

目 录

一、编制说明	1
1.1 编制依据	1
1.2 编制标准	1
1.3 编制范围	1
二、工程概况	1
2.1 工程介绍	1
2.2 关键设计技术标准	2
2.3 水文地质	2
三、施工布署	2
3.1 施工进度计划	2
3.2 机械设备配置	3
3.3 人员配置	3
四、施工工艺步骤	3
4.1 衬砌台车设计	3
4.1.1 此台车关键技术参数:	3
4.1.2 台车关键结构及简述:	3
4.1.3、 台车在工程衬砌中所能达成效果:	4
4.1.4 整体式衬砌台车总体结构以下所表示:	6
4.1.5 台车力学计算书	6
4.1.6 侧模和顶模检算:	8
4.1.7 门架验算:	9
4.1.8 下纵梁检算:	11
4.1.9 丝杆千斤顶计算:	12
4.1.10 总结	13
4.2 台车模型加工	13

4.2.1 模板	13
4.2.2 门架	15
4.2.3 顶模架体（顶纵梁）	17
4.2.4 台梁、小立柱.....	18
4.2.5 施焊	18
4.2.6 修整、喷漆.....	18
4.3 衬砌台车拼装.....	18
4.3.1 拼装工艺步骤.....	18
4.3.2 场地平整.....	19
4.3.3 行走轮架总成.....	19
4.3.4 安装底纵梁.....	19
4.3.5 安装门形架.....	19
4.3.6 吊装吊梁.....	19
4.3.7 安装边模.....	19
4.3.8 安装液压及电器系统.....	20
行走电器要先于安装，方便台车前后移动，液压系统按台车设计要求安装。	20
4.3.9 空载试车.....	20
4.4 台车使用注意事项.....	20
4.4.1 立模	20
4.4.2 台车行走.....	21
五、质量确保方法.....	21
5.1 工程质量管理组织机构	21
5.2 质量管理确保体系	22
5.3 质量确保体系	23
5.4 质量确保方法	25
六、安全确保方法.....	25
6.1 安全生产管理组织机构	25

6.2 安全管理机构	26
6.3 安全生产确保方法	27
6.3.1 安全操作规程管理确保方法	27
6.3.2 安全教育培训确保方法	27
6.3.3 现场安全确保方法	27
6.3.4 防火安全确保方法	28
6.3.5 临时用电安全确保方法	28
6.3.6 起重吊装安全确保方法	29
6.3.7 临边作业安全防护确保方法	30
6.3.8 机械伤害事故预防方法	30
七、文明施工、环境保护确保方法	31
7.1 文明施工确保方法	31
7.2 环境保护施工现场确保方法	32
7.2.1 扬尘控制确保方法	32
7.2.2 降低噪声和振动确保方法	32
7.2.3 废（烟）气确保方法	32
7.2.4 固体废弃物确保方法	32
7.2.5 废水控制确保方法	32
7.2.6 其它确保方法	32

红河州新安所至鸡街高速公路建设项目

长凹子隧道衬砌台车施工方案

一、编制说明

1.1 编制依据

- (1) 红河州新安所至鸡街高速公路两节段施工图设计；
- (2) 《高速公路施工标准化技术指南 第五分册 隧道工程》；
- (3) JTG F60-《公路隧道施工技术规范》；
- (4) JTG/T F60-《公路隧道施工技术细则》；
- (5) JTG F80/1-《公路工程质量检验评定标准》；
- (6) GB 50009-《建筑结构荷载规范》；
- (7) GB50017-《钢结构设计规范》；
- (8) GB50204-《混凝土结构工程施工质量验收规范》；
- (9) 类似工程施工工法及施工经验；
- (10) 企业现有资源及当地社会资源。

1.2 编制标准

遵照施工方案技术可行、安全可靠、工期可控、施工方便、经济合理标准。

1.3 编制范围

本方案编制范围为红河州新安所至鸡街高速公路长凹子隧道二衬台车加工、拼装。

二、工程概况

2.1 工程介绍

红河州新安所至鸡街高速公路(K12+360~K16+130段)长凹子隧道为一座连拱式隧道，其起止点桩号为K13+945~K14+390，分界段全长445m，属于短隧道。隧道进口端~K14+112.493在R=1150m、i=3%左转圆曲线上，K14+112.493~K14+242.493在R=1150m、Ls=130m左转缓解曲线上，K14+242.493~隧道出口端在直线上；隧道所在路段纵坡为0.500%、-2.900%；隧道最大埋深约为44m。。长凹子隧道衬砌工程概况如表1所表示：

