



箱涵顶进分配力设备的研制

通号(郑州)电气化局有限公司

新起点 QC 小组



图 1 设计效果图

二〇一九年四月

目 录

前言	3
1 选择课题	6
1.1 背景分析	6
1.2 需求分析	7
1.3 查新工作	10
1.4 提出新思路设想	13
1.5 确定课题	13
2 设定目标及目标可行性分析	15
2.1 总体目标	15
2.2 量化目标	15
2.3 目标可行性分析	15
2.4 解决问题的能力	20
3 提出方案并确定最佳方案	21
3.1 提出方案	21
3.2 选择方案	22
3.3 确定总体方案	26
3.4 方案分解	26
3.5 确定最佳方案	33
4 制定对策	33
5 对策实施	34
5.1 对策实施一：分配梁主体参数计算、加工制造	34
5.2 对策实施二：拼接件参数计算、加工制造	36
5.3 对策实施三：稳定结构参数计算、加工制造	38
5.4 对策实施四：统一规格设计组装	40
5.5 对策实施五：组装实验及调试	42
6 效果检查	45
6.1 目标完成值情况	45
6.2 效益分析	47
7 标准化	49
7.1 纳入标准	49
7.2 贯彻实施	50
7.3 申请专利	50
7.4 推广应用	52
8 总结和下一步打算	53
8.1 新型分配力设备的创新点	53
8.2 综合素质评价	53
8.3 下一步打算	54

前言

1. 工地概况

上街区是郑州都市区重要的西部组团，位于郑洛产业走廊的黄金分割点，是郑州都市区建设大局中规划“一城三区”中重要组成部分。本项目为上街区汝南路拓宽工程，穿越陇海铁路下行线、陇海铁路上行线。新建框架桥采用 9+16+9m 三孔联体结构，框架中心线与陇海铁路交角为 90°。本工程所在项目部获得了郑州局集团有限公司 2018 年度优秀项目部。

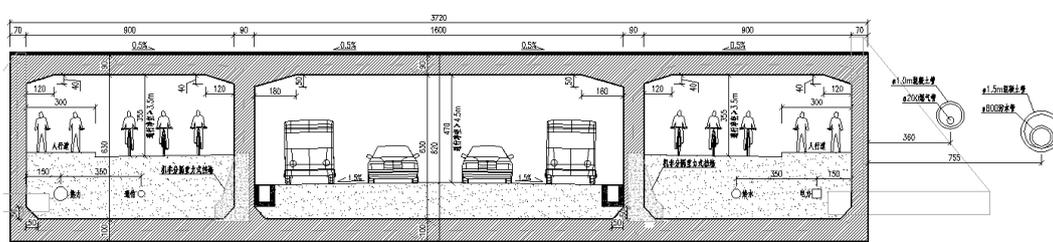


图 2 道路纵断面布置图

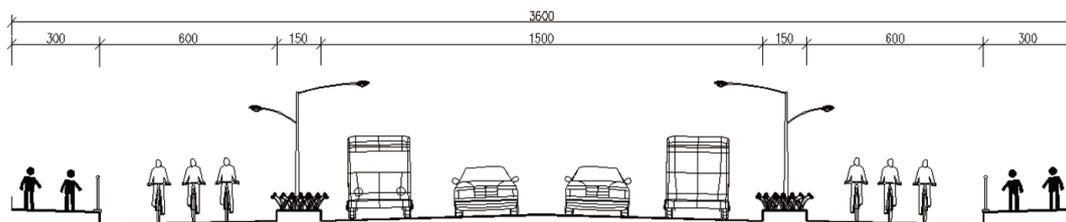


图 3 道路横断面布置图

2. 名词解释

液压千斤顶：由人力或电力驱动液压泵，通过液压系统传动，用缸体或活塞作为顶举件。液压千斤顶可分为整体式和分离式。液压千斤顶结构紧凑，能平稳顶升重物，起重量最大达 1000 吨，行程 1.2 米，传动效率较高。

传力柱：箱涵顶进传力设备配套于分配梁使用。布置在箱涵与后背之间，随着箱涵顶进位置前移不断增加传立柱。传立柱的主要作用是将顶镐的顶力传导至后背，通过反作用力推动箱涵前进，最终完成箱涵顶进工作。

分配梁：箱涵顶进分配力设备配套于传力柱、千斤顶使用。布置在传力柱后，用于分散传力柱对箱涵的集中力，合理分配千斤顶顶推力，推动箱涵施工，减小应力集中现象。

3. 小组简介

表 1 小组简介表

小组简介													
课题名称	箱涵顶进分配力设备的研制												
小组名称	新起点 QC 小组	小组成立时	2015 年 7 月 1 日										
小组注册编号	CRSC-ZZDQHJ-QC-WZ01-2015	课题类型	创新型										
课题注册编号	CRSC-ZZDQHJ-QC-TD01-2018	注册时间	2018 年 3 月										
活动时间	2018 年 3 月 13 日- 2019 年 3 月 15 日	活动频次	平均 4 次/月 共 50 次										
小组成员													
序号	姓名	职称	文化程度	组内职务	组内分工								
1	张 新	高级工程师	本科	组长	组织指导 整体规划								
2	陈伯廉	高级工程师	本科	副组长	活动协调 技术负责								
3	宗 辉	工程师	本科	组员	活动协调 流程规划								
4	刘昊夫	经济师	本科	组员	现场施工 材料管理								
5	刘子明	经济师	本科	组员	流程规划 数据分析								
6	刘 凯	工程师	本科	组员	资料整理 技术负责								
7	周 航	工程师	本科	组员	资料整理 数据分析								
8	王新国	工程师	本科	组员	现场施工 资料整理								
9	王洪刚	工程师	本科	组员	现场施工 安全负责								
10	张昊旻	助理工程师	本科	组员	资料整理 施工协调								
组员分工结构		<table border="1"> <caption>组员分工结构数据</caption> <thead> <tr> <th>分工类别</th> <th>占比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>设备</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>技术</td> <td>29%</td> </tr> <tr> <td>安全</td> <td>14%</td> </tr> </tbody> </table>				分工类别	占比	设备	29%	技术	29%	安全	14%
分工类别	占比												
设备	29%												
技术	29%												
安全	14%												

图 4 组员分工结构饼状图	
小组荣誉	2019 年获 中国通号 股份公司工程建设质量管理小组特等奖 2018 年获 中质协 优秀质量管理小组、 中施协 工程建设质量管理小组一等奖、 河南省 质量管理小组一等奖、 中国通号 股份公司工程建设质量管理小组特等奖 2017 年获 中施协 工程建设优秀质量管理小组、 河南省 质量管理小组一等奖 2017 年、2018 年获中国铁路郑州局集团有限公司优秀项目部 2017 年、2018 年获通号（郑州）电气化局先进集体
制表人：陈伯廉 制表日期：2018.3.15	

1 选择课题

1.1 背景分析

随着国民经济的发展，我国基础设施建设力度越来越大，上跨和下穿铁路既有线的施工也越来越多，为了尽量减小施工对铁路运输的影响，下穿铁路既有线施工一般采用在限界外预制，然后架空线路顶进到位的方式来完成。而在箱涵架空顶进施工过程中，随着箱涵的不断前进，就要使用分配力设备以对应顶镐的顶进作业，使箱涵不断前进，直至到达设计位置。而在分配梁顶推箱涵时，随着力和距离的推进，就需要分配力设备作为新的顶点来重新分配推力，也就是“分配梁”。

1.1.1 提出需求一

之前使用的顶推施工没有规范模式，而分配力更多是采用报废钢轨焊接而成，一般形式为四根钢轨+两块钢板+若干根抱箍焊接而成。此种形式由于材质、焊接工艺、加工精度等等原因，造成在施工的过程中，分配梁经常出现变形、脱焊、损坏、受力不均匀等情况，甚至于整体崩溃，俗称：崩镐。

表 2 2006-2017 年顶进施工工序损坏程度统计表

损坏方式	工程总数 例	工程中分配梁损坏数量 例	每个工程使用分配梁平均数量 个	每个工程损坏分配梁平均数量 个	损坏程度 %
变形	183	183	35	35	100%
损坏		147		28	80%
脱焊		57		11	30%
整体崩镐		52		—	28%
危害	对人员和设备安全造成威胁，同时严重影响工期，影响铁路正常运行。				
制表人：张新 制表日期：2018. 3. 15					

所以，在每次架空顶进施工前都要投入大量的人力、物力，对分配梁进行校正、补焊、整修等工作，既费时、费力、又增加了成本。我们需要减少时间和成

本的开销。

1.1.2 提出需求二

分配力设备顶推箱涵施工工序：

整平场地——安装分配力设备——吊运分配力设备——安装分配力设备——吊运分配力设备——吊运千斤顶——起顶

工序复杂，需要消耗大量人工及时间，才能顶进一镐，在铁路运营线施工，需要向铁路局请求要点，才能开工，为不影响铁路运行，每次申请施工要点平均2个小时。而繁琐的更换程序，严重影响施工质量，拖延施工时间。

