小局部应力和便于脱模。

58) 装配式预应力T形梁的横截面形式、预应力筋布置有什么特点?预应力砼梁除了预应力钢筋外还需要设置哪些非预应力钢筋?

答:截面形式可分为等截面和变截面形式,特点是在保证梁底保护层厚度及使预应力钢筋位于索界内的前提下,尽量使预应力钢筋的重心靠下;在满足构造要求的同时,预应力钢筋尽量相互紧密靠拢,使构件尺寸紧凑。非预应力钢筋有架立筋、箍筋、水平分布钢筋、承受局部预应力的非预应力钢筋和其他构造钢筋。

59) 对比分析实心矩形板混凝土板梁和混凝土T形梁的优缺点和各自适用情况?

答:1、实心板桥有点是建筑高度小,截面形状简单,结构刚度大,整体性好。缺点是结构自重大,材料利用不合理。多适用于跨径不超过8m的小跨径板桥。

2、T梁优点是外形简单,制造方便,装配式桥型有刚劲的钢筋骨架,主梁之间借助间距为5~8m的横隔梁来连接,整体性好,接头也较方便。缺点是截面在运输安装过程中稳定性差,特别是预应力混凝土T形梁,不能斜置、倒置或在安装过程中倾斜;构件在桥面板的跨中接头,对板的受力不利。多使用与中小型桥梁结构。

60) 简支梁桥的设计计算应包括哪些内容?

答：有受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、裂缝宽度计算、挠度计算。

61) 简述“全预应力混凝土梁”和“部分预应力混凝土梁”各自的优缺点？

答：全预应力是在全部荷载最不利组合作用下，正截面上混凝土不出现拉应力。部分预应力是在全部荷载最不利组合作用下构，构件正截面上混凝土允许出现裂缝，但裂缝宽度不超过规定容许值。

62) 先张法预应力混凝土梁中一些预应力钢筋为何在梁端附近要与混凝土绝缘？如何实现其与混凝土绝缘？

答：（1）预应力筋产生的偏心弯矩用来抵抗外荷载产生的弯矩；（2）简支梁外荷载产生的弯矩沿梁长的分布为跨中大，两端小（基本为零）（3）力筋端部若不绝缘，则力筋产生的负弯矩会导致上缘混凝土开裂。绝缘的方法：在力筋上套塑料管等实现力筋与混凝土免粘结。

63) 在后张法预应力混凝土梁中，要进行管道压浆和封端作业，目的是什么？

答：压浆作用首先防止预应力筋锈蚀其次使预应力筋与混凝土结构形成整体。封端作业为了防止预应力筋回缩造成预应力松弛。

64) 怎样区分桥面板是单向板还是悬臂板？工程实践中最常见的桥面板的受力图式有哪些？车轮荷载在桥面板上如何分布？

答：单向板，四边弹性固支在主横梁上，长边比宽 ≥ 2 。自由端悬臂板，三边弹性固支于主横梁上，另一边为“自由”的桥面板，按一端嵌固于立梁，另一端自由的悬臂板进行受力、配筋计算。车轮荷载在桥面板上分布（1）车轮与铺装层的接触面为一矩形（2）车轮压力面按45度角经铺装面传到桥面板（3）桥面铺装的厚度为平均厚H。

65) 腹板厚度为何靠近梁端附近增厚？下翼缘为何加宽？

答：腹板的作用是承载截面的剪力和主拉应力，腹板的最小厚度应满足剪切极限强度的要求。对侧腹板要满足弯扭剪切极限强度的要求，所以一般侧腹板比中腹板厚，下翼缘也要加宽。

66) 横隔板的作用？为何端部横隔板厚度较大？横隔板为何留有方孔？

答：横隔梁在装配式T形梁中起着保证各根主梁相互连成整体的作用；它的刚度愈大，桥梁的整体性愈好，在荷载作用下各主梁就能更好的协同工作。在箱梁中的基本作用是增加截面的横向刚度，限制畸变。端部横隔板还肩负着承受和分布较大支承反力的作用所以厚度较大。留有方孔为了减轻桥梁的自重。

67) 什么是桥面板的有效工作宽度？怎样确定？

答：在局部分布荷载的作用下，不仅直接承压部分的板带参与工作，而且与其相邻的部分板带也会分担一部分荷载共同参与工作，荷载的有效分布宽度就是板的有效工作宽度。

68) 目前我国预应力混凝土梁主要采用的力筋类型和张拉锚固体系有哪些？

答：有钢绞线、高强度钢丝、精轧螺纹钢筋。张拉锚固体系有依靠摩阻力锚固的锚具、依靠承压锚固的锚具、依靠粘结力锚固的锚具。

69) 预应力混凝土梁中，有哪些与钢筋混凝土梁内不同类型的钢筋？作用如何？

答：钢绞线，具有达到有热处理与预拉处理的效果，不仅可以消除内应力，而且可以提高强度，使结构紧密，切断后不松散，可使应力松弛损失率大大降低，伸直好。高强度钢丝，采用冷拔工艺生产的高强钢丝，冷拔后还需经过回火以消除钢丝在冷拔中所存在的内部应力，提高钢丝的比列极限、屈服强度和弹性模量。精轧螺纹钢筋，在轧制时沿钢筋纵向全部轧有规律性的螺纹肋条，可用螺丝套筒连接和螺帽锚固，因此不需要再加工螺丝，也不需要焊接。

70) 先张梁中，常采用哪些类型的预应力筋？直线配筋时，为何梁端附近部分的力筋须与混凝土绝缘？

答：先张梁中，常采用高强钢丝和钢绞线。力筋端部若不绝缘，则力筋产生的负弯矩会导致上缘混凝土开裂。

71) 为什么钢筋混凝土低高度梁比普通高度梁的钢筋用量多？

答：若想低高度梁与同跨度普高梁的承载能力相同，则必须提高钢筋拉力合力（与混凝土压应力合力相等），相应的钢筋的面积也会增多。

72) 为什么将后张法预应力钢筋混凝土梁中的预应力筋进行曲线布置？

答：(1) 适弯矩沿桥跨的变化，跨中弯矩大，两端附近弯矩小；(2) 适应剪力的变化，梁端附近剪力大，弯起筋提供预剪力可满足抗剪需要；(3) 便于预应力钢筋锚具的分散布置。

73) 钢筋保护层的作用是什么？

答：保护钢筋防止锈蚀。

74) 什么叫三向预应力结构？

答：同时受纵、横、竖三个方向均施加预应力的结构称三向预应力结构。

75) 什么叫箱梁的剪力滞效应？

答：箱型截面梁当其腹板顶面受对称荷载作用时，其上下翼缘板的正应力呈不均匀分布的现象。

76) 预应力筋可分为哪三种？各自的作用是什么？

答：预应力筋分为纵向预应力筋，横向预应力筋，竖向预应力筋。纵向预应力筋抵抗纵向弯矩，横向预应力筋抵抗横向弯矩，竖向预应力筋抵抗竖向剪力。各自作用是：纵向预应力筋，对梁体结构纵向受弯和部分受剪提供抵抗力。横向预应力筋，对梁体结构横向受力提供抵抗横向弯曲内力，保证桥梁横向整体性，竖向预应力筋，对梁体结构受剪提供抵抗力，保证桥梁竖向整体性。

77) 什么是板的有效工作宽度？单向板和悬臂板的有效工作宽度如何确定？

答：车轮荷载产生的跨中最大弯矩与板按弹性理论计算的荷载中心处的最大单宽弯矩峰值之比 $a=M/mx_{max}$ 。单向板，四边弹性固支在主横梁上，长边比宽 ≥ 2 。以短边为受力计算跨径。悬臂板，三边弹性固支于主横梁上，另一边为“铰接”的桥面板，按一端嵌固于立梁，另一端铰接的悬臂板进行受力、配筋计算。

78) 自由端悬臂板的定义是什么？其结构受力计算要求是什么？

答：定义：三边弹性固支于主横梁上，另一边为“自由”的桥面板。

79) 铰接端悬臂板的定义是什么？其结构受力计算要求是什么？

答：定义：三边弹性固支于主横梁上，另一边为“铰接”的桥面板。

80) 行车道板上的车轮荷载作用面是由有哪三条假定进行分布的？

答：(1) 车轮与铺装层的接触面为一矩形 (2) 车轮压力面按 45 度角经铺装面传到桥面板 (3) 桥面铺装的厚度为平均厚 H

81) 写出桥梁规范对桥面板荷载横向分布宽度的规定。

答：整体单向板：荷载在跨中、荷载在板的支承处、荷载靠近板的支承处。悬臂板：接近于 2 倍悬臂长度，也就是说，可近似地按 45 度角向悬臂板支承处分布。

82) 试写出多跨连续单向板弯矩计算的步骤。

答：先算出一个跨度相同的简支板的跨中弯矩，然后再加以修正。

83) 如何计算铰接悬臂板行车道板的恒载和活载内力？

答：对于边主梁外侧悬臂板或沿纵缝不相连的悬臂板，在计算根部最大弯矩时，应将车轮荷载靠板的边缘布置，则恒载和火灾弯矩值可由一般公式求的。

84) 如何计算简支梁桥的恒载内力？计算简支梁桥活载内力的一般公式如何表述？具体应如何进行计算？

答：所有静定结构及整体浇注一次落架的超静定结构，主梁自重作用于桥上时结构已是最终体系，主梁自重内力可根据沿跨长变化的自重集度计算。活载内力由基本可变荷载中的车辆荷载产生。
计算步骤 1. 求某一主梁的最不利荷载横向分布系数，2. 应用主梁内力影响线，给荷载乘以横向分布系数，在纵向满足桥规规定的车轮轮距限制条件下，确定车辆的最不利位置，相应求的主梁的最大活载内力。

- 85) 什么是梁的荷载横向分布影响线？什么是荷载横向分布系数？荷载横向分布系数的大小与哪些因素有关？

答：如果将竖向荷载看作是单位荷载横向作用在不同位置时对某梁所分配的荷载比值变化曲线，称作对于某梁的荷载横向分布影响线。荷载横向分布系数指表径桥路上车辆、人群荷载沿横桥上对主梁分配的荷载程度的系数。系数大小与横向刚度等有关。

- 86) “杠杆法”将桥跨结构作怎样的简化处理？“杠杆法”适用于什么情况？

答：基本假定：(1)忽略主梁之间横向结构联系作用，即假设桥面板在主梁梁肋处断开 (2)按沿横向支承在主梁上的简支梁或悬臂梁来考虑

适用范围：(1)用于计算多肋梁桥的支点的荷载横向分布的 M_o (2)近似计算中间无横梁的跨中支点的 M_c 、 M_o

- 87) “偏心压力法”的基本假定是什么？该法与主梁的抗弯刚度与抗扭刚度有什么关系？“修正偏压法”与“偏压法”有什么区别？如何计算？

答：1) 横隔梁刚度无限大，在车辆荷载作用下，横隔梁全长呈直线变形。2) 忽略主梁的抗扭刚度，即不考虑主梁对横隔梁抗扭的贡献。抗弯刚度指主梁纵向刚度，抗扭刚度指横截面主要指横隔梁刚度。偏心压力法不考虑抗扭刚度，修正偏心压力法考虑抗扭刚度。偏心压力法计算(1)若需计算 K 号梁的 m_c ，利用公式计算该梁的影响线方程(2)连线，绘成支反力影响线图(3)布载(4)求影响线纵坐标(5)求 m 。

- 88) “铰接板法”的基本假定是什么？铰接板法中 Γ 称为什么参数？如何利用铰接板法的计算用表绘制荷载横向分布影响线图？

答：基本假定：1) 在竖向荷载作用下，板接缝只传递竖向剪力，2) 用理想半波荷载来分析跨中荷载的横向分布规律。 Γ 称刚度系数，利用铰接板荷载横向分布影响线竖坐标的计算用表，在抗扭刚度区间上按照线性内插的方法求的个位置的刚度系数坐标，然后按一定比例绘于各板块的轴线下方，连接成光滑曲线后就得到了横向分布影响线。

- 89) 荷载横向分布系数沿桥跨方向的变化在实际中如何处理？

答：对于无横隔梁或者仅有一根横隔梁的情况，跨中部分可采用不变的横向分布系数，在离支点 $1/4$ 起至支点的区段内按线性关系过度，对于有横多根横隔梁的情况，在第一根横隔梁起至支点的区段内按线性关系过度。在实际应用中，当计算简支梁的跨中弯矩时，一般可不考虑荷载横向分布系数的变化，均按不变的来处理。

- 90) 什么是主梁内力包络图？简支梁桥的内力包络图的图形如何？

答：主梁内力包络图是指沿主梁长度方向各个截面上内力组合设计值的分布图；简支梁的弯矩包络图呈二次抛物线形，剪力包络图为一条直线段。

- 91) 如何计算横隔梁的内力？

答：按刚性横梁法和梁系法计算。

- 92) 挠度和刚度，公路桥规对梁式桥的最大竖向挠度的规定，预拱度如何设置？

答：挠度是指在最不利组合荷载作用下的位移值，刚度是指材料在产生单位位移所需要的力。当预应力的长期上拱值小于按荷载短期组合计算的长期挠度时应设预拱度，预拱度值按该项荷载的挠度值与预加应力上拱值之差采用。设置预拱度应按最大的预拱值沿顺桥向做成平顺的曲线。

93) 斜交板桥的受力特点与构造特点？影响斜交板桥受力的主要因素？

答：受力特点，支承边反力、跨中主弯矩、钝角负弯矩、横向弯矩、扭矩，特点 1) 桥梁宽度较大，版中央纵向刚筋垂直于支承边布置，边缘处纵向刚筋平行于自由边布置；横向钢筋平行于支承边布置。2) 为抵抗自由边的扭矩，可在距自由边一倍板厚的范围内设置加强钢筋。3) 窄斜桥纵向钢筋平行于自由边布置，跨中横向钢筋垂直于自由边布置，两端横向钢筋平行于支承边布置，4) 在钝角 $1/5$ 范围内，应在角平分线的垂直方向设置抵抗负弯矩的钢筋。5) 为承担很大的支反力，应在钝角底面平行于角平分线方向上设置附加钢筋。

94) 梁式桥的主要施工方法有哪些，各施工方法的特点如何？

答：1) 定支架上的施工，在支架上安装模板就地浇注混凝土的方法，一般仅在小跨径桥或交通不便的边缘地区采用。2) 悬臂施工法，在已建成的桥墩上，沿桥梁跨径方向对称逐段施工。3) 逐孔施工，从桥梁一端开始，采用一套施工设备或一、二孔施工支架逐孔施工，周期循环，直到全部完成。4) 施工法，将预制梁体向前顶推出场地然后继续预制下一阶段梁体直至施工完成。5) 转体施工法，在河流两岸或适当位置，利用地形或使用简便的支架先将半桥预制完成，之后以桥梁结构本身为转体，使用机械分别将两个半桥转体到桥位轴线上。

95) 什么叫扇形弯梁桥？什么叫斜弯梁桥？

答：扇形弯梁桥在平面上形如擅自，其两端支承边的延线交汇于一点。斜弯梁桥即使其桥轴线也属于圆曲线，且具有曲率半径和曲率中心，但两端支承边的延线不绘交于曲率中心。

96) 为什么斜桥的斜交角不宜过大？

答：斜桥的斜交角过大将使得：1) 桥梁的跨度增大，提高造价；2) 结构受力不合理；3) 增加构造难度。

97) 梁式桥支座的受力种类有哪两种？各种支座可允许梁的支承产生哪些方向的变位？

答：梁式桥的支座一般分成固定支座和活动支座两种。固定支座既要固定主梁在墩台上的位置并传递竖向力，又要保证主梁发生挠曲时在支承处能自由转动。活动支座只传递竖向压力，但要保证主梁在支承处既能自由转动又能水平移动。

98) 梁式桥支座的作用有哪三条？

答：(1)传力 (2) 适应位移 (3) 实际受力情况与力学计算模式相一致

99) 支座布置原则是什么？固定支座的布置有何要求？

原则：有利于墩台传递纵向水平力，有利于梁体的自由变形为原则。要求：对于简支梁桥，每跨宜布置一个固定支座，一个活动支座；对于多跨简支梁，一般把固定支座布置在桥台上，每个桥墩上布置一个（组）活动支座与一个（组）固定支座。若个别墩较高，也可在高墩上布置两个（组）活动支座。在坡桥处，固定支座放置在坡下的墩台上。

100) 支座的作用主要表现在哪几个方面？

答：支座的作用是把上部结构的各种荷载传递到墩台上，并能够适应活载、混凝土收缩与徐变等因素所产生的变位（位移和转角），使上下部结构的实际受力情况符合设计的计算图式。

101) 简述板式橡胶支座的工作原理。

答：板式橡胶支座由几层橡胶和薄钢片叠合而成，如下图所示。它的活动机理是利用橡胶的不均匀弹性压缩实现转角 θ ；利用其剪切变形实现微量水平位移 Δ 。

102) 在坡道上、车站附近及区间平道上固定支座应如何布置?

答: 在这些位置上,一般桥梁都有斜坡,对于坡桥,宜将固定支座布置在标高低的墩台上。同时,为了避免整个桥跨下滑,影响车辆的行驶,通常在设置支座的梁底面,增设局部的楔形构造。

103) 普通钢支座有哪几种类型?

答: 1、铸钢支座(弧形钢板支座,铸钢支座); 2、新型钢支座(不锈钢或合金钢支座,滑板钢支座球面支座)

104) 盆式橡胶支座有哪些优点?说明其工作原理。

答: 1、盆式橡胶支座具有承载能力大、水平位移量大、转动灵活等优点。2、将橡胶块放在凹形金属槽内,使橡胶处于有侧限受压状态,提高了它的承载力。另外利用嵌放在金属盆顶面的填充聚四氟乙烯板与不锈钢板的相对摩擦系数小的特性,保证了活动支座能满足梁的水平移动要求,同时,通过橡胶的不均匀压缩使得梁体能够进行转动。

105) 连续梁桥的固定支座布置有何要求?

答: 一般在每一联设置一个固定支座,并宜将固定支座设置在靠近温度中心处,以使全梁的纵向变形分散在梁的两端,其余墩台上均设置活动支座。在设置固定支座的桥墩(台)上,一般采用一个固定支座,其余为横桥向的单向活动支座;在设置活动支座的所有桥墩台(台)上,一般沿设置固定支座的一侧,均布置顺桥向的单向活动支座,其余均布置双向活动支座。

106) 等截面和变截面钢筋混凝土悬臂梁桥和连续梁桥的主要构造特点?

答: (1)属超静定结构; (2)桥墩处主梁有负弯矩减少了跨中正弯矩。

107) 预应力混凝土T型刚构桥的主要构造特点?

答: 预应力混凝土T型刚构桥分为跨中带剪力铰和内设挂梁两种基本类型。带剪力铰的T形刚构桥(图3-14a~d)是一种超静定结构。两个大悬臂在端部借助所谓“剪力铰”相连接,它是一种只能传递竖向剪力而不传递纵向水平力和弯矩的连接构造。当在一个T形结构单元上作用有竖向荷载时,相邻的T形结构单元通过剪力铰而共同参与受力。因而,从结构受力和牵制悬臂端变形来看,剪力铰起到了有利的作用。

带挂孔的预应力混凝土T形刚构桥属静定结构(图3-14e~g),其受力特点虽然与钢筋混凝土结构一样,然而由于采用预加应力技术的悬臂法施工,消除了钢筋混凝土结构的缺点,而能充分发挥T形悬臂在运营和施工中受力一致的独特优点。

108) 为改善牛腿受力,可采取哪些措施?

答: (1)悬臂梁与挂梁的腹板宜一一对应,使受力明确,缩短传力路线;接近牛腿部位的腹板应适当加厚,加厚区段的长度不应小于梁高;
(2)设置端横梁加强,端横梁的宽度应将牛腿包含在内,形成整体;
(3)牛腿的凹角线形应和缓,避免尖锐转角,以减缓主拉应力的过分集中;
(4)牛腿处的支座高度应尽量减小,如采用橡胶支座;
(5)按设计计算要求配置密集的钢筋,钢筋布置应与主拉应力的方向协调一致,以防止混凝土开裂。

109) 预应力混凝土连续梁桥和连续刚构梁桥的构造特点?

答: (1)属超静定结构; (2)桥墩处主梁有负弯矩减少了跨中正弯矩; (3)整体性好,工作质量高。

110) 预应力混凝土连续梁桥的主梁截面和预应力筋布置特点?

答: 1、连续梁桥主梁除了在跨中部分承受正弯矩外,在支点附近还要抵抗较大的负弯矩,因此在进行截面设计时往往要加强截面底部的混凝土受压区。常在支点附近加大截面设计,以加大底面混凝土受压区并抵抗支点附近较大的剪力。

2、连续梁受力主筋的布置要满足正、负两种弯矩的要求。在悬臂部分和支点附近是负弯矩区，要在梁的顶部布置抵抗负弯矩的受力筋；跨中部分承受正弯矩，在梁的底部布置受力筋；在正、负弯矩过渡区段，两个方向的弯矩都可能发生，因此顶部和底部均要布置适量的预应力筋。

111) 预应力混凝土连续刚构梁桥的主梁截面和预应力筋布置特点？

答：1、由于刚构桥的主梁除了在跨中部分承受正弯矩外，在支点附近还要抵抗较大的负弯矩，因此在进行截面设计时往往要加强截面底部的混凝土受压区。常用形式有带马蹄形的 T 形截面，箱型截面，适用于中等跨径及大跨径的桥梁。为了适应向支点处逐渐增大的负弯矩，梁高及梁底均可相应地加大。

2、带挂梁刚构桥的悬臂部分只承受负弯矩，因此将预应力筋布置在梁肋顶部和桥面板内，以获得最大的作用力臂，预应力筋分直筋和弯筋两类，直筋的一部分在接缝处端面上锚固，一部分直通至悬臂端部锚固在牛腿端面上。肋内的弯筋则随着施工的推进逐渐下弯而倾斜锚固在各安装块件（或现浇段）上。为了使位于梁肋外承托内的力筋也能下弯锚固，通常还要使它们在平面内也作适当弯曲，。下弯的力筋能增加梁体的抗剪能力。在大跨径桥梁中还可在肋内设置专门的竖向预应力筋来增强梁肋的抗剪作用。

对于带铰刚构桥，悬臂部分也可能出现正负异号的弯矩，在此情况下梁的底部也应布置适当的纵向预应力筋。

112) 预应力混凝土连续梁箱梁桥恒载内力计算的特点（与施工程序、体系转换的关系）？

答：结构自重所产生的内力应根据它所采用的施工方法来确定其计算图式。对于桥面铺装等二期恒载如果它是在成桥以后开始施工，那么就可以按照整桥的结构图式进行，否则，也应按其相应施工阶段的计算图式单独地计算，然后进行内力或应力的叠加。

113) 预应力混凝土连续梁梁桥活载内力计算的方法？

答：1. 按空间结构计算活载内力

按空间结构计算连续梁桥活载内力的方法有：

- (1) 按最不利布载计算各主梁(肋)的荷载横向分布系数，按平面杆系结构计算绘制该主梁(肋)的纵桥向内力影响线；
- (2) 将荷载乘以荷载横向分布系数，沿桥梁纵向按最不利位置分别将荷载加至影响线正负效应区，即可求得绝对值最大的正负活载内力。

2. 按平面杆系结构计算活载内力

计算方法与空间结构类同，只是无需计算横向分布系数。

114) 预应力混凝土连续梁桥内力包络图的形式？在桥梁设计计算中作用如何？

答：有剪力和弯矩包络图两种形式，在桥梁设计计算中可确定各截面在活载和恒载共同作用下的最大最小内力

115) 预应力混凝土连续梁桥次内力引起的原因？

答：外部因素有预加力、墩台基础沉降、温度变形等；内部因素有混凝土材料的徐变与收缩、结构布置与配筋形式等。

116) 箱形截面在连续梁、连续刚构中广泛应用的原因？

答：箱形截面的整体性强，它不但能提供足够的混凝土受压面积，而且由于截面的闭合特性，抗扭刚度很大，因而是大跨径悬臂梁桥常用的截面形式。

117) 为什么大跨度连续梁桥沿纵向一般设计成变高度的形式？

答：1、大跨度连续梁桥恒载内力占得比重比较大，选用变高度梁可以大大减少跨中区段因恒载产生的内力；

- 2、变高度梁符合内力分布规律；
 3、采用悬臂法施工时，变高度梁又与施工的内力状态相吻合；
 4、从美学观点出发，变高度梁比较有韵律感，特别是位于城市中的桥梁。

