

# 高墩、大跨、连续梁桥快速施工工法

(TGJGF-03·04-20)

中铁十八局集团有限公司

## 一、前言

内昆铁路李子沟特大桥集深基、群桩、高墩、大跨、刚构连续组合梁结构于一体,建筑高度 161.1m,混凝土圬工 10.5 万  $\text{m}^3$ 。桥区受常年大风、夏季暴雨、冬季寒冷,大雾、大雨、冰冻等不良气候条件影响。

因设计、地质原因开工时间较预计开工时间已滞后 11 个月,经施工单位合理安排,精心组织,有效地投入资源,克服诸多不利因素影响,自 1999 年 3 月主体工程正式开工至 2000 年 9 月大桥全部合拢,实际施工仅用 17 个月,不仅将延误的 11 个月全部抢回,还比计划工期提前 2 个月。

## 二、工法特点

1. 施工速度快、效率高、成本低。
2. 施工技术先进。配套使用缆索吊、塔吊、液压翻升模板、走行挂篮等大型机械设备,采用立体交叉作业,为工程的快速施工提供了必要保证。

## 三、适用范围

本工法适用于铁路和公路单、双线高墩大跨连续梁桥施工,尤其在施工工期短、混凝土圬工量大、施工条件恶劣的情况下,施工效果更加明显。

## 四、梁桥快速施工保证措施

### (一)配套的机械设备

大型设备的配套使用,不仅减轻劳动强度,降低高空作业的难度,也是大桥快速施工的重要保障。投入的主要设备有:大跨度缆索吊(用于混凝土灌注、材料运输)、液压翻升模板(高墩施工)、走行挂篮(连续梁施工)。

#### 1. 大跨度缆索吊

缆索吊跨度 700m,由两组起重运输机构组成。平均起吊高度 75m,运行距离 100m,单钩吊重 35kN,正常工作情况下,每月可完成 7200t 的吊运任务。

#### 2. 抗风液压翻模设备

抗风液压翻模是高墩施工的主要设备,具有施工速度快、劳动强度低、工艺先进等特点。利用抗风柱与混凝土和模板进行固结,可抵抗平台承受的风荷载,控制平台的偏斜。

采用液压自升平台式翻模进行高墩施工,最快速度达到 2 天 3 板(4.5m),百米高墩施工不超过三个月。墩身弧端圆顺,大面平直,棱角分明,基本消除混凝土冷缝和色差。

#### 3. 走行挂篮

采用自锚桁架式三角形挂篮进行悬灌施工,结构简单,受力合理,适于温差变化大,可全天候组织施工。

挂篮自重 59t,适应最大梁段长度 4m,最大梁段重量 200t,设计安全度为 2.5,倒链牵引。

### (二)施工工艺

#### 1. 墩身施工工艺

##### (1)施工工艺流程(见图 1)

##### (2)施工要点

混凝土达到一定强度时,再凿毛混凝土面、绑扎和焊接钢筋。

每一节混凝土施工完成后,由专业技术人员测设中线,以此为准支立模板、调整平台。

模板单面整体拆除,利用平台纵梁(横梁)作为支架,倒链作为动力,对称提升。

## 2. 0#段施工工艺

0#段为矩形空心墩与箱形梁节点,是桥梁结构受力最复杂、施工难度最大的梁段。

0#段施工主要是:竖向预应力钢筋安装、墩内拖架安装、外部膺架安装、模板系的安装以及混凝土的灌注施工。

竖向预应力钢筋长 12m,安装时先在施工缝处将预应力钢筋的平面位置准确定位,再在墩身施工的液压平台上搭设两层钢管架,利用塔吊配合由上至下穿筋,用型钢做劲性骨架固定。