1.1.3 提出需求三

箱涵架空顶进施工中，遇到变形、损坏、脱焊、整体崩镐时，就需要花时间对分配系统进行整修乃至更换。

表3 顶进施工工序损坏维修时间统计表

损坏方式	每个工程使用分配梁平均数量 个	每个工程损坏分配梁平均数量 个	单个分配梁平均维修时间 min	一组传力分配力系统吊运摆放时间 min	一组传力分配力系统耗时统计 min
变形	35	35	20	40	740
损坏		28	70		
脱焊		11	70		
整体崩镐		——	——		
危害	要点施工时延误时间，要点之后的整修更是费时费力。				
制表人：刘凯 制表日期：2018.3.15					

要点施工中每分每秒都是关键，一次施工请求要点时间平均2h，而更换分配力设备，人机配合就需要40min，施工要点之后的整修时间3430min，有的设备损坏变形到报废，更是增加工程成本。

1.2 需求分析

1.2.1 箱涵顶进作业流程分析

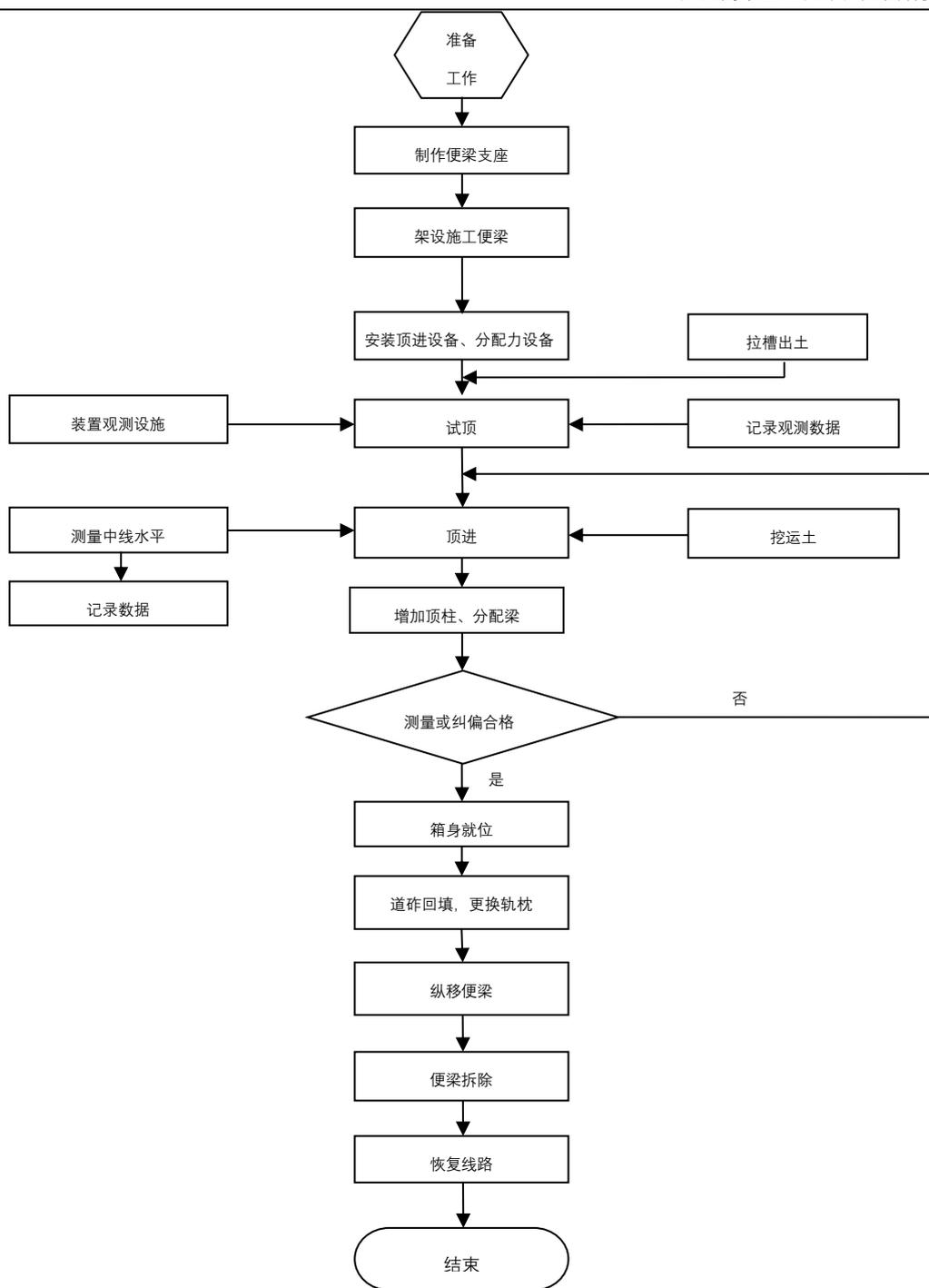


图 5 箱涵顶进作业流程图

制图人：陈伯廉 制图日期：2018. 3. 16

小组成员根据《铁路架空箱涵顶进作业指导书》的要求，分析箱涵顶进作业流程如图 5 所示。

1.2.2 分配力设备使用工况分析

表 4 分配力设备使用工况分析统计表

分配力设备使用工况分析统计

分配力设备统计数据		单次顶推施工统计数据	
更换周期	一顶一换	施工校正时间	每次吊运摆放 40min
使用寿命	每个工期报损率 80%	施工校正成本 (主要为人工费)	500 元
平均单体维修时间	70min	施工最大承载压力	500t
平均单体维修成本	130 元	施工消耗人工	每组顶推平均 10 人
制表人：宗辉 制表日期：2018.3.16			

根据统计表我们发现分配力设备的维修成本极高，消耗了大量的人工工时，而且每个工程下来，报损率高达 80%以上。

1.2.3 分配力设备结构分析

表 5 分配力设备结构分析统计表

分配力设备结构分析统计		
图示	设备参数	
 <p>图 6 箱涵顶推施工图</p>	标准	GB2585-2007 铁路用热轧钢轨
	材质	Q235B, 55Q 50Mn, U71Mn
	断后伸长率 A/%	≥9
	U75v	含碳量 0.71%—0.8%
		铝热焊接, 无缝钢轨
	抗压强度	≤8 N/mm ²
	千斤顶压力	500t
10 N/mm ²		
制表人：王洪刚 制表日期：2018.3.18		

根据分配力设备结构分析统计表，分配力设备的材质薄弱，抗压能力低，现用的箱涵顶进千斤顶的规格为 500t 压力，每个分配梁承载 6 个千斤顶，以 3 m² 的分配梁面积，压强应为 10 N/mm²，而现有分配梁的抗压强度为 8 N/mm²，高压受力下极易造成，结构变形、损坏、相互间崩镐现象。

小组通过市场调研，分析发现，行业内解决此类施工困难的方法，仅仅是加固现有分配梁，依然使用以往设备分配力的技术，未能从根本上解决分配梁变形崩镐的现象。

1.2.4 确定需求

表 6 顶推施工工序需求统计表

问题	造成的施工影响	需求量化
变形、损坏、崩镐	变形崩镐现象在每次施工、每个设备中频频遇到。变形、损坏、崩镐率为 100%	变形、崩镐率降低至 20%
延长工期	崩镐后需重新用吊机摆放分配力设备、分配力设备、顶推力设备，延误进度工期。每个项目此工序平均误工时间 35 天	每个项目顶推施工工序平均误工时间 0 天
消耗人工	工作量重复出现，目标难以完成。平均每个项目有 12 人出现返工，每人返工 2 次	平均每个项目有 2 人出现返工，每人返工 1 次
污染环境	需覆土压实才能施工，产生扬尘，污染环境。每个工地装有扬尘监测系统，每工地每天 AQI 超过 280；PM10 浓度超过 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	无需覆土碾压，将以往的重度污染降低至轻度污染。AQI \leq 150
增加成本	返工率不断消耗人、材、机增加支出；延误工期，无形中增加成本。平均每个工地：分配梁损坏维修成本 5000 元；工人返工成本 8000 元；机械返工成本 6500 元；延误工期 5000 元；合计 24500 元。	平均每个工地：分配梁损坏维修成本降至 1000 元；工人返工成本降至 2000 元，机械返工成本 1500 元；延误工期 0 元

制表人：刘子明 制表日期：2018.3.20

根据以往下穿箱涵施工工地统计分析，单从顶推施工工序中就造成延长工期、消耗人工、污染环境、增加成本的众多问题，以至于每个工地在顶推施工中需浪费 24500 元造价。