118) 变高度连续体系梁桥箱梁的梁高应如何拟定？

答：在不受截面设计中建筑高度限制的影响的前提下，连续箱梁的梁高宜采用变高度的，其底曲线可采用二次抛物线、折线和介于两者之间的1.5—1.8次抛物线形式，具体的选用形式应按照各截面上下缘受力均匀、容易布束确定。根据已建成桥梁资料分析，支点截面的梁高 $H_{\text{支}}$ 约为 $(1/16 - 1/20)L$ （ L 为中间跨跨长），跨中梁高 $H_{\text{中}}$ 约为 $(1/1.6 - 1/2.5)H_{\text{支}}$ 。在具体设计中，还要根据边跨与中跨比例、荷载等因素通过几个方案的比较确定。

119) 变高度连续体系梁桥箱梁的腹板厚度应如何确定？

答：箱梁腹板的主要功能是承受结构的弯曲剪应力和扭转剪应力所引起的主拉应力，墩顶区域剪力大，因而腹板较厚，跨中区域的腹板较薄，但腹板的最小厚度应考虑钢束的管道布置、钢筋布置和混凝土浇筑的要求。

120) 变高度连续体系梁桥箱梁的顶板、底板厚度应如何确定？

答：1、顶板：一般要考虑两个因素，即满足桥面板横向弯矩的要求；满足纵向预应力钢束的要求
 2、底板：箱梁底板厚度随箱梁负弯矩的增大而逐渐加厚至墩顶，以适应箱梁下缘受压的要求，墩顶区域顶板不一过薄，否则压应力过高，由此产生的徐变将使跨中区域梁体下挠较多。墩顶区底板厚度宜为跨径的 $1/140 - 1/170$ ，跨中区的地板厚度宜为 $20 - 25\text{cm}$

121) 箱形截面如何简化计算？

答：a. 经验估值法

对于箱壁具有一定厚度且有横隔板加劲的箱形梁，忽略歪扭变形的畸变应力，将活载偏心作用引起的约束扭转正应力和扭转剪应力分别估计为活载对称作用下平面弯曲正应力的15%和剪应力的5%。当恒载对称作用时箱形梁任意截面计及扭转影响的总荷载内力可近似估计为：

$$\left. \begin{array}{l} \text{弯矩} \quad M = M_g + 1.15M_p \\ \text{剪力} \quad Q = Q_g + 1.05Q_p \end{array} \right\}$$

式中： M_g, Q_g ——恒载引起 的弯矩和剪力；

M_p, Q_p ——全部活载对称于桥中线作用时引起的弯矩和剪力。

b. 用修正偏心压力法求活载内力增大系数

鉴于箱梁截面横向刚度和抗扭刚度大，则荷载作用下梁发生变形时可以认为横截面保持原来形状不变，即箱梁各个腹板的挠度也呈直线变化。因此，通常可以将箱梁腹板近似看作等截面的梁肋，先按修正偏心压力法求出活载偏心作用下边腹板的荷载分配系数，再乘以腹板总数，这样就得到箱梁截面活载内力的增大系数。

122) 预应力混凝土连续梁桥如何进行预应力束的配筋估算？

答：进行配筋估算时，应该首先确定各个截面内力，然后确定预应力筋的设计位置，有此两点进行配筋设计计算。

123) 预应力混凝土连续梁桥的主要设计计算程序和计算的内容？

答：首先拟定截面尺寸，其次进行结构内力计算，需要同时进行活载与恒载的计算，再次配筋估算，验算截面尺寸及配筋。最后验算结构的抗裂及挠度等。

124) 预应力混凝土连续梁桥的主要施工方法、施工设备有哪些？

- 答： 1、装配—整体施工法，主要施工设备为起吊安装设备；
2、悬臂施工法，主要施工设备为挂篮，吊装设备等；
3、顶推法施工，主要设备为顶推装置。

125) 预应力混凝土连续刚构梁桥的主要施工方法、施工设备有哪些？

- 答：1、悬臂施工法，主要施工设备为挂篮，吊装设备等；
2、顶推法施工，主要设备为顶推装置。

126) 引起弯梁桥在水平面内产生变形的因素有哪两种？各自的特点是什么？

- 答：由于温度变化和混凝土收缩引起的水平位移特点：半径变化，圆心角不变，属于弧线膨胀性。
由于预应力和混凝土徐变引起的水平位移特点：半径不变，圆心角变化，属于切线位移

127) 悬臂梁桥和连续梁桥为什么比简支梁桥具有更大的跨越能力？它们的主要配筋特点是什么？

- 答：这主要是由于悬臂体系梁桥和连续体系梁桥存在支点负弯矩，所以，其跨中弯矩比相同跨径相同荷载的简支梁桥的跨中弯矩显著减小。同时，由于跨中弯矩的减小可以减小跨度内主梁的高度，从而降低钢筋混凝土用量和结构自重，而这本身又导致了恒载内力的减小，所以它们具有更大的跨越能力。

由于负弯矩的存在，它们主要的配筋特点是在支点附近需要配置承受负弯矩的力筋，在跨中附近需要配置承受正弯矩的力筋。

128) 连续梁桥中通常布置三向预应力筋，他们分别和什么内力相对应？

- 答：纵向预应力抵抗纵向受弯和部分受剪，竖向预应力抵抗受剪，横向预应力抵抗横向受弯。

129) 在超静定预应力混凝土梁桥中，有哪些因素会使结构产生二次力？

- 答：外部因素有预加力、墩台基础沉降、温度变形等；内部因素有混凝土材料的徐变与收缩、结构布置与配筋形式等。

130) 斜拉桥的基本组成、构造类型、结构体系和受力特点？

- 答：斜拉桥由斜索、塔柱、主梁三部分组成，是一种桥面体系受压，支承体系受拉的多次超静定结构。从塔柱上伸出并悬吊起主梁的高强度钢索起着主梁弹性支承的作用，从而大大减小梁内弯矩，使梁截面尺寸减小，减轻了主梁的重量，加大了桥的跨越能力。在这三者中，塔柱以承压为主有时还要承受较大弯矩，主梁受弯也受轴向压力或拉力。

131) 按照拉索平面数量和布置形式，斜拉索可以分为哪几种？

- 答：(1) 双垂直平面拉索；(2) 双斜面拉索；(3) 单平面拉索

132) 从立面上看，索塔有哪些形式？

- 答：从桥梁立面看，索塔有独柱式、A型和倒Y型等

133) 从横桥向看，索塔有哪些形式？

- 答：从桥梁横向看，塔柱有独柱式、双柱式、门式、斜腿门式、倒V式、宝石式和倒Y式等

134) 索塔高度和拉索倾角的确定应考虑哪些因素？

- 答：索塔的告诉越大，斜锁的倾角就越大，拉索垂直分力也就越大，但拉索长度也越长。若不计主梁弯曲刚度的影响，则主梁的支承刚度将来自于锁和塔两方面。

135) 斜拉桥中设置辅助墩起什么作用？

- 答：可以增强结构体系的刚度、明确地改善边跨内力和减少挠度，特别是对辅助墩附近的断面的内力有明显的改善。设置辅助墩后大大减少了活载引起的梁端转角，使伸缩缝不易受损。当索塔刚度不够时，还可以约束塔身的变形，从而改善中跨的内力及挠度。

136) 斜拉桥的拉索在梁上的锚固方式有哪些？

- 答：1，与钢梁的锚固：散索鞍座+锚固梁，锚固梁，支架，钢管，节点板

2, 与混凝土梁的锚固: 顶板锚固, 箱内锚固, 斜隔板锚固, 梁底两侧设锚固块, 梁两侧设锚固块。

137) 斜拉桥的拉索在塔上的锚固方式有哪些?

答: 1、在实体塔上的交错锚固; 2、在空心塔上德菲交错锚固; 3、采用钢锚固梁来锚固; 4、利用钢锚箱来锚固

138) 斜拉桥在梁体上常采用哪些抗风措施?

答: 在梁体上常采用的抗风构件有: 翼板、倒流器、倒风角、分流板、裙板及扰流器等。

139) 斜拉桥在拉索上常采用哪些抗风减振措施?

答: 一般采用以下几点措施: 1, 气动控制法; 2, 阻尼减震法; 3, 改变拉索动力特性法

140) 什么叫矮塔部分斜拉桥, 它有什么特点?

答: 1, 埃塔部分斜拉桥由于拉索不能提供, 足够的支承刚度, 故要求主梁的刚度较大。因拉索只提供部分刚度, 所以命名为部分斜拉桥。

2, 特点: 塔较矮; 梁的无索区较长, 没有端锚索; 边跨与主跨比值较大, 一般大于 0.5; 梁高较大; 受力一梁为主, 索为辅; 斜拉锁的应力变幅较小, 可按体外预应力索布置。

141) 悬索桥的基本组成、构造类型、结构体系和受力特点?

答: 其主要结构由主缆、桥塔、锚碇、吊索、加劲梁等组成, 构造类型组合体系桥型, 结构体系为利用主缆和吊索作为加劲梁的悬挂体系, 受力特点是在吊索的悬吊下, 加劲梁相当于多个弹性支承连续梁, 弯矩显著减小; 悬索桥的活载和恒载通过吊索和索夹传递至主缆, 再通过鞍座传至桥塔顶, 经桥塔传递到下部的桥墩和基础; 主缆除承受活载和加劲梁的恒载外, 还分担一部分横向风荷载并将它直接传到塔顶。

142) 悬索桥在形成过程中产生几大流派? 各有何特点?

答: (1)美国式悬索桥。美国式悬索桥的基本特征是采用竖直吊索, 并用钢桁架作为加劲梁。这种形式的悬索桥绝大部分为三跨地锚式, 加劲梁是不连续的, 在主塔处有伸缩缝, 桥面为钢筋混凝土桥面, 主塔为钢结构。其优点是: 可以通过增加桁架高度来保证梁有足够的刚度, 且便于实现双层通车。

(2)英国式悬索桥。英国式悬索桥的基本特征是采用呈三角形的斜吊索和高度较小的流线形扁平翼状钢箱梁作为加劲梁。除此之外, 这种形式的悬索桥采用连续的钢箱梁作为加劲梁, 桥塔处没有伸缩缝, 用混凝土桥塔代替钢桥塔; 有的还将主缆与加劲梁在主跨中点处固结。英国式悬索桥的优点是钢箱加劲梁可减轻恒载, 因而减小了主缆的截面, 降低了用钢量和造价。钢箱梁抗扭刚度大, 受到的横向风力小, 有利于抗风, 并大大减小了桥塔所承受的横向力。而三角形布置的斜吊索可以提高桥梁刚度。但这种斜吊索在吊点处构造复杂。

(3)混合式悬索桥。其特征是采用竖直吊索和流线形钢箱梁作为加劲梁。混合式吊桥的出现, 显示了钢箱加劲梁的优越性, 同时避免了采用有争议的斜吊索。中国目前修建的悬索桥大多数属于这种类型。

143) 悬索桥最主要的承重构件是什么? 散索鞍的作用是什么?

答: 悬索桥最主要的承重构件是主缆。散索鞍主要起支承转向和分散大缆束股使之便于锚固的作用。

144) 吊桥的索夹有哪几种形式? 设计中应注意些什么?

答: 吊桥的索夹有鞍挂式和销连接式。

(1) 鞍挂式优点是: 1) 结构简单; 2) 索夹应力不直接受吊杆拉力的影响

缺点: 1) 对应于主缆倾斜角的变化, 吊索槽的角度要随之变化, 导致铸造形式变多, 2) 鞍挂式索夹的吊索要产生弯曲应力, 将成为吊杆强度下降的原因。

(2) 销连接式优点: 1) 销与销孔之间有摩擦力; 2) 吊杆的拉力会影响索夹的应力分布。

设计中应注意问题:

- 1) 索夹上的螺栓应具有足够的长度, 才能有效防止螺栓上张力的松动。
- 2) 在确定螺杆长度时还应考虑孔隙率产生的误差
- 3) 在两个半索夹之间要留有一定空隙, 当索夹套装在主缆之上后, 依靠高强螺栓拧紧的拉力供索夹与主缆的接触面产生一定的摩阻力, 以保证索夹位置的稳定。

145) 吊杆由什么材料组成, 它与索夹及加劲梁如何连结?

答: (1), 吊杆材料: 刚性吊杆, 柔性吊杆; (2), 连接构造: 当采用柔性吊杆时, 为了便于连接, 便把钢丝绳或钢绞线的断头散开和伸入到连接套筒内, 然后浇入合金, 使之与套筒结成整体而形成锚头, 吊索的上端通过套筒与索夹的吊耳连接, 吊索下端通过套筒与加劲梁的连接件相连。

146) 悬索桥的锚碇有哪几种形式? 各有哪几部分组成?

答: 有自锚式和地锚式两种形式; 锚碇一般由锚碇基础、锚块、锚碇架及固定装置等部分构成。

147) 拱桥与梁桥相比在受力性能上有哪三点差异?

- 答: ① 坚向荷载作用下, 支承处存在水平推力 H , 且全拱均相等
 ② 由于水平推力使拱桥截面弯矩比同截面的梁桥小
 ③ 主拱主要承受弯压内力

148) 拱桥按拱上结构的形式可分为哪两种类型?

答: 分为 ① 实腹式拱桥 ② 空腹式拱桥

149) 拱桥按结构体系可分为哪两类? 各自受力特点是什么?

答: 如下表

分类	受力特点
简单体系拱桥	由主拱圈单独承受桥跨上的全部荷载作用 ② 水平推力由桥墩直接承受
组合体系拱桥	由车行道梁和主拱圈共同承受桥跨上的全部荷载作用 ② 水平推力的传递受组合方式的制约

150) 何谓板拱?

答: 板拱是指主拱圈的横截面是整块的矩形实体截面的拱桥。

151) 何谓肋拱桥? 其上部结构由哪几部分组成?

答: 肋拱桥是由两条或多条分离的平行拱肋, 以及在拱肋上设置的立柱和横梁支承的形成部分组成的拱桥, 其上部结构由横系梁、立柱、横梁、纵梁及桥面板组成。

152) 箱形拱的主要特点有哪五点?

答: 箱形拱的主要特点重量轻、刚度大、应力均匀、整体性好、稳定性好、方便吊装。

153) 箱形截面常用的组成方式有哪四种? 各种的优缺点是什么?

答: ① U型肋组成的多室箱形截面

优点: 预制不需要顶模, 吊装稳定性好

缺点: 浇筑顶层砼时需要侧模, 安装不方便

② I型肋组成的多室箱形截面

优点: 无需浇筑顶层砼(不需要侧模), 施工工序少

缺点：吊装稳定性差

③ 箱形肋组成的多室箱形截面

优点：吊装稳定性好，抗弯、抗扭刚度大

缺点：吊装自重大

154) 实腹式拱上建筑的特点是什么？

答：实腹式拱上建筑的特点是构造简单，施工方便，填料数量较多，横载较重。

155) 拱上侧墙、护拱的作用各是什么？

答：拱上侧墙作用是围护拱腹上的散粒填料，并承受拱腹填料及车辆荷载所产生的侧压力（推力）。

护拱的作用加强拱脚段的主拱圈，方便防水层和泄水管的设置。

156) 空腹式拱上建筑的特点是什么？

答：空腹式拱上建筑的最大特点是除了具有实腹拱上建筑相同构造外，还具有腹孔和腹孔墩，减轻了拱桥恒重，同时增加了美观性。

157) 拱上腹孔的布置原则是什么？

答：① 应对称布置在靠拱脚侧的一定区段内

② 一般为奇数孔

③ 腹孔构造宜统一，以便与施工和有利于腹孔墩的受力

④ 腹拱高度应布置在主拱圈允许的高度内

⑤ 应尽量减轻拱上建筑恒重，不使腹孔墩过分集中或者过分分散

158) 排除拱桥腹内积水有哪两个重要性？

答：① 避免含水量的增大，确保路面强度

② 防止雨水渗到主要结构内，使其发生冻胀破坏

159) 拱桥中铰接性质可分为哪两种类型？

答：拱桥中铰接性质可分为永久性拱铰和临时性拱铰。

160) 拱桥的主要设计标高有哪四个？

答：拱桥的设计标高主要有四个：桥面标高、拱顶底面标高、起拱线标高和基础底面标高。

161) 为什么说拱桥的主拱的矢跨比是拱轴设计中的主要参数之一？

答：① 拱桥的水平推力与垂直反力之比值，随矢跨比的减小而增大

② 当矢跨比减小时，拱的推力增大，反之则水平推力减小

③ 无铰拱随矢跨比减小其弹性压缩、温度变化、混凝土收缩及墩台位移产生的附加内力越大

④ 拱的矢跨比过大使拱脚段施工困难

⑤ 矢跨比对拱桥的外形及周围景观的协调产生影响

162) 不等跨拱桥的主要受力特点是什么？在处理不等跨分孔时应注意控制的实质性问题是什么？

如何实现？

答：不等跨拱桥的主要受力特点是：恒载产生的相邻跨的水平推力不等处理不等跨分孔时应注意控

制的实质性问题是：尽量减小因恒载引起的不平衡推力对桥墩基底的偏心作用处理不等跨分孔的方

法：采用不同的矢跨比；采取不同的起拱线标高。

163) 什么是拱轴线？什么是合理拱轴线？

答：拱圈各横向截面（或换算截面）的形心连线为拱轴线；合理拱轴线是拱桥上拱圈截面只受轴向压力而无弯矩作用的拱轴线。

164) 拱轴线的种类有哪些？各对应哪种荷载模式？

答：拱轴线分为圆弧线、悬链线和抛物线。

圆弧拱轴线：等静水压力；抛物线拱轴线：均布荷载；悬链线：与竖坐标成比例的荷载。

165) 拱轴线的型式与拱上建筑的布置一般有哪四点关系？

- 答：① 小跨径实腹式拱桥采用圆弧线拱轴线。
- ② 小跨径空腹式拱桥采用悬链线拱轴线
- ③ 大、中跨径可采用空腹式近似悬链线拱轴线
- ④ 轻型拱桥或全透空的大跨径拱桥可采用抛物线拱轴线

166) 什么是联合作用？其大小与拱上建筑结构的类型存在什么样的关系？

答：联合作用是指拱上建筑与主拱圈共同承担荷载的作用，其大小与拱上建筑结构类型的关系：

- ① 当拱上建筑为腹拱时，联合作用较大；当拱上建筑为梁板时，联合作用较小
- ② 当腹拱圈、腹拱墩对主拱的相对刚度越大，联合作用越大
- ③ 腹拱越坦，其抗推刚度越大，联合作用越大
- ④ 拱脚与四分之一跨的截面联合作用较拱顶大

167) 何谓五点重合法？空腹式拱桥采用悬链线作拱轴线的控制条件是什么？

答：五点重合法：对于空腹式拱桥，在求其拱轴系数时认为拱顶、拱脚及四分点压力线与拱轴线完全重合的方法

$$\sum M_a = 0 \quad \sum M_j = 0 \quad \sum M_{\frac{L}{4}} = 0$$

控制条件是：

168) 何谓拱的弹性压缩？弹性压缩对无铰拱有何影响？

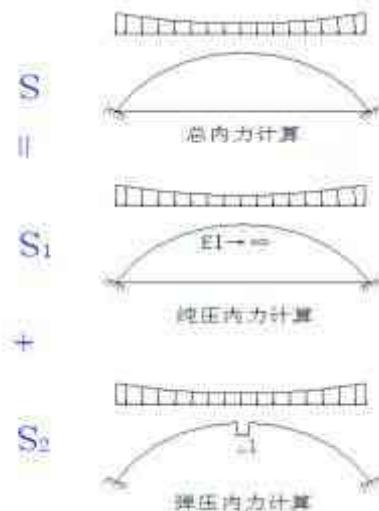
答：拱的弹性压缩是指拱圈在结构自重作用下产生弹性压缩，使拱轴线缩短的现象。

弹性压缩会在无铰拱中产生弯矩和剪力。

169) 拱桥在荷载作用下其拱圈的内力计算可分为哪两大步后再叠加？试绘出恒载作用下主拱内力计算的分解、叠加图式。

- 答：可分为 ① 不考虑弹性压缩的内力（纯压）计算；
 ② 有弹性压缩引起的内力（弹压）计算。

然后再进行叠加，求得总内力，恒载作用下内力计算图式如下：



170) 何谓合拢温度？

答：合拢温度是指主拱圈合拢时的温度。

171) 当桥位平均温度大于或小于施工合拢温度时，拱桥轴线各有什么变化？主拱各承受何核种附加内力？

答：桥位平均温度大于施工合拢温度时，拱轴线伸长，拱内产生压力，拱顶出现负弯矩，拱脚出现正弯矩。桥位平均温度小于施工合拢温度时，拱轴线缩短，拱内产生拉力，拱顶出现正弯矩，拱脚出现负弯矩。

172) 拱桥有哪三类变位？

- 答：① 相对的水平位移
② 不均匀沉降
③ 拱脚截面相对转动

173) 拱桥有哪三大类施工方法？

- 答：① 就地浇筑法
② 预制安装法
③ 转体施工法

174) 有支架就地浇筑施工法的基本工序是哪几步？

- 答：① 材料准备（包括桥梁建材和支架模板材料）
② 拱圈、拱架放样（应按 1:1 放样）
③ 拱架的制作、试拼和安装
④ 拱圈浇筑施工
⑤ 拱上建筑的施工
⑥ 脱架

175) 拱架的作用是什么？拱架的卸架程序有哪三点要求？

- 答：作用：① 在施工中起临时结构的作用
② 施工期间支承全部或部分拱圈和拱上建筑的重量
③ 保证建成后的拱圈形状符合设计要求

- 要求：① 对于小跨径拱桥，应从拱顶开始向两拱脚逐步卸架
② 对于大跨径拱桥，可从两个四分点开始向拱顶和拱脚逐步卸架
③ 对于多跨拱桥应考虑连拱作用，从中间向两端对称卸架

176) 主拱圈就地浇砌施工的程序与总要求是什么？

- 答：① 分环分段，对称均衡
② 先下后上，作业平稳
③ 控时控温，以利封顶
④ 加载程序，切实执行

177) 主拱圈就地浇砌施工有哪三种方法？

- 答：① 连续浇砌筑法（适用于小跨径 $l \leq 16m$ ）
② 分段浇砌筑法（适用于中等跨径 $16m < l < 25m$ ）
③ 分环分段浇砌筑法（适用于大跨径 $l \geq 25m$ ）

178) 缆索吊装施工的适用条件是哪些？

- 答：① 大跨径或多跨拱桥
② 不便搭设支架
③ 搭设支架不经济

179) 主拱圈施工加载程序设计的目的是哪两点？

- 答：① 在施工各阶段使全拱变形均匀
② 减少工序，加快施工进度

180) 主拱圈加载程序设计的一般原则有哪三条?

- 答: ① 对于中小跨径拱桥, 当拱肋截面尺寸满足一定要求时, 可不做施工加载程序设计
 ② 对于大、中跨径的箱形或双曲拱桥, 一般按分环、分段、均匀对称加载的总原则进行设计
 ③ 对于多孔拱桥, 应考虑连拱作用, 进行加载程序设计

181) 拱桥按结构受力图式的分类? 三铰拱的受力特点?

答: 拱桥按结构受力图式的分为: 简单体系拱桥和组合体系拱桥。

三铰拱的受力特点: 温度变化、支座沉陷、混凝土收缩和徐变等原因引起的变形不会在拱内产生附加内力, 计算时不需要考虑结构体系弹性变形对内力的影响。

182) 拱桥的设计标高主要有哪些? 矢跨比的大小对拱桥结构的影响?

答: 拱桥的设计标高主要有四个: 桥面标高、拱顶底面标高、起拱线标高和基础底面标高。

- ① 拱桥的水平推力与垂直反力之比值, 随矢跨比的减小而增大
 ② 当矢跨比减小时, 拱的推力增大, 反之则水平推力减小
 ③ 无铰拱随矢跨比减小其弹性压缩、温度变化、混凝土收缩及墩台位移产生的附加内力越大

183) 主拱圈高度如何拟定?

答: 根据跨径大小、荷载等级、主拱圈材料规格等条件决定

184) 选择拱轴线的原则? 常用的拱轴线型有哪些? 什么是合理拱轴线?

答: 选择拱轴线的原则是尽可能降低由于荷载产生的弯矩值。常用的拱轴线型有圆弧线、抛物线和悬链线。合理拱轴线是拱桥上拱圈截面只受轴向压力而无弯矩作用的拱轴线。

185) 实腹式悬链线拱的拱轴线和拱轴系数如何确定(含拱轴系数公式推导)?

