

# 梁柱式门式墩钢盖梁分段方式及运输方案的研究

齐晓明

湖南中铁五新重工有限公司, 湖南 长沙 410300

**[摘要]**随着铁路建设越来越密集,新建铁路和既有铁路相交的频次很高,门式墩作为新建铁路和既有铁路相交时处理对既有线的保护起了很好的保障作用。而门式墩钢盖梁在施工中由于可以先进行厂内预制,然后再进行现场吊装,这种方式既减少了封锁要点的频次,又极大化地保证了既有线施工的安全,成为新老铁路线相交的首选设计,越来越多地得到了建设单位和施工单位的支持与推崇。如:新建京福铁路、新建郑徐客专、新建连盐铁路、新建连徐铁路、新建连镇铁路、新建徐盐铁路、新建福厦铁路、新建商合杭铁路、新建包银铁路、新建安九铁路、新建合安铁路、新建宣绩铁路、新建集大原铁路、新建沿江铁路盐通段、新建沿江铁路、新建沪苏湖铁路、新建湖杭铁路、新建昌九铁路、新建昌景黄铁路、新建荆荆铁路、新建广湛铁路等等都采用门式墩钢盖梁跨线的方式施工,其技术已经熟练应用于各类铁路施工工程中。

**[关键词]**梁柱式; 门式墩; 分段; 运输

DOI: 10.33142/ect.v2i10.13675

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

## Research on the Segmental Method and Transportation Scheme of Steel Cover Beam for Beam Column Portal Piers

QI Xiaoming

Hu'nan China Railway Wuxin Heavy Industry Co., Ltd., Changsha, Hu'nan, 410300, China

**Abstract:** With the increasing density of railway construction, the frequency of intersection between new and existing railways is very high. Portal piers play a good role in protecting existing lines when new and existing railways intersect. The portal pier steel capping beam can be prefabricated in the factory before on-site hoisting during construction, which not only reduces the frequency of blocking key points, but also maximizes the safety of existing line construction. It has become the preferred design for the intersection of new and old railway lines, and is increasingly supported and respected by the construction unit and construction unit. For example, the construction of the Beijing Fuzhou Railway, Zhengzhou Xuzhou Passenger Dedicated Line, Lianyungang Yancheng Railway, Lianyungang Xuzhou Railway, Lianyungang Zhenjiang Railway, Xuzhou Yancheng Railway, Fuzhou Xiamen Railway, Shangqiu Hefei Hangzhou Railway, Baotou Yinchuan Railway, Anqing Jiujiang Railway, Hefei Anqing Railway, Xuancheng Jixi Railway, Jining Datong Yuanping Railway, Yantong section of Yanjiang Railway, Yanjiang Railway, Shanghai Suzhou Huzhou Railway, Huzhou Hangzhou Railway, Nanchang Jiujiang Railway, Nanchang Jingdezhen Huangshan Railway, Jingmen Jingzhou Railway, Guangzhou Zhanjiang Railway, etc. all adopt the construction method of portal pier steel cover beam crossing, and its technology has been proficiently applied in various railway construction projects.

**Keywords:** beam column; portal piers; segmentation; transportation

### 引言

随着门式墩钢盖梁应用的实例越来越多,为了适应各种施工场地的需求,全国现有的门式墩钢梁结构大体已经分化为4种结构类型,而每种类型施工时对场地的要求、封锁时间的要求、采取的吊装方式、安全防护措施均有些不同。本章就重点地对其中现行的结构之一梁柱式门式墩钢盖梁的分段及运输进行详细介绍并对比说明。

### 1 定义

梁柱式门式墩钢梁是由1根钢横梁和2根钢立柱组成的门型钢结构,一般使用在新建高铁与既有高铁线相交处,作为桥梁的下部结构。钢横梁长度根据左右墩柱的实际跨度尺寸确定,钢横梁高一般为2.8~3m,宽3~3.3m,钢立柱长5.7m,高2.6m,宽3.3m。立柱底部与已经浇注的

混凝土墩柱采用预埋法兰(预埋锚杆)螺栓连接后,外包40cm厚度的C40混凝土(后浇注),混凝土高度5m,预留0.7m外露。内部全部填筑C40混凝土至钢梁底部。结构类型见图1和图2所示。