序号	施工里程			长度	衬砌类型	超前支护
1	K13+945	~	K13+960	15	明洞	
2	K13+960	~	K13+990	30	SL5a	φ 108 管棚
3	K13+990	~	K14+078	88	SL5a	φ 42 小导管
4	K14+078	~	K14+345	267	SL4	φ 42 小导管
5	K14+345	~	K14+375	30	SL5a	φ 108 管棚
7	K14+375	~	K14+390	15	明洞	

2.2 关键设计技术标准

公路等级：高速公路

设计速度：80km/h

路面设计荷载：公路- I 级

内轮廓：

隧道主洞：内轮廓净空宽度 11m, 行车道净空高度 5m，检修道净宽 0.75m，检修道净高 2.5m。

2.3 水文地质

隧道区未见有断层经过；不良地质作用关键有岩溶；该隧道岩性以碳酸盐岩为主，岩溶较为发育，地表多见岩溶洼地、溶沟及溶槽发育，已完成钻探中各孔有揭露小型溶洞，溶隙较发育；除另外未见有泥石流、滑坡、坍塌等其它不良地质作用发育，场地较稳定。

线路区域属低纬度亚热带气候区，受喜山运动和新结构运动影响，地壳强隆和下降幅度较大，沟谷切割深，地势高差悬殊，气候垂直改变大，干雨季分明，总体气候温和、雨量充沛。山区降雨量大，蒸发量小，气温低，据蒙自、个旧气象站多年观察，平均气温 19.2℃，最高气温 38.2℃，最低气温-2.5℃，平均降雨量 795mm，平均蒸发量 1334.1mm，属相对干旱少雨地域。

三、施工布署

台车模型由我企业委托福建省瑞亿机械制造进行二衬模型专业设计及加工、运输至现场，采取人工配合 25t 吊车在洞口进行拼装，拼装好后移动至洞内。

3.1 施工进度计划

现在衬砌模型已加工完成，运输至施工现场，长凹子隧道左幅衬砌台车计划拼装时间

4月1日，完成时间4月20日；右幅衬砌台车计划拼装时间6月1日，完成时间6月20日。

3.2 机械设备配置

表 2 机械设备配置表

序号	设备名称	规格型号	数量	备注
1	柴油发电机组	300KW	1	
2	钢筋调直机	GTJ4/14	2	
3	钢筋弯曲机	GW40	2	
4	钢筋切断机	GQ-40	2	
5	交流弧焊机	BX1-500	4	
6	吊车	25T	2	
7	型钢弯曲机	WJ40-10	2	

3.3 人员配置

每个衬砌台车配置专业安装工人 15 人，技术员 1 人，质检员 1 人，带班员 1 人。

四、施工工艺步骤

4.1 衬砌台车设计

4.1.1 此台车关键技术参数：

- (1) 台车类型：液压自行式
- (2) 台车运行速度：6m/min
- (3) 台车驱动电机功率：2x5.5kw
- (4) 液压电机功率：1x5.5kw, 工作压力 16MPa
- (5) 顶升油缸工作行程：180mm（实际达 300mm）
- (6) 侧向油缸工作行程：200mm(实际达 350mm)
- (7) 平移油缸工作行程：±100mm(实际达±150mm)
- (8) 台车长度：12.0m
- (9) 行走方法：轨道自行式

4.1.2 台车关键结构及简述：

本台车由行走机构、台车门架、钢模板、钢模板垂直升降和侧向升缩机构、液压系统、电气控制系统等 6 部分组成（具体见结构图）

（1）行走机构

行走机构由主动行走、被动行走两部分组成，共四套装置，分别安装于台车架两端门架立柱下端，整机行走由两套主动行走机构完成，行走传动机构自带制动器，以确保整机在坡道上仍能安全行车。台车采取宽大行走轮，配 7518E 轴承、28A 链条、BWD14-43 减速机以确保台车使用安全，避免了跳轨、变形、断链打滑等对衬砌施工影响。