答: 定拱轴线一般采用无矩法, 即认为主拱圈截面仅承受轴向压力而无弯矩。

$$m = \frac{g_j}{g_d},$$

拱轴系数的确定: 拱轴系数:

$$g_d = \gamma_1 h_d + \gamma_2 d \quad (4-20)$$

$$g_j = \gamma_1 h_d + \gamma_2 \frac{d}{\cos \varphi_j} + \gamma_3 h$$

拱脚恒载分布集度 g_x 为:

式中: $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ——分别为拱顶填料、拱圈材料及拱腹填料的容重;

h_d ——为拱顶填料厚度, 一般为300~500mm;

d ——为主拱圈厚度;

φ_j ——为拱脚处拱轴线的水平倾角;

$$h = f + \frac{d}{2} - \frac{d}{2 \cos \varphi_j}$$

由几何关系有

由以上各式可以看出，尽管只有 φ_j 为未知数，其余均为已知，但仍不能直接算出 m 。所以，在具体计算 m 值时可采用试算法确定。具体做法如下：

①先根据拱的跨径和矢高假设 m ，再由《拱桥》附录表(III)-20查得拱脚处的 $\cos \varphi_j$ 值；

②将 $\cos \varphi_j$ 值代入式(4-21)计算出 g_j 后，再与 g_d 一同代入式(4-11)，即可求得 m 值。

③再与假设的 m 值比较，如两者相符，即假定的 m 为真实值；如两者相差较大（差值大于半级，即相邻 m 值的差值的一半），则以计算出的 m 值作为假设值，重新计算，直到两者接近为止。

186) “五点重合法”如何确定空腹式悬链线拱的拱轴线和拱轴系数？

答：五点重合法：使悬链线拱轴线接近其恒载压力线，即要求拱轴线在全拱有 5 点（拱顶、拱脚和 $1/4$ 点）与其三铰拱恒载压力线重合。

187) 为什么可以用悬链线作为空腹式拱的拱轴线形？其拱轴线与三铰拱的恒载压力线有何偏离情况（结合图说明）？

答：由于悬链线的受力情况较好，又有完整的计算表格可供利用，故多采用悬链线作为拱轴线。用五点重合法计算确定的空腹式无铰拱桥的拱轴线，仅保证了全拱有五点与三铰拱的恒载压力线（不计弹性压缩）相重合，在其他截面点上都有不同程度的偏离（图4-44b）。计算表明，从拱顶到 $l/4$ 点，一般压力线在拱轴线上；而从 $l/4$ 点到拱脚，压力线却大多在拱轴线之下。拱轴线与相应的三铰拱恒载压力线的偏离类似于一个正弦波（图4-44c）。

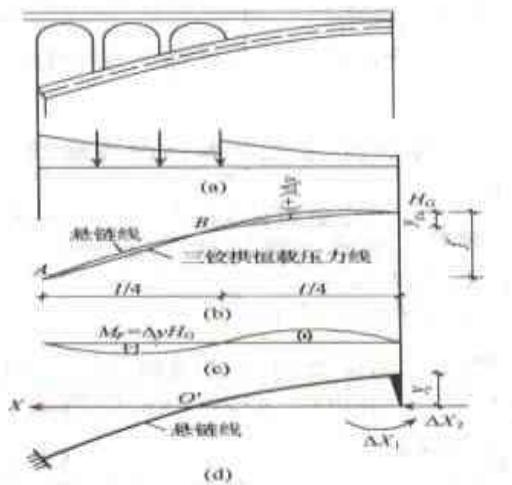


图4-44 空腹式悬链线拱轴计算图示

188) 拱桥的伸缩缝和变形缝如何设置？

答：实腹式拱桥的伸缩缝通常设在两拱脚上方，并需在横桥方向贯通全宽和侧墙的全高以及人行道；空腹式拱桥一般在紧靠桥墩（台）的第一个腹拱圈做成三铰拱，并在靠墩台的拱铰上方的侧墙上也设置伸缩缝，其余两铰上方的侧墙上可设变形缝。

189) 什么是弹性中心？试推导弹性中心的计算公式？

答：对称无铰拱若从拱顶切开取为基本结构，则：多余力 X_1 （弯矩）、 X_2 （轴力）为正对称，

而 X_3 (剪力) 是反对称的, 故知副系数:

$$\begin{aligned}\delta_{13} &= \delta_{31} = 0 \\ \delta_{23} &= \delta_{32} = 0\end{aligned}$$

但仍有 $\delta_{12} = \delta_{21} \neq 0$, 为了使 $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$, 可以通过引入“刚臂”的办法得到。现以悬臂曲梁为基本结构(图4-45)。

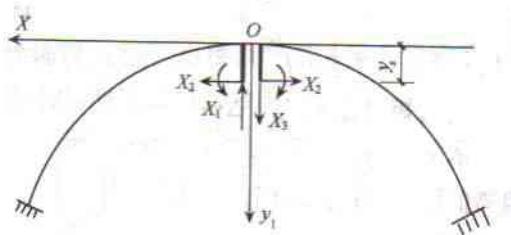


图4-45 拱的弹性中心

令 $\delta_{12} = \delta_{21} = 0$, 可得拱的弹性中心坐标为:

$$y_s = \frac{\int_s \frac{y_1 ds}{EI}}{\int_s \frac{ds}{EI}}$$

$$\text{式中: } y_1 = \frac{f}{m-1} (ch k \xi - 1) ;$$

$$x = l_1 \xi = \frac{l}{2} \xi ;$$

$$ds = \frac{dx}{\cos \varphi} = \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} d\xi ;$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \eta^2 \sin^2 k \xi}} ;$$

$$\text{则: } ds = \frac{l}{2} \sqrt{1 + \eta^2 \sin^2 k \xi} ;$$

以 y_1 及 ds 代入式 (4-32), 并考虑等截面拱的 I 为常数, 则有:

$$y_s = \frac{\int_s y_1 ds}{\int_s ds} = \frac{f}{m-1} \frac{\int_0^1 (ch k \xi - 1) \sqrt{1 + \eta^2 \sin^2 k \xi} d\xi}{\int_0^1 \sqrt{1 + \eta^2 \sin^2 k \xi} d\xi} = \alpha_1 f$$

系数 α_1 可由《拱桥》附录表(III)-3查得。

190) 什么是拱的弹性压缩?

答: 拱的弹性压缩是指拱圈在结构自重作用下产生弹性压缩, 使拱轴线缩短的现象。

191) 考虑拱的弹性压缩活载作用下拱的内力如何计算?

答: 活载弹性压缩在弹性中心产生赘余水平力 ΔH (拉力)(图4-55), 其大小为:

$$\Delta H = \frac{\Delta l}{\delta'_{22}} = \frac{\int_s \frac{Nds}{EA} \cos \varphi}{\delta'_{22}}$$

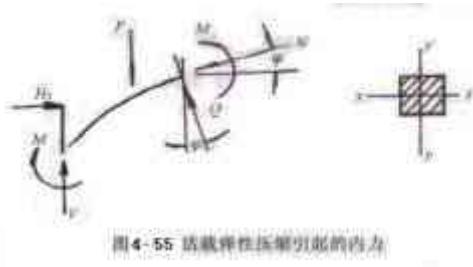


图4-55 活载弹性压缩引起的内力

将拱脚的三个已知力投影到水平方向上得:

$$N = \frac{H_1 - Q \sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{H_1}{\cos \varphi} \left(1 - \frac{Q}{H_1} \sin \varphi\right)$$

$$\frac{Q}{H_1} \sin \varphi$$

上式中, 由于 $\frac{Q}{H_1}$ 相对较小, 可近似忽略, 则有:

$$N = \frac{H_1}{\cos \varphi}$$

$$\Delta l = \int_s \frac{Nds}{EA} \cos \varphi = H_1 \int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi}$$

于是

将上式代入式(4-62), 即得:

$$\Delta H = -\frac{H_1 \int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi}}{\delta'_{22}} = -\frac{H_1 \int_0^l \frac{dx}{EA \cos \varphi}}{(1 + \mu) \int_s \frac{y^2 ds}{EI}} = -H_1 \frac{\mu_1}{1 + \mu}$$

所以, 考虑弹性压缩后, 由活载产生的总推力为:

$$H = H_1 + \Delta H = H_1 - H_1 \frac{\mu_1}{1 + \mu} = H_1 \frac{1 + \mu - \mu_1}{1 + \mu} \approx \frac{H_1}{1 + \mu_1}$$

则活载作用下, 由弹性压缩引起的内力为:

$$\left. \begin{aligned}
 \text{弯 矩:} \quad \Delta M &= -\Delta H \cdot y = \frac{\mu_1}{1+\mu} \cdot H_1 \cdot y \\
 \text{轴向力:} \quad \Delta N &= \Delta H \cdot \cos \varphi = -\frac{\mu_1}{1+\mu} \cdot H_1 \cdot \cos \varphi \\
 \text{剪 力:} \quad \Delta Q &= \pm \Delta H \cdot \sin \varphi = \mp \frac{\mu_1}{1+\mu} \cdot H_1 \cdot \sin \varphi
 \end{aligned} \right\}$$

192) 拱中主要截面的内力影响线形式(图形及计算中如何应用)?

答:有了赘余力的影响线后,主拱圈中任意截面的内力影响线(图4-52)都可以利用静力平衡条件和叠加原理求得。主要截面的内力影响线形式及计算有以下四点:

(1) 拱中任意截面水平推力 H_1 的影响线

由 $\sum X = 0$ 知, 主拱圈中任意截面水平推力 $H_1 = X_2$, 因此, H_1 的影响线与赘余力 X_2 的影响线完全相同, 各点的影响线竖标可由《拱桥》附录表(III)-12查得。

(2) 拱脚竖向反力 V 的影响线

将赘余力 X_3 移至两支点后, 由 $\sum Y = 0$ 得:

$$V = V_0 \mp X_3$$

式中: V_0 ——为简支梁的反力影响线。上边符号适用于左半跨, 下边符号适用于右半跨。

叠加 V_0 和 X_3 两条影响线就得到拱脚处竖向反力 V 的影响线(图4-52e)。显然, 拱脚处竖向反力的影响线的总面积 $\omega = \frac{l}{2}$ 。

(3) 任意截面的弯矩影响线

由下图a可得主拱圈任意截面的弯矩为:

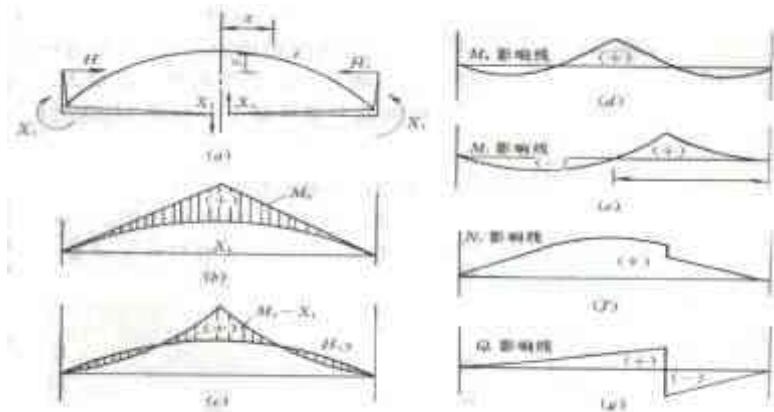
$$M_i = M_0 - H_1 y \pm X_3 x + X_1$$

式中: M_0 ——为简支梁的弯矩。上边符号适用于左半跨, 下边符号适用于右半跨。

对于拱顶截面 $x = 0$, 且 $X_3 x = 0$, 则由上式得

$$\text{拱顶截面的弯矩为: } M_d = M_0 - H_1 y + X_1$$

下图b、c示出了拱顶截面弯矩影响线的叠加过程, 图中d、e示出了拱顶截面和任意截面的弯矩影响线图形。



(4) 任意截面的轴力和剪力影响线

主拱圈中任意截面的轴力和剪力影响线，在其截面处都有突变，比较复杂，不便于编制等代荷载，一般也不利用轴力和剪力的影响线计算其内力。通常，可先算出拱中该截面的水平推力 H_1 和拱脚的竖向反力 V ，再按下列计算式计算轴向力 N 和 Q 。

$$\text{轴向力: } \begin{cases} \text{拱顶:} & N = H_1 \\ \text{拱脚:} & N = H_1 \cos \varphi_j + V \sin \varphi_j \end{cases}$$

$$\text{其它截面: } N \approx \frac{H_1}{\cos \varphi}$$

$$\text{剪 力: } \begin{cases} \text{拱顶:} & \text{数值很小, 一般不计算} \\ \text{拱脚:} & Q = H_1 \sin \varphi_j - V \cos \varphi_j \\ \text{其它截面:} & \text{数值较小, 一般不计算} \end{cases}$$

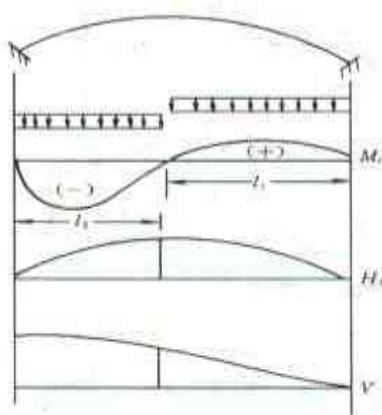
193) 如何用等代荷载、内力影响线计算拱桥的活载内力?

答: 1、计算集中力荷载:

- ①首先画出计算截面的弯矩影响线、水平推力和支座竖向反力影响线;
- ②根据弯矩影响线确定集中力荷载最不利(最大、最小)的加载位置;
- ③以荷载值乘以相应位置的影响线坐标，求得最大弯矩(最小弯矩)及相应的水平推力和支座竖向反力。

2、计算均布力:

- ①下图是某等截面悬链线无铰拱桥左拱脚处的弯矩 M_j 及水平推力 H_1 和支座竖向反力 V 影响线，首先将均布荷载布置在影响线的正弯矩区段。



- ②根据设计荷载和正弯矩区影响线的长度，可由《拱桥》手册的均布荷载表查得最大正弯矩 M_{\max} 的等代荷载 K_M 及相应水平推力和竖向反力的均布荷载 K_H 和 K_V ，及相应的面积 $\omega_M, \omega_H, \omega_V$ 。
- ③再以 K_M, K_H, K_V 分别乘以最大正弯矩及相应水平推力和竖向反力的面积 $\omega_M, \omega_H, \omega_V$ ，即可求得拱脚截面的内力。

$$\left. \begin{array}{l} \text{最大正弯矩: } M_{\max} = \phi \cdot \bar{\eta} \cdot K_M \cdot \omega_M \\ \text{与 } M_{\max} \text{ 相应水平推力: } H_1 = \phi \cdot \bar{\eta} \cdot K_H \cdot \omega_H \\ \text{与 } M_{\max} \text{ 相应竖向反力: } V = \phi \cdot \bar{\eta} \cdot K_V \cdot \omega_V \end{array} \right\}$$

式中: $\bar{\eta}$ —— 为荷载横向分布系数; ϕ —— 为车道折减系数;

则与 M_{\max} 相应的拱脚截面的轴向力为:

$$N = H_1 \cos \varphi_j + V \sin \varphi_j$$

同理，再将荷载布置在影响线的负弯矩区段，可求得最大负弯矩及相应水平推力、竖向反力和拱脚截面的轴向力。

④其它相应截面的轴向力和剪力分别按式下两式计算。

$$\text{拱顶: } N = H_1$$

$$\text{轴向力: } N = H_1 \cos \varphi_j + V \sin \varphi_j$$

$$\text{其它截面: } N \approx \frac{H_1}{\cos \varphi}$$

拱顶: 数值很小，一般不计算

剪 力: 拱脚: $Q = H_1 \sin \varphi_j - V \cos \varphi_j$

其它截面: 数值较小, 一般不计算

《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61-2005)第5.1.1条中规定, 计算由汽车荷载产生的拱的各截面正弯矩时, 拱顶至拱跨1/4点应乘以折减系数0.7, 拱脚应乘0.9, 拱跨1/4点至拱脚, 用直线插入法确定。

194) 什么情况下需进行裸拱的内力计算?

答: 采用早脱架施工(拱圈合拢后达到一定强度后就卸掉拱架)及无支架施工的拱桥, 需进行裸拱的内力计算。

195) 温度变化、砼收缩和拱脚变位产生的附加内力的计算公式和计算方法?

$$H_t = \frac{\Delta l_t}{\delta_{22}^t} = \frac{\Delta l_t}{(1 + \mu) \int_s \frac{y^2 ds}{EI}}$$

答: 温度变化产生的附加内力计算

$$\Delta l_t = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

式中: Δt ——为温度变化值, 即最高(或最低)温度与合龙温度之差。当温度上升时, Δt 和 H_t 均为正; 当温度下降时, 均为负。

α ——材料的线膨胀系数, 混凝土或钢筋混凝土结构 $\alpha = 1 \times 10^{-5}$, 混凝土预制块砌体 $\alpha = 0.9 \times 10^{-5}$, 石砌体 $\alpha = 0.8 \times 10^{-5}$ 。

由温度变化引起拱中任意截面的附加内力为(图4-57):

弯 矩: $M_t = -H_t \cdot y = -H_t \cdot (y_s - y_i)$

轴向力: $N_t = H_t \cdot \cos \varphi$

剪 力: $Q_t = \pm H_t \cdot \sin \varphi$

砼收缩产生的附加内力计算通常将混凝土收缩影响折算为温度的额外降低。《桥规》建议:

(1) 整体浇筑的混凝土结构的收缩影响, 对于一般地区相当于降低温度20℃, 干燥地区为30℃; 整体浇筑的钢筋混凝土结构的收缩影响, 相当于降低温度15~20℃。

(2) 分段浇筑的混凝土或钢筋混凝土结构的收缩影响, 相当于降低温度10~15℃。

(3) 装配式钢筋混凝土结构的收缩影响, 相当于降低温度5~10℃。

拱脚变位引起的内力计算:

拱脚相对水平位移引起的内力(X_2)

设两拱脚发生的相对水平位移为:

$$\Delta_h = \Delta_{hB} - \Delta_{hA}$$

式中: Δ_{hA}, Δ_{hB} ——分别为左、右拱脚的水平位移, 自原位置向右移为正, 左移为负。

由于两拱脚发生相对水平位移 Δ_h ，在弹性中心产生的赘余力为：

$$X_2 = -\frac{\Delta_h}{\delta_{22}} = -\frac{\Delta_h}{\int_s \frac{y^2 ds}{EI}}$$

如两拱脚相对靠拢 (Δ_h 为负)， X_2 为正，反之为负。

2. 拱脚相对垂直位移引起的内力 (X_3)

在图4-59中，设拱脚的垂直相对位移为：

$$\Delta_V = \Delta_{VB} - \Delta_{VA}$$

式中： Δ_{VB}, Δ_{VA} ——分别为左、右拱脚的垂直位移，均以自原位置向下移为正，上移为负。

由于两拱脚产生相对垂直位移 Δ_V ，在弹性中心产生的赘余力为：

$$X_3 = -\frac{\Delta_V}{\delta_{33}} = -\frac{\Delta_V}{\int_s \frac{x^2 ds}{EI}}$$

3. 拱脚相对角变引起的内力

在图4-60中，右拱脚 B 发生转角 θ_B (θ_B 顺时针为正)之后，在弹性中心除产生相同的转脚 θ_B 之外，

还会引起水平位移 Δ_h 和垂直位移 Δ_V 。

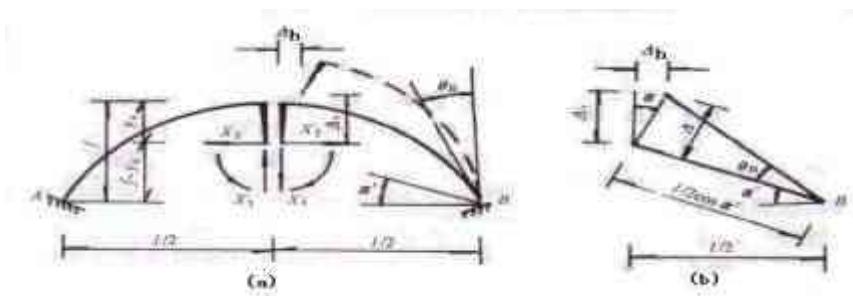


图4-60 拱脚相对角变引起的赘余力

$$X_1 = \frac{\theta_A}{\delta_{11}}$$

$$X_2 = \frac{\theta_A(f - y_s)}{\int_s \frac{y^2 ds}{EI}}$$

$$X_3 = \frac{\theta_A \cdot l}{2 \int_s \frac{x^2 ds}{EI}}$$

196) 主拱圈强度及稳定性验算的内容？

答：主拱圈强度内容：正截面小偏心受压、正截面大偏心受压、正截面直接受剪

稳定性验算的内容：纵向稳定性验算、横向稳定性验算、刚度验算

197) 什么是连拱作用？多跨拱桥连拱受力特点？如何考虑连拱作用的影响？

答：考虑各孔拱跨结构与桥墩一起的共同作用称为连拱作用。

多跨拱桥连拱受力特点：多跨拱桥在荷载作用下，各拱墩结点会产生水平位移和转角。

当桥墩抗推刚度与拱圈抗推刚度之比小于 37 时，考虑连拱作用，影响最大为加载孔越远越小，根据精度要求，确定计算孔数，一般 3 至 5 孔。

198) 连拱计算和固定拱计算对主拱圈和桥墩分别有何影响？

答：按连拱计算，拱中水平力比按固定拱计算的小，而控制设计是拱脚负弯矩和拱顶正弯矩要比固定拱计算的大；按连供计算，桥墩承受的水平力比按固定拱计算的小。

199) 连拱简化计算的方法有哪些？

答：（1）按拱墩抗推刚度比简化计算法（2） Σ 法（3）换算刚度法

200) 拱桥有支架施工和无支架施工的方法主要有哪些？

答：拱桥有支架施工：满布式拱架法，拱式拱架法，混合式拱架法，支架横移法刚性骨架法。支架施工的方法：缆索吊装法、斜吊式悬臂法，转体施工法。

201) 拱桥有支架施工的设备和拱架有哪些？其预拱度的设置需考虑哪些因素、应该如何卸落拱架？

答：拱桥有支架施工的设备是常备式设备，由角钢制成的杆件、节点板和螺栓等。

拱架有木拱架和钢拱架等。预拱度的设置需考虑（1）拱圈自重产生的拱顶弹性下沉（2）拱圈温度变化产生的拱顶弹性下沉（3）桥墩、台水平位移产生的拱顶下沉（4）拱架在承重后的弹性及非弹性变形（5）支架基础在受载后的非弹性下沉量。

拱圈达到一定强度后，按照一定程序卸落拱架。

202) 缆索吊装施工有何特点？主要设备和吊装设备有哪些？

答：1、由于是工场生产制作，构件质量好，有利于确保构件的质量和尺寸精度，并尽可能多的采用机械化施工；

2、上下部结构可以平行作业，因而可缩短现场工期；

3、能有效的利用劳动力，并由此而降低了工程造价；

4、由于施工速度快，可适用于紧急施工工程；

5、将构件预制后由于要存放一段时间，因此在安装时已有一定龄期，可减少混凝土收缩、徐变引起的变形。

设备有：主索，工作索，塔架和锚固装置等。

203) 拱桥转体施工法有何特点，主要设备有哪些？

答：转体施工的主要特点是：

1、可以利用地形，方便预制构件；

2、施工期间不断航，不影响桥下交通，并可在跨越通车线路上进行桥梁施工；

3、施工设备少，装置简单，容易制作并便于掌握；

4、节省木材，节省施工用料。采用转体施工与缆索无支架施工比较，可节省木材 80%，节省施工用钢 60%；

5、减少高空作业，施工工序简单，施工迅速；当主要构件先期合拢后，给以后施工带来方便；

6、转体施工适合于单跨和三跨桥梁，可在深水、峡谷中建桥采用，同时也适应在平原区以及用于城市跨线桥；

7、大跨径桥梁采用转体施工将会取得较好的技术经济效益，转体重量轻型化、多种工艺综合利用，**转体**是大跨径及特大。

设备有转盘，扣索，锚梁，顶梁，尾索，平衡重，转盘上板，环道等

204) 拱桥按主拱圈截面形式的分类及其构造特点?

答：分为 ①板拱桥 ②肋拱桥 ③双曲拱桥 ④箱形拱桥

主拱圈为矩形实体截面的拱桥，称为板拱，肋拱桥是由两条或多条分离的平行拱肋，以及在拱肋上设置的立柱和横梁支承的形成部分组成的拱桥，其上部结构由横系梁、立柱、横梁、纵梁及桥面板组成。

箱形拱桥：① 截面挖空率大，减轻了自重

- ② 箱形截面的中性轴大致居中，对于抵抗正负弯矩具有几乎相等的能力，能较好地适应主拱圈各截面的正负弯矩变化的需要
- ③ 由于是闭合空心截面，抗弯和抗扭刚度大，拱圈的整体性好，应力分布较均匀
- ④ 单条肋箱刚度较大，稳定性好，能单箱肋成拱，便于无支架吊装
- ⑤ 制作要求较高，吊装设备较多，主要用于大跨径拱桥

205) 什么是拱上建筑？实腹式和空腹式拱上建筑的组成?