顺桥方向安装的外部膺架是支承模板、拖架和混凝土的重要结构,根据墩身的宽度和梁底的宽度,每侧架设 7 片,用分配梁连为一体。用缆索吊配合,单片安装、整体拆除。

外侧模架与模板按 4.5m + 3m + 4.5m 组合分单元加工,用缆索吊吊装就位,就位次序为先 3.0m 单元再 4.5m 单元。

混凝土采用一次分层灌注成型的施工方法,灌注顺序为:底板—横隔板—腹板—顶板。缓凝时间为 8h。

0#段一次灌注成功,全段施工只用了 23d 时间,成型梁体截面尺寸准确,表面光洁平整,质量被评为优良。

## 3. 连续梁施工工艺

### (1) 施工工艺流程(见图 2)

### (2) 施工要点

预应力张拉在混凝土灌注完 3 天且强度达到设计强度的 85% 时进行。纵向预应力钢绞线张拉顺序为:先腹板后顶板,先下后上,左右对称。纵向预应力张拉结束后,分别张拉横向和竖向预应力筋。

合拢的施工顺序为:拆除端挂篮→移动另一端挂篮至合拢段作为施工吊架→调整高程→绑扎钢筋→分级加载进行顶梁施工→锁定顶撑→张拉临时锁定钢束。

混凝土灌注前观测混凝土内温,掌握温度变化规律,确定合拢时间。合拢段混凝土在低温时 4 小时内灌注完,升温时混凝土处于凝固状态。

### (三) 混凝土施工

为保证墩身和梁段快速施工,除了大型设备的配置和先进的施工工艺外,不同结构部位的混凝土的合理配置,是保障施工快速进行的关键。