（2）台车门架

台车门架设计共 5 楹，由门架横梁、上下纵梁、门架立柱、连接梁、剪刀架等部分组成。门架关键结构件由钢板焊接，横梁和立柱为板焊工字钢截面，纵梁采取箱形截面焊接而成，横梁和立柱之间设有板焊工字形牛腿斜支撑。门架各个部件经过螺栓连为一体，门架支撑于行走轮架上，中门架下端装有基础千斤，衬砌施工时，混凝土载荷经过模板传输到 5 个门架上，并分别经过行走轮和基础千斤顶传输到轨道地面。在行走状态下，螺杆应收回，门架上部前后端装有操作平台，放置液压及电器装置。

（3）模板

模板宽度为 2m, 为确保模板有足够强度, 面板采取 10mm, 同时采取 L90x56x6 角钢加强, 并在每件模板里增加加强立板来确保强度。板法兰采取 12mm 法兰板。在制作过程中为确保模板外表质量和外形尺寸精度高, 采取合理加工、焊接工艺, 设计并加工专用焊接胎膜, 有效确保整体外形尺寸正确度, 焊接变形小, 外表光滑, 无凹凸等缺点。模板之间采取通梁固定为一体, 有效控制了相邻模板错台问题, 能确保混凝土衬砌质量。

（4）液压系统

液压系统由电动机、液压泵、手动换向阀、垂直及侧向液压缸、机械锁、油箱及管路组成, 其功用是快捷、方便完成收（支）模

即顶模升降、模板平移和收支侧模。

（5）电气系统

电气系统关键对行走电机起、停及正、反向运行进行控制, 并为液压系统提供动力, 行走电机设有正反转控制及过载保护。

4.1.3、 台车在工程衬砌中所能达成效果：

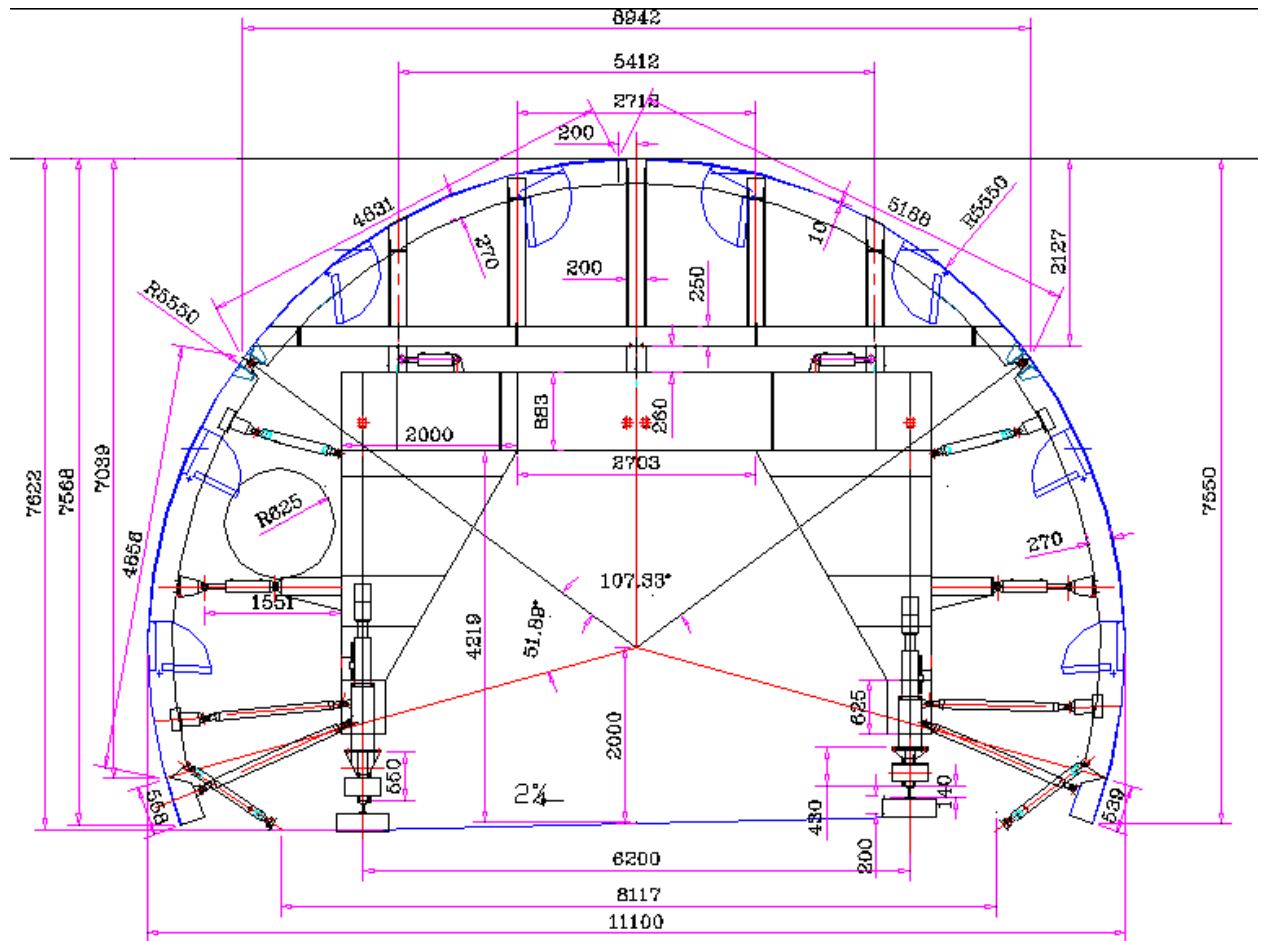
(1) 当隧道开挖偏离中心时,可经过模板平移调整机构达成调中,满足了设计和施工要求。

