

# **大型整孔预制梁桥 施工现场专用运梁车技术**

刘亚滨 刘利国

一九九九年六月

# 大型整孔预制梁桥

## 施工现场专用运梁车技术

刘亚滨 刘利国

在进行架设超大型整体箱梁的施工时，面临的重要问题之一，即架设施工设备问题。这实际上主要涉及三大部分：梁的预制、梁的运输和梁的准确架设。为保证最有效地最快捷地进行施工，综合考虑各个环节才是合理的。意大利再此方面进行了长时间的研究与实践，从而获得了大量经验，已成功地向许多用户提供了成套的预制梁、运梁及架梁设备和技术，并在许多高速铁路及高速公路施工项目中运用，使这些项目高效率高质量得以圆满完成。

这个制运架系统的基本模式概括如下：

在制梁厂使用大型自动化预制梁设备。钢筋骨架制作完后，吊运至制梁模内，箱梁内模板采用一套可移动的液压模板。内模板由动力装置拉进箱梁骨架内腔，然后各活动模板件由液压系统操控就位，此后浇注、加预应力、蒸汽养护等依次进行。

箱体成型后，内模板活动件由液压系统控制回收至原位，再由动力装置将内模板推出箱梁内腔。座落在箱梁四角位置的四个液压千斤顶将箱梁顶吊起来，运梁设备可进入箱梁底部待运。

梁被运走后，可将另一个已制好的钢梁骨架吊运入制梁模内，接着制作下一个梁。这种超大型运梁设备可将梁从预制梁厂运至架桥设备下。

值得强调的是，整孔箱吊装法和运梁架梁一体式吊装法都与运梁和制梁技术密不可分。为了最有效地利用架梁设备，预制梁场的设计和运梁工具的使用应达到最佳状态。现场制梁、运梁和架设应看成一个完整的系统工程，在施工组织上不应把它们严格分开。

如果施工组织得当，真正制约桥梁施工进度的是梁的架设。当运梁距离较短时（10公里），桥梁施工进度取决于梁的预制，当运梁距离较长时（大于10公里），桥梁施工进度取决于梁的运输。把制梁场设置在桥头或桥的中间进行现场制梁，预制一个箱梁的时间就是架设一孔桥梁的时间。

大型箱梁运送，完全不同于以往铁路桥梁的运送。认真讨论运梁设备与技术十分必要。

### 一. 整体箱梁运送的基本条件

由于超大型箱梁的重量一般在 500吨以上，因此运梁设备在技术上突破许多原有概念，这些包括为：

1. 使用多组钢轮或轮胎
2. 新型轴承结构
3. 转向装置
4. 负荷分配和补偿机构
5. 起动、停车和运行的稳定性

如此巨大的梁体即使从现场制梁到架设施工地点的距离最长不过几千米，但是解决运梁设施的过程也是复杂而困难的。

选择现场制梁的建设项目一般都是较长的高架桥或者是一组相距较近的桥群，制梁场设在桥头或桥中部。利用已架设好的桥面运送预制梁，显然是最安全、最经济、最简单的方法。但是在已架好的梁上通过，运梁设施及梁本身的重量总和已超过已架好的梁体重量，甚至远大于梁本身的计算动负荷。无限制降低运梁设备的重量是不可能的，如果想使运梁的总负荷低于梁体计算动负荷，这必将使梁体尺寸加大，这显然也不经济。此外，还必须考虑运梁设备对非桥面的路基的影响。