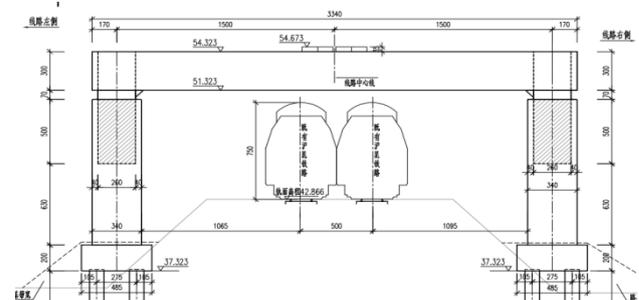


图1 门式墩钢盖梁立面图

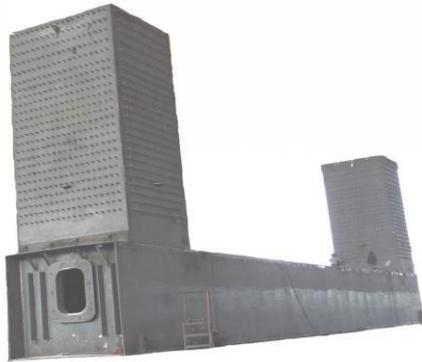


图2 门式墩钢盖梁结构实物图

## 2 分段方式介绍

由于在设计图纸中其结构为整体结构,厂内实际加工时既无法翻身又不能运输,必须对钢横梁和立柱进行分段,所以合理的分段不仅要考虑门式墩的受力情况,还要考虑加工质量的优质性、运输过程的可行性、安全性以及安装的便捷性。门式墩钢盖梁分段是产品生产加工的首要技术要点,直接影响到后续工序的正常进行,对其分段的工艺分析及介绍可以帮助施工单位正确领悟施工方法,减少施工成本及方法。下面就简单介绍一下梁柱式结构门式墩钢盖梁常见的分段方式。

(1) 分段方案一: 一字型整体横梁+一字型立柱, 见图3(a)、(b)。

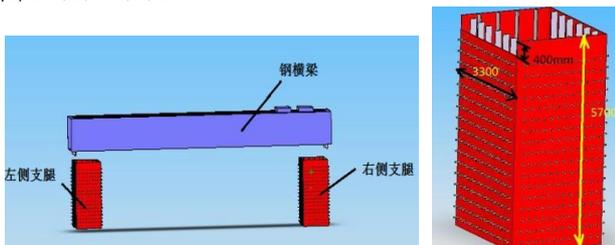


图3 一字型整体横梁+一字型立柱分段图(a), 一字型横梁+一字型立柱分段图(b)

这种分段的特点是: 钢横梁采用整体结构, 立柱有三个面是从钢横梁的底部下盖板处分段, 只有一面(外侧)采用插入式结构, 确保焊缝不在同一平面上, 满足钢结构施工规范要求。

(2) 分段方案二: 一字型分段横梁+一字型立柱, 见图4(a)、(b)。

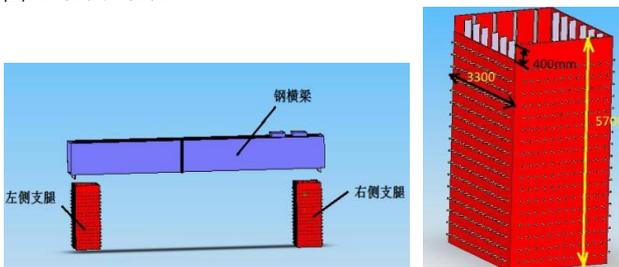


图4 一字型分段横梁+一字型立柱分段图(a), 一字型横梁+一字型立柱分段图(b)

这种分段的特点是: 钢横梁分成2段或2段以上, 立柱有三个面是从钢横梁的底部下盖板处分段, 只有一面(外侧)采用插入式结构, 确保焊缝不在同一平面上, 满足钢结构施工规范要求, 与方案一不同的仅仅是钢横梁的分段方式。