答：由于主拱圈是曲线型，一般情况下车辆无法直接在弧面上行驶，所以在行车道系与主拱圈之间需要有传递荷载的构件和填充物。这些主拱圈以上的行车道系和传载构件或填充物统称为拱上建筑。

实腹式拱上建筑由拱腔填料、侧墙、护拱和桥面系等部分组成，一般适用于小跨径拱桥。空腹式拱上建筑最大的特点在于具有腹孔和腹孔墩。腹孔有拱式腹孔、梁(板)式腹孔两种形式。腹孔跨径不宜过大，腹孔的构造应统一。

206) 双曲拱桥、桁架拱桥、刚架拱桥的构造特点?

答：双曲拱桥的特点：将主拱圈以化整为零的方法按先后顺序进行施工，再以集零为整的组合式整体结构承重。

桁架拱桥的特点：兼顾了桁架和拱式结构的有利因素，可以充分发挥材料的受力性能；具有整体性好的特点，施工工期短，并且易于质量控制，单对浇注和吊运的要求高。

钢架拱桥属于有推力的高次超静定结构，具有构建少，质量轻，整体性好，刚度大，施工简单，造价低，造型美观等特点。

207) 天然地基上浅基础有哪几种主要类型?

答：天然地基上浅基础有单独基础，条形基础，筏形基础和箱形基础、壳体基础。

208) 何谓重力式桥墩？常用型式有哪些？各适用于何种环境？

答：实体重力式桥墩是一实体圬工墩，主要靠自身的重量（包括桥跨结构重力）平衡外力，从而保证桥墩的强度和稳定。按其截面尺寸及重量的不同又可分为实体重力式桥墩和实体轻型桥墩。此种桥墩自身刚度大，具有较强的防撞能力，但同时存在阻水面积大的缺陷，比较适合于修建在地基承载力较高、覆盖层较薄、基岩埋深较浅的地基上。

209) 何谓轻型桥墩？它主要有哪些类型？

答：轻型桥墩是指利用钢筋混凝土结构的抗弯能力来减少圬工体积而使桥墩轻型化的桥墩。主要类型有：钢筋混凝土薄壁式桥墩，柱式桥墩，柔性排架桥墩。

210) 桥墩顶帽及托盘的主要结构尺寸如何确定？

答：墩帽直接支承桥跨结构，应力较集中，因此对大跨径的重力式桥墩帽厚度不小于0.4米，中小跨径梁桥也不应小于0.3米，并设有5—10厘米的檐口。当桥面较宽时，为了节省桥墩圬工，减小结构自重，可选用挑臂式墩帽，梁式桥墩帽的平面尺寸，必须满足桥跨结构支座布置的需要。

211) 桥墩型式和截面形状的选择主要取决于哪几方面的条件？

答：1、结构受力、土质构造、地质条件、水文、流速以及河床的埋置深度。

2、满足交通、安全耐久、造价低、施工方便，与周围环境协调和造型美观。

212) 为什么要进行基底合力偏心检算？如何进行检算？

答：为了使恒载基底应力分布比较均匀，防止基底最大应力和最小应力相差过大，导致基底产生不均匀沉降和影响桥墩的正常使用，故在设计时候应对基底合力偏心距加以限制。

213) 空心墩的优缺点是什么？

答：这种桥墩具有截面积小、截面模量大、自重轻、结构刚度和强度较好的优点，多用于高桥。但是薄壁空心桥墩施工较复杂，又费钢材，应用较少。

214) 当桥墩所支承的两相邻桥跨结构不等跨时，为适应其建筑高度的不同，应作如何处理？

答：主要的处理办法是调整支座垫石的高度使得桥面处于连续状态的方法来解决。另外，也可通过设计桥墩的结构构造来解决。

215) 桥墩计算时应考虑哪些荷载作用？实体桥墩应检算哪些项目？

答：桥墩计算中考虑的永久作用有：①上部构造的恒重对墩帽或拱座产生的支承反力，包括上部构造混凝土收缩，徐变影响；②桥墩自重，包括在基础襟边上的土重；③预应力，例如对装配式预应力空心桥墩所施加的预应力；④基础变位影响力，对于奠基于非岩石地基上的超静定结构，应当考虑由于地基压密等引起的支座长期变位的影响，并根据最终位移量按弹性理论计算构件截面的附加内力；⑤水的浮力。

桥墩计算中考虑的可变作用为有：①作用在上部构造上的汽车荷载，对于钢筋混凝土柱式墩台应计入冲击力，对于重力式墩台则不计冲击力；②人群荷载；③作用在上部构造和墩身上的纵、横向风力；④汽车荷载引起的制动力；⑤作用在墩身上的流水压力；⑥作用在墩身上的冰压力；⑦上部构造因温度变化对桥墩产生的水平力；⑧支座摩阻力。

作用于桥墩上的偶然荷载有：①地震作用；②作用在墩身上的船只或漂浮物的撞击作用。

实体桥墩应检算哪些项目：1、截面强度验算 2、桥墩稳定性验算 3、墩顶水平位移验算 4、基础底面的承载力和偏心距

216) 怎样检算基底强度、倾覆和滑动稳定性？

答：1. 基底强度验算

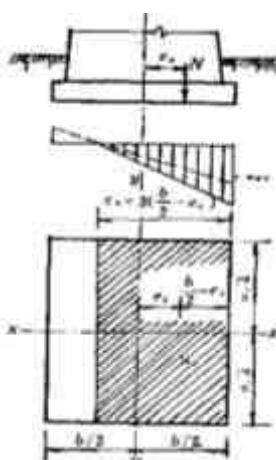
基底应力验算一般按顺桥方向和横桥方向分别进行。当偏心荷载

的合力作用在基底截面的核心半径 ρ 以内时，应验算偏心向的基底应

力。当设置在基岩上的墩基底的合力偏心距 e_0 超出核心半径 ρ 时，其基底的一边将会出现拉应力，由于不考虑基底承受拉应力，故需按基底应力重分布，见右图，重新验算基底最大压应力，其验算公式如下：

$$\sigma_{\max} = \frac{2N}{ac_x} \leq [\sigma_0]$$

顺桥方向



$$\sigma_{\max} = \frac{2N}{bc_y} \leq [\sigma_0]$$

横桥方向:

式中: σ_{\max} ——重新分布后基底最大压应力;

N ——作用于基础底面合力的竖向分力;

a 、 b ——横桥方向和顺桥方向基础底面积边长;

$[\sigma_0]$ ——地基土的容许承载力;

c_x ——顺桥方向验算时, 基底受压面积在顺桥方向的长度, 即 $c_x = 3(b/2 - e_x)$;

c_y ——横桥方向验算时, 基底受压面积在横桥方向的长度, 即 $c_y = 3(a/2 - e_y)$

e_x 、 e_y ——合力在 x 轴和 y 轴方向的偏心距。

2. 倾覆稳定性验算

抵抗倾覆的稳定系数 K_0 按下式验算, 见下图。

$$K_0 = \frac{M_{\text{稳}}}{M_{\text{倾}}} = \frac{x \sum P_i}{\sum (P_i e_i) + \sum (T_i h_i)} = \frac{x}{e_0}$$

式中: $M_{\text{稳}}$ ——稳定力矩;

$M_{\text{倾}}$ ——倾覆力矩;

$\sum P_i$ ——作用于基底竖向力的总和;

$(P_i e_i)$ ——作用在桥墩上各竖向力与它们到基底重心轴距离的乘积

$(T_i h_i)$ ——作用在桥墩上各水平力与它们到基底距离的乘积;

x ——基底截面重心 O 至偏心方向截面边缘距离;

e_0 ——所有外力的合力 R (包括水浮力) 的竖向分力对基底重心的偏心距。

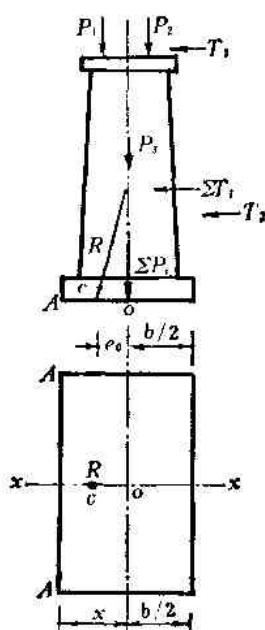
3. 滑动稳定性验算

$$K_c = \frac{\sum P_i}{\sum T_i}$$

抵抗滑动的稳定系数 K_c , 按右式验算:

式中: $\sum P_i$ ——各竖向力的总和 (包括水的浮力);

$\sum T_i$ ——各水平力的总和;



f ——基础底面与地基土之间的摩擦系数，其值为 0.25~0.70，可根据土质情况参照《公路桥涵地基与基础设计规范》

217) 桥台一般由哪几部分组成？

答：主要有台帽、台身和基础等。

218) 重力式桥台的长度如何确定？

答：主要是根据两主边梁的距离确定。

219) 桥台检算中，一般采用哪几种活载布置？作用在桥台上有哪些荷载？

答：1、第一种布置：按在桥墩各截面上可能产生的最大竖向力的情况进行组合；第二种布置：按桥墩各截面在顺桥方向上可能产生的最大偏心和最大弯矩的情况进行组合；第三种布置：按桥墩各截面在横桥方向上可能产生最大偏心和最大弯矩的情况进行组合。

2、桥墩计算中考虑的永久作用有：①上部构造的恒重对墩帽或拱座产生的支承反力，包括上部构造混凝土收缩，徐变影响；②桥墩自重，包括在基础襟边上的土重；③预应力，例如对装配式预应力空心桥墩所施加的预应力；④基础变位影响力，对于奠基于非岩石地基上的超静定结构，应当考虑由于地基压密等引起的支座长期变位的影响，并根据最终位移量按弹性理论计算构件截面的附加内力；⑤水的浮力。

桥墩计算中考虑的可变作用为有：①作用在上部构造上的汽车荷载，对于钢筋混凝土柱式墩台应计入冲击力，对于重力式墩台则不计冲击力；②人群荷载；③作用在上部构造和墩身上的纵、横向风力；④汽车荷载引起的制动力；⑤作用在墩身上的流水压力；⑥作用在墩身上的冰压力；⑦上部构造因温度变化对桥墩产生的水平力；⑧支座摩阻力。

作用于桥墩上的偶然荷载有：①地震作用；②作用在墩身上的船只或漂浮物的撞击作用。

220) 梁桥和拱桥重力式桥墩有哪些类型？重力式桥墩受力和构造特点？

答：主要有 U 型桥台。受力特点：靠自身的重力来平衡外力保持稳定。构造特点：比较厚实可以不用钢筋，而用天然石材或片石混凝土砌筑，圬工体积大，自重和阻水面积也大。

221) 梁桥和拱桥轻型桥墩有哪些类型？梁桥柔性墩的受力特点？梁桥柱式墩的构造特点？

答：1、梁桥轻型桥墩（1）钢筋混凝土薄壁桥墩（2）柱式桥墩（3）柔性排架桥墩

2、拱桥轻型桥墩主要是桩柱式

梁桥柔性墩的受力特点：将上部结构传来的水平力（制动力、温度影响力等）传递到全桥的各个柔性墩台，或相邻的刚性墩台上，以减少单个柔性墩所受到的水平力，从而达到减小桩墩截面的目的。

梁桥柱式墩的构造特点：由分离的两根或多个立柱或者桩柱组成。

222) 重力式桥台有哪些类型及构造特点？轻型桥台有哪些类型及构造特点？

答：（1）重力式桥台：重力式桥台的常用型式是 U 型桥台，它由台帽、台身和基础等三部分组成。台后的土压力主要靠自重来平衡，故桥台本身多数由石砌、片石混凝土或混凝土等圬工材料建造，并用就地浇筑的方法施工。

（2）轻型桥台。轻型桥台的体积轻巧、自重较小，一般由钢筋混凝土材料建造，它借助结构物的整体刚度和材料强度承受外力，从而可节省材料，降低对地基强度的要求和扩大应用范围，为在软土地基上修建桥台开辟了经济可行的途径。

常用的轻型桥台分为设有支撑梁的轻型桥台、钢筋混凝土薄壁桥台和埋置式桥台等几种类型。

223) 组合式桥台的构造和受力特点？

答：组合式桥台是由前台和后座两部分构成。前台与一般桥台相似，由台身、拱座和基础组成。前台基础一般采用桩基或沉井基础。当采用多排桩（双排桩）时宜采用斜直桩相结合。前直后斜，且斜桩多于直桩；当采用多排直桩时宜增加后排桩长或桩数，以提高桩基础抵抗前台向后转动和向岸水平位移的能力。后座由摩阻板和挡土墙组成，借挡土墙后土体水平抗力和摩阻板底下土的剪切抗力以及前台桩基础所承受的水平力来平衡拱推力。挡土墙也可设置在前台，即为前台的背墙。

224) 桥梁墩台的验算的内容和目的？重力式墩台的要求和验算内容有哪些？

答：1、桥梁桥台验算内容：桥台作为竖梁时的强度验算（验算桥台截面强度）；桥台在本身平面内的弯曲验算（验算桥台的抗弯强度）；基地应力验算（复核地基）

2、桥梁桥墩验算：1、盖梁验算（计算盖梁的强度）2、墩身验算（验算桥墩的强度，刚度，稳定性等）

3、重力式桥墩的验算内容及目的：墩身截面的强度验算（验算尺寸及强度）；墩顶水平位移验算（满足变形要求）；基底应力和偏心验算（满足基底应力要求）

4、重力式桥台的验算：桥台只作纵桥向的验算，U形桥台验算项目与实体式桥墩基本相同，需验算台身强度、截面偏心距、桥台整体稳定性（抗倾覆稳定和抗滑动稳定）及台顶水平位移。验算方法与公式均与实体式桥墩相同。当验算台身砌体强度时，如桥台截面各部尺寸满足上述构造要求，则把桥台的翼墙和前墙作为整体来考虑受力；否则前墙应按独立的挡土墙计算。

225) 重力式实体桥墩应检算哪些项目？

- 答：1) 计算作用在桥墩上的荷载；
- 2) 进行荷载布置与组合；
- 3) 验算墩身截面强度和偏心；
- 4) 验算基底应力和偏心；
- 5) 验算桥墩倾覆和滑动稳定性；
- 6) 施工验算

226) 柱柱式桥墩盖梁的计算图式有哪三点规定？

- 答：①双柱式墩台，当盖梁与柱身的刚度比大于5时，按简支梁或双悬臂梁计算
- ②双柱式墩台，当盖梁与柱身的刚度比大于5时，按刚架计算
- ③多柱式墩台，按连续梁计算

227) 何谓墩顶抗推刚度？

答：指使墩顶产生单位水平位移所需施加的水平反力（ $k_{墩i}$ ）

228) 拱式桥的墩台与梁式桥墩台的最大差别有哪些？

答：径向有水平力。

229) 拱桥何时设单向推力墩？常用的推力墩有哪几种？

答：在一侧的桥孔因某种原因遭到毁坏时，能承受住单侧拱的恒载水平推力，以保证其另一侧的拱桥不致遭到倾坍。而且当施工时为了拱架的多次周转，或者当缆索吊装施工的工作跨径受到限制时为了能按桥台与某墩之间或者按某两个桥墩之间作为一个施工段进行分段施工，在此情况下也要设置能承受部分恒载单向推力的墩。

230) 梁桥施工有那两大类？各自的特点是什么？

答：梁桥的施工方法有就地浇筑法和预制安装法两大类

就地浇筑法的优缺点：

优点：它不需要大型的吊装设备和开辟专门的预制场地，梁体结构中横桥向的主筋不用中断，故其结构的整体性能好。

缺点：支架需要多次转移，使工期加长，全桥多跨一次性立架，则投入的支架费用又将大大增高。
预制安装法的优缺点：

优点：桥梁的上、下部结构可以平行施工，使工期大大缩短；无需在高空进行构件制作，质量容易控制，可以集中在一处成批生产，从而降低工程成本。

缺点：需要大型的起吊运输设备，此项费用较高。由于在构件与构件之间存在拼接纵缝；显然，拼接构件的整体工作性能就不如就地浇筑法

231) 试指出混凝土简支梁的制作工艺流程。

答：混凝土简支梁的制作工艺流程分五步：立支架模板——钢筋骨架成型和安装——浇筑及振捣混凝土——混凝土的养护——养护及拆除模板

232) 模板、支架的的卸落程序与要求是什么？

答：(1)从梁跨度最大处的支架节点开始，逐步向两端进行

(2)悬臂梁先主跨的中间，再悬臂，再主跨，再悬臂

233) 何谓先张法？何谓后张法？

答：先张法是指先在台座上张拉预应力钢材，然后浇筑混凝土以形成预应力混凝土构件的施工方法。后张法是先制作留有预应力筋孔道的梁体，待梁达到规定强度后，再在孔道内穿入预应力筋进行张拉并锚固，最后进行孔道压浆并浇灌梁端封头混凝土

234) 何谓单控？何谓双控？

答：单控：只控制其张拉伸长率。

双控：不仅控制其张拉伸长率，还要控制其应力。

235) 何谓悬臂浇筑施工？何谓悬臂拼装施工？比较悬臂施工两种方法？

答：悬臂浇筑施工：以桥墩为中心，对称地向两岸利用挂篮浇筑梁节段的混凝土，待混凝土达到要求强度后，边张拉预应力束，然后移动挂篮，进行下一段的施工。

悬臂拼装施工：悬臂拼装是将预制好的梁段，用驳船运到桥墩两侧，然后通过悬臂梁上的一队起吊机械，对称吊装梁段，待就位后再施加预应力，如此逐渐接长。

比较：(1)施工进度上悬拼比悬浇快 (2)施工质量上，悬浇优于悬拼。 (3)施工变形的控制上悬浇易于逐梁段调整高差 (4)拼比悬浇应用广

236) 顶推施工的方式有哪两种？顶推施工的工艺有哪两种？

答：1、单向单点顶推 2、多项推点 3.、双向顶推

顶推工艺又分为推头式和拉杆式以及梁体预留推杆孔式等。

237) 混凝土浇注时，因故间歇，间歇时超过允许值应按工作缝处理，其方法是怎样的？

答：1) 凿除老混凝土表层的水泥浆和较弱层，将接缝面凿毛，用水冲洗干净。

2) 如为垂直缝应刷一层净水泥浆，如为水平缝应在接缝面上铺一层与混凝土相同而水灰比略小的、厚度为1~2cm的水泥砂浆；

3) 斜面接缝应将斜面凿毛呈台阶状；

4) 接缝处于重要部位或结构物位于地震区者，在灌注时应加锚固钢筋；

5) 振捣器工作时应离先浇混凝土5~10cm。

238) 冬季浇注混凝土，确保混凝土质量的主要措施有哪些？

答：1、严格控制氯盐的掺量，控制水泥质量。2、适当掺用防冻剂、减水剂、早强剂、引气剂等外加剂，减少灰比，采了重复振动，提高结构致密性。3、适当控制外加剂的用量，充分溶解后适当延长搅拌时间。混凝土浇灌后，立即在其表面覆盖1~2层薄膜塑料，严防混凝土水分外移。

239) 箱梁悬浇施工的工艺流程。

答：先浇底板混凝土，后浇肋板及顶板混凝土，工艺流程为：移挂篮→装底、侧模→装底、肋板钢筋和预留管道→装内模→装顶板钢筋和预留管道→浇筑混凝土→养生→穿预应力筋、张拉和锚固→管道压浆。

240) 斜拉桥主梁的施工方法和特点有哪些？

答：悬臂拼装法和悬臂浇筑法

(1) 悬臂拼装法

悬臂拼装法主要用在钢主梁（桁架梁或箱形梁）的斜拉桥上。钢主梁一般先在工厂加工制作，再运至桥位处吊装就位。钢梁预制节段长度应从起吊方便施工考虑，一般以布置1~2根斜拉索和2~4根横梁为宜，节段与节段之间的连接分全断面焊接和全断面高强螺栓连接两种，连接之后必须严格按照设计精度进行预拼装和校正。常用的起重设备有悬臂吊机、大型浮吊以及各种自制吊机。这种方法的优点是钢主梁和索塔可以同时在不同的场地进行施工，因此具有施工快捷和方便的特点。

(2) 悬臂浇筑法

悬臂浇筑法主要用在预应力混凝土斜拉桥上。其主梁混凝土悬臂浇筑与一般预应力混凝土梁式桥的基本相同。这种方法的优点是结构的整体性好，施工中不需用大吨位悬臂吊机和运输预制节段块件的驳船；但是不足之处是在整个施工过程中必须严格控制挂篮的变形和混凝土收缩、徐变的影响，相对于悬臂拼装法而言其施工周期较长

六、计算题

- 1) 计算图1所示T梁翼板所构成铰接悬臂板的设计内力。桥梁荷载为公路—I级，桥面铺装为80mm厚C50混凝土配 $\phi 8 @ 100$ 钢筋网；容重为 25 kN/m^3 ；下设40mm厚素混凝土找平层；容重为 23 kN/m^3 ，T梁翼板材料容重为 25 kN/m^3 。

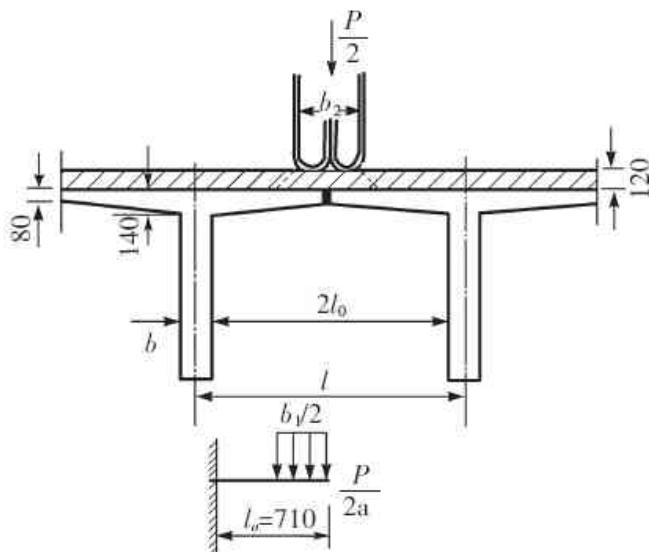


图 1 铰接悬臂行车道板 (单位: mm)

解: a. 恒载及其内力 (以纵向 1m 宽的板条进行计算)

每延米板上的恒载 g :

$$\text{钢筋混凝土面层 } g_1: 0.08 \times 1.0 \times 25 = 2.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{素混凝土找平层 } g_2: 0.04 \times 1.0 \times 23 = 0.92 \text{ kN/m}$$

$$\text{T 梁翼板自重 } g_3: \frac{0.08 + 0.14}{2} \times 1.0 \times 25 = 2.75 \text{ kN/m}$$

$$\text{合计: } g = \sum g_i = 5.67 \text{ kN/m}$$

每米宽板条的恒载内力

$$\text{弯矩 } M_{Ag} = -\frac{1}{2} g l_0^2 = -\frac{1}{2} \times 5.67 \times 1.00^2 = -2.84 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{剪力 } Q_{Ag} = g \cdot l_0 = 5.67 \times 1.00 = 5.67 \text{ kN}$$

b. 公路—I 级荷载产生的内力

要求板的最不利受力, 应将车辆的后轮作用于铰缝轴线上, 见图 2, 后轮轴重为 $P=140 \text{ kN}$, 着地长度为 $a_2=0.2 \text{ m}$, 宽度为 $b_2=0.60 \text{ m}$, 车轮在板上的布置及其压力分布图见图 1-1

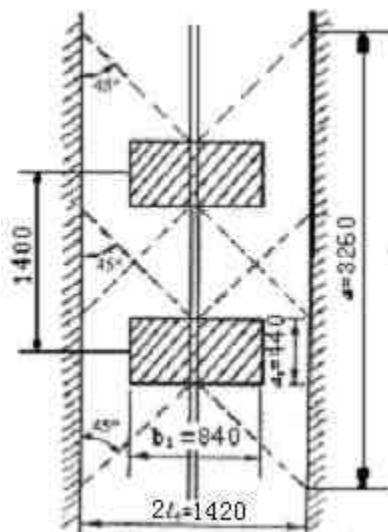


图 2 公路—I 级荷载计算图式 (单位: mm)

$$\text{由式 } a_1 = a_2 + 2H = 0.20 + 2 \times 0.12 = 0.44 \text{ m}$$

$$b_1 = b_2 + 2H = 0.60 + 2 \times 0.12 = 0.84 \text{ m}$$

一个车轮荷载对于悬臂根部的有效分布宽度:

$$a = a_1 + 2l_0 = 0.44 + 1.42 = 1.86 \text{ m} > 1.4 \text{ m} \text{ (两后轮轴距)}$$