因而要求这个运梁系统的特征可归结为以下几点：

1. 设备重量要最小。不能当运梁车通过已架好的桥面时，对已架桥梁构成破坏威胁。
2. 尽可能将梁体大负荷分散，以减少作用在已架好的桥面上的集中负荷绝对值。
3. 为了将动态因素引起的负荷增加(动负荷)降至最低，运梁设备需要高弹性吸收能力(缓冲性能)。
4. 在不十分规则平顺的路面或轨道上行驶时，对作用在各轮子上的负荷应具有自动补偿能力。
5. 设备的外形尺寸要尽量小而紧凑，因为运送的巨大梁体要能够与制梁设备和架桥设备相匹配。运梁设备越紧凑，架设梁的问题就越容易解决。
6. 结构应简单，可靠性高，以降低损坏或故障的风险，因为一旦出现问题，将直接影响施工周期。
7. 整个运动系统要均匀同步地运动，不能有加速、减速等一些危险因素作用在负载上，包括启动、停止、反向运动均需渐渐缓慢均匀地运动。
8. 设备要能微动，微动的数量级要达到厘米级，这关系到准确进入架桥机或模板以及操作上的安全。
9. 能适应曲线、纵向和横向坡道，纵向坡道甚至可能达到5%。

10. 在起动和运行中，整个运动系统出现打滑、溜车将十分危险。应自身具有安全制动保障系统。
11. 运梁车的速度应尽可能大，减小运梁工序对施工速度的制约。
12. 运梁车是预制箱梁与架桥机之间的连接环节，应保证在用最简单可靠的吊梁方法下，使如此重大的梁体准确装在其车体上。
13. 运梁车即能准确进入模板、又能准确进入架桥机主桁架下，并尽可能在架桥机后支腿不动的情况下从架桥机中退出。
14. 运梁车应兼顾解决施工组织上变换施工现场问题。即保证架设设备转换工地的方便。

为满足上述的这些特征要求，结构设计尤为重要，且应当与桥梁设计，架设设备和制梁设备的设计结合起来。

## 二. 轮胎式大型运梁车

### 1. 轮胎式大型运梁车

轮胎式大型运梁车将传统的机械方法和液压平衡系统巧妙的结合在一起。其采用液压驱动与制动以保证运动的平稳性，多组轮胎使荷载尽量均布。除了轮胎本身的弹性缓冲能力外，液压或橡胶缓冲装置也设计在运梁车结构中，以降低动负荷的影响。轮胎数量视情况而定，少则8个，多则30~40个。这种轮胎式的大型运梁车，在使用中相对比较灵活，其轮对转向也由液压系统控制。

#### 轮胎式运梁车功能介绍

**结构：**由16个组合或单元构成。他们通过一组易拆卸的中梁连在一起，通过螺栓连接。单元的转向系统经过精心设计，可以保证正确的行驶方向。

**平衡：**为了使整个荷载能均匀的分布在所有的轮子上，采用一套特殊的平衡、均压系统。

整个系统能保证3%的爬坡能力，并且在下坡时不需要传统的刹车装置。

**轮胎：**轮胎的型号与轮压根据距离和路况来选定。在运输过程中应最大可能的减少意外情况（如颠簸、碰撞）对正常运行的影响。

**牵引力：**总轮数的50%为驱动轮。

**刹车装置：**每一个驱动轮都配有刹车装置。

**驾驶室：**具有最大的可视角度。驾驶室可以变换其位置以适应运行要求。

**转换安全装置：**如果牵引系统的正常功能出现故障，安全装置将显示事故，并停止运动。

**暂停安全装置：**如果轮子的液压系统出现任何破坏，该装置将显示事故，并自动停止漏油，

且暂停整个设备。

转向系统：转向系统能保障运梁车能够在 60m 半径上行驶。

更换轮子：可用液压悬挂系统来更换轮子。利用液压件调节需更换轮的油缸，操纵悬挂油缸上的辅助动力装置把轮子换掉。

**550 吨轮胎式运梁车**主要技术数据如下：

满载高度	2.3m
空载高度	2.35m
对地最大宽度	6.4m
载梁接触宽度	5.5m
载梁接触长度	30m(最大)
运输能力	550 吨
空载运行速度	0---7km/h
有载运行速度	0---5km/h
最大坡道	3%
自重	约 110 吨
柴油机功率	450Kw
轮对	20 个
轮距	1.744 米
最小轴距	1.7 米
最大轴距	5.4 米
轮压	5.5bar 或 9bar