### 1. 墩身混凝土施工

混凝土坍落度为 16 ~ 20cm 之间。16 小时强度达 6 ~ 8MPa。选用 HE-2 缓凝高效减水剂和 UZF-2B 早强高效减水剂。

流态混凝土施工必须有一套系统的早期强度控制措施。混凝土的配合比要根据气候、温度和施工过程中发现的问题随时调整。

### 2. 梁段混凝土施工

梁体为 C50 级混凝土,要求采用高等级混凝土的施工标准,混凝土三天强度达到设计强度的 85% 以上,龄期强度按照配合比设计要求达到 120% 以上。

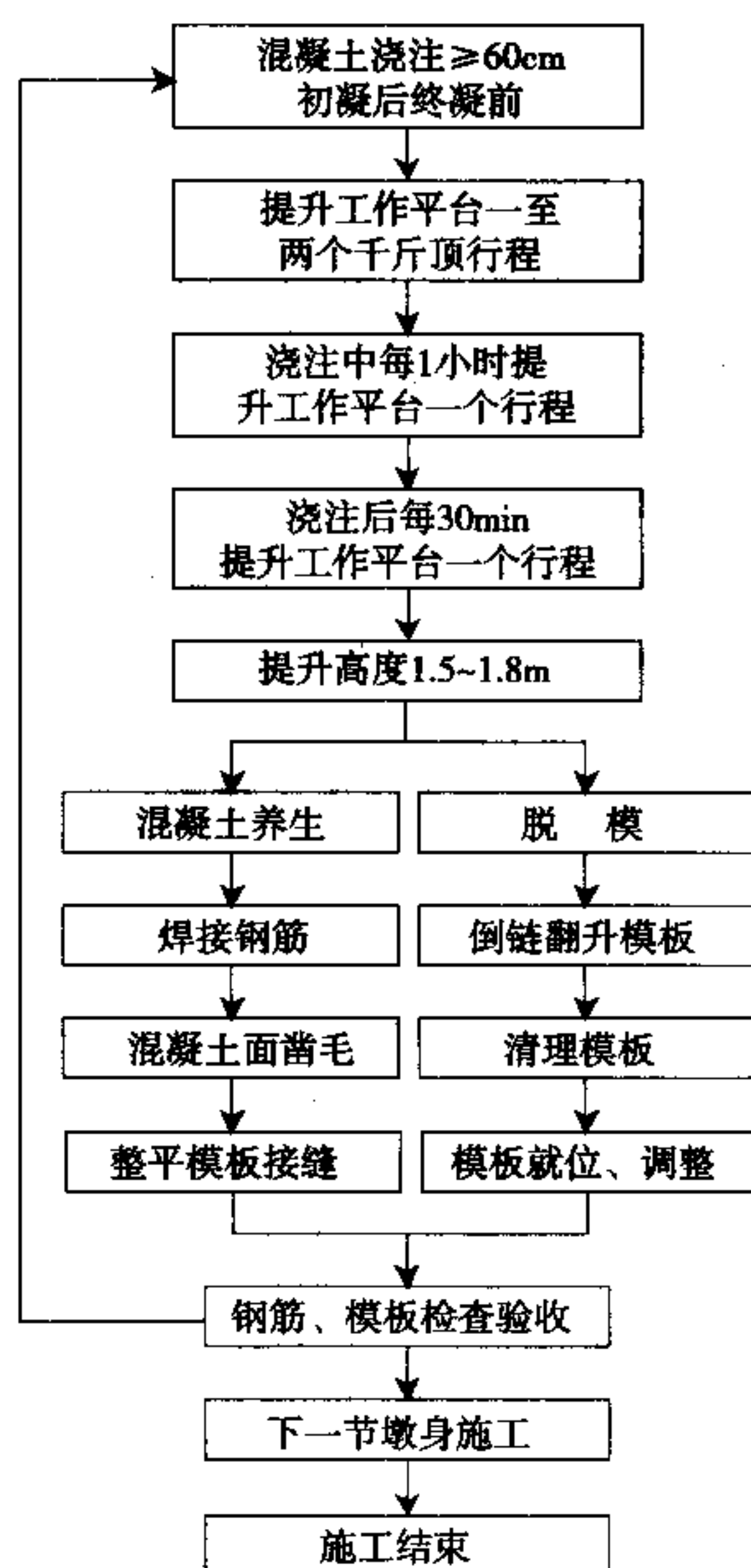


图 1 翻模施工工艺流程

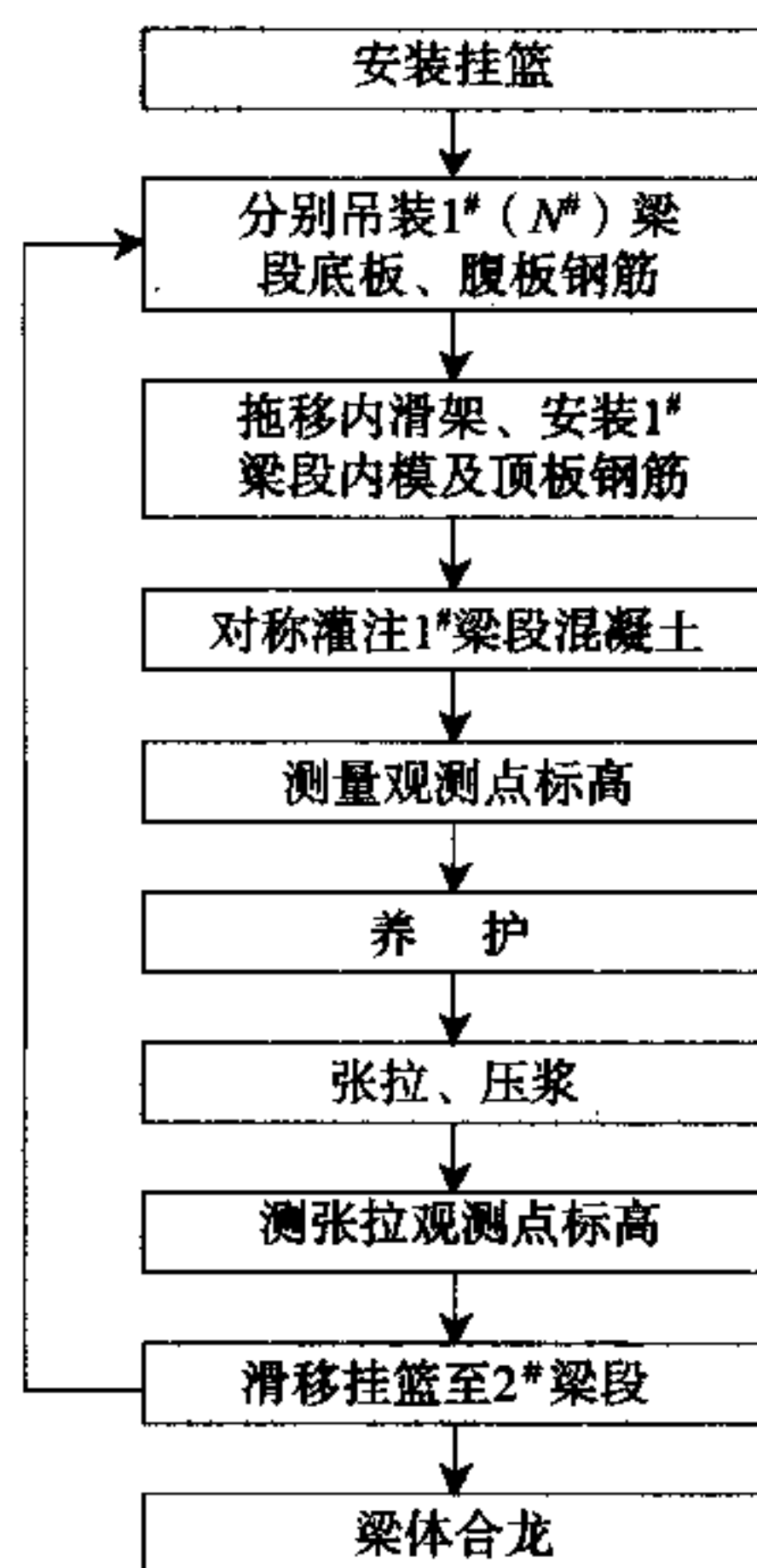


图 2 连续梁施工工艺流程



配制混凝土时使用 52.5 号普通硅酸盐水泥,优质河砂,5~31.5mm 连续级配碎石。FDN-3000 高效减水剂掺量为水泥重量的 0.5%。

根据环境的温度变化情况制定混凝土养生措施,混凝土灌注完,表面用彩条布覆盖,洒水养护,待同等条件养护的混凝土试件抗压强度达到梁部混凝土设计强度的 90%,再洒水养护 5d,保持混凝土表面湿润,注意底面和侧面的养生。

### 3. 混凝土冬期施工

冬期施工时采取下列措施保证混凝土的施工质量和施工的正常进行:

加入配料,协调拌制、运输、浇注各环节,使混凝土入模温度在 9~15℃ 之间。浇注梁段(墩身)搭设暖棚,棚内温度控制在 15℃ 以上。已浇注的梁段(墩身)养护时,做好覆盖保温保湿。进行混凝土内外温度监测,出现不正常情况及时采取措施应对。