(2) 台车有足够强度和刚度，在液压缸和支撑丝杆联合作用下，能抵御混凝土强大垂直和侧向压力，台车不发生变形，因为各支点设计合理，有效利用了台车本身重量和混凝土压力，确保了台车浇注混凝土时克服混凝土上浮作用。

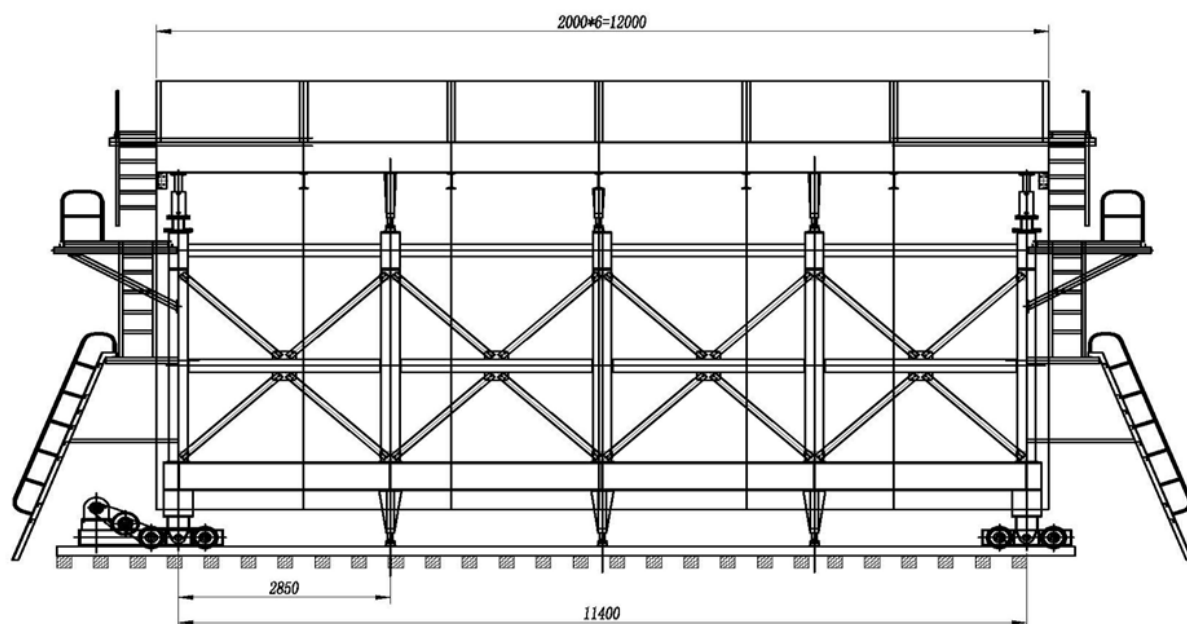
(3) 工作窗口布局合理, 使台车便于涂抹脱模剂方便两侧浇注混凝土和振捣作业, 顶部设有注浆口, 注入混凝土方便, 减轻施工人员强度。