可考虑同时适应运送 20 米/24 米/32 米**双线单箱梁**，即可变换长度以适应不同梁型。

**380 吨轮胎式运梁车**主要技术数据如下：

空载高度	1.45m
对地最大宽度	2.5m（最大）
载梁接触宽度	2.25m
载梁接触长度	30m(最大)
运输能力	380 吨
空载运行速度	0---7km/h
有载运行速度	0---5km/h
最大坡道	3%
自重	约 90 吨

柴油机功率	350Kw
轮对	共 24—40 个
轮距	1.744 米
轮对中心距	1.530 米
最小轴距	1.2 米
最大轴距	6.66 米
轮压	5.5bar 或 9bar

可考虑同时适应运送 20 米/24 米/32 米**单线箱梁**，即可变换长度以适应不同梁型。

轮胎式运梁车必要时可以进行调整，以满足既可以运送 550 吨双线整孔箱梁，又可以运送 380 吨单线箱梁。此时必需调整轮距，在每个轮组上加设调节装置，且其他结构也做相应调整。

## 2. 轮胎式运架梁一体机

运架梁一体式架桥机是将运梁与架梁设备相结合构成多功能式的施工设备，用来运输和架设预制好的混凝土箱梁。这种设备更具灵活性，施工组织也更易安排。该机用四台大吨位绞车吊装混凝土箱梁。在实际中，这台多功能的施工设备还可进行现场制梁工地上梁体的起吊和转运。运架梁机将混凝土箱梁运到架梁区域，并完成把混凝土箱梁架设到桥墩上的工作。因此，该机能完成运梁和架梁的工作，即，该设备是传统意义上的运梁机和架桥机的两位统一。

当然这种设备体积及重量也相当可观，其液压系统也较复杂而且要求极高。两端的轮胎组可以自行做大于 90°的原地转动。液压系统驱动各轮对进行前进、后退及转向。

主要结构是一个钢箱梁，两端连着行走机构。箱梁上配有两对提升绞车，可以进行同步控制，也可以单独控制。整个钢箱梁由四段连接在一起的梁段组成，梁段间通过高强螺栓连接，整根钢箱梁的弹性变形小于 1/400。

每个行走机构配有八个行走轮组，行走轮为大直径的充气橡胶轮胎。轮组间采用一套液压平衡机构以保证整个载荷的均匀分布。

后行走小车处配有液压牵引系统，4 组轮对各配有液压马达，液压马达通过行程减速机同轴联结在轮子上，通过一个变量柱塞泵提供动力。这个油泵由一个安装在钢箱梁上部的柴油机驱动。

行走轮组通过一个“第五轮”（轴承）与钢箱梁联结在一起，通过一个液压缸来驱动转向。每一个轮子拥有独立的轮轴，在 PLC 控制下可 90°旋转，此外在曲线上行走时，运梁车可以进行±15°--20°转向。