### (四)大风季节施工措施

桥位所处位置常年大风,最高风速达到 33m/s,为保证施工安全和施工的连续性,采取如下措施:

1. 安装测风器,缆索吊和塔吊选择合适的时间进行吊装施工,避免强风情况下作业。
2. 在液压平台上设抗风架,增加平台竖向刚度,大风天气也能保证施工。
3. 0#段施工时将模板外模架与膺架焊接固结,上下游模架用型钢进行刚性连接,使其达到抗风的要求。顶部连接型钢用于悬吊内模并兼作施工作业平台,及时安装内模,使内外模形成整体,增强抗风能力。
4. 连续梁施工时,尽量减少挂篮的受风面积,避开大风天气滑行挂篮。根据风力和风向设置反向锚固装置。

### 五、机具设备(见表 1)

表 1 机具设备

序号	名 称	型号规格	单位	数量
1	钻机		台	14
2	混凝土拌合机	HD25/HD50/JS400	台	1/1/2
3	混凝土输送泵	HZB30/JS400	台	3/3
4	混凝土输送车	三菱	辆	6
5	缆索吊	自制	套	1
6	墩身液压翻升设备	自制	套	5
7	挂篮	自制	套	1
8	吊车	QY12/QY20	台	2/3
9	塔吊	中联	台	4
10	卷扬机	50kN/20kN	台	3/3
11	电焊机	BX-315	台	12
12	钢筋切断机	QJ-40	台	4
13	钢筋弯曲机	GJ7-30	5	台
14	钢筋张拉设备	OVM	套	8
15	发电机	210kW	台	4
16	变压器	500kVA/315kVA	台	1/2