因此，本次箱涵顶进施工项目的需求是降低变形崩镐率，优化工期，降低成本，环境保护。为满足此课题需求，实现工作效率，保证质量和作业时间，研制一套可行性强、安全性高的分配力设备解决方案，势在必行。

1.3 查新工作

1.3.1 查新

表 7 查新工作统计表

查新工作统计表



图 7 专利检索



图 8 专利检索



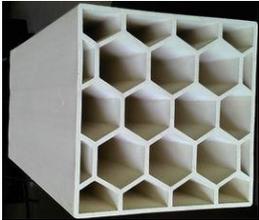
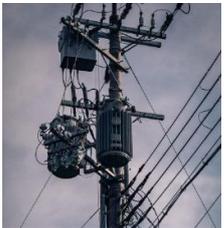
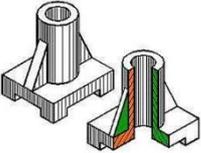
图 9 专利检索

查新结果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 国家知识产权局网站专利检索及分析关于“箱涵顶进施工分配梁”的关键词搜索，无相关内容。 2. 万方数据网关于“箱涵顶进施工分配梁”为关键词的专利搜索、无相关内容。 3. SIPO 中国及多国专利审查系统检索关于“箱涵顶进施工分配梁”为关键词的相关专利，无相关内容、无可参考文献。
结论	关于“箱涵顶进施工分配梁”的相关发明，无可以借鉴的任何资料。
制表人：王新国 制表时间：2018. 3. 24	

1.3.2 借鉴

小组在此基础上对课题创新思路进行查新，通过企业现有手段分析、网络查新（国家知识产权局网站、万方数据网、专利审查系统）进行专利、论文、进行搜索、市场调研等途径，发现共有三种方法可供借鉴。

表 8 借鉴技术表

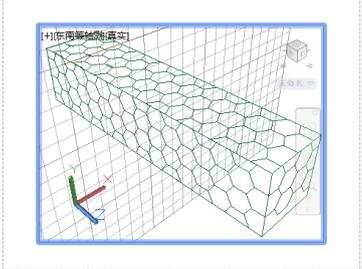
借鉴技术	技术图鉴	技术经验	技术指标
<p>蜂窝式航天器</p>	 <p>图 10 技术借鉴</p>  <p>图 11 技术借鉴</p>	<p>蜂窝结构是覆盖二维平面的最佳拓扑结构。这种结构有着优秀的几何力学性能，因此在材料学科用有广泛应用。蜂窝式航天器先用金属制造成蜂窝，然后再用两块金属板把它夹起来就成了蜂窝结构。这种蜂窝结构强度很高，重量又很轻，还有益于隔音和隔热。因此，当前的航天飞机、人造卫星、宇宙飞船在内部大量采用蜂窝结构，卫星的外壳也几乎全部是蜂窝结构。蜂窝结构比其他夹层结构具有更高的强度和刚度，与铆接结构相比，结构效率可提高 15%~30%。</p>	<p>蜂窝结构增加其承载力，减轻其整体结构重量 50%，降低变形率 80%。</p>
<p>圆形钢筋混凝土柱</p>	 <p>图 12 技术借鉴</p>  <p>图 13 技术借鉴</p>	<p>在电力系统中最常用的电力杆塔采用圆柱形设计，其承载力强，抗裂性能好，抗弯抗剪性能优良，维护方便，空心圆截面的抗弯截面模量比等截面的实心圆截面的抗弯截面模量大，并且空心圆杆的内外直径的比值 α 越大，其抗弯强度越高。因此，空心杆是同样重量的实心杆的抗弯强度的 2 倍。</p>	<p>空心圆柱体结构，减轻其整体结构重量，增加自身抗变形能力，提高承载力 30%。</p>
<p>桥梁钢支座的肋板结构</p>	 <p>图 14 技术借鉴</p>  <p>图 15 技术借鉴</p>	<p>桥梁支座承受上部桥梁全部重量，对结构承载力要求较高。支座通过增加贯通肋板及环装肋板，加强其整体结构强度。</p>	<p>增加肋板，提高其承载力，变形率降低 75%。</p>

<p>管道法兰的结构</p>	 <p>图 16 技术借鉴</p>  <p>图 17 技术借鉴</p>	<p>管道与管道连接处，通过法兰将其连接，增大了其拼接处的接触面积，提高管道拼接的稳定性。</p>	<p>通过法兰连接，降低管道拼接处损坏率 90%。</p>
<p>制表人：刘昊夫 制表时间：2018. 3. 27</p>			

1.4 提出新思路设想

根据分配力设备的工作原理、机械构造，提出初步设想创新思路，如表 9 所示：

表 9 创新思路初步设想表

创新思路初步设想表	
创新思路效果图	思路梳理
 <p>图 18 创新思路效果图</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安全方面：确保人身及设备安全 2. 设备方面：降低变形崩镐率，优化工期，降低成本，环境保护 3. 人工操作：减少工人返工率，拼接简单，调运便捷 4. 工序流程：减少覆土碾压工序 5. 维护方面：没有折损，无需修补，简单保养 6. 功能方面：完全将受到的顶推力传达给受力对象，不会自身及相互间消耗压力
<p>制表人：周航 制表日期：2018. 3. 31</p>	

1.5 确定课题

现有分配力设备不能满足箱涵顶进的施工需求，通过思路梳理，以及实现课题需求的基础技术条件已具备，于是小组根据创新思路，提出此次 QC 活动的课

题是：《箱涵顶进分配力设备的研制》。

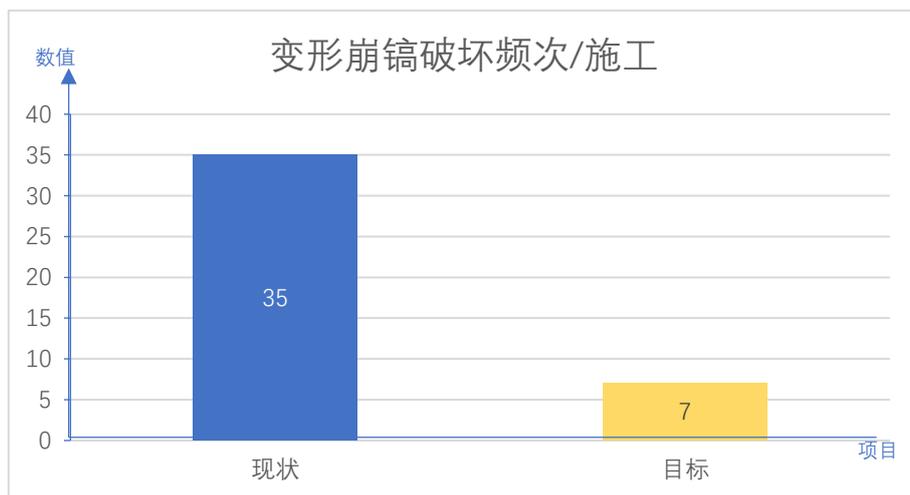
2 设定目标及目标可行性分析

2.1 总体目标

箱涵顶进分配力设备的研制。

2.2 量化目标

分配力设备出现变形、崩镐等破坏现象由原来每个工程 35 次，目标降至 7 次。



制图人：王洪刚 制图时间：2018.4.2

图 19 目标量化图

2.3 目标可行性分析

2.3.1 理论分析

小组根据施工原理，提出在顶推施工时，避免崩镐现象，而变形，损坏现象发生时，只需更换个别分配梁，以减少安装、吊运分配力设备时间，无需重新布局摆放顶推施工现场，从而缩短施工时间，施工流程如下。

项目	分配力设备材质类别理论分析
----	---------------

		表 10 弯曲应变计算表			
		弯曲应变计算公式			
原理	类别	截面惯性矩	抗弯截面系数	D/a=45	备注
	实心圆柱钢材	$I = \frac{\pi d^4}{64}$	$W = \frac{\pi d^3}{32}$	$W=8.94 \times 10^3$	d—截面直径
	无缝圆柱钢管	$I = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64}$	$W = \frac{\pi D^3 (1 - a^4)}{64}$ a=d/D	$W=1.27 \times 10^3$	D—大径 d—小径
	长方体钢构	$I = \frac{a^4}{12}$	$W = \frac{a^3}{6}$	$W=15.19 \times 10^3$	a—截面边长
	正六边形钢构	$I = \frac{5\sqrt{3}a^4}{16}$	$W = \frac{5\sqrt{3}a^3}{8}$	$W=4.43 \times 10^6$	a—截面边长
分析	分配梁从受力而言是受压构件，它的作用是将后背墙的力集合分配后传至分配梁，再传递给箱体，以往施工时由于结构上缺陷，在施工中当单个分配力设备主体中心不在一条直线上，造成偏载时就会发生梁、柱弯曲，分配力设备崩镐。在构件的弯曲中，截面的惯性矩对构件的弯曲应变、应力、刚度、稳定性有很重要的影响。抗弯截面系数越大，抵抗弯曲的能力就越小，在同样截面钢管抗压稳定性和抗弯能力上要比方柱更强。				
理论计算	由弯曲应变计算表中可以看出，同等尺寸下无缝圆柱钢管的抗弯截面系数是长方体钢构的 8.23 倍。 $P/15.19 \times 10^3 = Pa$ $P/1.27 \times 10^3 = Pb$ $Pb/Pa=12$ 损坏频次：35/12=2.91 次/施工 可以达到项目目标 7 次/施工要求。				