(4) 每片钢模接缝严实, 混凝土密实, 无蜂窝、斑点错台现象发生, 表面光滑、平整、美观。

台车结构具体见图一、图二。



图一：全断面衬砌台车结构图



图二：12m 衬砌台车侧视图

4.1.4 整体式衬砌台车总体结构以下所表示：

顶模总成：2 组；

顶部架体：1 组；

升降油缸：4 件；

平移装置：2 组；

门架体：1 组；

边模总成：2 组；

边模丝杠：70 件；

边模通梁：10 件；

底部丝杠体：26 件。

台车标准长度为 12m，设置 24 个工作窗口。

4.1.5 台车力学计算书

台车长度为 12m，模板面板厚度为 10mm，模板宽度为 2 米/片，门架立柱、下纵梁和横梁面板及腹板厚 12mm。计算书针对台车关键受力构件刚度和强度进行检算，以验证台车力学性能能否满足使用要求。关键依据《<路桥施工和计算手册>》和《<结构力学>》，借助结构力学求解器来对本台车进行结构检算。

(1) 计算参数

砼重力密度为：24kN/m³；砼浇注速度：2m/h；砼入模时温度取 25℃；掺外加剂。

钢材取 Q235 钢，重力密度 78.5kN/m³；弹性模量为 206GPa，许可拉压应力为 140MPa，许可弯曲应力取 181MPa (1.25 提升系数)。有部分零件为 45 钢，许可拉压应力为 210MPa。

(2) 计算载荷

1) 振动器产生荷载：4.0kN/m²；倾倒混凝土产生冲击荷载：4.0kN/m²；二者不一样时计算。

2) 对侧模产生压力

砼对侧模产生压力关键为侧压力，侧压力计算公式为

$$P=k \gamma h$$

当 $v/T < 0.035$ 时， $h=0.22+24.9v/T$ ；

当 $v/T > 0.035$ 时， $h=1.53+3.8v/T$ ；

式中：P-新浇混凝土对模板产生最大侧压力 (kPa)；

h-有效压头高度 (m)；

v-混凝土浇注速度 (m/h)；

T-混凝土入模时温度 (℃)；

γ -混凝土容重 (kN/m³)；

K-外加剂影响修正系数，不掺外加剂时取 $K=1.0$ ，掺外加剂时 $K=1.2$ ；

依据已知条件：

因为 $v/T=2/25=0.08 > 0.035$ ，

所以 $h=1.53+3.8v/T=1.53+3.8*0.08=1.834m$

最大侧压力为： $P=1.2*24*1.834=52.8 \text{ kN/m}^2$ ；

检算强度时荷载设计值为： $p_a=1.2*52.8+1.4*4.0=69 \text{ kN/m}^2$ 。

(3) 砼对顶模产生压力

砼对顶模产生压力由砼重力和浇注侧压力组成：

重力 $P_1=\gamma \delta=24 \text{ kN/m}^3*0.6m$ (最大值 0.55m, 按 0.6m 计算)=14.4 kN/m²，其中 δ 为浇注砼厚度。

因为圆弧坡度变小，取浇注速度为 1m/h.

因为 $v/T=1/25=0.04>0.035$

所以 $h=1.53+3.8v/T=1.53+3.8*0.04=1.68\text{m}$

侧压力为: $P_2=k\gamma\delta=1.2*24*1.68=48.4\text{kN/m}^2$

$P_3=k\gamma\delta=1.2*48.4+1.4*4.0=63.7\text{kN/m}^2$

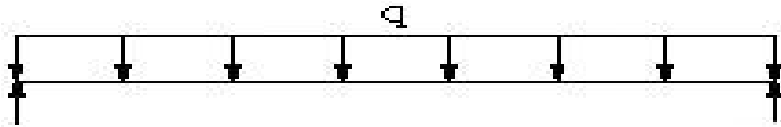
所以顶模受到压力为 $P_b=P_1+P_2=14.4+63.7=78.1\text{ kN/m}^2$

可知 $P_b>P_a$.