(3) 分段方案三: 一字型分段横梁+L型立柱, 见图5所示。



图5 一字型分段横梁+L立柱分段图

这种分段的特点是: 考虑到结构受力的复杂性, 减少钢立柱变形影响, 梁柱采用L型分段方式。但是这种方式的拼装难度和运输难度将会增加, 成本也较方案一、二高, 常见于钢梁总长度较长的情况下, 一般推荐数值为36米及以上。

(4) 分段方案四: 门型整体横梁+一字型立柱, 见图6所示。

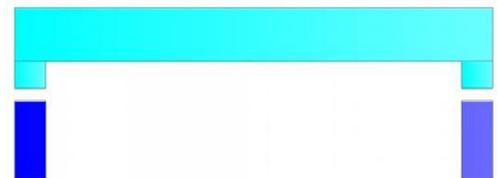


图6 门型整体横梁+一字型立柱分段图

这种分段的特点是: 钢横梁采用整根制作, 但两侧各带了1米左右的柱脚(俗称牛腿), 而钢立柱的加工总长度要减去一个柱脚的长度。这种分段方式主要是考虑钢横梁与立柱连接柱脚部位的受力较为复杂, 弯矩比其他部位大, 为了保证钢横梁与立柱连接部位的焊缝质量, 设计工程师要求其焊缝尽可能在工厂内焊接完成, 避免现场施工时因外界环境因素对焊缝造成的质量破坏缺陷。但是这种分段实际上是对钢立柱的一种破坏, 将一根钢立柱分成了上下两部分。值得肯定的是因为钢立柱的分段焊缝最终埋入了混凝土中, 即使焊缝存在一点点质量缺陷也不影响使用和钢横梁的美观度。

(5) 分段方案五: 门型分段横梁+一字型立柱, 见图7所示。

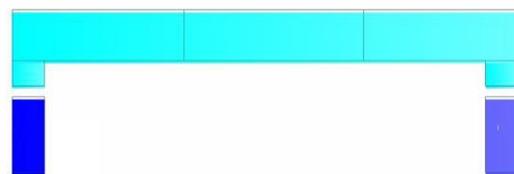


图7 门型分段横梁+一字型立柱分段图

这种分段的特点是: 除了钢横梁与方案四不同外其他

均相同。主要是因为施工现场的运输道路无法保证钢横梁整根抵达安装场地,不得不将钢横梁分成2段或2段以上。这种分段会造成施工现场要花费较长的时间对钢横梁分段进行拼接,而天气条件成为焊缝质量是否合格的首要制约条件,现场施工成本和施工周期一般都比较高。

不同的分段对于运输会产生一定的影响,下面针对不同分段给运输带来的影响进行介绍。

### 3 不同分段对应的运输方式介绍

梁柱式钢盖梁结构公路运输的主要难度是钢横梁运输。因其自重、钢梁长度较长,要求运输转弯半径大,对坡度要求较高,故不同的装车方式影响的效果不同。钢立柱为箱型结构,无论何种分段其运输难度远远小于钢横梁的运输难度,且除方案三外其他四种分段方式的钢立柱装车方案基本一致,故在此只重点介绍钢横梁对公路运输的影响。

(1)按分段方案一,其公路运输装车方式如图8所示。

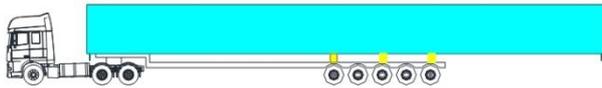


图8 一字整根横梁装车图

这种装车运输方式为:钢横梁两端伸出约400mm的钢板,该钢板最终是在现场和钢立柱对接在一起焊接。注意伸出的钢板不宜过长也不宜过短,一般在200mm-450mm之间。因为太短不满足钢结构施工规范对分段的要求——“分段不宜在同一截面上,且最小间距不小于200mm”。待钢横梁装车后,前段伸出的钢板要错开运输车的车厢,下沉到车厢以下,以减低运输货物的整体高度,同时避免钢板受压后变形。一般运输车的气泵箱比车厢板低450mm左右,当伸出钢板超过450mm时,刚好会碰到运输汽车的气泵箱,造成气泵破坏。