制表人：周航 制表时间：2018.4.5

2.3.2 借鉴分析

小组参照借鉴技术、数据、进行分析，以此来论证目标变形、崩镐破坏频次 ≤7 次/施工，是否成立。如下表：

表 11 借鉴技术理论估算表

借鉴技术	借鉴原理	理论计算
蜂窝式航天器	蜂窝结构增加其承载力，减轻其整体结构重量 50%，降低变形率 80%。	蜂窝结构在顶推施工中，分配力设备变形崩镐率降低为 B1=1-80%=20%
圆形钢筋混凝土柱	空心圆柱体结构，减轻其整体结构重量，增加自身抗变形能力，提高承载力 30%。	圆形结构分配梁在顶推施工中，分配力设备承载力提高为 B2=30%
桥梁钢支座的	增加肋板，提高其承载	加入肋板自稳结构分配梁在顶推施工中，

肋板结构	力, 变形率降低 25%	分配力设备变形崩镐率降低为 $B3=1-25%=75%$
管道法兰的结构	通过法兰连接, 降低管道拼接处损坏率 90%	通过拼接设备增加其接触面积, 降低管道拼接处损坏率降低为 $B4=1-90%=10%$
注释	A=变形崩镐次数 C=创新前变形崩镐次数 B=降低变形崩镐率	
汇总	通过技术借鉴, 分配梁一次施工中变形崩镐次数降低至 $A=C \times B1 \times B2 \times B3 \times B4=35 \times 30\% \times 20\% \times 75\% \times 10%=0.16$ 次	
结论	通过借鉴数据分析, 施工中变形、崩镐破坏频次 ≤ 7 次/施工, 目标值成立。	
制表人: 刘昊夫 制表时间: 2018.4.10		

2.3.3 模拟实验

实验一 单个分配力设备主体轴心受压极限试验	
模拟实验方法	图例
<p>该实验采用 YAW-5000F 微机控制电液伺服多功能试验机进行加载。加载前施加预负荷 2kN 使其消除间隙。采用位移控制, 加载速率 0.5mm/min 加载全过程记录载荷、位移和应变。其中载荷数据由试验机采集, 位移和应变数据由 DH3815 静态应变测试仪采集。单个分配梁设备主体加载至屈曲后荷载值下降, 下降幅度达到极限载荷的 5%~10% 时停止。</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">图 20 加载前 图 21 极限状态</p>

实验数据统计	表 12 箱涵顶进分配梁施工工序极限压力试验表									
	长度 mm	外径 mm	厚度 mm	材料受压性能			屈曲形态	极限载 荷 P/kN		
				初始弹性 模量 E/MPa	条件屈 服极限 σ /Mpa	硬化 指数 n				
	500	377	25	4812324	356	6.7	相关屈曲	7433.8		
	1000	377	25	4992123	323	6.8	整体弯曲	7387.9		
	2000	377	25	4555821	397	6.7	整体弯曲	7243.8		
	4000	377	25	4325917	332	6.7	整体弯曲	7019.5		
4500	377	25	4797171	363	6.8	整体弯曲	6988.1			
实验数据统计	表 13 分配力设备极限压力试验表									
	长度 mm	外径 mm	厚度 mm	材料受压性能			屈曲形态	极限载 荷 P/kN		
				初始弹性 模量 E/MPa	条件屈 服极限 σ /Mpa	硬化指 数 n				
	500	377	25	5852234	252	7.1	相关屈曲	9236.7		
	1000	377	25	5792123	257	7.0	相关屈曲	9025.3		
	2000	377	25	5955811	245	7.1	相关屈曲	8926.8		
	4000	377	25	6025507	256	7.1	整体弯曲	8384.6		
4500	377	25	5997101	246	7.1	整体弯曲	8384.6			
结论	实验证明单个分配力设备主体承压能力更大。									
实验时间	2018年4月12日									
实验地点	实验车间									
制表人：王新国 制表时间：2018.4.15										
实验二 整组分配力设备轴心受压试验										
模拟实验方法				图例						
<p>该试验采用微机控制电液伺服卧式拉压试验机进行加载。加载前施加预压力 10kN 左右，使得分配力设备主体间消除间隙，采用位移控制。</p>										
				图 22 实验仪器						
实验数据统计	表 14 箱涵顶进分配梁施工工序崩镐试验表									
	实验 序号	分配 力设备主 体	吨 位 t	每分 配力 主体 长度 m	2 个分配梁主 体		3 个分配梁主 体		4 个分配梁主 体	
					偏角 弧 度°	横 向 分 力 t	偏角 弧 度°	横 向 分 力 t	偏角 弧 度°	横 向 分 力 t

1组	1号	200	0.5	0	0	0	0	0	0
	2号	400	0.5	0	0	0	0	0	0
	3号	500	0.5	0	0	0	0	0	0
2组	4号	200	1	0	0	0	0	0	0
	5号	400	1	0	0	0	0	0	0
	6号	500	1	0	0	0	0	0	0
3组	7号	200	2	0	0	0	0	0.02	4.27
	8号	400	2	0	0	0.02	3.49	0.07	5.51
	9号	500	2	0.01	3.08	0.05	4.71	0.01	3.08
4组	10号	200	4	0.05	4.95	0.08	10.27	0.11	11.71
	11号	400	4	0.09	10.13	0.18	13.55	0.21	19.55
	12号	500	4	0.15	15.77	0.23	20.51	0.27	27.55
5组	13号	200	4.5	0.22	19.65	0.29	29.51	0.53	47.82
	14号	400	4.5	0.37	30.19	0.51	44.77	0.68	53.25
	15号	500	4.5	0.53	41.51	0.72	56.71	0.82	68.89

表 15 分配力设备崩镐实验表

实验序号	分配力设备主体	吨位 t	每分配力主体长度 m	2个分配梁主体		3个分配梁主体		4个分配梁主体	
				偏角弧 度°	横向分力 t	偏角弧 度°	横向分力 t	偏角弧 度°	横向分力 t
1组	1号	200	0.5	0	0	0	0	0	0
	2号	400	0.5	0	0	0	0	0	0
	3号	500	0.5	0	0	0	0	0	0
2组	4号	200	1	0	0	0	0	0	0
	5号	400	1	0	0	0	0	0	0
	6号	500	1	0	0	0	0	0	0
3组	7号	200	2	0	0	0	0	0	0
	8号	400	2	0	0	0	0	0	0
	9号	500	2	0	0	0	0	0	0
4组	10号	200	4	0	0	0	0	0	0
	11号	400	4	0	0	0	0	0	0
	12号	500	4	0	0	0	0	0	0
5组	13号	200	4.5	0	0	0	0	0	0
	14号	400	4.5	0	0	0	0	0	0
	15号	500	4.5	0	0	0	0	0	0

结论	箱涵顶进分配梁施工工序当偏角达到 7° 时会发生崩镐, 而试验设备后最大限度的将所受力集中在轴心, 可最大限度的发挥分配梁的抗压特性, 在施工过程中合力中心位置不变, 变形崩镐率大幅度降低, 顶推时间缩短。目标可行。
实验时间	2018年4月20日
实验地点	实验车间
制表人: 刘凯 制表时间: 2018.4.22	