(4) 台车结构自重，影响不大，不计入检算载荷。

4.1.6 侧模和顶模检算:

经过对侧模和顶模面板和弧板强度和刚度检算，来验证台车模板强度和刚度是否满足受力要求。侧模面板和顶模面板支撑结构相同，因为顶模面板受混凝土重力作用所受压力略大，所以只需检算面板强度和刚度是否满足要求。面板由间距 250mm 角钢支撑，所以能够简化为 0.25m 简支梁，来对面板进行分析。



(1) 面板验算

1) 面板强度计算

面板厚度为 10mm，面板受到最大压力为

$$P=P_b=78.1\text{ kN/m}^2$$

面板抗弯模量（一节模板宽 2m）

$$w=bh^2/6=(1/6)*2*0.01^2=3.3*10^{-5}\text{m}^3$$

面板所受最大弯矩力为

$$I=ql^2/8=(1/8)*(78.1*2)*0.25^2=1.22\text{KN}\cdot\text{m}$$

面板受到弯曲应力为

$$\delta=M_{\max}/w=1220/(3.3*10^{-5})=36.6\text{Mpa}<181\text{Mpa}$$

所以面板强度满足使用要求。

2) 面板刚度计算

面板惯性矩

$$I = bh^3/12 = 2 \times 0.01^3 / 12 = 2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$f_{\max} = (q_1^4) / (384EI_x) = (78.1 \times 10^3 \times 2^4) / (384 \times 2.06 \times 10^{11} \times 2.5 \times 10^{-7}) \\ = 0.063 < (L/400) = 0.625 \text{ mm}$$

所以面板刚度满足要求。

(2) 加强角钢检算

角钢两端固支，受均力 $q_2 = p \times 0.25 = 19.5 \text{ kN/m}$;

最大弯矩在跨中， $M = (1/24) \times q_1 l^2 = 19.5 \times 2^2 / 24 = 3.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$

加强角钢采取 L90*56*6，抗弯模量查表得 $w = 11.74 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

角钢所受最大弯曲应力

$$\delta = M_{\max} / w = 3250 / (11.74 \times 10^{-6}) = 153 \text{ MPa} < 181 \text{ MPa}$$

角钢惯性矩查表得 $I = 71.03 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

最大挠度

$$f_{\max} = (q_1^4) / (384EI_x) = (19.5 \times 10^3 \times 2^4) / (384 \times 2.06 \times 10^{11} \times 71.03 \times 10^{-8}) \\ = 2.1 \text{ mm} < (L/400) = 3.75 \text{ mm}$$

所以角钢挠度满足要求。

(3) 弧板检算

弧板宽 260mm，材料为 $\delta 12$ 钢板，模板连接梁最大间距为 1874mm.

弧板受力模型可设为受均布力简支梁，跨距 $l = 1.9 \text{ m}$,

均布力 $q_3 = p_a \times 2 / 2 = 69 \text{ kN/m}$

抗弯模量 $w = bh^2 / 6 = 0.012 \times 0.26 / 6 = 5.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

$M = q_1 l^2 / 8 = 69 \times 1.9^2 / 8 = 31.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\delta = M_{\max} / w = 31100 / (5.2 \times 10^{-4}) = 59.8 \text{ MPa} < 181 \text{ MPa}$$

所以弧板强度满足要求。

$$I = bh^3 / 12 = 0.012 \times 0.26^3 / 12 = 1.8 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$f_{\max} = (5q_1 l^4) / (384EI_x) = 2.1 \text{ mm} < (L/400) = 3.75 \text{ mm}$$