这种运输方式要求运输道路宽敞,进场道路有足够的转弯半径,运输途中干涉少的情况下,运输前一般要求专业的运输公司进行实际考察,确保方案可行后执行。

这种运输方式的优点是:①钢梁整根抵达现场后需要较短的准备周期就可以具备吊装条件;②钢横梁整根制作减少了分段拼接的环节,产品质量好;③运输过程中对坡度的要求较低,钢梁尾部不容易着地,最大允许坡度为 $5^{\circ}$ ,适合大部分公路通行条件,见图9所示。

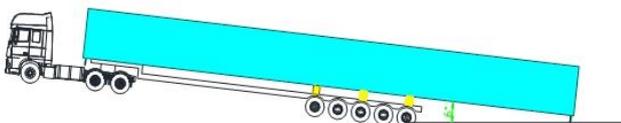


图9 一字整根横梁运输最大爬坡示意图

(2)按分段方案二,其公路运输装车方式如图10所示。



图10 一字分段横梁运输装车图

这种装车运输装车方式与方案一基本相同,因为钢横梁分成2段或2段以上,除了运输长度发生变化外,其运输的高度、宽度没有发生变化。这种运输方式常用在运输道路没有足够的转弯半径时选择。

优点:①运输重量轻,要求的转弯半径小,运输成本低;②比方案一运输速度快,运输周期短,安全性高;③适合于大部分运输道路要求。

缺点:①钢横梁分段抵达现场后需要较长的时间拼装,现场需要的场地大、施工周期长;②钢横梁分段产生的焊缝过多,不利于产品质量的优质性;③运输需要的车辆多。

(3)按分段方案三,其公路运输装车方式如图11所示。



图11 一字分段横梁(不含L型立柱)运输装车图

这种装车运输装车方式与方案二基本相同,钢横梁两端各被分出去一部分与钢立柱组成L型,但两端分出的部分长度不宜过长,一般在1米左右,否则与钢立柱组成L形状后,L型立柱运输时立放就是超高,平放就会超宽,均会增加运输的难度,所以钢横梁依然保持较长的长度,与方案一相比两端少了伸出的400mm左右的钢板。

优点:①运输重量较方案一略轻,转弯半径大于方案二但略小于方案一;②运输过程中对坡度的要求较低,适合于大部分公路运输。

缺点:①钢横梁分段抵达现场后需要较长的时间拼装,现场需要的场地大、施工周期长;②钢横梁分段产生的焊缝过多,不利于产品质量的优质性;③L型立柱与钢横梁拼装时需要提前搭建临时支架将钢横梁固定,否则拼装过程容易失稳;④现场施工成本较高。

(4)按分段方案四,其公路运输装车方式如图12所示。



图12 门型整体钢横梁运输装车图1

这种分段对公路运输装车影响最大,操作的可行性最差,一般不建议这种分段方式。具体原因如下:

按照《大件运输专用车辆》(QC/T 1149—2021)行业标准的规定,大件运输是指载运单个不可解体物品时,货

车的总长度、总宽度、总高度、总质量和轴荷参数至少有一项超出 GB 1589 规定的道路运输。门式墩钢盖梁属于大件运输范畴,需要采用液压悬挂挂车或专用低平板半挂车,装货前和卸货后准备时间较长,运输成本也相对比较高。而 0.8m 低板运输车底盘离地面很近,不合适平整度较差的临时便道运输,且当货台高度离地面 0.8m 时,挂车与牵引头连接的鹅颈头高度达到了 1.25m。半挂车结构形式见图 13 所示。



图 13 半挂平板车结构实物图

按照图 12 的装车方式,钢横梁前端脚柱(牛腿)放置在鹅颈头上,后端用木方与货台固定,故采用 0.8m 底板运输车时,钢梁脚柱距离地面的最小高度为 1.25m,一般高度为 2.5~3.5m,运输车的车厢板(货台)距地面高度为 0.8~1.65m。而门型钢横梁因增加了 1m 多的脚柱(牛腿)其高度达到了 3.5~4.5m,其运输高度最少需要 4.75m (3.5m+1.25m),而最大运输高度达到了 6.15m (4.5m+1.65m),超过 5m 时采用公路运输的方式,全国 90% 以上的桥梁涵洞无法通行,运输可实施性差。现行的门式墩钢梁大部分高度在 2.8m 到 3.3m 之间,故带 1m 柱脚的大部分钢梁的运输最小高度达到了 5.05m (3.8m+1.25m),所以这种装货方式亦不适合大部分门式墩钢盖梁的运输。另外,当钢梁带有 1 米的脚柱(牛腿)装车时,与车厢板(货台)接触的部分只有柱脚(牛腿)部分,接触面少,运输过程安全性低。