2.4 解决问题的能力

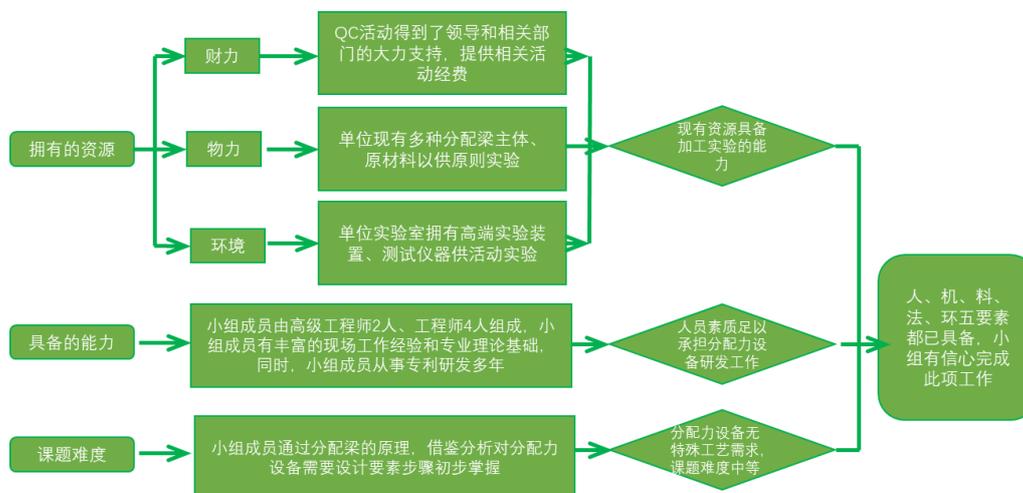


图 23 能力分析图

制图人：刘子明 制图时间：2018. 4. 29

3 提出方案并确定最佳方案

3.1 提出方案

3.1.1 预定目标方案

小组成员首先明确设计思路，分配力设备的设计由三个层次构成：方案的设计选取、各结构的功能选择、各结构的设计及材料选择。

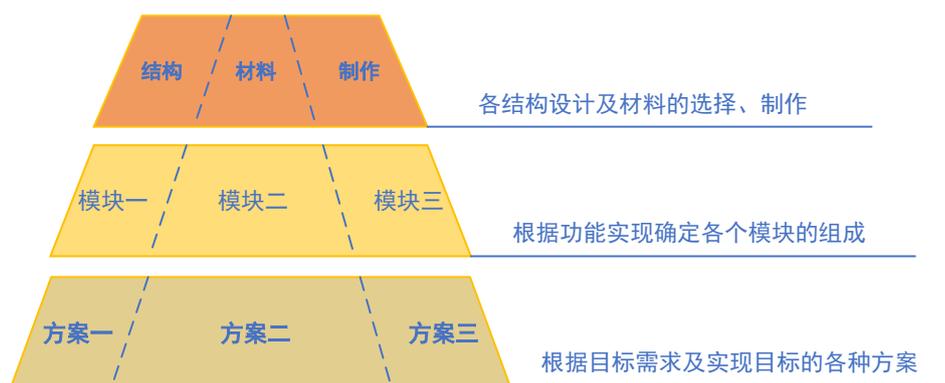


图 24 设计思路图

制图人：陈伯廉 制图时间：2018. 5. 1

小组成员通过借鉴查新，根据实际施工经验，通过头脑风暴法，以解决变形崩镐、缩短施工时间，保护环境、降低成本为目的，提出以下三种研制思路，并用亲和图整理：

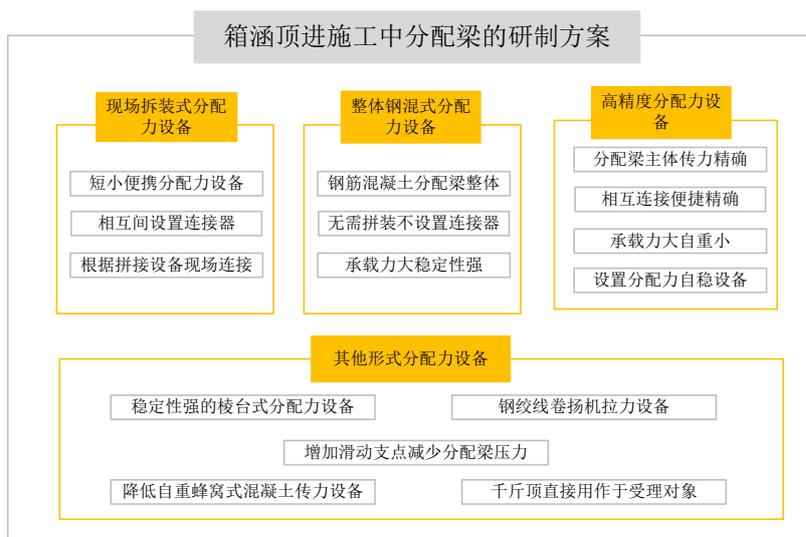


图 25 亲和图

制图人：张新 制图时间：2018. 5. 5

小组将亲和图中所提出的设计观点，加以整理，根据不同的原理拟出以下方案：

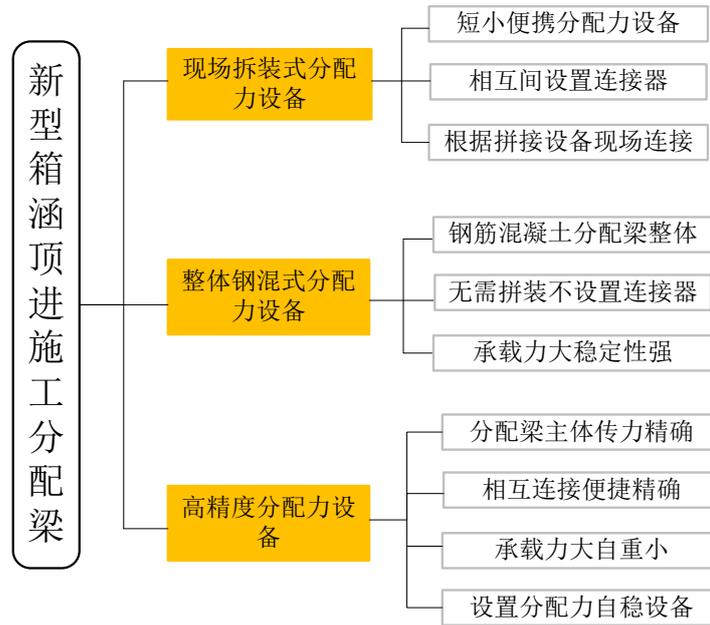


图 26 总体方案树桩图

制图人：宗辉 制图时间：2018. 5. 6

3.2 选择方案

为进一步明确总体目标，小组成员对方案进行实验、分析结果如下：

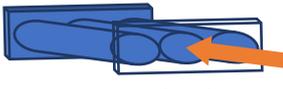
方案	现场拆装式分配力设备	整体钢混式分配力设备	高精度分配力设备
受力分析	 <p>图 27 受力分析图</p>	 <p>图 28 受力分析图</p>	 <p>图 29 受力分析图</p>
实验方法	1. 进行分配力设备轴心受压稳定性实验。 2. 理论分析，分配力设备轴心受压稳定性能进行分析。 3. 对设备实体建模与网格划分，采用 ABAQUS/Standard 分析模块，作为建模基础。对创新前后的设备进行轴压性能仿真实验。 4. 将分配力设备轴心受压稳定性实验与仿真模型进行比对。 5. 得出结论。		
实验过程	轴心受压稳定实验		
	现场拆装式分配力设备	整体钢混式分配力设备	高精度分配力设备

表 16 轴心受压稳定实验统计对比表

三种方案轴心受压稳定实验统计对比								
分配梁规格	对应分配梁数量	对应千斤顶吨位 t	现场拆装式分配力设备		整体钢混式分配力设备		高精度分配力设备	
			偏角弧度°	横向分力 t	偏角弧度°	横向分力 t	偏角弧度°	横向分力 t
6m 组	2 根	200	0	0	0	0	0	0
	3 根	400	0	0	0	0	0	0
	4 根	500	0	0	0	0	0	0
8m 组	2 根	200	0	0	0	0	0	0
	3 根	400	0	0	0	0	0	0
	4 根	500	0	0	0	0	0	0
10m 组	2 根	200	0	0	0	0	0	0
	3 根	400	0	0	0.02	4.27	0	0
	4 根	500	0.05	4.71	0.07	5.08	0	0

结论

三种方案都不同程度的降低了崩镐率，但方案一、方案二也存在横向分力，无法完全避免崩镐现象。

理论分析

1. **本模型的选择：**本文选用 Ramberg-Osgood 所提出的钢材应力应变关系的模型。应力应变关系表达式为

$$\varepsilon_{0.2} = \frac{\sigma_{0.2}}{E_0} + 0.002$$

式中： $\sigma_{0.2}$ 为材料应变为 0.2%时所对应的应力。

在应变较大时关系为：

$$\varepsilon = \frac{\sigma - \sigma_{0.2}}{E_{0.2}} + \varepsilon_u \left(\frac{\sigma - \sigma_{0.2}}{\sigma_u - \sigma_{0.2}} \right)^m + \varepsilon_{0.2}$$

$$E_{0.2} = \frac{E_0}{1 + 0.002n/e}$$

$$e = \frac{\sigma_{0.2}}{E_0}$$

$$m = 1 + 3.5 \left(\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} \right)$$

$$\varepsilon_u = 1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u}$$

σ_u 的取值依据钢材牌号确定。

2. 根据分析进行实体建模。

仿真实验可行性

1. **实体建模与网格划分：**仿真采用 ABAQUS/Standard 分析模块作为建模基础。模型中分配梁对结构进行模拟，柱体与拼接设备均采用实体建模的方式建立，并在装配板块中将建立的各部件装配。模型中试件的拼接设备与柱体在网格划分时将其设为六面体单元。