两后轮的有效分布宽度发生重叠, 应一起计算其有效分布宽度。铰缝处纵向 2 个车轮对于悬臂板根部的有效分布宽度为:

$$a = a_1 + d + 2l_0 = 0.44 + 1.4 + 1.42 = 3.26 \text{ m}$$

作用于每米宽板条上的弯矩为：

$$M_{Ap} = -(1+\mu) \frac{P}{2a} \left(l_0 - \frac{b_1}{4} \right) = -1.3 \times \frac{140}{2 \times 3.26} \times (1.0 - \frac{0.84}{4}) = -22.05 \text{kN}\cdot\text{m}$$

作用于每米宽板条上的剪力为：

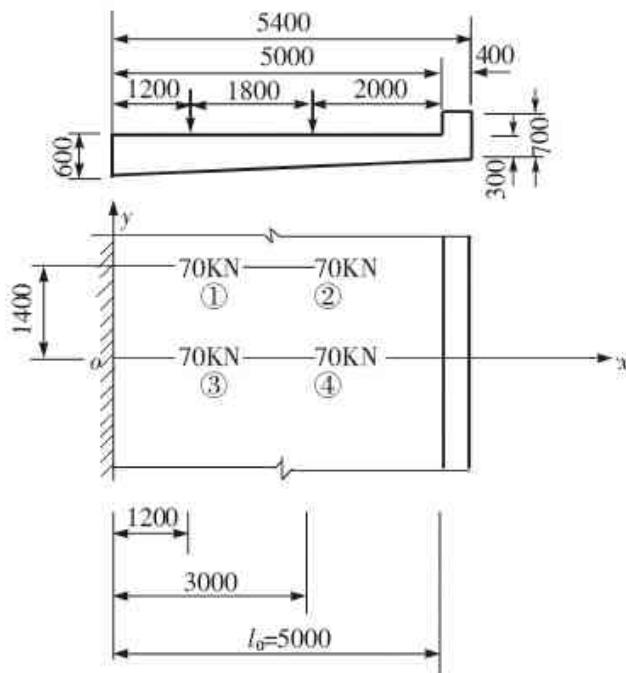
$$Q_{Ap} = (1+\mu) \frac{P}{2a} = 1.3 \times \frac{140}{2 \times 3.26} = 27.91 \text{kN}$$

c. 行车道板的设计内力

$$M_A = 1.2 \times M_{Ag} + 1.4 \times M_{Ap} = 1.2 \times (-2.84) + 1.4 \times (-22.05) = -34.28 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$Q_A = 1.2 \times Q_{Ag} + 1.4 \times Q_{Ap} = 1.2 \times 5.67 + 1.4 \times 27.91 = 45.88 \text{kN}$$

2) 如图 3 所示，悬臂板上有四个轮重①~④，求其根部 o 点单位宽度上的最大负弯矩。



悬臂弯矩计算图(单位: mm)

图 3

解：a. 计算 I_B 、 I_s

悬臂端垂直于悬臂跨径的边梁，其绕纵轴 y 的惯性矩，取纵桥向单位梁长

$$I_B = \frac{1}{12} \times 1.0 \times 0.7^3 = 0.028583 \text{m}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 1.0 \times 0.6^3 = 0.018 \text{m}^4$$

b. 求 A 由 $I_B / I_s = 1.558$ ，自表 2-4 查取 A 值，其法如下：

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{600}{300} = 2.0, \frac{I_B}{I_s} = 1.588, B = \frac{x}{l_0} = \frac{0}{l_0} = 0$$

$$\frac{\xi}{l_0}: \text{ 轮重} \textcircled{1}、\textcircled{3}, \frac{\xi}{l_0} = \frac{1200}{5000} = 0.24; \text{ 轮重} \textcircled{2}、\textcircled{4}, \frac{\xi}{l_0} = \frac{3000}{5000} = 0.6.$$

A 值用直线插入法求取。

轮重 $\textcircled{1}$ 、 $\textcircled{3}$:

ξ/l_0	$I_B/I_S = 1.000$	$I_B/I_S = 1.588$	$I_B/I_S = 2.000$
0.20	1.120		1.010
0.24	<u>1.138</u>	<u>1.079</u>	<u>1.038</u>
0.40	1.210		1.150

轮重 $\textcircled{2}$ 、 $\textcircled{4}$:

ξ/l_0	$I_B/I_S = 1.000$	$I_B/I_S = 1.588$	$I_B/I_S = 2.000$
0.60	1.270	1.205	1.160

c. 悬臂根部弯矩计算: $M_{x0} = \sum -\frac{PA}{\pi} \left[\frac{1}{ch(\frac{Ay}{\xi-x})} \right]$

$$\text{轮重} \textcircled{1} \quad M_{x0,1} = \frac{-70 \times 1.079}{\pi} \left[\frac{1}{ch(\frac{1.079 \times 1.4}{1.2-0})} \right] = -12.623 \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$$

$$\text{轮重} \textcircled{2} \quad M_{x0,2} = \frac{-70 \times 1.205}{\pi} \left[\frac{1}{ch(\frac{1.025 \times 1.4}{3.0-0})} \right] = -23.127 \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$$

$$\text{轮重} \textcircled{3} \quad M_{x0,3} = \frac{-70 \times 1.079}{\pi} \left[\frac{1}{ch(\frac{1.079 \times 0}{1.2-0})} \right] = -24.042 \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$$

$$\text{轮重} \textcircled{4} \quad M_{x0,4} = \frac{-70 \times 1.205}{\pi} \left[\frac{1}{ch(\frac{1.205 \times 0}{3.0-0})} \right] = -26.849 \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$$

$$M_{xo} = -(12.625 + 23.127 + 24.042 + 26.849) = -86.641 \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$$

以上计算未考虑冲击系数, 悬臂板冲击系数取 $1+\mu=1.3$ 。

- 3) 如图4示为一桥面宽度为净9-9+2×1.5m人行道的钢筋混凝土T形梁桥, 共设五根主梁。试求荷载位于支点处时1号和2号主梁相应于汽车荷载和人群荷载的横向分布系数。

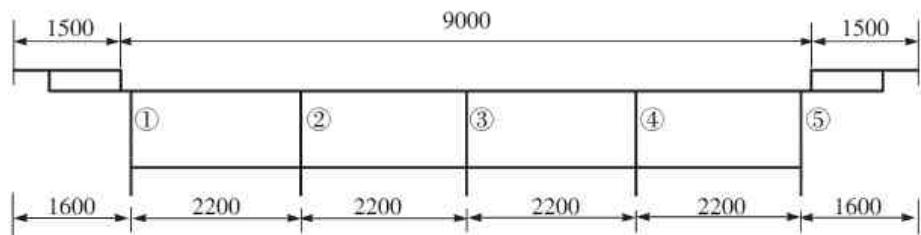


图 4

解：(1)首先绘制1号梁和2号梁的荷载横向影响线，如图2-59b所示。

(2)在荷载横向影响线上确定荷载沿横向最不利的布置位置。《桥规》规定对于汽车荷载，车辆横向轮距为1.80m，两列汽车车轮的横向最小间距为1.30m，车轮离人行道缘石的最小距离为0.50m。求出相应于荷载位置的影响线竖标值后，就可得到横向所有荷载分配给1号梁的最大荷载值为：

$$\text{汽车荷载: } \max R_q = \sum \frac{P}{2} \cdot \eta_{qi} = \frac{P}{2} \times 0.818 = 0.409P$$

$$\text{人群荷载: } \max R_r = \eta_r \cdot P_r \cdot 1.5 = 1.386P_{0r}$$

式中 P 和 P_{0r} 相应为汽车荷载轴重和每延米跨长的人群荷载集度； η_{qi} 和 η_r 为对应于汽车车轮和人群荷载集度的影响线坐标。由此可得1号梁在汽车和人群荷载作用下的最不利荷载横向分布系数分别为 $m_{0q} = 0.409$ 和 $m_{0r} = 1.386$ 。

同理可计算得2号梁的荷载横向分布系数为 $m_{0q} = 0.795$ 和 $m_{0r} = 0$ 。

- 4) 计算跨径 $l = 29.12m$ 的桥梁横截面如图3所示，试求荷载位于跨中时，1号和2号主梁的荷载横向分布系数。

解：此桥在跨度内设有二道端横梁，五道中横梁，具有强大的横向连接刚性，且承重结构的长宽比为：

$$\frac{l}{B} = \frac{29.12}{5 \times 2.2} = 2.65 > 2$$

故可按偏心压力法来绘制横向影响线，并计算相应汽车荷载和人群荷载的横向分布系数 m_{cq} 和 m_{cr} 。

该桥有5根主梁，各主梁的横截面均相等，主梁间距为2.2m，则：

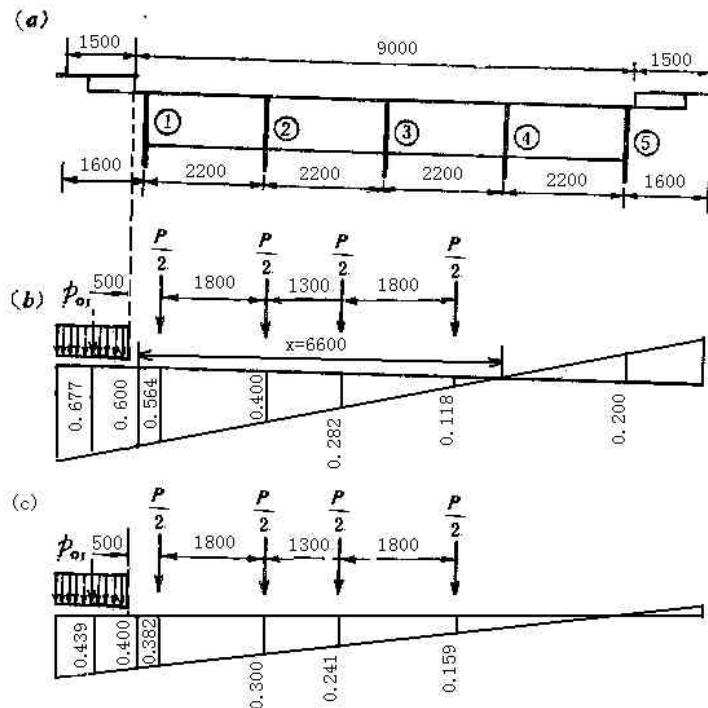
$$\sum_{i=1}^5 a_i^2 = a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 = (2 \times 2.2)^2 + 2.2^2 + 0^2 + (-2.2)^2 + (-2 \times 2.2)^2 = 48.40 m^2$$

由式(2-37)得1号梁的横向影响线竖标值为：

$$\eta_{11} = \frac{1}{n} + \frac{a_1^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} = \frac{1}{5} + \frac{(2 \times 2.2)^2}{48.40} = 0.6$$

$$\eta_{11} = \frac{1}{n} - \frac{a_1^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} = \frac{1}{5} - \frac{(2 \times 2.2)^2}{48.40} = -0.2$$

同理可得2号梁的横向影响线竖标值为： $\eta_{21} = 0.4$ ； $\eta_{25} = 0.0$ 。由 η_{11} 和 η_{15} 绘制1号梁的横向影响线，由 η_{21} 和 η_{25} 绘制2号梁的横向影响线，见图5b和c所示，图中按《桥规》规定确定了汽车荷载的最不利荷载位置。

图 5 偏心压力法 m_c 计算图式 (单位: mm)

(a) 桥梁横截面; (b) 1 号梁横向影响线; (c) 2 号梁横向影响线

由 η_{11} 和 η_{15} 计算 1 号梁横向影响线的零点位置。设零点至 1 号梁位的距离为 x ，则：

$$\frac{x}{0.6} = \frac{4 \times 2.2 - x}{0.2} \quad \text{解得: } x = 6.6m$$

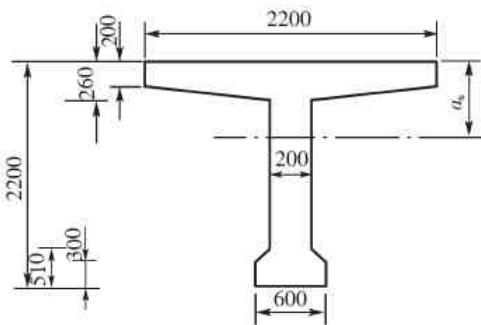
于是，1 号梁的荷载横向分布系数计算如下：

$$\text{汽车荷载: } m_{cq} = \frac{1}{2} \sum \eta_{qi} = \frac{1}{2} (\eta_{q1} + \eta_{q2} + \eta_{q3} + \eta_{q4}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{0.6}{6.6} (6.2 + 4.4 + 3.1 + 1.3) = 0.682$$

$$\text{人群荷载: } m_{cr} = \eta_r = \frac{0.6}{6.6} \cdot \left(6.6 + 0.1 + \frac{1.5}{2} \right) = 0.677$$

同理可求出 2 号梁的荷载横向分布系数为： $m_{cq} = 0.541$ ； $m_{cr} = 0.439$

- 5) 为了进行比较，仍取偏心压力法的计算举例所采用的主梁截面来计算 1 号和 2 号梁考虑抗扭刚度修正后的荷载横向分布系数。T 形主梁的细部尺寸如图 6 所示。



主梁截面尺寸 (单位: mm)

图 6

解: (1) 计算 I 和 I_T

① 主梁抗弯惯矩 I :

$$\text{翼板的换算平均厚度: } h_1 = \frac{200 + 260}{2} = 230 \text{ mm}$$

$$\text{马蹄的换算平均厚度: } h_2 = \frac{300 + 510}{2} = 405 \text{ mm}$$

主梁截面重心位置 a_x :

$$a_x = \frac{(2200 - 200) \times 230 \times \frac{230}{2} + 2200 \times 200 \times \frac{2200}{2} + 405 \times (600 - 200) \times \frac{405}{2}}{(2200 - 200) \times 230 + 2200 \times 200 + 405 \times (600 - 200)} = 536 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times (2200 - 200) \times 230^3 + (2200 - 200) \times 230 \times \left(536 - \frac{230}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} \times 200 \times 2200^3$$

$$+ 200 \times 2200 \times \left(\frac{2200}{2} - 536\right)^2 + \frac{1}{12} \times (600 - 200) \times 405^3 + (600 - 200) \times 405 \times \left(2200 - 536 - \frac{405}{2}\right)^2$$

$$= 7.492 \times 10^{11} \text{ mm}^4$$

② 主梁抗扭惯矩 I_T :

对于翼板: $t_1/b_1 = 230/2200 = 0.105 > 0.1$, 查表 2-6 得 $c_1 = 0.311$

对于梁肋: $t_2/b_2 = 200/1565 = 0.128$, 查表 2-6 得 $c_2 = 0.306$

对于马蹄: $t_3/b_3 = 405/600 = 0.675$, 查表 2-6 得 $c_3 = 0.194$

由式 (2-52) 得:

$$I_T = 0.311 \times 2200 \times 230^3 + 0.306 \times 1565 \times 200^3 + 0.194 \times 600 \times 405^3$$

$$= 1.989 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

(2) 计算抗扭修正系数 β

由表 2-5 可知 $n = 5$ 时 $\xi = 1.042$, 并取 $G = 0.425E$, 代入式 (2-51) 得:

$$\beta = \frac{1}{1 + 1.042 \times \frac{0.425E \times 1.989 \times 10^{10}}{E \times 7.492 \times 10^{11}} \times \left(\frac{29140}{11000} \right)^2} = 0.924$$

(3) 计算横向影响线竖标值

对于 1 号边梁考虑主梁抗扭修正后的荷载横向影响线竖标值为:

$$\eta_{11}' = \frac{1}{n} + \beta \frac{a_1^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} = 0.2 + 0.924 \times 0.4 = 0.570$$

$$\eta_{15}' = \frac{1}{n} - \beta \frac{a_1^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} = 0.2 - 0.924 \times 0.4 = -0.170$$

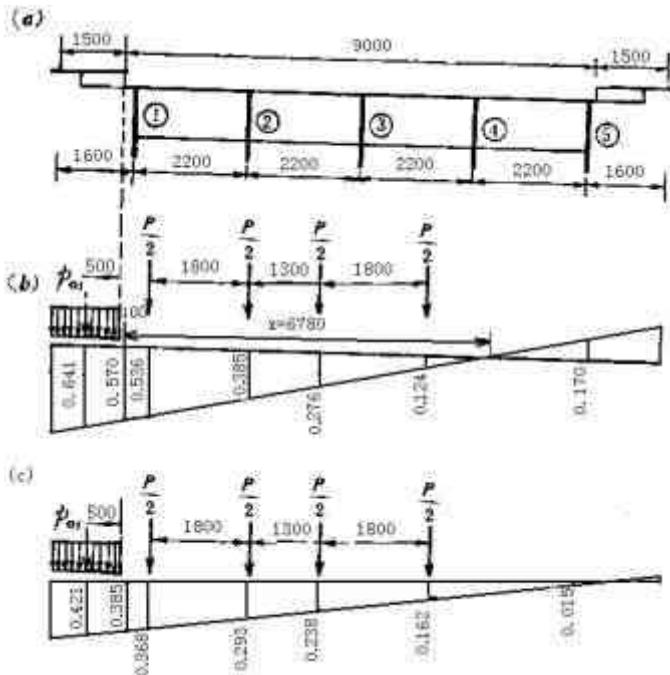
同理可得 2 号梁考虑主梁抗扭修正后的荷载横向影响线竖标值为: $\eta_{21}' = 0.385$; $\eta_{25}' = 0.015$ 。

(4) 计算荷载横向分布系数

设影响线零点离 1 号梁轴线的距离为 x' , 则:

$$\frac{x'}{0.570} = \frac{4 \times 2.20 - x'}{0.170} \quad \text{解得: } x' = 6.78m$$

1 号边梁的横向影响线和布载图式见图 7b 所示。

图 7 修正偏心压力法 m_c 计算图 (单位: mm)

(a) 桥梁横截面; (b) 1号梁横向影响线; (c) 2号梁横向影响线

$$\text{汽车荷载: } m_{cq} = \frac{1}{2} \sum \eta_{qi} = \frac{1}{2} \times \frac{0.570}{6.78} \times (6.38 + 4.58 + 3.28 + 1.48) = 0.661(0.682)$$

$$\text{人群荷载: } m_{cr} = \eta_r = \frac{0.570}{6.78} \times \left(6.78 + 0.1 + \frac{1.5}{2} \right) = 0.641(0.677)$$

同理可得 2 号梁的荷载横向分布系数 $m_{cq} = 0.530(0.541)$; $m_{cr} = 0.421(0.439)$ 。括弧内表示用偏心压力法不计主梁抗扭作用的计算结果。

- 6) 图 8 所示为计算跨径 $l=12.60\text{m}$ 的铰接空心板桥的横截面布置, 桥面宽度为净-7+2×0.75m 人行道。全桥由 9 块预应力混凝土空心板组成, 试求 1 号、3 号和 5 号板在汽车荷载和人群荷载作用下跨中荷载横向分布系数 m_c 。

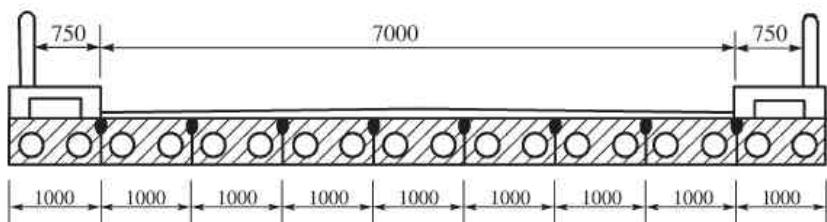


图 8

解: ① 计算空心板截面的抗弯惯矩 I

空心板是上下对称截面, 形心轴位于截面中心, 故其抗弯惯矩为:

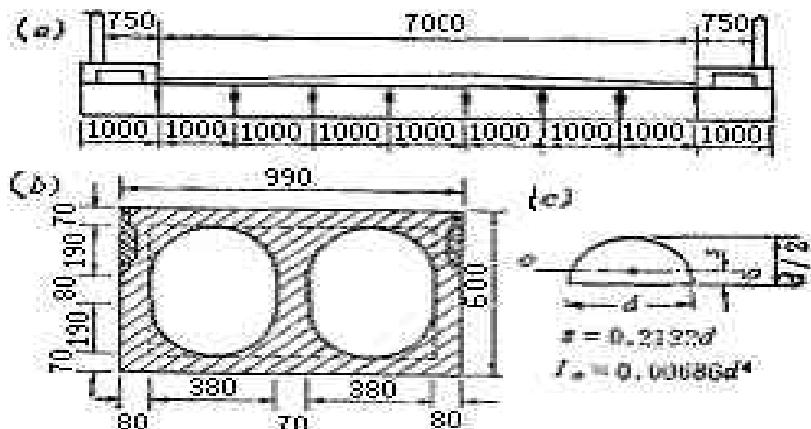


图 9 空心板桥横截面 (单位:mm)

$$I = \frac{990 \times 600^3}{12} - 2 \times \frac{380 \times 80^3}{12} - 4 \times \left[0.00686 \times 380^4 + \frac{1}{2} \times \frac{\pi \times 380^2}{2} \times \left(\frac{80}{2} + 0.2122 \times 380 \right)^2 \right] = 1391 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

② 计算空心板截面的抗扭惯矩 I_T

空心板截面可近似简化成图 9(b) 中虚线所示的薄壁箱形截面来计算 I_T ，按式 (2-66)，则有：

$$I_T = \frac{4 \times (990 - 80)^2 \times (600 - 70)^2}{(990 - 80) \times (\frac{1}{70} + \frac{1}{70}) + \frac{2 \times (600 - 70)}{80}} = 2.37 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

③ 计算刚度参数 γ

$$\gamma = 5.8 \frac{I}{I_T} \left(\frac{b}{l} \right)^2 = 5.8 \times \frac{1391 \times 10^7}{2370 \times 10^7} \times \left(\frac{1000}{12600} \right)^2 = 0.0214$$

④ 计算跨中荷载横向分布影响线

从铰接板荷载横向分布影响线计算用表 (附录 I) 中所属 9-1、9-3 和 9-5 的分表，在 $\gamma=0.02 \sim 0.04$ 之间按直线内插法求得 $\gamma=0.0214$ 的影响线竖标值 η_{1i} 、 η_{3i} 和 η_{5i} 。计算结果见表 1 (表中的数值为实际 η_{ki} 的 1000 倍)。

将表中 η_{1i} 、 η_{3i} 和 η_{5i} 之值按一定比例绘于各号板的轴线下方，连接成光滑曲线后，就得 1 号、3 号和 5 号板的荷载横向分布影响线，如图 10b、c 和 d 所示。

表 1

板号	γ	单位荷载作用位置 (i 号板中心)									$\sum \eta_{ki}$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.02	236	194	147	113	888	670	557	449	346	≈ 1000
	0.04	306	232	155	104	670	448	335	226	123	
	0.0214	241	197	148	112	867	668	555	447	344	
3	0.02	147	160	164	141	110	887	722	662	557	≈ 1000
	0.04	155	181	195	159	108	74	553	440	335	
	0.0214	148	161	166	142	110	886	711	660	555	
5	0.02	088	095	110	134	148	134	110	095	088	≈ 1000
	0.04	070	082	108	151	178	151	108	082	070	
	0.0214	087	094	110	135	150	135	110	094	087	

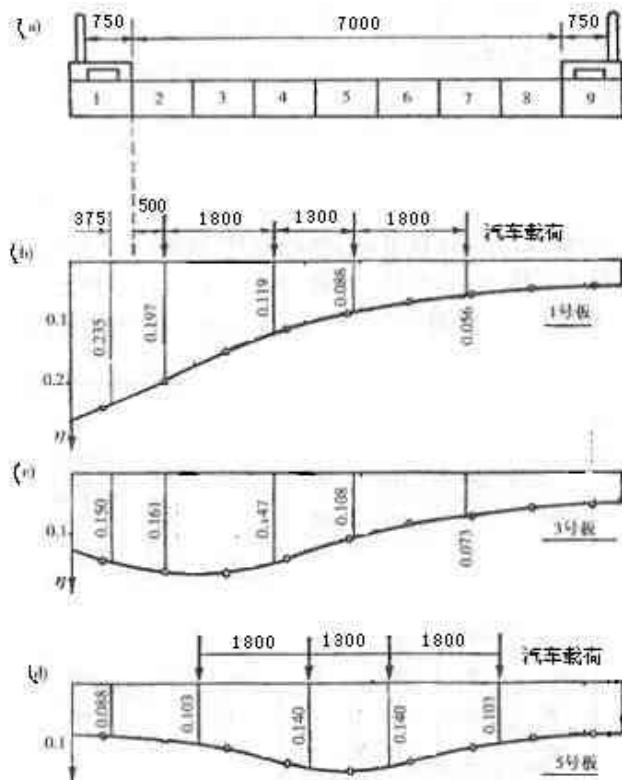


图 10 1、3 和 5 号板荷载横向分布影响线 (单位:mm)