为了降低运输高度,装车时可以将门型整体钢横梁前端从鹅颈头直接移到货台上,让整根钢梁向车厢板(货台)后方移动,形成了新的装车方式,见图 14 所示。

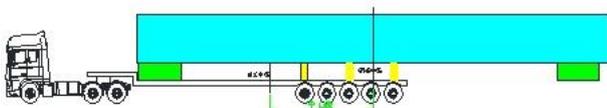


图 14 门型整体钢横梁运输装车图 2

按照图 14 的装车方式,钢横梁前端脚柱(牛腿)放置在货台上,中部用木方与货台固定,故采用 0.8m 底板运输车时,钢梁脚柱距离地面的最小高度为 0.8m,一般高度为 2.5~3.5m,而门型钢横梁因增加了 1m 多的脚柱(牛腿)其高度达到了 3.5~4.5m,其运输高度最少需要 4.3m (3.5m+0.8m),理论上可以满足运输要求。即使现行的门式墩钢梁大部分高度在 2.8m 以上,故带 1m 柱脚的大部分钢梁的运输高度达到了 4.6m (3.8m+0.8m),所以这

种装货方式理论上也适合大部分门式墩钢盖梁的运输。

但是这种装车方式在实际运输中的操作性仍然很差,安全性极低。我们调查和咨询了大部分运输公司,此种装车方案均得到了否定的答案。具体原因有如下几条:

a、装车后钢梁重心偏后,靠近车厢板(货台)的尾部附件,如果钢梁前端不加载配重,在运输爬坡的过程中易于造成钢梁溜坡、下滑,造成重特大事故出现。

b、钢梁尾部悬出车厢板(货台)较长,运输车辆紧急制动或加速时,容易造成钢梁与车厢板(货台)出现相对滑动,影响车辆的制动性,容易造成刹车失灵或车辆追尾。

c、运输过程中转弯半径过大,尾部干涉几率高,对运输道路要求高。

d、高速公路运输时,因隔离带护栏的标准高度为 800mm,刚好与钢横梁脚柱(牛腿)离地高度一样,进入匝道转弯时钢梁尾部脚柱很容易碰到隔离带护栏,容易造成车辆侧翻或隔离带严重破坏。

e、运输爬坡过程时,当采运输图 14 的装车方式时,允许的最大爬坡坡度仅为  $3^\circ$ ,否则钢梁尾部的脚柱(牛腿)底部会与地面干涉。以城市道路为例,公路在设计时速 20km/h 时最大纵坡为 9%,经技术经济论证,可增大到 10%。城市道路在设计时速 20km/h 时最大纵坡为 8%,经技术经济论证,可增大到 9%,转化为角度约为  $4.5^\circ$ ~ $5.2^\circ$ ,北方平原地区的坡度较小,南方山丘地区的坡度较大,所以当采运输图 14 的装车方式运输的可行性范围很小。

为了确保门型结构整根横梁的运输,作者与多家大件运输公司进行讨论、洽谈且抵达多个项目现场进行调研,最终确定将门型整根横梁靠近车头的一端脚柱采用现场焊接,另一侧出厂前焊接的方式进行装车优化,这样既可以确保运输的高度满足通行要求,又能满足运输过程的爬坡要求,大大增加了运输过程的可操作性和安全性,见图 15 所示。