网格划分如图：

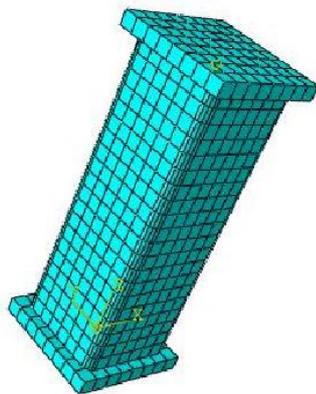


图 30 网格划分

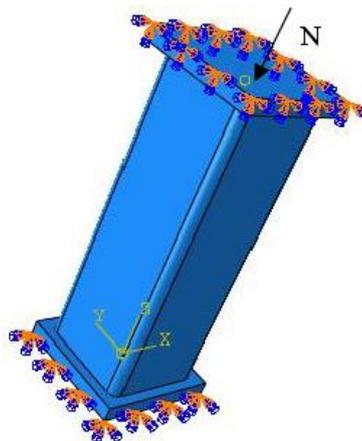


图 31 边界条件与加载方向

2. 界面接触及边界条件：仿真的研究对象为分配梁轴向受压，模型边界条件与加载方向见图。在试件下拼接设备施加固端约束。在试件上拼接设备也施加约束，约束其上部 X、Y 两个方向的线位移及三个方向的转动位移，同时在 Z 方向施加线位移进行加载。在受力全过程模拟分析中，加载通过位移控制，在分配梁上拼接设备沿 Z 负方向施加 50 mm 位移。

3. 有限元模型验证：为验证有限元模型的合理性，采用实验方式对分配梁轴向受压进行实验。各试件的荷载变形曲线如图所示。

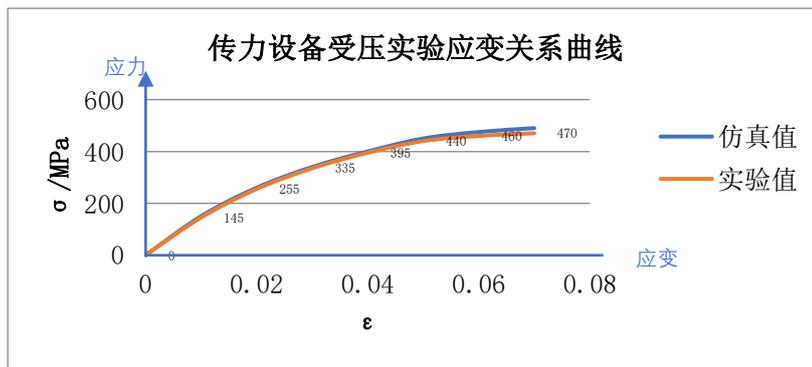


图 32 分配力设备受压实验应变关系曲线图

结论

模拟荷载变形曲线与实验结果拟合较好，两者最大误差为 3.64%，在合理范围内。因此可以利用有限元模型对分配梁轴心受压力学性能进行系统的参数分析。

仿真实验

现场拆装式分配力设备

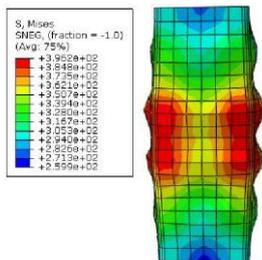


图 33 仿真模型应力分布图

整体钢混式分配力设备

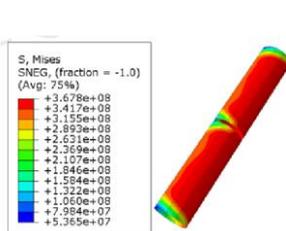


图 34 仿真模型应力分布图

高精度分配力设备

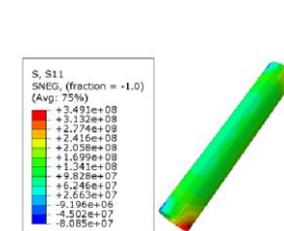


图 35 仿真模型应力分布图

仿真结果显示，分配梁中部有明显的环状鼓曲，与实验

在高压受力下，混凝土发出劈啪声。由仿真与实验可见，试

在轴向高压受力下，高精度稳定形分配力设备的应力

	所得吻合，分配梁在轴向受压情况下受力集中在中部的边棱附近。				件中部的应力水平较高，端部较低；峰值时，钢筋混凝土大部分区域应力水平偏高。				分布均匀，整体性强，整体应力水平低。			
有效性模拟实验	可被汽车调运，可在后背墙与箱涵间作为受力与分配力对象				可被汽车调运，可在后背墙与箱涵间作为受力与分配力对象				可被汽车调运，可在后背墙与箱涵间作为受力与分配力对象			
可实施性实验	3组 400t 分配力设备	偏角弧度°	横向分力 t	结论	3组 400t 分配力设备	偏角弧度°	横向分力 t	结论	3组 400t 分配力设备	偏角弧度°	横向分力 t	结论
	需求	0	0	满足	需求	0	0	不满足	需求	0	0	满足
	方案	0	0		方案	0.02	4.27		方案	0	0	
可靠性模拟实验	中部的边棱附近应力较大				混凝土分配力设备大部分区域应力水平偏高				应力分布均匀，整体应力水平低			
经济性	单价为：800 元/组。满足经济要求。				单价为：350 元/组。满足经济要求。				单价为：1200 元/组。满足经济要求。			
时间性	实验序号	实验人数	耗时	是否达到预期时间	实验序号	实验人数	耗时	是否达到预期时间	实验序号	实验人数	耗时	是否达到预期时间
	1	6人	3h12min	是	1	8人	4h30min	否	1	6人	2h20min	是
	2	6人	4h03min	是	2	8人	4h07min	否	2	6人	2h18min	是
	3	6人	5h10min	否	3	8人	3h53min	是	3	6人	2h35min	是
	4	6人	3h38min	是	4	8人	4h21min	否	4	6人	2h30min	是
结论	根据实际施工经验，目标值设为 4h。实验时，25%不能按时间要求进行。			结论	根据实际施工经验，目标值设为 4h。实验时，75%不能按时间要求进行。			结论	根据实际施工经验，目标值设为 4h。实验时，都可以按时间要求进行。			
安全性	1. 作业设备进行性能和安全检查，符合有关安全规定； 2. 采用管棚超前支护和水平旋喷桩超前支护方法，控制路基变形在安全范围内。安全性符合要求。				1. 作业设备进行性能和安全检查，符合有关安全规定； 2. 采用管棚超前支护和水平旋喷桩超前支护方法，控制路基变形在安全范围内。安全性符合要求。				1. 作业设备进行性能和安全检查，符合有关安全规定； 2. 采用管棚超前支护和水平旋喷桩超前支护方法，控制路基变形在安全范围内。安全性符合要求。			
总结	技术指标满足要求，边棱部位应力较大，ε 3.962e，施工时间超出 4h 技术难度较高。				技术指标满足要求，容易发生整体应力集中，ε 3.678e 施工时间不易控制超出 4h，技术难度较高。				技术指标满足要求，ε 3.491e，施工时间可以控制在 4h 内，需对分配力设备进行研究设计，技术难度较高。			

制表人：王洪刚 制表时间：2018.5.10

根据以上三种方案实验分析，小组对比结果整理。

表 17 实验方案选择分析表

实验方案选择分析								
要求：1. 工效提高 3 倍，施工时间≤4h30min；2. 变形崩镐频次≤7；3. 无安全隐患；4. 实验投入成本≤1000 元/组；5. 满足进度推进表≤10 天。								
序号	方案	评价						选定方案
		可实施性	可靠性	有效性	安全性	经济性	时间性	
1	现场拆装式分配力设备	满足	不满足	满足	满足	满足	满足	
2	整体钢混式分配力设备	不满足	不满足	满足	满足	满足	不满足	
3	高精度分配力设备	满足	满足	满足	满足	满足	满足	✓