⑤ 计算荷载横向分布系数

将车辆荷载沿横向最不利荷载位置进行布载后，就可计算跨中荷载横向分布系数。

$$\text{对于 1 号板: 汽车荷载 } m_{eq} = \frac{1}{2}(0.197 + 0.119 + 0.086 + 0.056) = 0.229$$

$$\text{人群荷载 } m_{cr} = 0.235 + 0.044 = 0.279$$

$$\text{对于 3 号板: 汽车荷载 } m_{eq} = \frac{1}{2}(0.161 + 0.147 + 0.108 + 0.073) = 0.245$$

$$\text{人群荷载 } m_{cr} = 0.150 + 0.055 = 0.205$$

$$\text{对于 5 号板: 汽车荷载 } m_{eq} = \frac{1}{2}(0.103 + 0.140 + 0.140 + 0.103) = 0.243$$

$$\text{人群荷载 } m_{cr} = 0.088 + 0.088 = 0.176$$

综上所得，汽车荷载横向分布系数的最大值为 $m_{eq} = 0.245$ ，人群荷载的最大值为 $m_{cr} = 0.279$ 。

- 7) 无中横隔梁的横向铰接 T 形梁桥，跨径 $l=10.0\text{m}$ ，桥面宽度为净 $-7+2\times0.25\text{m}$ ，由间距 $b=1.5\text{m}$ 的 5 根主梁组成。主梁的截面尺寸如图 11 所示。试计算各主梁的荷载横向分布系数。

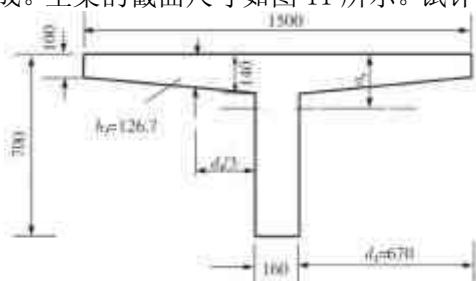


图 11

解：①计算抗弯惯矩 I 和抗扭惯矩 I_T

主梁翼板的平均厚度为: $h = \frac{100+140}{2} = 120\text{mm}$

截面形心距翼板顶面的距离 a_x 为:

$$a_x = \frac{160 \times 700 \times \frac{700}{2} + (1500 - 160) \times 120 \times \frac{120}{2}}{160 \times 700 + (1500 - 160) \times 120} = 179.10\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \text{抗弯惯矩 } I : I &= \frac{1}{12} \times 160 \times 700^3 + (160 \times 700) \times \left(\frac{700}{2} - 179.1\right)^2 + \frac{1}{12} \times (1500 - 160) \times 120^3 \\ &\quad + (1500 - 160) \times 120 \times \left(179.1 - \frac{120}{2}\right)^2 = 1.0318 \times 10^{10} \text{mm}^4 \end{aligned}$$

抗扭惯矩 I_T : 对于翼板, $\frac{t_1}{b_1} = \frac{120}{1500} < 0.1$, 查表 2-6 可得 $c_1 = \frac{1}{3}$;

对于梁肋, $\frac{t_2}{b_2} = \frac{160}{(700-120)} = 0.276$, 查表 2-6 可得: $c_2 = 0.275$ 。

则: $I_T = \sum c_i b_i t_i^3 = \frac{1}{3} \times 1500 \times 120^3 \times +0.275 \times 580 \times 160^3 = 0.1517 \times 10^{10} \text{mm}^4$

② 求刚度参数 γ 和 β

$$\gamma = 5.8 \frac{I}{I_T} \left(\frac{b}{l}\right)^2 = 5.8 \times \frac{1.0318 \times 10^{10}}{0.1517 \times 10^{10}} \times \left(\frac{1500}{10000}\right)^2 = 0.8880$$

$$\beta = 390 \frac{I}{l^4} \left(\frac{d_1}{h_1}\right)^3 = 390 \times \frac{1.0318 \times 10^{10}}{10000^4} \times \left(\frac{670}{126.7}\right)^3 = 0.0595$$

$$\frac{\beta}{1+\gamma} = \frac{0.0595}{1+0.8880} = 0.0315$$

由计算结果可见, β 值对正则方程(2-67)系数的影响只有 3% 左右, 因此可以忽略不计其影响。

③ 绘制跨中荷载横向分布影响线

从附录 I 中所属 5-1、5-2 和 5-3 的分表, 在 $\gamma=0.60$ 与 $\gamma=1.00$ 之间内插求 $\gamma=0.888$ 的影响线竖标值 η_{1i} 、 η_{2i} 、 η_{3i} , 并绘成各梁的荷载横向分布影响线如图 12b、c 和 d。

④ 计算各主梁的荷载横向分布系数

汽车荷载的横向最不利布置如图 7-1 b、c 和 d 所示, 则得各主梁的横向分布系数

1 号梁 $m_{cq} = \frac{1}{2}(0.731+0.207) = 0.469$

2 号梁 $m_{cq} = \frac{1}{2}(0.257+0.436+0.233+0) = 0.463$

3 号梁 $m_{cq} = \frac{1}{2}(0.381+0.098) \times 2 = 0.479$

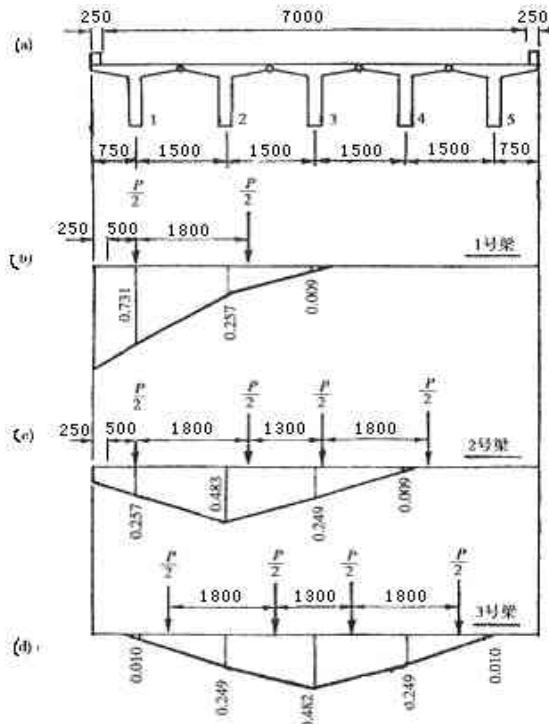


图 12 1、3 和 5 号梁的荷载横向分布影响线 (单位:mm)

- 8) 图 13 所示为一装配式钢筋混凝土简支梁桥的主梁和横隔梁结构布置图, 计算跨径 $l = 29.12m$, 主梁翼缘板刚性连结。求各主梁对应于汽车和人群荷载的横向分布系数。

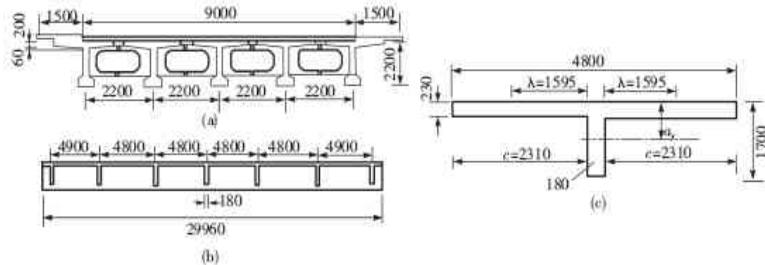


图 13

解: (1) 计算几何特性

① 主梁抗弯惯矩

$$I_x = 7.492 \times 10^{11} \text{ mm}^4 \quad (\text{见题 5 中计算结果})$$

$$\text{主梁拟单宽抗弯惯矩: } J_x = \frac{I_x}{b} = \frac{7.492 \times 10^{11}}{2200} = 3.405 \times 10^8 \text{ mm}^4/\text{mm}$$

② 横隔梁抗弯惯矩

中横梁的尺寸如图 13c 所示。按表 2-8 确定横隔梁翼板的有效作用宽度 λ , 横隔梁的长度取两根边主梁的轴线距离, 即: $l' = 4 \times b = 4 \times 2200 = 8800 \text{ mm}$

由 $c/l' = 2310/8800 = 0.263$ 查表 2-8 得: $\lambda/c = 0.6905$, 则: $\lambda = 0.6905 \times 2310 = 1595 \text{ mm}$

横隔梁截面重心位置： $a_y = \frac{2 \times 1595 \times 230 \times \frac{230}{2} + 180 \times 1700 \times \frac{1700}{2}}{2 \times 1595 \times 230 + 180 \times 1700} = 331mm$

故横隔梁抗弯惯矩为： $I_y = \frac{1}{12} \times 2 \times 1595 \times 230^3 + 2 \times 1595 \times 230 \times \left(331 - \frac{230}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} \times 180 \times 1700^3 + 180 \times 1700 \times \left(\frac{1700}{2} - 331\right)^2 = 1.936 \times 10^{11} mm^4$

横隔梁拟单宽抗弯惯矩为： $J_y = \frac{I_y}{a} = \frac{1.936 \times 10^{11}}{4800} = 4.033 \times 10^7 mm^4/mm$

③ 主梁和横隔梁的抗扭惯矩：

对于 T 梁翼板刚性连接的情况，应由式 (2-52) 来计算抗扭惯矩，主梁翼板的平均厚度 $h_1 = 230mm$ 。对于主梁梁肋： $t/b = 200/(2200-230) = 0.101$ ，由表 (2-6) 可得 $c = 0.312$

则： $I'_{Tx} = 0.312 \times (2200-230) \times 200^3 = 4.917 \times 10^9 mm^4$

对于横隔梁梁肋： $t/b = 180/(1700-230) = 0.122$ ，由表 (2-6) 可得 $c = 0.307$

则： $I'_{Ty} = 0.307 \times (1700-230) \times 180^3 = 2.632 \times 10^9 mm^4$

所以得： $J_{Tx} + J_{Ty} = \frac{1}{3} h_1^3 + \frac{1}{b} I'_{Tx} + \frac{1}{a} I'_{Ty} = \frac{1}{3} \times 230^3 + \frac{4.917 \times 10^9}{2200} + \frac{2.632 \times 10^9}{4800} = 6.839 \times 10^6 mm^4 / mm$

(2) 计算参数 θ 和 α

$$\theta = \frac{B}{l} \cdot \sqrt[4]{\frac{J_x}{J_y}} = \frac{5500}{29120} \times \sqrt[4]{\frac{3.405 \times 10^8}{4.033 \times 10^7}} = 0.322$$

式中：B 为桥梁承重结构的半宽，即 $B = \frac{5 \times 2200}{2} = 5500mm$

$$\alpha = \frac{G(J_{Tx} + J_{Ty})}{2E \cdot \sqrt{J_x \cdot J_y}} = \frac{0.425E \times 6.839 \times 10^6}{2E \cdot \sqrt{3.405 \times 10^8 \times 4.033 \times 10^7}} = 0.0124$$

则： $\sqrt{\alpha} = \sqrt{0.0124} = 0.111$

(3) 计算各主梁横向影响线坐标

已知 $\theta = 0.322$ ，从附录 II “G-M” 法计算图表可查得影响线系数 K_1 和 K_2 的值，计算结果见表 2 所列。

表 2

系数	梁位	荷载位置									校核
		B	3/4B	1/2B	1/4B	0	-1/4B	-1/2B	-3/4B	-B	
k_0	0	0.83	0.92	0.99	1.08	1.13	1.08	0.99	0.92	0.83	7.93

	1/4B	1.67	1.51	1.35	1.23	1.06	0.88	0.63	0.40	0.21	8.00
	1/2B	2.50	2.10	1.72	1.37	0.98	0.62	0.23	-0.17	-0.52	7.93
	3/4B	3.32	2.72	2.10	1.52	0.95	0.40	-0.16	-0.62	-1.14	8.00
	B	4.05	3.32	2.46	1.64	0.85	0.18	-0.54	-1.15	-1.78	7.90
k_1	0	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.02	1.00	0.98	0.95	7.99
	1/4B	1.03	1.04	1.05	1.07	1.02	0.98	0.94	0.88	0.84	7.92
	1/2B	1.22	1.20	1.15	1.08	1.00	0.94	0.88	0.80	0.76	7.94
	3/4B	1.43	1.31	1.20	1.07	0.97	0.88	0.79	0.71	0.68	7.99
	B	1.68	1.44	1.25	1.07	0.92	0.82	0.74	0.64	0.59	8.02

注：校核栏按式 2-81 进行。

用内插法求实际梁位处的 K_0 和 K_1 值，实际梁位与表列梁位的关系见图 14 所示。

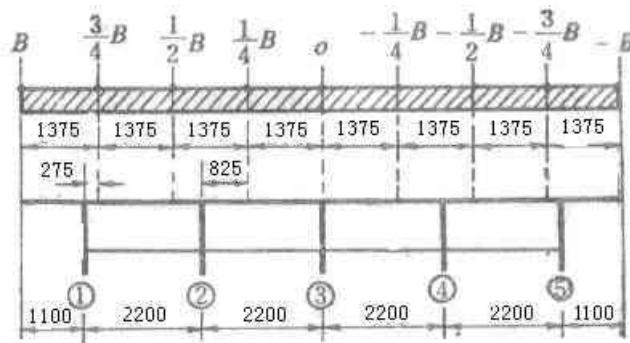


图 14 梁位关系图 (单位: mm)

因此：

$$\text{对于 1 号梁: } K' = K_{\frac{3}{4}B} + \left(K_B - K_{\frac{3}{4}B} \right) \times \frac{275}{1375} = 0.2K_B + 0.8K_{\frac{3}{4}B}$$

$$\text{对于 2 号梁: } K' = K_{\frac{1}{2}B} + \left(K_{\frac{1}{2}B} - K_{\frac{1}{4}B} \right) \times \frac{825}{1375} = 0.6K_{\frac{1}{2}B} + 0.4K_{\frac{1}{4}B}$$

$$\text{对于 3 号梁: } K' = K_0$$

对 1 号、2 号和 3 号梁的横向影响线竖标值的计算结果列于表 2-10。

(4) 计算各梁的荷载横向分布系数

用表 3 中计算所得的 1 号、2 号和 3 号梁的横向影响线坐标值，绘制横向影响线图，如图 15 所示（图中带小圆点的竖标都是表列各荷载位置对应的数值）。

表 3

梁号	算式	荷载位置								
		B	3/4B	1/2B	1/4B	0	-1/4B	-1/2B	-3/4B	-B
1	$K'_1 = 0.2K_{1B} + 0.8K_{1,3B/4}$	1.480	1.336	1.210	1.070	0.960	0.868	0.780	0.696	0.662
	$K'_0 = 0.2K_{0B} + 0.8K_{0,3B/4}$	3.466	2.840	2.172	1.544	0.930	0.356	-0.236	-0.726	-1.268

	$K'_1 - K'_0$	-1.98 6	-1.50 4	-0.96 2	-0.47 4	0.030	0.512	1.016	1.422	1.930
	$(K'_1 - K'_0)\sqrt{\alpha}$	-0.22 0	-0.16 7	-0.10 7	-0.05 3	0.003	0.057	0.113	0.158	0.214
	$K_\alpha = K'_0 + (K'_1 - K'_0)$	3.246	2.673	2.065	1.491	0.933	0.413	-0.12 3	-0.56 8	-1.05 4
	$\eta_{1i} = \frac{K_\alpha}{5}$	0.649	0.535	0.413	0.298	0.187	0.083	-0.02 5	-0.11 4	-0.21 1
2	$K'_1 = 0.6K_{1,B/2} + 0.4K_{1,B/4}$	1.144	1.136	1.110	1.076	1.008	0.956	0.904	0.832	0.792
	$K'_0 = 0.6K_{0,B/2} + 0.4K_{0,B/4}$	2.168	1.864	1.572	1.314	1.012	0.724	0.390	0.126	-0.22 8
	$K'_1 - K'_0$	-1.02 4	-0.72 8	-0.42 6	-0.23 8	-0.00 4	0.232	0.514	0.706	1.020
	$(K'_1 - K'_0)\sqrt{\alpha}$	-0.11 4	-0.08 1	-0.05 1	-0.02 6	-0.00 0	0.026	0.057	0.078	0.113
	$K_\alpha = K'_0 + (K'_1 - K'_0)$	2.054	1.783	1.521	1.288	1.012	0.750	0.447	0.204	-0.11 5
	$\eta_{2i} = \frac{K_\alpha}{5}$	0.411	0.357	0.304	0.258	0.202	0.150	0.089	0.041	-0.02 3
3	$K'_1 = K_{10}$	0.950	0.980	1.000	1.020	1.040	1.020	1.000	0.980	0.950
	$K'_0 = K_{00}$	0.830	0.920	0.990	1.080	1.130	1.080	0.990	0.920	0.830
	$K'_1 - K'_0$	0.120	0.060	0.010	-0.06 0	-0.09 0	-0.06	0.010	0.060	0.120
	$(K'_1 - K'_0)\sqrt{\alpha}$	0.013	0.007	0.001	-0.00 7	0.010	-0.00 7	0.001	0.007	0.013
	$K_\alpha = K'_0 + (K'_1 - K'_0)$	0.843	0.927	0.991	1.073	1.120	1.073	0.991	0.927	0.843
	$\eta_{3i} = \frac{K_\alpha}{5}$	0.169	0.185	0.198	0.215	0.224	0.215	0.198	0.185	0.169

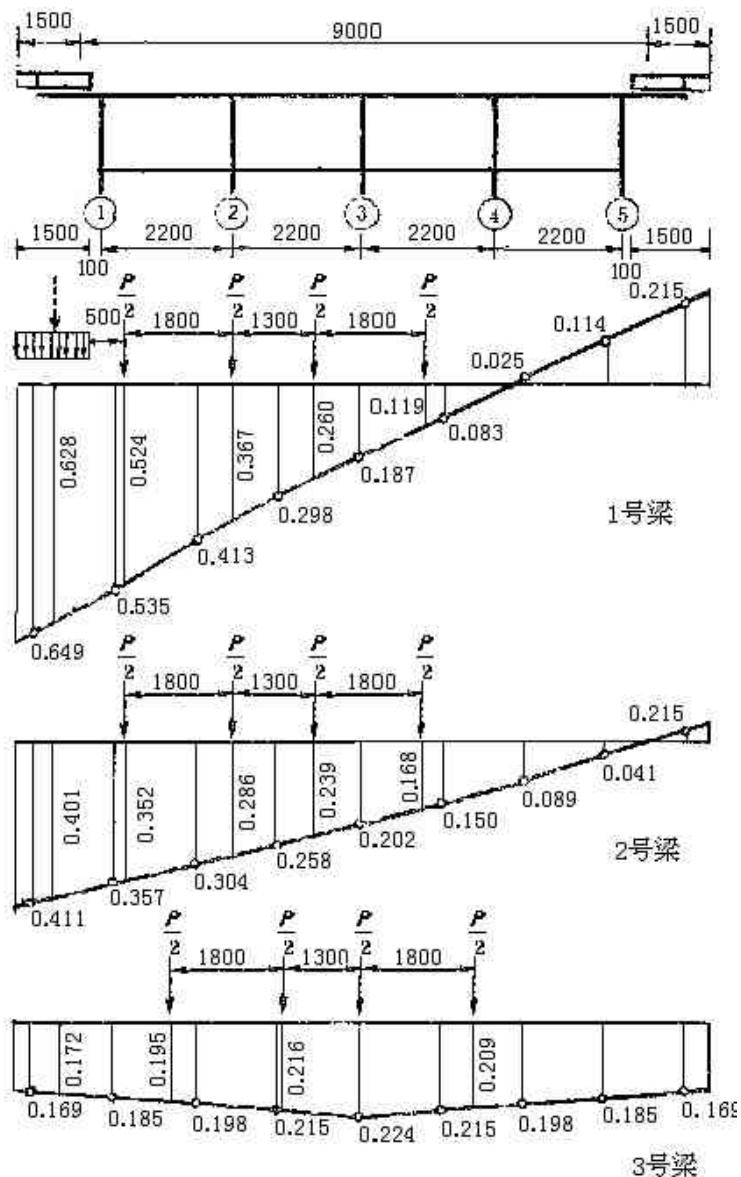


图 15 荷载横向分布系数计算 (单位: mm)

在影响线上按横向最不利位置布置荷载后, 就可按相对应的影响线坐标值求得主梁的荷载横向分布系数。

对于 1 号梁:

$$\text{汽车荷载: } m_{cq} = \frac{1}{2} \sum \eta_{qi} = \frac{1}{2} \times (0.524 + 0.367 + 0.260 + 0.119) = 0.635(0.661)[0.682]$$

$$\text{人群荷载: } m_{cr} = \eta_r = 0.628(0.641)[0.677]$$

对于 2 号梁:

$$\text{汽车荷载: } m_{cq} = \frac{1}{2} \sum \eta_{qi} = \frac{1}{2} \times (0.352 + 0.286 + 0.239 + 0.168) = 0.523(0.530)[0.541]$$

$$\text{人群荷载 } m_{cr} = \eta_r = 0.401(0.421)[0.439]$$

对于 3 号梁:

$$\text{汽车荷载: } m_{cq} = \frac{1}{2} \sum \eta_{qi} = \frac{1}{2} \times (0.195 + 0.216 + 0.224 + 0.209) = 0.422$$

$$\text{人群荷载: } m_{cr} = \eta_r = 0.172$$

- 9) 如图 7 所示, 某简支 T 形梁桥, 计算跨径为 $l=29.12\text{m}$, 计算其 1 号梁在结构重力(包括附加重力)及公路-I 级荷载、人群荷载(3kN/m^2)作用下的跨中最大弯矩及支点最大剪力。

1. 解; 结构重力产生的内力计算

(1) 结构重力集度

分别考虑预制梁自重(第一期荷载)和湿接缝、桥面铺装、人行道栏杆等(第二期荷载)重力集度。

按跨中截面计算预制梁和湿接缝每延米的重力集度为(计算过程略): $g = 32.11\text{kN/m}$ 。

(2) 结构重力产生的内力

$$\text{跨中弯矩: } M_g = \frac{1}{8} gl^2 = \frac{1}{8} \times 32.11 \times 29.21^2 = 3403.56\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{支点剪力: } V_g = \frac{1}{2} gl = \frac{1}{2} \times 29.12 \times 1 \times 32.11 = 467.52\text{kN}$$

2、汽车、人群活载内力计算

(1) 冲击系数计算

$$\text{简支梁结构基频: } f = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{EI_c}{m_c}}, \quad m_c = \frac{G}{g}$$

经计算得 $I_c = 7.492 \times 10^{11} \text{mm}^4$ (题 5 中计算结果), $G = 32.11 \times 10^3 \text{N/m}$, 查表得

$E = 3.45 \times 10^4 \text{MPa}$ (C_{50} 混凝土)。代入其他相关数据, 从而计算出

$$1.5\text{Hz} \leq f = 5.203\text{Hz} \leq 14\text{Hz}.$$

$$\text{故: } 1 + \mu = 1 + 0.1767 \ln f - 0.0157 = 1.276$$

(2) 跨中荷载横向分布系数 m_c

$$\text{由题 8 得: } m_{cq} = 0.635, \quad m_{cr} = 0.628 \quad (\text{G—M 法计算结果})$$

(3) 支点的荷载横向分布系数计算

$$\text{由题 3 得: } m_{oq} = 0.409, \quad m_{or} = 1.386 \quad (\text{杠杆原理法计算结果})$$

(4) 计算汽车、人群荷载内力

在内力计算时, 对于横向分布系数的取值作如下考虑: 计算弯矩时, 均采用全跨统一的横向分布系数 m_c ; 求支点截面剪力时, 由于主要荷载集中在支点附近而应考虑支撑条件的影响, 考虑横向分布系数沿桥跨的变化影响(即从支点到第一根内横隔梁之间), 沿桥纵向布载具体如图 16 所示。