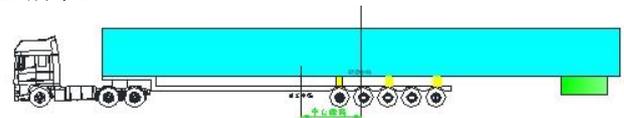


图 15 门型整体钢横梁运输装车图 3

按照图 15 的装车方式,钢横梁前端放置在鹅颈头上,中后部用木方与货台固定,故采用 0.8m 底板运输车时,钢梁尾部脚柱距离地面的最小高度为 0.45m (1.25~0.8m),低于高速公路的隔离带护栏 800mm 高度,且离地面太近,要求的爬坡角度不足  $1.5^\circ$ ,满足不了运输要求。而采用车厢板(货台)高度为 1.2m 板车运输,其鹅颈头高度,超过了隔离带护栏的高度,且爬坡角度达到了  $5^\circ$  左右,满足运输道路要求。

由于钢梁前端脚柱(牛腿)取消,装好车的钢梁最小运输高度 4.65m (2.5m+1.65m,钢横梁按 2.5m 高计算时),

最大运输高度 5.15m (3.5m+1.65m, 钢横梁按 3.5m 高计算时)。当实际运输装车高度要求小于 5m 时, 反推计算可满足高度为 3.35m 以下所有钢横梁的运输, 适合现有铁路门式墩钢盖梁施工案例中大部分钢横梁的运输。

(5) 按分段方案五, 其公路运输装车方式如图 16(a)、(b) 所示。

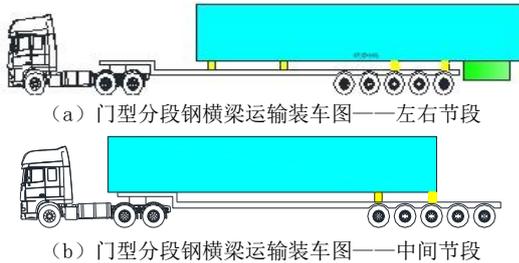


图 16 门式墩分段运输图

按照图 16(a)、(b) 的装车方式, 门型分段钢梁左右节段的运输高度、爬坡角度与图 15 完全一致, 门型分段钢梁中间节段的运输高度、爬坡角度与图 11 完全一致, 满足运输要求。但这种分段结构运输到现场后需要对节段进行拼装, 现场施工成本高, 与前述的分段方案二提到的现场影响因素一致, 在此不再重复赘述。

#### 4 结论

综合上述对梁柱式门式墩钢盖梁分段方案一至分段方案五的优缺点及运输方式的描述, 再根据作者的 actual 项目施工经验, 从安全性、优质性、经济性, 对方案一至方案五进行比选, 从优到劣进行排列顺序如下:

方案一 → 方案二 → 方案三 → 方案四 → 方案五  
其中方案五的装车方式要优化成一侧脚柱(牛腿)现

场焊接。采用方案三时, 虽然运输上可以实现, 但现场需要搭建临时支架进行拼装, 现场所需的施工成本高, 故排在最后一位。

#### 5 结束语

由于既有线要点施工作业为高铁建设中的重点性控制工程, 而门式墩钢盖梁由于安装过程中需要跨过既有铁路线上方, 所以是既有线要点施工的工程之一, 对施工过程的安全要求非常高。通过对门式墩钢盖梁分段方式及运输方式的研究, 提供一种最为合理、安全、经济的施工方案是十分必要且有益的, 它的应用对高铁施工建设的安全性提供了理论依据, 是门式墩钢盖梁专业施工方案从业人员必不可少的参考资料。

#### 【参考文献】

- [1] 中铁二十三局集团有限公司深汕铁路项目经理部. 深汕施桥(参)-09 新建铁路深圳至深汕合作区铁路施工图跨厦深铁路特大桥 7#-12#钢门式墩[D]. 武汉: 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 2022.
  - [2] 中国铁路总公司建设管理部. Q/CR9211-2015 铁路钢桥制造规范[S]. 北京: 中国铁路总公司, 2015.
  - [3] 中华人民共和国汽车行业协会. QC/T 1149-2021 大件运输专用车辆[S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2021.
  - [4] 中交一公局集团有限公司. JTG/T 3651-2022 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范[S]. 北京: 中华人民共和国交通运输部, 2022.
- 作者简介: 齐晓明(1981—), 男, 机械设计高级工程师, 技术总监。