制表人：刘凯 制表时间：2018. 5. 12

3.3 确定总体方案

至此，小组得出了分配力设备的总方案，基于该方案，小组绘制了总方案设计草图，如下图所示：

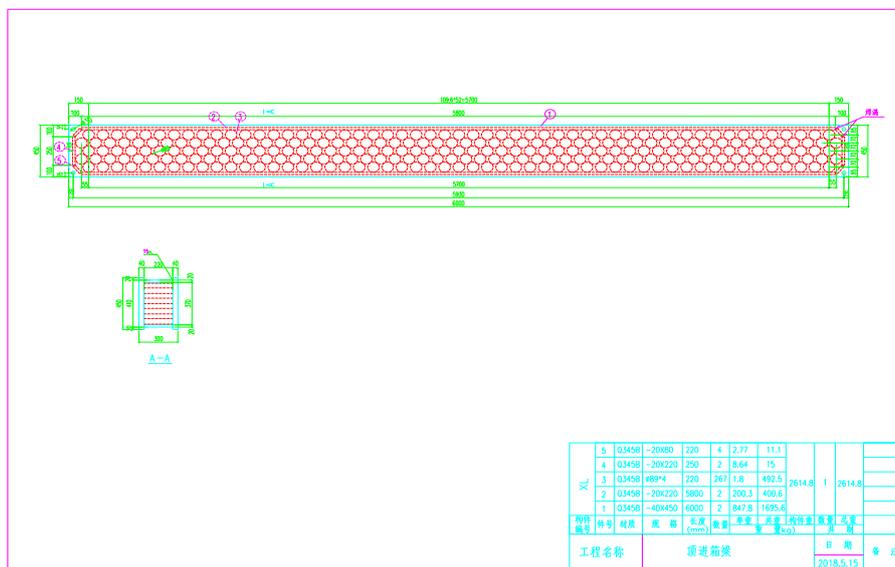


图 36 总方案设计图

制图人：张新 制图时间：2018. 5. 15

3.4 方案分解

根据分配力设备的方案草图，小组对总方案进行分解。

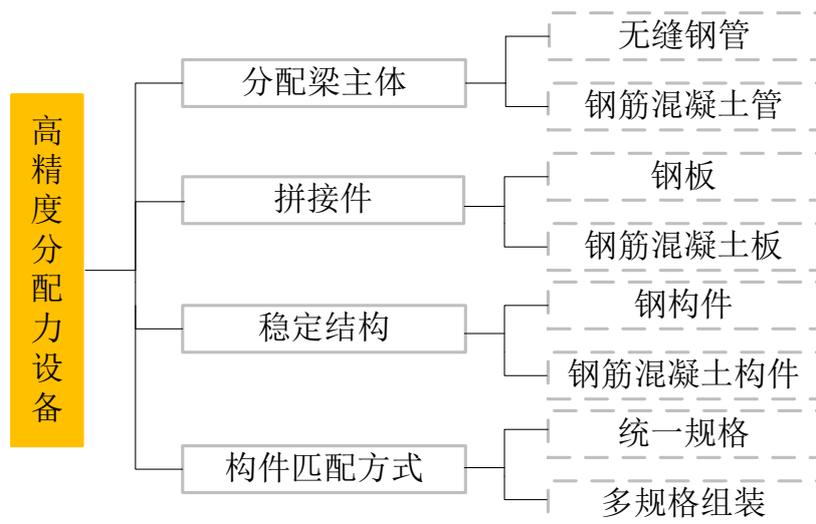


图 37 方案分解树状图

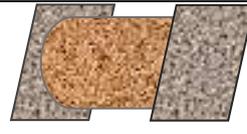
制图人：周航 制图时间：2018.5.15

3.4.1 设备主体-分配梁主体

分级方案	无缝钢管	钢筋混凝土管
	 图 38 模拟图	 图 39 模拟图
比选依据	比选项	量化单位
	性能指标	承受压力值 $F \geq 4900\text{KN}$
	破坏程度	弯曲度 $\leq 1.5\text{mm/m}$; 不能出现任何裂纹等表面破坏特征
	成本控制	1500 元
实验设计	Q345 无缝钢管、C50 钢筋混凝土管 $\phi 400\text{mm}$ ，壁厚 40mm，通过压力实验，测试两种材质的承压能力与弯曲度、表面破坏特征等破坏程度	
	 图 40 无缝钢管加压试验	 图 41 混凝土管加压试验

模拟实验	序号	项目	无缝钢管		钢筋混凝土管			
	1	材质	Q345		C50			
	2	形状	圆柱型		圆柱型			
	3	尺寸误差	±1mm		±1mm			
	4	横向压力	500t		500t			
	5	荷载类型	垂直负重		垂直负重			
	6	承压极限	0-800t		0-800t			
7	变形、破坏参数	千斤顶参数		100t	300t	500t	800t	
		破坏程度	弯曲度 mm/m	0	0	0.3	0.7	
		外观		-	-	轻微 裂纹	裂纹 贯通	
实验结果	比选项		量化值		比选项		量化值	
	性能指标	承受压力值	F=4900KN		性能指标	承受压力值	F=4900KN	
		破坏程度	弯曲度=0.3mm/m			破坏程度	混凝土表面已有轻微 裂纹	
单位成本	无缝钢管造价 920 元/m			钢筋混凝土管造价 780 元/m				
结论	采用			不采用				
制表人：宗辉 时间：2018.5.17								

3.4.2 设备主体-拼接件

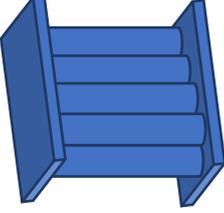
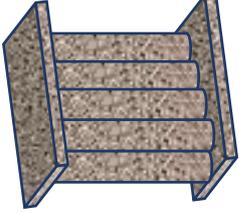
分级方案	20mm 钢板		20mm 钢筋混凝土板	
		 <p>图 42 模拟图</p>		 <p>图 43 模拟图</p>
比选依据	比选项		量化单位	
	性能指标	平整度	不平度 ≤ 27mm	
		贴合度	镰刀弯 ≤ 1.6mm	
成本控制		300 元		
实验设计	Q345 钢板、C50 钢筋混凝土板为 400×400×20mm，通过加压实验，测试平整度、贴合度指标			

	 <p>图 44 钢板加压试验</p>	 <p>图 45 混凝土板加压试验</p>																	
平整度实验	<p>表 19 实验方案不平整度选择分析表</p> <table border="1" data-bbox="424 703 1279 972"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方案</th> <th rowspan="2">公称厚度 mm</th> <th rowspan="2">公称宽度 mm</th> <th>不平度 mm ≤</th> </tr> <tr> <th>规定的屈服强度 $Re > 320\text{MPa}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>规范</td> <td>> 2</td> <td>≤ 1200</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>钢板</td> <td>20</td> <td>400</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>钢筋混 凝土板</td> <td>20</td> <td>400</td> <td>32</td> </tr> </tbody> </table>		方案	公称厚度 mm	公称宽度 mm	不平度 mm ≤	规定的屈服强度 $Re > 320\text{MPa}$	规范	> 2	≤ 1200	27	钢板	20	400	13	钢筋混 凝土板	20	400	32
方案	公称厚度 mm	公称宽度 mm				不平度 mm ≤													
			规定的屈服强度 $Re > 320\text{MPa}$																
规范	> 2	≤ 1200	27																
钢板	20	400	13																
钢筋混 凝土板	20	400	32																
贴合度	<p>表 20 实验方案镰刀弯选择分析表</p> <table border="1" data-bbox="424 1025 1279 1283"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方案</th> <th rowspan="2">公称长度 mm</th> <th rowspan="2">公称宽度 mm</th> <th>镰刀弯 mm ≤</th> </tr> <tr> <th>不切边, 实际长度 $\times 0.4\%$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>规范</td> <td>< 5000</td> <td>≤ 600</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>钢板</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>钢筋混 凝土板</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table>		方案	公称长度 mm	公称宽度 mm	镰刀弯 mm ≤	不切边, 实际长度 $\times 0.4\%$	规范	< 5000	≤ 600	1.6	钢板	400	400	1.3	钢筋混 凝土板	400	400	1.6
方案	公称长度 mm	公称宽度 mm				镰刀弯 mm ≤													
			不切边, 实际长度 $\times 0.4\%$																
规范	< 5000	≤ 600	1.6																
钢板	400	400	1.3																
钢筋混 凝土板	400	400	1.6																
实验结果	<table border="1" data-bbox="335 1283 1361 1536"> <thead> <tr> <th colspan="2">比选项</th> <th>量化值</th> <th colspan="2">比选项</th> <th>量化值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">性能指标</td> <td>平整度</td> <td>不平度 ≤ 13</td> <td rowspan="2">性能指标</td> <td>平整度</td> <td>不平度 ≤ 32</td> </tr> <tr> <td>贴合度</td> <td>镰刀弯 ≤ 1.3</td> <td>贴合度</td> <td>镰刀弯 ≤ 1.6</td> </tr> </tbody> </table>		比选项		量化值	比选项		量化值	性能指标	平整度	不平度 ≤ 13	性能指标	平整度	不平度 ≤ 32	贴合度	镰刀弯 ≤ 1.3	贴合度	镰刀弯 ≤ 1.6	
比选项		量化值	比选项		量化值														
性能指标	平整度	不平度 ≤ 13	性能指标	平整度	不平度 ≤ 32														
	贴合度	镰刀弯 ≤ 1.3		贴合度	镰刀弯 ≤ 1.6														
单位成本	钢板造价 150 元/块	钢筋混凝土板造价 98 元/块																	
制作工艺	<p>1. 需要高密度机床加工, 不断校核, 使之成为完全平面 2. 现场运输简单 满足条件</p>	<p>1. 需要高密度模板浇筑, 使之成为完全平面 2. 由于混凝土脆性大, 现场运输复杂 不满足条件</p>																	
结论	<p>采用</p>																		