所以弧板刚度满足要求。

4.1.7 门架验算：

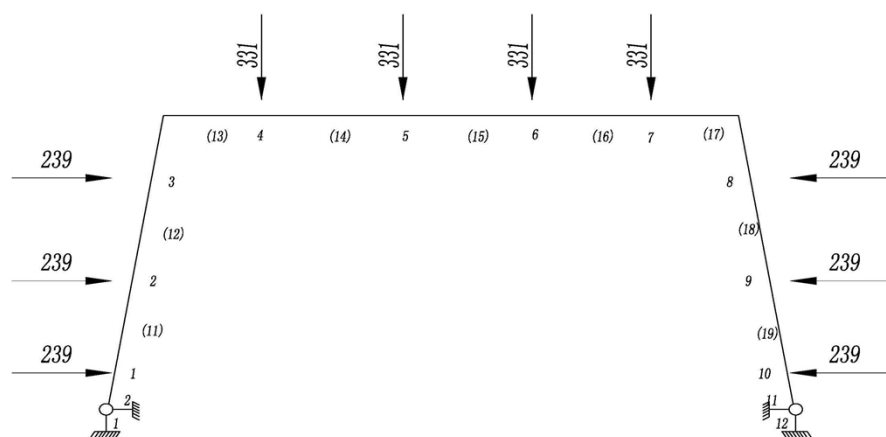
除了模板要满足受力要求，要确保台车强度和刚度要求，门架也需要满足受力要求。所以有必需对门架进行受力分析。门架横梁和立柱之间用螺栓紧固，不仅传输集中力而且传输弯矩，所以作为一个整体分析。

门架所表示竖向力是由竖向千斤顶和油缸传输下来，门架宽 7m，竖向力也关键是由 7m 范围内模板传输下来。12m 台车总共传输竖向力 $F_{\text{总}}=78.1 \times 12 \times 7=6560\text{kN}$ ，

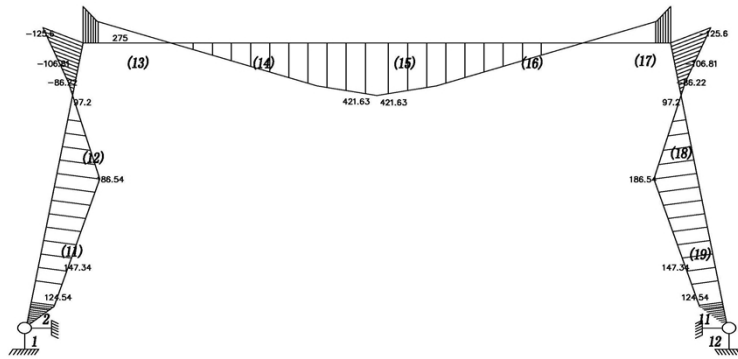
共 5 榀门架，每榀门架上有 4 个受力点，则每个受力点传输力为 $F=6560/20=328\text{kN}$ 。

侧向力由侧模传至千斤顶，侧模高度 5.777m，则 $F=69 \times 12 \times 5.777=4783\text{kN}$ ，共有千斤 20 件，则每个千斤所受力为 $F=4783/20=239\text{kN}$ ，

由以上分析，依据台车尺寸，得出检验模型以下：



求解得到弯矩图



(1) 强度计算 由弯矩图可知门架最大弯矩发生在横梁中间，最大弯矩为 421.65kN. m. 对比门架横梁和立柱截面可知，该出为最危险点。门架横梁高 H=0.6m, 宽 B=0.25m, 起截面特征：