位于两端的司机室可控制运梁车转向和制动。在行进、吊装过程中，所有的控制命令都来自于前面一个司机室。在任何时候，司机都可以通过脚刹车来制动整个运梁车。

**特制 TE 750 吨运架梁机。**该机能够满足如下工作：

——架设 20 米、24 米和 32 米混凝土整箱梁

——有两种作业高度

高工作位置，完成把混凝土箱梁架设在两个桥墩上的工作。

低工作位置，

- 1) 完成把混凝土箱梁从预制梁处运到架设梁位置的工作；
- 2) 完成混凝土箱梁运送，通过隧道或限高处的工作。

主要技术数据如下：

总吊重：	750 吨
每个吊点吊重：	187.5 吨
行走轮跨距：	4.4 米
轮数：	20×2=40
轮胎对地压力：	6 或 9 巴（根据实际情况选择）
提升绞车速度：	0.6m/min (满载) 1.5m/min (空载)
行走速度：	4km/h (满载) 7km/h (空载)
爬坡能力：	3%
发动机功率：	600Kw
减振装置行程：	±150mm 在所有轮上装有
转向系统：	a. 每个轮子可作 90°转向 b. 在纵向行走时±15°
转向系统为机械式，由液压装置驱动转向	
最大高度：	10.5m
最小高度：（有载在隧道行驶）	8.5m （按用户要求）
驾驶室	2 个
吊钩横向行程	±200mm
油箱容积	1500 升
整机自重	288 吨

运架梁机其他各部结构

- 绞车间平衡装置

- 四个行走轮支撑梁
- 二十部轮对减震装置
- 四个大液压油缸（控制整机的高位与低位）

**特制 TE 460 吨运架梁机。**该机能够满足如下工作：

最大吊重：	460 吨
吊钩行程：	12 米
最大运行纵坡：	1.5%
最大运行速度（有载）：	5km/h
最大运行速度（空载）：	0.7km/h
安装功率：	280 马力（约）

运架梁机同样可以制造成具备既可吊运架设双线箱梁（750 吨或 550 吨），也可以吊运架设单线箱梁（450 吨或 380 吨）的功能。同时，还可适应吊运不同长度 20 米/24 米/32 米箱梁，即根据不同梁型可变长度。

为实现此功能，技术上有相应措施

- 两种工作模式将有所不同
- 运架梁机的轮距能进行调整（因单线箱梁宽度仅为 6m）
- 设备将能调整至最小工作外型
- 架单线箱梁时，导梁将置于墩上，而不是保持导梁底部与桥面在一个平面上。
- 架单线箱梁时，需在导梁上增加一个小车，以便运架梁机前轮组能在导梁上运动。
- 当单线箱梁多于 10 孔梁时，架桥设备进行变换、调整才是合理的。

运架梁一体式架桥方式，运架梁机成为一台多用机。设备利用率最高，自然对设备的运用要求也最高。

不可否认，上述轮胎式机械液压系统在制成运梁设备后，其体积和重量相对大些，结构也较复杂。换句话说，运送巨大梁体的重量与极有限的运梁设备重量要求之间需要协调的很好。

轮胎式运梁设备的使用，相对国内以往铁路桥梁的建设会导致施工组织的大变化，但施工速度会大大加快。采用轮胎式运梁设备用于铁路桥建设，在国内远没尝试过，其灵活性、降低工作量及施工成本方面有着无可替代的优越性。

### 三. 轮轨式运梁车

在施工现场使用轮轨式运梁车的突出问题是临时轨道的铺设。运送整孔双线箱梁时，须采用两股轨道。两股轨道的线间距应与桥梁相适应，为 4.6 米。可采用标准轨距，也可采用 750mm 的最小轨距。两股轨道的线间距平顺误差要求并不严格。而对临时 1435 毫米轨道轨间距误差可为 $\pm 7$  毫米。轮轨式运梁车（750/550 吨）的轨道基础要求：

无论是否采用道渣或直接铺在桥面上，每根铁轨应能承受每沿米垂直负荷 13 吨，每沿米水平负荷 2 吨。如果用户有其他考虑，还需再做研讨。如果使用铁轨加木枕的临时轨道，轨道基础同样要能满足前述的条件。

轮轨式运梁车基本结构完全不同于我国现行的铁路运梁车的结构。

对于自带动力的轮轨式运梁车，其由 10 至 20 个轮组合成。每个轮组有 4 个轮子，装在一个轮架上。轮架上的平衡装置保证各个轮子所承受的负荷是相同的。轮子上装有液压驱动机构。运梁车动力来自于柴油机—液压动力组。采用液压系统作为弹性缓冲及负荷补偿装置，吸收各种惯性力。一些油缸配有横移装置，以保证能同混凝土梁进行随动。并且，当轨道不平顺时，这些油缸能够滑移而消除轨道不平顺误差的影响。此外，液压系统还解决了运梁车在曲线上运行时轨道超高的问题。正是运梁车这些液压系统和平衡装置，保证了运梁车能够适应在施工临时轨道上运行。轮轨式运梁车拥有 2%~4%纵向坡道运行能力。