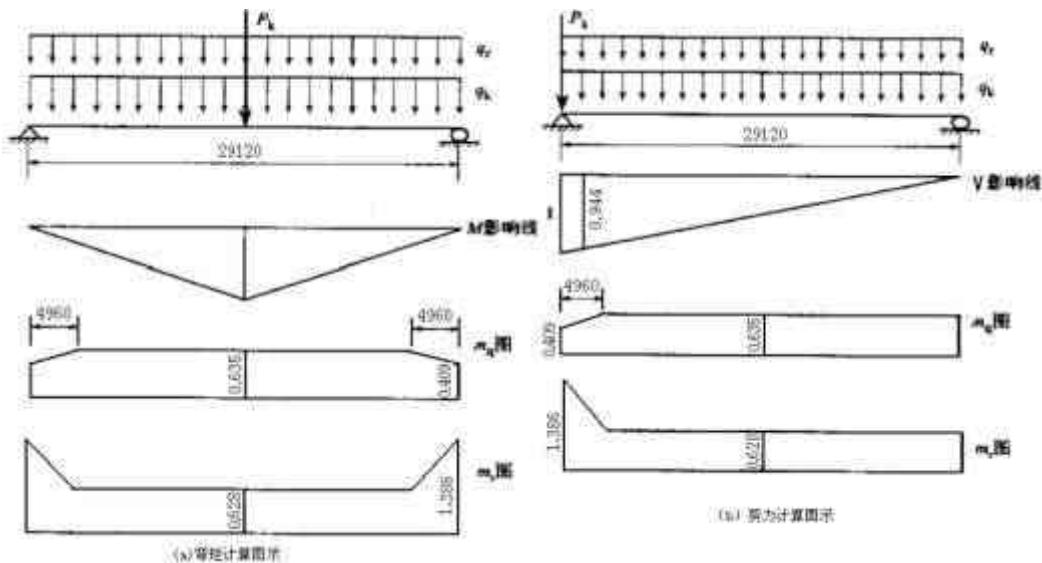


图 16 沿桥纵向荷载布置 (单位: mm)

跨中弯矩: (q_k 、 P_k 由表 1-11 中查出: $q_k = 10.5\text{kN/m}$ 、 $P_k = 276.48\text{kN}$)

$$\begin{aligned} M_q &= (1 + \mu) \cdot \xi \cdot m_{cq} (q_k \Omega + P_k y) \\ &= 1.276 \times 1 \times 0.635 \times (10.5 \times \frac{1}{8} \times 29.12^2 + 276.48 \times \frac{1}{4} \times 29.12) = 2532.66\text{kN} \cdot \text{m} \\ M_r &= m_{cr} \cdot p_{or} \cdot \Omega = 0.628 \times 3.0 \times 1.5 \times \frac{1}{8} \times 29.12^2 = 299.55\text{kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

支点剪力:

$$\begin{aligned} V_q &= (1 + \mu) \cdot \xi \cdot \left[m_{cq} q_k \Omega + 1.2 m_{or} P_k y_i + \frac{1}{2} q_k (m_{or} - m_{cq}) \cdot a \cdot y_c \right] \\ &= 1.276 \times 1 \times [0.635 \times 10.5 \times \frac{1}{2} \times 29.12 \times 1 + 1.2 \times 0.409 \times 276.48 \times 1 \\ &\quad + \frac{1}{2} \times 10.5 \times (0.409 - 0.635) \times 4.96 \times 0.943] = 289.94\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_r &= m_{cr} \cdot p_{or} \cdot \Omega + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (m_{or} - m_{cr}) \cdot y_c p_{or} \\ &= 0.628 \times 3.0 \times 1.5 \times \frac{1}{2} \times 29.12 \times 1 + \frac{1}{2} \times 4.96 \times (1.386 - 0.628) \\ &\quad \times 0.943 \times 3.0 \times 1.5 = 49.12\text{kN} \end{aligned}$$

3、作用效应组合:

利用以上计算结果可进行作用效应组合, 由式 (1-1) 可得承载能力极限状态下作用基本组合的效应组合设计值为:

$$\begin{aligned} \text{跨中弯矩: } M_{l/2} &= 1.2M_g + 1.4M_q + 0.8 \times 1.4 \times M_r \\ &= 1.2 \times 3403.56 + 1.4 \times 2532.66 + 0.8 \times 1.4 \times 299.55 = 7965.49\text{kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\text{支点剪力: } V_0 = 1.2V_g + 1.4V_q + 0.8 \times 1.4V_r$$

$$= 1.2 \times 467.52 + 1.4 \times 289.94 + 0.8 \times 1.4 \times 49.12 = 1021.95 \text{ kN}$$

10) 用偏压法计算如图 3 所示的装配式钢筋混凝土简支梁桥跨中横隔梁在汽车荷载作用下的弯矩 M_{2-3} 和剪力 $Q_1^{\text{右}}$ 。

解: 1、确定作用在中横隔梁上的计算荷载

对于跨中横隔梁的最不利荷载布置如图 16 所示。

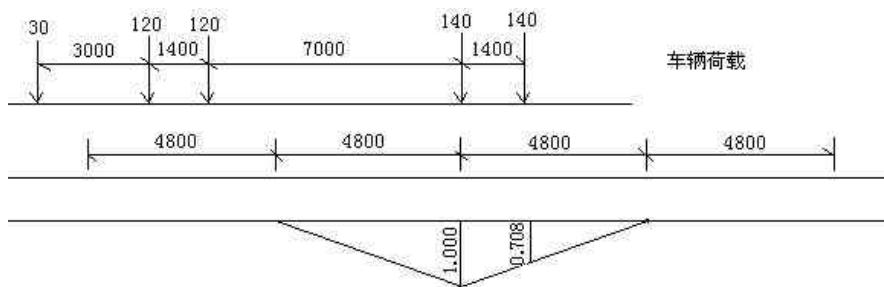


图 16 跨中横隔梁的受载图式(图中荷载单位为 kN; 尺寸单位为 mm)

纵向一行车轮对中横隔梁的计算荷载为:

$$P_{eq} = \frac{1}{2} \sum P_i y_i = \frac{1}{2} (140 \times 1 + 140 \times 0.708) = 119.56 \text{ kN}$$

2、绘制中横隔梁的内力影响线

在 题 4 中已经算得的 1 号梁的横向影响线竖坐标值为:

$$\eta_{11}=0.60, \quad \eta_{15}=-0.20$$

同理可算得 2 号梁和 3 号梁的横向影响线竖坐标值为:

$$\eta_{21}=0.40, \quad \eta_{25}=0$$

$$\eta_{31}=0.20, \quad \eta_{35}=0.20$$

(1) 绘制弯矩影响线

对于 2 号和 3 号主梁之间截面的弯矩 M_{2-3} 影响线的计算如下:

$P=1$ 作用在 1 号梁轴上时:

$$\begin{aligned} \eta_{(2-3)1}^M &= \eta_{11} \times 1.5d + \eta_{21} \times 0.5d - 1 \times 1.5d \\ &= 0.60 \times 1.5 \times 2.2 + 0.4 \times 0.5 \times 2.2 - 1 \times 1.5 \times 2.2 = -0.88 \end{aligned}$$

$P=1$ 作用在 5 号梁轴上时:

$$\begin{aligned} \eta_{(2-3)5}^M &= \eta_{15} \times 1.5d + \eta_{25} \times 0.5d \\ &= -0.2 \times 1.5 \times 2.2 + 0 \times 0.5 \times 2.2 = -0.66 \end{aligned}$$

$P=1$ 作用在 3 号梁轴上时:

$$\begin{aligned} \eta_{(2-3)3}^M &= \eta_{13} \times 1.5d + \eta_{23} \times 0.5d \\ &= 0.2 \times 1.5 \times 2.2 + 0.2 \times 0.5 \times 2.2 = 0.88 \end{aligned}$$

有了此三个竖坐标值和已知影响线折点位置(即所计算截面的位置), 就可绘出 M_{2-3} 影响线如图 17b 所示。

(2) 绘制剪力影响线

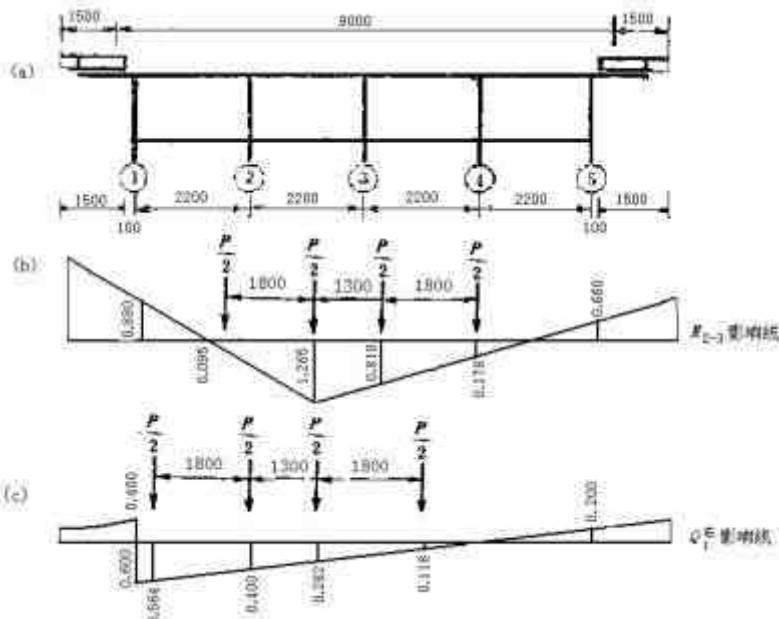


图 17 中横隔梁内力影响线 (单位: mm)

对于 1 号主梁处截面的 $Q_i^{\text{右}}$ 影响线可计算如下。

$$P=1 \text{ 作用在计算截面以右时: } Q_i^{\text{右}} = R_i \text{ 即 } \eta_{li}^{Q_i^{\text{右}}} = \eta_{li} \text{ (就是 1 号梁荷载横向分布影响线)}$$

$$P=1 \text{ 作用在计算截面以左时: } Q_i^{\text{右}} = R_i - 1 \text{ 即 } \eta_{li}^{Q_i^{\text{右}}} = \eta_{li} - 1$$

绘成的 $Q_i^{\text{右}}$ 影响线如图 10-2b 所示

3、截面内力计算

将求得的计算荷载 P_{eq} 在相应的影响线上按最不利荷载位置加载, 对于汽车荷载并计入冲击影响 $(1 + \mu)$, 则得:

$$\begin{aligned} \text{弯矩: } M_{2-3} &= (1 + \mu) \cdot \xi \cdot P_{eq} \cdot \sum \eta_{qi} \\ &= 1.276 \times 1 \times 119.56 \times (0.095 \times 1.265 \times 0.810 \times 0.178) = 358.21 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{剪力: } Q_i^{\text{右}} &= (1 + \mu) \cdot \xi \cdot P_{eq} \cdot \sum \eta_{qi} \\ &= 1.276 \times 1 \times 119.56 \times (0.564 \times 0.400 \times 0.282 \times 0.118) = 208.09 \text{ kN} \end{aligned}$$

11) 等截面悬链线空腹式无铰拱桥, 计算跨径 $l = 80\text{m}$, 计算矢高 $f = 16\text{m}$, 主拱圈和拱上建筑恒

载简化为图 18 中所示的荷载作用, 主拱圈截面面积 $A = 5.0\text{m}^2$, 容重为 $\gamma = 25.0\text{kN/m}^3$, 试

用“五点重合法”确定拱桥的拱轴系数 m , 并计算拱脚竖向力 V_g , 水平推力 H_g 和恒载轴力 N_g 。

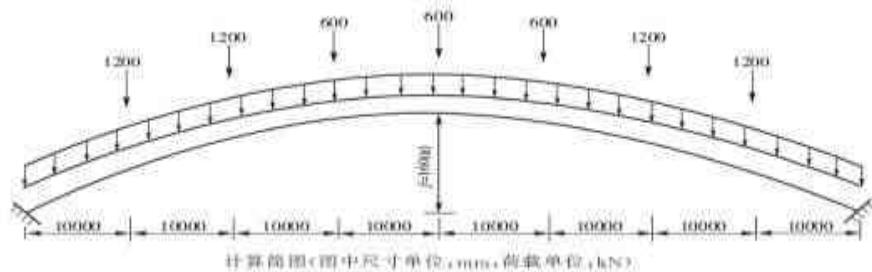


图 18

解：取悬臂曲梁为基本结构（图19）。因结构正对称，荷载也是正对称的，故弹性中心的赘余力 $x_3 = 0$ ，仅有正对称的赘余力 x_1, x_2 。由式解得：

$$\frac{1}{\sqrt{2(m+1)} + 2} = \frac{y_{1/4}}{f} = \frac{\sum M_{1/4}}{\sum M_j}$$

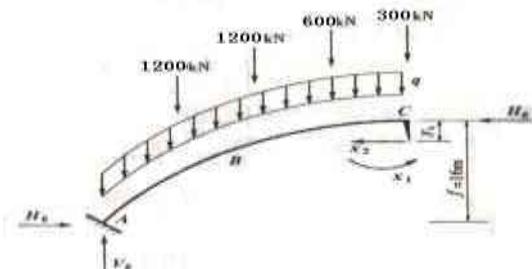


图 4-47 半基本结构图

图19

半拱悬臂集中力荷载对拱跨 $l/4$ 截面和拱脚截面的弯矩为：

$$M_{l/4} = 600 \times 10 + 300 \times 20 = 12000 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_j = 1200 \times 10 + 1200 \times 20 + 600 \times 30 + 300 \times 40 = 66000 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

1. 假定拱轴系数 $m = 2.514$ ，因 $\frac{f}{l} = \frac{16}{80} = \frac{1}{5}$ ，由《拱桥》附录表(III)-19查得半拱悬臂自重对 $l/4$ 截面和拱脚截面的弯矩为： $M_k = (\frac{A \cdot \gamma \cdot l^2}{4}) \times [\text{表值}]$

$$\text{故, } M_{l/4} = (\frac{5.0 \times 25 \times 80^2}{4}) \times 0.12619 = 25238 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_j = (\frac{5.0 \times 25 \times 80^2}{4}) \times 0.52328 = 104656 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

所有半拱悬臂自重对 $l/4$ 截面和拱脚截面的弯矩为：

$$\sum M_{l/4} = 12000 + 25238 = 37238 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sum M_j = 66000 + 104656 = 170656 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

所以 $\frac{1}{\sqrt{2(m+1)}+2} = \frac{37238}{170656} = \frac{1}{4.583}$, 得: $m' = 2.336$

$$|m - m'| = 0.178 > \text{半级} (= \frac{2.514 - 2.240}{2} = 0.137)$$

所以 m 与 m' 不符, 需重新计算。

2. 假定拱轴系数 $m = 2.24$

由《拱桥》附录表 (III) -19 查得半拱悬臂自重对 $l/4$ 截面和拱脚截面的弯矩为:

$$M_{l/4} = (\frac{5.0 \times 25 \times 80^2}{4}) \times 0.12625 = 25250 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_j = (\frac{5.0 \times 25 \times 80^2}{4}) \times 0.52354 = 104708 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

所有半拱悬臂自重对 $l/4$ 截面和拱脚截面的弯矩为:

$$\sum M_{l/4} = 12000 + 25250 = 37250 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sum M_j = 66000 + 104708 = 170708 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

所以 $\frac{1}{\sqrt{2(m+1)}+2} = \frac{37250}{170708} = \frac{1}{4.583}$, 得: $m' = 2.336$

因为 $|m - m'| = 0.096 < \text{半级} (= \frac{2.514 - 2.240}{2} = 0.137)$, 所以取拱轴系数 $m = 2.24$ 。

3. 由《拱桥》附录表 (III) -19 查得半拱悬臂自重对拱脚截面的竖向剪力为:

$$P_j = A \cdot \gamma \cdot l \times [\text{表值}] = 5.0 \times 25 \times 80 \times 0.55184 = 5518.4 \text{ kN}$$

半拱悬臂集中力对拱脚截面的竖向剪力为: $P_j = 1200 + 1200 + 600 + 300 = 3300 \text{ kN}$

半拱悬臂荷载对拱脚截面的竖向总剪力为: $\sum P_j = 5518.4 + 3300 = 8818.4 \text{ kN}$

由前式可得: $\frac{1}{\sqrt{2(m+1)}+2} = \frac{y_{l/4}}{f} = \frac{1}{4.583}$, 则 $y_{l/4} = \frac{1}{4.583} \cdot f = 3.492$

所以 $H_g = \frac{\sum M_j}{f} = \frac{170708}{16} = 10669.25 \text{ kN}$

$$V_g = \sum P = 5518.4 + 3300 = 8818.4 \text{ kN}$$

拱脚截面恒载轴力: $N_g = \sqrt{H_g^2 + V_g^2} = \sqrt{10669.25^2 + 8818.4^2} = 13841.86 \text{ kN}$

12) 续上题, 截面抗弯惯性矩 $I = 1.0m^4$, 计算弹性压缩引起的拱脚竖向力 V_g , 水平推力 H_g , 恒载轴力 N_g , 拱脚、拱顶截面的弯矩 M_j 和 M_d ; 以及考虑弹性压缩后的拱脚竖向力 V_g , 水平推力 H_g 和恒载轴力 N_g 。

解: 由题11知: 拱轴系数 $m = 2.24$

1. 不考虑弹性压缩时的 V_g 、 H_g 和 N_g

由例题4-1知: $H_g = \frac{\sum M_j}{f} = \frac{170708}{16} = 10669.25kN$

$$V_g = \sum P = 5518.4 + 3300 = 8818.40kN$$

$$N_g = \sqrt{H_g^2 + V_g^2} = \sqrt{10669.25^2 + 8818.4^2} = 13841.86kN$$

2. 由弹性压缩引起的 V_g 、 H_g 和 N_g

主拱圈在恒载作用下产生弹性压缩, 会使拱轴缩短, 则在弹性中心处必有一水平拉力 ΔH_g (图 4-50), 由式 (4-34) 可知: $y_s = \alpha_1 f$, 由《拱桥》附录表 (III)-3查得, $\alpha_1 = 0.339193$,

故

$$y_s = 0.339193 \times 16 = 5.427m$$

由式 (4-45) 可知: $\Delta H_g = H_g \frac{\mu_1}{1 + \mu}$

由《拱桥》附录表 (III)-9和表 (III)-11查得:

$$\mu_1 = [\text{表值}] \times \left(\frac{r}{f}\right)^2$$

$$\mu = [\text{表值}] \times \left(\frac{r}{f}\right)^2$$

因为 $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1}{5}} = 0.4472 m$, 故

$$\mu_1 = 11.0501 \times \left(\frac{0.4472}{16}\right)^2 = 0.008632$$

$$\mu = 9.14719 \times \left(\frac{0.4472}{16}\right)^2 = 0.007146$$

所以

$$\Delta H_g = 10669.25 \times \frac{0.008632}{1 + 0.007146} = 91.44kN$$

$$H_g = -\Delta H_g = -91.44 kN$$

$$V_g = 0$$

$$N_g = -\sqrt{H_g^2 + V_g^2} = -91.44 kN$$

则

$$M_j = -\Delta H_g \times (f - y_s) = -91.44 \times (16 - 5.427) = -966.80 kN \cdot m$$

$$M_d = \Delta H_g \times y_s = 91.44 \times 5.427 = 496.25 kN \cdot m$$

弯矩图如图20所示。

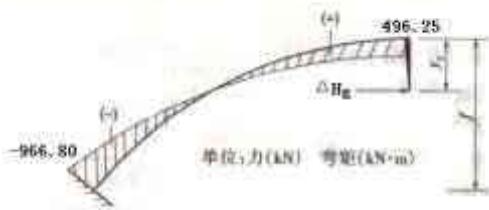


图4-50 单结构弯矩图

图20

3. 考虑弹性压缩后的 V_g 、 H_g 和 N_g

考虑弹性压缩后的值为：不考虑弹性压缩的内力加上弹性压缩产生的内力值的总和。

$$H_g = 10669.25 - 91.44 = 10577.81 kN$$

$$V_g = 8818.4 kN$$

$$N_g = \sqrt{H_g^2 + V_g^2} = \sqrt{10577.81^2 + 8818.4^2} = 13771.5 kN$$

13) 等截面悬链线无铰拱桥, $l = 80m$, $f = 16m$, $m = 2.814$, $y_s = 5.335$, 承载双车道公路—I 级荷载, 且自振频率 $f_1 = 0.81H_z$, 求拱顶和拱脚截面的最大正、负弯矩及相应的轴向力。

解： 1. 汽车荷载冲击力

按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004)规定：当 $f_1 < 1.5H_z$ 时，冲击系数 $\mu = 0.05$ ，则，

汽车均布荷载为 $1.05 \times 2 \times 10.5 = 22.05 kN/m$, 集中荷载为 $1.05 \times 2 \times 360 = 756 kN$ 。

2. 拱顶截面

根据 $m = 2.814$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$, 为了加载公路—I 级的均布荷载, 拱顶截面考虑弹性压缩的弯矩和相

应的水平推力的影响线面积, 可由《拱桥》附录表(III)-14(59)查得:

$$\text{弯矩影响线面积: } M = [\text{表值}] \times l^2 = [\text{表值}] \times 80^2$$

最大正弯矩影响线面积: $0.00725 \times 80^2 = 46.40$

最大负弯矩影响线面积: $-0.00456 \times 80^2 = -29.184$

相应的水平推力影响线面积: $H = [\text{表值}] \times \frac{l^2}{f} = [\text{表值}] \times \frac{80^2}{16}$

最大正弯矩影响线面积: $0.06913 \times 400 = 27.652$

最大负弯矩影响线面积: $0.05903 \times 400 = 23.612$

为了加载公路-I 级集中荷载, 拱顶截面不考虑弹性压缩的弯矩影响线坐标和相应的轴向力(拱顶即为水平推力)的影响线坐标, 可由《拱桥》附录表(III)-13(36)和表(III)-12(8)分别查得:

最大(绝对值)正、负弯矩影响线坐标: $M' = [\text{表值}] \times l = [\text{表值}] \times 80$

最大正弯矩影响线坐标: $0.05405 \times 80 = 4.324$

最大负弯矩影响线坐标: $-0.01146 \times 80 = -0.9168$

相应的水平推力影响线坐标: $H_1 = [\text{表值}] \times l/f = [\text{表值}] \times 5$

最大正弯矩影响线坐标: $0.23302 \times 5 = 1.1651$

最大负弯矩影响线坐标: $0.10897 \times 5 = 0.5449$

① 拱顶截面正弯矩

a) 均布荷载作用下考虑弹性压缩的弯矩: $M_{\max} = 22.05 \times 46.40 = 1023.12 kN \cdot m$

相应的考虑弹性压缩的水平推力: $H = 22.05 \times 27.652 = 609.771 kN$

b) 集中荷载作用下不考虑弹性压缩的弯矩: $M'_{\max} = 756 \times 4.324 = 3268.944 kN \cdot m$

相应的不考虑弹性压缩的水平推力: $H_1 = 756 \times 1.1651 = 880.816 kN$

弹性压缩附加水平推力:

$$\Delta H = -\frac{\mu_1}{1+\mu} H_1 = -0.010389 \times 880.816 = -9.151 kN$$

弹性压缩附加弯矩:

$$\Delta M = (y_1 - y_s) \Delta H = (0 - 5.335) \times (-9.151) = 48.821 kN \cdot m$$

考虑弹性压缩的水平推力: $H = H_1 + \Delta H = 880.816 - 9.151 = 871.665 kN$

考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\max} = M'_{\max} + \Delta M = 3268.944 + 48.821 = 3317.765 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

c) 汽车荷载总效应标准值为:

$$\text{轴向力(即水平推力之和): } N = 609.771 + 871.665 = 1481.436 \text{ kN}$$

$$\text{弯矩: } M_{\max} = 0.7 \times (1023.12 + 3317.765) = 3038.620 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

② 拱顶截面负弯矩

a) 均布荷载作用下考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\min} = -22.05 \times 29.184 = -643.507 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{相应考虑弹性压缩的水平推力: } H = 22.05 \times 23.612 = 520.667 \text{ kN}$$

b) 集中荷载作用下不考虑弹性压缩的弯矩:

$$M'_{\min} = 756 \times (-0.9168) = -693.101 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{相应的不考虑弹性压缩的水平推力: } H_1 = 756 \times 0.5449 = 411.944 \text{ kN}$$

弹性压缩附加水平推力:

$$\Delta H = -\frac{\mu_1}{1+\mu} H_1 = -0.010389 \times 411.944 = -4.280 \text{ kN}$$

弹性压缩附加弯矩:

$$\Delta M = (y_1 - y_s) \Delta H = (0 - 5.335) \times (-4.280) = 22.834 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{考虑弹性压缩的水平推力: } H = H_1 + \Delta H = 411.944 - 4.280 = 407.644 \text{ kN}$$