### 六、劳动组织(见表 2)

### 七、安全措施

1. 位于同一 T 构上的 2 套挂篮的移位必须同步进行,各个悬灌段的混凝土灌注以及挂篮的拆除必须均衡作业。
2. 施工用动力、照明电线必须由电工架设并经常检查,消除漏电、短路隐患。
3. 每套挂篮必须配备消防器材,以防由各种原因引起的突发险情。
4. 施工人员上挂篮前,必须经过培训。工作时间不得推搡打闹,酒后严禁上桥作业。
5. T 构箱体内安装通风、降温、照明设备,改善施工人员的工作环境。
6. 缆索吊由经过专业培训人员进行操作。大风、雨雪天气严禁起吊。

表2 劳动组织

序号	工种	人数	工作内容
一、墩身翻模施工(单墩)			
1	工 班 长	1	负责工作安排、现场指挥、任务的落实
2	混 凝 土 工	16	混凝土浇注、捣固作业
3	电 焊 工	4	钢筋、预埋件的焊接
4	钢 筋 工	6	钢筋的绑扎、接长
5	电 工	1	电器的检查、维修以及安装
6	模 板 工	16	模板的拆除、吊装、安装作业
7	平台操作工	2	操作液压平台、接长顶杆
8	安 全 员	1	消除安全隐患,负责安全培训
9	测 量 工	1	墩身的垂直度以及线形控制
10	技 术 员	1	技术指导
二、梁段悬灌施工(单个工作面)			
1	工 班 长	1	负责工作安排、现场指挥、任务的落实
2	混 凝 土 工	12	混凝土浇注、捣固作业
3	电 焊 工	4	钢筋、预埋件的焊接
4	钢 筋 工	6	钢筋的绑扎、接长
5	电 工	1	电器的检查、维修以及安装
6	模 板 工	16	模板的拆除、滑移、安装作业
7	挂篮操作工	2	挂篮的滑行以及养护(钢筋混凝土工班兼)
8	张 拉 工 班	28	梁段的预应力张拉及孔道压浆
9	安 全 员	1	消除安全隐患,负责安全培训
10	测 量 工	2	梁体的线形和合龙精度的控制
11	技 术 员	2	技术指导

7. 缆索吊机运输过程中信号的传递要明确及时,走行部分要定期检查。增加应力消除器和起重限位器,避免起重钢丝绳长期使用产生的环向应力引起绞索。防止超载起吊。

8. 平台吊架要悬挂牢固,不得左右晃动。步板铺设牢靠,安全网布设严密。

9. 不得增加卸料平台荷载。严格执行高空作业的有关规定。

#### 八、经济效益和社会效益

1. 大桥的设计工期为30个月,由于采用快速施工措施,实际仅用了17个月就顺利完成了施工任务,仅人工费、水电费、机械台班费就节约资金200万元以上,取得了良好的经济效益。

2. 通过大桥的施工,取得了一整套施工技术成果和施工经验,对同类桥梁具有推广和应用价值。

3. 大桥整体质量优良,桥墩棱角分明,连续箱梁线形圆顺,被团中央授予“青年文明号”工程。

4. 建设周期的缩短,为保证内昆铁路全线铺通赢得了宝贵的时间,创造了国内桥梁史上的奇迹,得到了中央、铁道部、中国铁道建筑总公司领导的高度评价,创造了良好的社会效益。

#### 九、工程实例

内昆铁路李子沟特大桥位于贵州省威宁县观风海镇境内,桥中心里程DK442+256,由2个桥台19个墩组成,桥跨布置为7×32m简支梁+一联(72+3×128+72)m刚构连续组合梁+8×32m简支梁,桥全长1031.86m。全桥混凝土圬工总量达9万m<sup>3</sup>。主跨集深基群桩、高墩、大跨、长联于一体,被誉为亚洲铁路第一桥,也是内昆铁路上的一项重点和难点工程。

主桥为5跨一联连续刚构组合梁桥。最高墩身高107m。群桩基础,共222根,桩径1.5m,最大桩长40m。梁部为单箱、单室、变高度、变截面、三向预应力混凝土箱形结构。

桥区冬季严寒,最低气温达-15.3℃,常年大风,最大风速达33m/s,一年有近150天大雾弥漫,夏季多雷雨,恶劣的气候给施工带来了许多不便。

该桥设计工期为30个月,于2000年9月全桥顺利合龙,实际施工工期为17个月。

执笔:陈 野 刘治德 于长彬 刘春华 王建秋