$$W=[bH^3-(b-\delta)h^3]/6H$$

$$=[0.25*0.6^3-(0.25-0.012)(0.6-0.028)^3]/(6*0.6)$$

$$=2.73*10^{-3}m^3$$

$$I=[bH^3-(a-\delta)h^3]/12$$

$$=[0.25*0.6^3-(0.25-0.012)(0.6-0.028)^3]/12$$

$$=8.2*10^{-4}m^3$$

$$\text{强度: } \sigma = M/w=421.65/2.73=154 \text{ Mpa}<181\text{Mpa}$$

门架横梁强度满足要求，所以门架强度满足要求。

(2) 刚度检算

由弯矩图可知最大挠度发生在横梁中心处，该处 2.5m 范围内无支撑。则以 2.5m 简支梁受集中力 393.63kN 计算。

$$f=(FL^3)/(48EI)$$

$$=(421.65*10^3*2.5^3)/(48*2.06*10^{11}*8.2*10^{-4})$$

$$=8.12*10^{-4}m<[L/400]=6.25*10^{-3}m$$

所以门架横梁刚度满足要求。

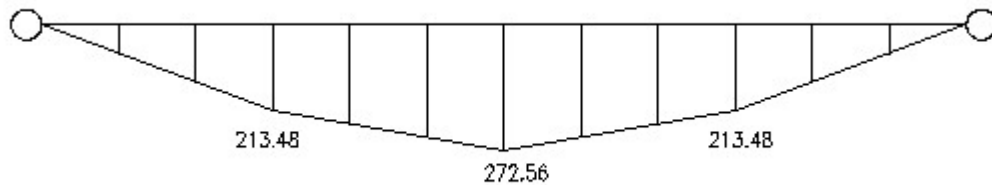
4.1.8 下纵梁检算：

观察台车侧视图可知，下纵梁受门架传输向下力，同时受到行走和基础千斤顶支撑。门架传输竖向压力为 $F=6560/10=656\text{kN}$ 基础千斤顶采取 $\Phi 108*8$ 无缝钢管，钢管截面为 $2.513*10^{-3}\text{m}^3$ ，能够提供支撑力为 $2.513*210=528\text{kN}$ 。

所以下纵梁受力模型可简化为下图所表示：



分析得到弯矩图



下纵梁高 0.45m, 宽 0.45m, 截面特征：

$$\begin{aligned}
 w &= [bH^3 - (b - \delta)h^3] / 6H \\
 &= [0.45 * 0.45^3 - (0.45 - 0.024)(0.45 - 0.024)^3] / (6 * 0.45) \\
 &= 2.96 * 10^{-3} \text{m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= [bH^3 - (a - \delta)h^3] / 12 \\
 &= [0.45 * 0.45^3 - (0.45 - 0.024)(0.45 - 0.024)^3] / 12 \\
 &= 6.66 * 10^{-4} \text{m}^3
 \end{aligned}$$

下纵梁弯曲应力：

$$\delta = M/w = 272.56 / 2.96 = 92 \text{Mpa} < 181 \text{Mpa}$$

下纵梁强度满足要求。

最大挠度发生在下纵梁中心处，以两个基础千斤之间间距为 2.475m, 受集中力 656kN 计算

$$\begin{aligned} f &= (FL^3) / (48EI) \\ &= (547 \times 10^3 \times 2.475^3) / (48 \times 2.06 \times 10^{11} \times 6.66 \times 10^{-4}) \\ &= 2.3 \times 10^{-3} \text{m} < [L/400] = 7.125 \times 10^{-3} \text{m} \end{aligned}$$

所以下纵梁刚度满足要求。

4.1.9 丝杆千斤顶计算：

丝杆千斤顶轻易发生破坏为压杆失稳，即无缝钢管受力弯曲导致丝杆千斤顶破坏，关键分析无缝钢管压杆稳定性，来验证丝杆千斤顶受力是否满足使用要求。台车千斤顶有三种：基础千斤顶、侧向千斤顶、竖向基础千斤顶和竖向千斤顶较短，不易发生压杆失稳，所以关键分析侧向千斤顶压杆稳定性。

侧向丝杆稳定性

在门架检算时，已得到侧向丝杆所受轴力为 239kN。采取是 $\Phi 89 \times 6$ 无缝钢管，单独受力侧向千斤顶最长工作长度为 1.5m。

$$N/A_m = 239/1.734 = 138 \text{MPa}$$

由长细比 $\lambda = I_0/r$

$$\begin{aligned} r &= (I/A)^{0.5} = [0.0491(0.089^4 - 0.077^4) / (\pi(0.0445^2 - 0.0385^2))]^{0.5} \\ &= 0.029 \text{m} \end{aligned}$$

$$\lambda = I_0/r = 1.5/0.029 = 52, \text{查表得: } \Phi_1 = 0.828$$

$$\Phi_1 [\delta] = 0.828 \times 210 \text{MPa} = 174 \text{MPa}, \text{可得 } N/A_m < \Phi_1 [\delta]$$

所以侧向千斤顶压杆稳定性满足要求。

4.1.10 总结

相关混凝土载荷计算方法有多个，此次计算采取是载荷偏大计算方法。力学分析过程中全部简化计算全部是根据偏向于安全计算模型计算。分析了台车关键受力部件和轻易破坏部位，经过以上分析，各个部件均能够满足受力要求，所以本台车能够满足正常施工受力要求。

4.2 台车模型加工

4.2.1 模板

(1) 弧形板

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/487110040031006066>