考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\min} = M'_{\min} + \Delta M = -693.101 + 22.834 = -670.267 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

c) 汽车荷载总效应标准值为:

$$\text{轴向力(即水平推力之和): } N = 520.667 + 407.664 = 928.331 \text{ kN}$$

$$\text{弯矩: } M_{\min} = -(643.507 + 670.267) = -1313.774 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3. 拱脚截面

根据 $m = 2.814$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$, 由《拱桥》附录表 (III)-20(8) 查得拱脚处水平倾角的正弦和余弦:

$$\sin \varphi_j = 0.7010, \cos \varphi_j = 0.7132.$$

为了加载公路-I 级均布荷载, 拱脚截面考虑弹性压缩的弯矩和相应的水平推力与拱脚反力的影响线面积, 可由《拱桥》附录表 (III)-14(59) 查得:

$$\text{弯矩影响线面积: } M = [\text{表值}] \times l^2 = [\text{表值}] \times 80^2$$

$$\text{最大正弯矩影响线面积: } 0.01994 \times 80^2 = 127.616$$

最大负弯矩影响线面积: $-0.01409 \times 80^2 = -90.176$

相应的水平推力影响线面积: $H = [\text{表值}] \times \frac{l^2}{f} = [\text{表值}] \times \frac{80^2}{16}$

最大正弯矩影响线面积: $0.09242 \times 400 = 36.968$

最大负弯矩影响线面积: $0.03575 \times 400 = 14.30$

相应的拱脚反力影响线面积: $V = [\text{表值}] \times l$

最大正弯矩影响线面积: $0.17067 \times 80 = 13.654$

最大负弯矩影响线面积: $0.32933 \times 80 = 26.346$

为了加载公路-I 级集中荷载, 拱脚截面不考虑弹性压缩的弯矩影响线坐标和相应的水平推力与拱脚反力影响线坐标(拱脚反力不受弹性压缩的影响, 没有弹性压缩附加力), 可由《拱桥》附录表(III)-13(40)、表(III)-12(8)和表(III)-7(8)分别查得:

最大(绝对值)正、负弯矩影响线坐标: $M' = [\text{表值}] \times l = [\text{表值}] \times 80$

最大正弯矩影响线坐标: $0.05401 \times 80 = 4.321$

最大负弯矩影响线坐标: $-0.05913 \times 80 = -4.730$

相应的水平推力影响线坐标: $H_1 = [\text{表值}] \times l / f = [\text{表值}] \times 5$

最大正弯矩影响线坐标: $0.19846 \times 5 = 0.9923$

最大负弯矩影响线坐标: $0.06449 \times 5 = 0.32245$

相应的拱脚反力影响线坐标: $V = [\text{表值}]$

最大正弯矩影响线坐标: 0.29351

最大负弯矩影响线坐标: 0.93757

① 拱脚截面正弯矩

a) 均布荷载作用下考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\max} = 22.05 \times 127.616 = 2813.933 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

相应的考虑弹性压缩的水平推力: $H = 22.05 \times 36.968 = 815.144 \text{ kN}$

相应的拱脚反力: $V = 22.05 \times 13.654 = 301.071 \text{ kN}$

轴向力:

$$N = H \cos \varphi_j + V_j \cos \varphi_j = 815.144 \times 0.7132 + 301.071 \times 0.7010 = 792.412 \text{ kN}$$

b) 集中荷载作用下不考虑弹性压缩的弯矩: $M'_{\max} = 756 \times 4.321 = 3266.676 kN \cdot m$

相应的不考虑弹性压缩的水平推力: $H_1 = 756 \times 0.9923 = 750.179 kN$

弹性压缩附加水平推力: $\Delta H = -\frac{\mu_1}{1+\mu} H_1 = -0.010389 \times 750.179 = -7.794 kN$

弹性压缩附加弯矩:

$$\Delta M = (y_1 - y_s) \Delta H = (16 - 5.335) \times (-7.794) = -83.123 kN \cdot m$$

考虑弹性压缩的水平推力: $H = H_1 + \Delta H = 750.179 - 7.794 = 742.385 kN$

考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\max} = M'_{\max} + \Delta M = 3266.676 - 83.123 = 3183.553 kN \cdot m$$

与 M_{\max} 相应的拱脚反力: $V_j = 1.2 \times 756 \times 0.29351 = 266.272 kN$

(《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004) 第4.3.1条规定: 集中荷载计算剪力时, 乘以1.2。) 轴向力:

$$N = H \cos \varphi_j + V_j \cos \varphi_j = 742.385 \times 0.7132 + 266.272 \times 0.7010 = 716.126 kN$$

c) 汽车荷载总效应标准值为:

$$\text{轴向力: } N = 792.412 + 716.126 = 1508.538 kN$$

$$\text{弯矩: } M_{\max} = 0.9 \times (2813.933 + 3183.553) = 5397.737 kN \cdot m$$

② 拱脚截面负弯矩

a) 均布荷载作用下考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\min} = -22.05 \times 90.176 = -1988.381 kN \cdot m$$

相应考虑弹性压缩的水平推力: $H = 22.05 \times 14.30 = 315.315 kN$

相应的拱脚反力: $V = 22.05 \times 26.346 = 580.929 kN$

轴向力:

$$N = H \cos \varphi_j + V_j \cos \varphi_j = 315.315 \times 0.7132 + 580.929 \times 0.7010 = 632.114 kN$$

b) 集中荷载作用下不考虑弹性压缩的弯矩:

$$M'_{\min} = -756 \times 4.730 = -3575.880 kN \cdot m$$

相应的不考虑弹性压缩的水平推力: $H_1 = 756 \times 0.32245 = 243.772 kN$

弹性压缩附加水平推力: $\Delta H = -\frac{\mu_1}{1+\mu} H_1 = -0.010389 \times 243.772 = -2.533 kN$

弹性压缩附加弯矩:

$$\Delta M = (y_1 - y_s) \Delta H = (16 - 5.335) \times (-2.533) = -27.010 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

考虑弹性压缩的水平推力: $H = H_1 + \Delta H = 243.772 - 2.533 = 241.239 \text{ kN}$

考虑弹性压缩的弯矩:

$$M_{\min} = M'_{\min} + \Delta M = -3575.880 + (-27.010) = -3602.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

与 M_{\min} 相应的拱脚反力: $V_j = 1.2 \times 756 \times 0.93757 = 850.564 \text{ kN}$

轴向力:

$$N = H \cos \varphi_j + V_j \cos \varphi_j = 241.239 \times 0.7132 + 850.564 \times 0.7010 = 768.297 \text{ kN}$$

c) 汽车荷载总效应标准值为:

轴向力: $N = 632.114 + 768.297 = 900.411 \text{ kN}$

弯矩: $M_{\min} = -(1988.381 + 3602.89) = -5591.271 \text{ kN}\cdot\text{m}$

- 14) 等截面悬链线无铰拱, 拱轴系数 $m = 2.814$, 计算跨径 $l = 80m$, 计算矢高 $f = 16m$, 主拱圈线膨胀系数 $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$, 弹性模量 $E = 3.15 \times 10^4 \text{ MPa}$, 主拱圈截面面积 $A = 5.08 \text{ m}^2$, 抗弯惯性矩 $I = 1.9668 \text{ m}^4$ 。建桥地区最高日平均温度为 35°C , 最低日平均温度为 5°C , 设施工时的合龙温度为 15°C , 试求拱顶和拱脚截面由于温度变化引起的内力。

解: 由《拱桥》附录表(III)-3查得, $y_s = 0.333431 \times f = 0.33431 \times 16 = 5.335 \text{ m}$

由《拱桥》附录表(III)-5查得,

$$\int \frac{y^2 ds}{EI} = [\text{表值}] \times \frac{l \cdot f^2}{EI} = 0.099373 \times \frac{80 \times 16^2}{3.15 \times 10^4 \times 1000 \times 1.9668} = 0.000032849$$

由《拱桥》附录表(III)-11查得,

$$\mu = [\text{表值}] \times \left(\frac{r}{f}\right)^2 = 9.16703 \times \left(\frac{1.9668}{5.08}\right) \times \frac{1}{16^2} = 0.013864$$

下面先计算温度变化 1°C 时, 全拱宽的弹性中心水平赘余力 H_t :

$$H_t = \frac{0.7 \cdot \alpha \cdot \Delta_t \cdot l}{(1 + \mu) \int_s \frac{y^2 ds}{EI}} = \frac{0.7 \times 0.00001 \times 1 \times 80}{(1 + 0.013864) \times 0.000032849} = 16.815 \text{ kN}/^{\circ}\text{C}$$

式中: 0.7 为考虑温度效应的折减系数, 且温升取正值, 温降取负值。则

结构升温为: $35 - 15 = 20^\circ\text{C}$, 结构降温为: $15 - 5 = 10^\circ\text{C}$ 。

温度上升 20 ℃时: $H_t = 20 \times 16.815 = 336.30 kN$

温度下降 10 ℃时: $H_t = -10 \times 16.815 = -168.15 kN$

1. 拱顶截面

温度上升引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = 336.30 \times 1 = 336.30 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = 336.30 \times (0 - 5.335) = -1794.161 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = 336.30 \times 0 = 0$$

温度下降引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = -168.15 \times 1 = -168.15 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = -168.15 \times (0 - 5.335) = 897.080 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = -168.15 \times 0 = 0$$

2. 拱脚截面

根据 $m = 2.814$, $\frac{f}{l} = \frac{1}{5}$, 由《拱桥》附录表 (III)-20(8) 查得拱脚处水平倾角的正弦和余弦:

$$\sin \varphi_j = 0.7010, \cos \varphi_j = 0.7132.$$

温度上升引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = 336.30 \times 0.7132 = 239.8491 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = 336.30 \times (16 - 5.335) = 3586.640 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = 336.30 \times 0.7010 = 235.746 kN$$

温度下降引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = -168.15 \times 0.7132 = -119.925 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = -168.15 \times (16 - 5.335) = -1793.320 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = -168.15 \times 0.7010 = -117.873 kN$$

15) 续上题, 现设拱合龙时, 各构件的平均龄期为 90 天, 利用《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥

涵设计规范》(JTG D62-2004)中表 6.2.7 计算混凝土的收缩应变终极值 $\varepsilon = 0.2 \times 10^{-3}$, 相当于降温 20 ℃, 试求拱顶和拱脚截面由于混凝土的收缩引起的内力。

解: 混凝土收缩效应为永久作用效应, 其计算方法与温降作用相同。

由于混凝土收缩, 在弹性中心产生的水平赘余力 H_t :

$$H_t = -\frac{0.45 \cdot \alpha \cdot \Delta_t \cdot l}{(1 + \mu) \int_s \frac{y^2 ds}{EI}} = -\frac{0.45 \times 0.00001 \times 20 \times 80}{(1 + 0.013864) \times 0.000032849} = -216.188 kN$$

式中: 0.45 为考虑混凝土收缩效应的折减系数。

1. 拱顶截面

由于混凝土收缩引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = -216.188 \times 1 = -216.188 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = -216.188 \times (0 - 5.335) = 1153.360 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = -216.188 \times 0 = 0$$

2. 拱脚截面

由于混凝土收缩引起的轴向力 N_t 、弯矩 M_t 和剪力 Q_t

$$N_t = H_t \cdot \cos \varphi = -216.188 \times 0.7132 = -154.185 kN$$

$$M_t = H_t \cdot (y_1 - y_s) = -216.188 \times (16 - 5.335) = -2305.645 kN \cdot m$$

$$Q_t = H_t \cdot \sin \varphi = -216.188 \times 0.7010 = -151.548 kN$$

16) 图 21 为一钢筋混凝土简支 T 梁桥, 共设五根主梁。试求:

- ① 用杠杆原理法绘出 1、2、3 号梁荷载横向分布影响线;
- ② 用偏心受压法绘出 1、2、3 号梁荷载横向分布影响线;
- ③ 用杠杆法计算 1、2、3 号梁的荷载横向分布系数;
- ④ 用偏心受压法计算 1、2、3 号梁的荷载横向分布系数。

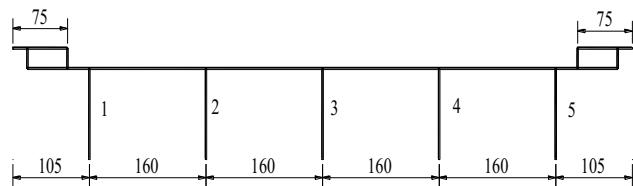
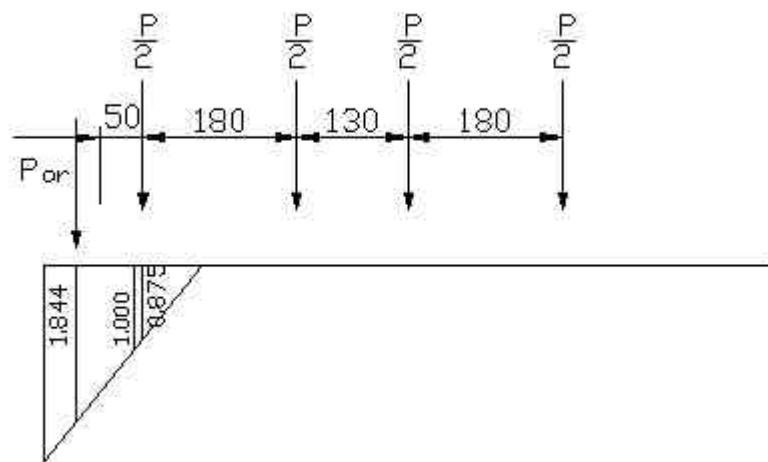
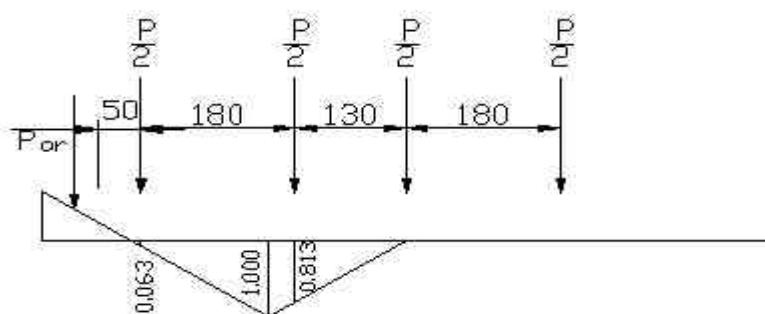


图 21

解：① 杠杆原理法：1号梁荷载横向分布影响线：

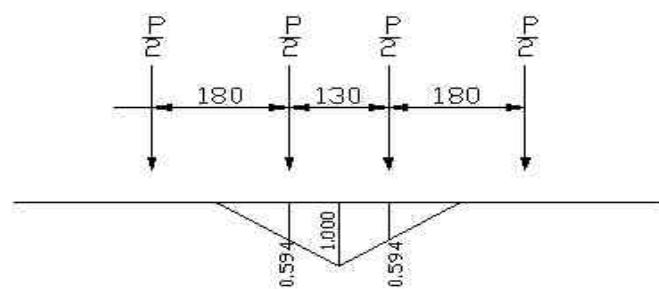


2号梁荷载横向分布影响



线：

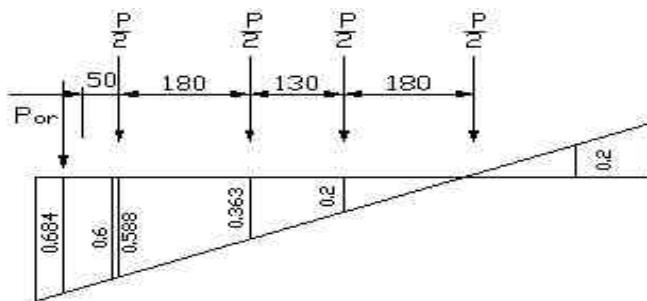
3号梁荷载横向分布影响线



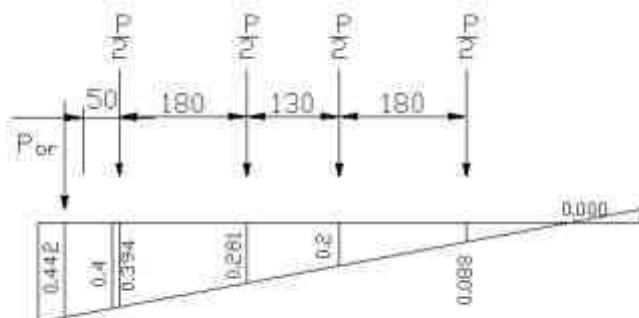
② 偏心压力法：

$$\sum_{i=1}^5 a_i^2 = (2 \times 1.6)^2 + 1.6^2 + 0^2 + (-1.6)^2 + (2 \times 1.6)^2 = 25.6 \text{ m}^2$$

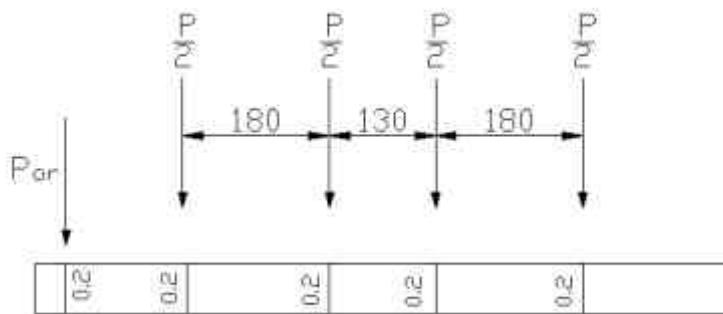
$$1 \text{ 号板: } \eta_{11} = \frac{1}{5} + \frac{(2 \times 1.6)^2}{25.6} = 0.6 \quad \eta_{15} = \frac{1}{5} - \frac{(2 \times 1.6)^2}{25.6} = -0.2$$



$$2 \text{ 号板: } \eta_{21} = \frac{1}{5} + \frac{2 \times 1.6 \times 1.6}{25.6} = 0.4 \quad \eta_{25} = \frac{1}{5} - \frac{2 \times 1.6 \times 1.6}{25.6} = 0$$



$$3 \text{ 号板: } \eta_{31} = \eta_{51} = 0.2$$



③1号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{oy}=1.844$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times 0.875=0.438$

2号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{oy}=0$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times (0.063+0.813)=0.438$

3号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{oy}=0$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times (0.594+0.594)=0.594$

④ 1号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{ey}=0.684$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times (0.588+0.363+0.2)=0.576$

2号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{ey}=0.442$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times (0.394+0.281+0.2+0.088)=0.482$

1号梁横向分布系数：

人群荷载： $m_{ey}=0.2$ ； 汽车荷载： $m_{eq}=0.5 \times (0.2+0.2+0.2+0.2)=0.4$

17) 某重力式桥墩，基底截面为矩形，截面尺寸为纵向 $d=230\text{cm}$ ，横向 $b=350\text{cm}$ ，竖向力 $N=12700\text{kN}$ ，水平力 $P=3140\text{kN}$ ，纵向弯矩 $M=3815\text{kN}\cdot\text{m}$ 。基础与土壤的摩擦系数 $f=0.35$ 。试检算：

(1) 基底的滑动稳定性 (桥规规定：滑动稳定性系数 $K_c \geq 1.3$)。

(2) 基底的倾覆稳定性 (桥规规定：倾覆稳定性系数 $K_0 \geq 1.5$)

解： 1) 抗滑动稳定性验算：

$$K_c = \frac{Nf}{P} = \frac{12700 \times 0.35}{3140} = 1.42 > 1.3 \quad \text{故满足要求。}$$

2) 抗倾覆稳定性验算

$$K_0 = \frac{Ny}{M} = \frac{12700 \times 1.15}{3815} = 3.83 > 1.5 \quad \text{故满足要求。}$$

18) 计算如图 22 所示矩形截面重力式桥墩，某墩身截面在单向偏心压力作用下的最大压应力 (若出现拉应力，需进行应力重分布计算，不考虑偏心增大系数的影响)。

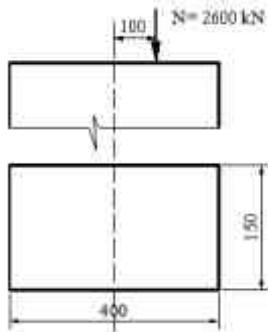


图 22 (尺寸单位: cm)

$$\text{解: } \sigma_{\max} = \frac{N}{A} \pm \frac{My}{I} = \frac{2600}{4 \times 1.5} \pm \frac{2600 \times 1 \times 2}{\frac{1}{12} \times 1.5 \times 4^3} = 1083.3 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\min} = -216.7 \text{ kN/m}^2$$

出现拉应力, 需要进行应力重分布:

$$\sigma_{\max} = \frac{2N}{3(\frac{d}{2} - e)b} = \frac{2 \times 2600}{3 \times (2 - 1) \times 1.5} = 1155.6 \text{ kN/m}^2$$

- 19) 如图 23 所示为一座桥面板为铰接的 T 形截面简支梁桥, 桥面铺装厚度为 0.1m, 净跨径为 1.4m, 试计算桥面板根部在车辆荷载作用下的活载弯矩和剪力。(车辆前后轮着地宽度和长度分别为: $b_1 = 0.6m$ 和 $a_1 = 0.2m$; 车辆荷载的轴重 $P = 140kN$)

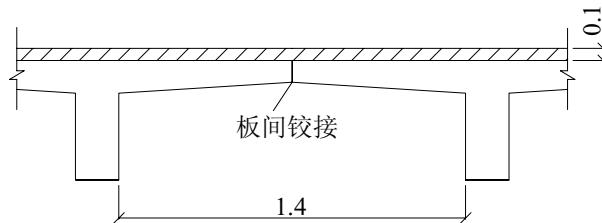


图 23

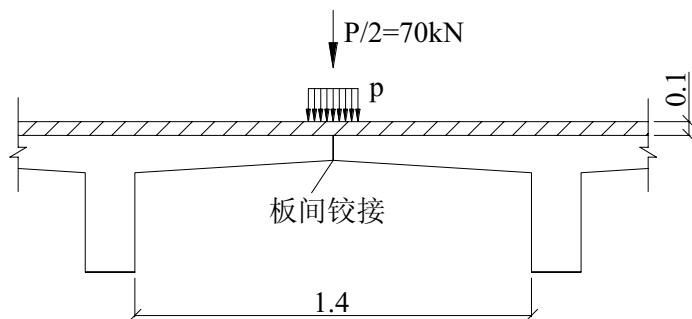
解: (1) 荷载

轮重分布在桥面板顶面的尺寸:

$$\text{沿纵向: } a_2 = 0.2 + 2 \times 0.1 = 0.4m$$

$$\text{沿横向: } b_2 = 0.6 + 2 \times 0.1 = 0.8m$$

$$\text{板顶分布荷载: } p = \frac{140}{2 \times 0.8 \times 0.4} = 194.4444 \text{ kN/m}^2$$



(2) 板的有效宽度

悬臂板边缘: $a_0 = a_2 = 0.4m$

悬臂板根部: $a = a_2 + 2l_0 = 0.4 + 2 \times 0.7 = 1.8m$

(3) 悬臂板根部内力

每米宽悬臂板在根部的活载弯矩: $M = \frac{140}{2 \times 2} (0.7 - \frac{0.8}{4}) \frac{1}{1.8} = 9.7222kN \cdot m$

每米宽悬臂板在根部的活载剪力: $Q = \frac{140}{2 \times 2} \times \frac{1}{1.8} = 19.4444kN$

- 20) 某桥墩基础为扩大基础, 基底截面如图 24 所示, 其中纵向 $d=300cm$, 横向 $b=600cm$, 竖向力 $N=2500kN$, 纵向水平力 $P=650kN$, 纵向弯矩 $\eta M=1950kN \cdot m$ 。基础与土壤的摩擦系数 $f=0.33$ 。核算基底的滑动稳定性 (滑动稳定性系数 $K_c \geq 1.3$) 和倾覆稳定性 (倾覆稳定性系数 $K_0 \geq 1.5$)

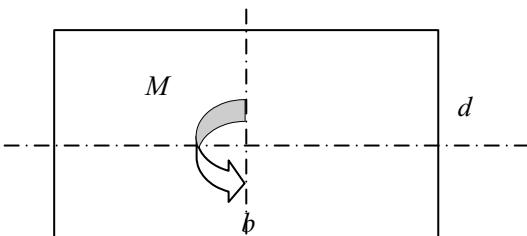


图 24 基础平面图

解: 1) 抗滑动稳定性验算:

$$K_c = \frac{Nf}{P} = \frac{2500 \times 0.33}{650} = 1.15 < 1.3 \quad \text{故不满足要求。}$$

2) 抗倾覆稳定性验算

$$K_0 = \frac{Ny}{\eta M} = \frac{2500 \times 1.5}{1950} = 1.923 > 1.5 \quad \text{故满足要求。}$$