如果架桥机后支腿支点与轮轨式运梁车轨道发生干扰（标准轨距时），则运梁车只能先在架桥机下停留，待架桥落梁后，后支腿打开，运梁车才能返回。故工效略有减少。

如果采用 750mm 轨距的临时轨道，则此问题可以解决，工效加快。

轮轨式运梁车可以分组使用，进而，既可以满足在双线上运送双线箱梁要求，也可以满足在单线上运送单线箱梁需求。

#### 特制450吨轮轨式运梁车

（可运20米/24米/32米单线箱梁，可变长度）

共 10 个轮组， 40 个轮对。

轮距	1.435 米（轨距）
最小轮组中心距	1.85 米
轴距	1.154 米
最大轮组中心距	7.2—15.4 米

本设备用于运输 450 吨单线混凝土箱梁，该运梁车可在铺好的道渣的轨道的箱梁上运送梁体。其技术数据如下：

运输最大重量	450 吨
支撑小车数	10 个
每个油缸最大承重	25 吨
每个轮子最大垂直载荷	12.5 吨
空载运行速度	12 公里/小时
满载运行速度	8 公里/小时
包括液压平衡系统	
包括曲线行进控制系统	
最小行驶曲线半径	800 米
运梁车液压动力机组最大供给功率	350KW
油缸垂直行程	±175mm
行走轨道（上顶面最小宽度 65mm）	46—48kg/m
自重	约 65 吨
驾驶室	2 个

#### 特制750吨轮轨式运梁车

（可运20米/24米/32米**双线箱梁**，可变长度）

该运梁车被设计用来装运表面覆有道渣的混凝土箱梁（总重 750 吨），并可以在事先布置的双线标准轨上行进。本机技术参数如下：

运输能力	750 吨
轮对数	10×2 个
每个油缸最大承载力	19 吨
每个轮子的垂直载荷	9.5 吨
运梁速度(空载/有载)	12km/h
配有液压平衡系统	
曲线运行控制系统	
动力机组最大功率	350Kw
油缸垂直行程	±175mm
轨道(顶宽)	≥65mm
自重	80 吨（约）

使用轮轨式运梁车，各轮对的负荷补偿是自动的瞬间的。如果认定轨道的不规则性是厘米级的，则运梁设备动负荷变化体现在各轮子上时，可忽略不计。

轮轨式运梁车自重较小（一般60—80吨），相对500吨以上的混凝土箱梁来讲，其自身质量是无法与大箱梁相抗衡的。大型箱梁安放在运梁车上，任何捆绑固定都是无济于事的。因此运梁车在运送大型箱梁时，避免倾覆、颠簸、冲动、滑移等各种危险因素的唯一依靠就是运梁车的均衡系统，它要保证大型箱梁在运送过程中始终是平稳的坐在运梁车上，不会发生任何危险。即使施工辅助线路不平顺，也不能使各种危险因素波及箱梁。

#### 四. 小结

1. 运梁车是架桥施工中重要的一个环节，并与预制梁设备和架梁的运用有着密切的关系。
2. 在施工现场，运送大型箱梁有许多限制性条件。运梁车设计制造不但需要适应这些实际工作条件，而且还需力求低成本和保证施工高效率。
3. 轮胎式运梁车具有运用灵活的优势，而轮轨式运梁车特点是简洁而重量轻。
4. 运梁车的液压均衡系统是保证运梁车在施工现场安全可靠运行的最关键技术。
5. 运梁车的结构多变性，通过周密设计制造也可以达到。

一九九九年六月