制表人: 张新 制表时间: 2018. 5. 21

3. 4. 3 设备主体-稳定结构

分级	钢构件	钢筋混凝土构件
----	-----	---------

方案	 <p>图 46 模拟图</p>	 <p>图 47 模拟图</p>				
比选依据	比选项		量化单位			
	性能指标	承受压力值	F ≥ 4900KN			
		屈服强度	屈服强度 ≥ 100N/mm ² 不能出现任何裂纹等表面破坏特征			
成本控制	500 元					
实验设计	Q345 钢板、C50 钢筋混凝土板为 6000 × 450 × 40mm，通过集中压力实验，测试屈服强度					
	 <p>图 48 实验仪器</p>	 <p>图 49 实验仪器</p>				
力学性能选择标准	表 21 实验方案力学性能选择表					
	公称厚度	屈服强度(Mpa)	抗拉强度(Mpa)	伸长率 A50mm%		
	>1.5-2.5	≤290	≥310	≥38		
	>2.5-3.0	≤290	≥300	≥38		
>3.0-4.0	≤290	≥300	≥40			
外观选择标准	表 22 实验方案外观选择分析表					
	千斤顶参数		100t	300t	500t	800t
	破坏程度	弯曲度 mm/m	0	0	0.3	0.7
外观		-	-	轻微 裂纹	裂纹 贯通	

实验结果	比选项		量化值	比选项		量化值
	性能指标	力学实验结果		屈服强度 290 Mpa	力学实验结果	
外观			无弯曲变形	外观		混凝土表面已有轻微裂纹
单位成本	造价为 320 元/m			造价为 430 元/m		
结论	采用			不采用		
制表人：刘子明 制表时间：2018.5.27						

3.4.4 设备布局-构配件匹配方式

分级方案	统一规格		多规格组装	
		 <p>图 50 模拟图</p>		 <p>图 51 模拟图</p>
比选依据	比选项		比选要求	
	性能指标	功能性	能够完全承载传来的压力，并完全将力传递于连接物体	
		稳定性 拼装工艺	抗压能力强、无断裂、变形现象 对接难度，拼装时间	
试验设计	通过现场试验比对，测试两种型号规格配套的组装形式，分别从功能性、稳定性、拼装工艺进行对比分析			
	 <p>图 52 模拟图</p>		 <p>图 53 模拟图</p>	
方案分析	<p>整体布局偏差也是传力变形、崩镐的重要因素。</p> <p>整体布局关键点在于工人拼装问题，虽然在设计、制作分配力设备达到了精密程度，但因为施工特点，现场拼装完全依靠机械吊装后工人手工调配，是影响分配力设备完全重合的重要因素之一。</p>			



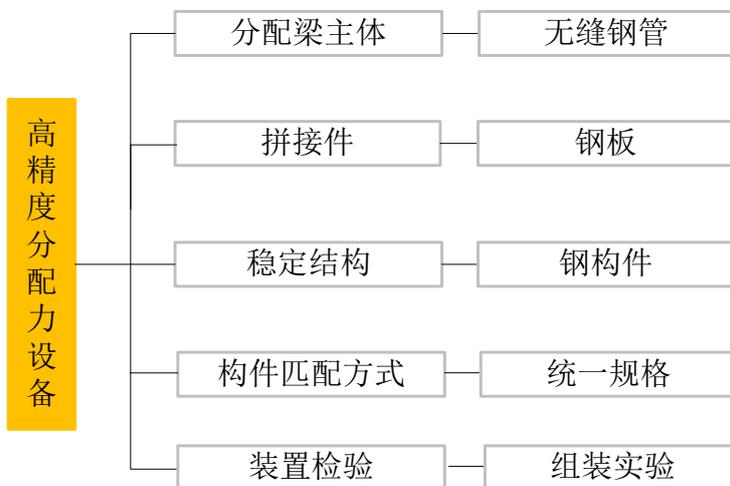
图 54 现场施工顶推资料



图 55 现场施工顶推资料

		一台千斤顶需配套 30 根×1000cm 传力柱	一台千斤顶需配套 7 根×4000cm 传力柱+2 根×1000cm 传力柱。
比选结果	拼装工艺	需要高密度机床加工,不断校核钢板,使之内嵌于钢管中 不满足条件	减小了拼接次数,降低了工人拼接难度,更保证了传力性能 满足条件
	功能性	1. 能够保证分配力设备完全承载千斤顶压力 2. 完全将力传递于连接主体,不发生分解压力现象 满足条件	1. 能够保证分配力设备完全承载千斤顶压力 2. 很难完全将力传递于连接主体,偶尔会发生分解压力现象 不满足条件
	稳定性	1. 抗压能力强,完全可以承受实验压力 2. 没有发生断裂现象 3. 没有发生变形现象 满足条件	1. 抗压能力强,完全可以承受实验压力 2. 没有发生断裂现象 3. 没有发生变形现象 满足条件
结论	采用	不采用	
制表人: 刘昊夫 制表时间: 2018. 5. 31			

3.5 确定最佳方案



制图人：陈伯廉 制图时间：2018.6.4

4 制定对策

小组根据设计方案，利用 5W1H 的原则制定了对策表，并且为了合理安排时间，发挥最大效率，尽快将材料投入精益生产过程中，从 2018 年 6 月 5 日开始制定对策。

表 23 对策实施表

对策实施						
序号	对策	目标	措施	负责人	地点	时间
对策实施一	分配梁主体参数计算、加工制造	分配梁主体尺寸 100%符合设计要求。（45 热轧无缝钢管长度允许误差±0.5mm；正圆率允许差±0.5）	1. 分配梁主体参数设计	张新	加工车间	6.21-7.8
			2. 设计分配梁主体尺寸			
			3. 绘制分配梁主体零件图纸			
			4. 按图纸加工制作分配梁主体			
对策实施二	拼接件参数计算、加工制造	拼接件尺寸 100%符合设计要求。（钢板长度允许误差±0.5mm；宽度允许误差±0.5mm；厚度允许误差±0.5mm）	1. 拼接件参数设计	陈伯廉	加工车间	7.9-7.30
			2. 设计拼接件尺寸			
			3. 绘制拼接件零件图纸			
			4. 按图纸加工制作拼接件			

对策实施三	稳定结构参数计算、加工制造	稳定结构尺寸 100%符合设计要求。 (加强筋长度允许误差±0.5mm; 宽度允许误差±0.5mm)	1. 稳定结构参数设计	刘子明	加工车间	7.31
			2. 设计稳定结构尺寸			-
			3. 绘制稳定结构零件图纸			8.20
			4. 按图纸加工制作稳定结构			
对策实施四	统一规格设计组装	分配梁整体长度、宽度、高度、直径 100%符合设计要求。(长度允许误差±0.5mm)	1. 按设计要求绘制分配梁图纸	王新国	加工车间	8.21
			2. 按图纸对分配梁进行装配			-
			3. 按设计要求绘制分配梁顶推施工工程图			9.15
对策实施五	组装实验及调试	根据活动目标设定: 变形、崩镐频次为 7; 施工拼装时间≤4h30min;	1. 进行重载压力实验, 测试变形崩镐频次	宗辉	实验车间	9.16
			2. 测试施工拼装时间			-
			3. 形成检测报告			10.15
制表人: 刘凯 制表时间: 2018.6.20						

5 对策实施

5.1 对策实施一: 分配梁主体参数计算、加工制造

实施一	分配梁主体参数计算、加工制造			
目标	分配梁主体尺寸 100%符合设计要求 (45 热轧无缝钢管长度允许误差±0.5mm; 正圆率允许误差±0.5)			
实施过程	措施 1: 分配梁主体参数设计			
	表 24 分配梁主体参数设计表			
	分配梁主体参数设计			
	配合施工千斤顶尺寸参数			
	千斤顶型号	QYS320		
	千斤顶额定顶力	320T	千斤顶极限顶力	450T
	行程	1200mm	千斤顶外径	400mm
	配合施工传力柱尺寸参数			
	传力柱型号	H500、H1000、H2000、H4000		
	传力柱长度	500mm、1000mm、2000mm、4000mm		
	直径	外径 φ377、内径 φ327		
	拼接尺寸	L400× L400mm		
	分配梁主体尺寸参数设计			
	1. 分配梁主体设计为多组装圆柱体。 2. 施工中安全系数为 1.25, 450×1.25=562.5。故分配梁主体承载力达到 562t 时可以确保安全可靠。 3. 45 热轧无缝钢管屈服点为 3620Kg/cm ² , 取安全系数 1.5, 许用应力			

$$\frac{3620}{1.5} = 2413 \text{kg/cm}^2。$$

4. 经计算， $\frac{562500}{2413 \times 0.785} = 297 \text{ cm}^2$ 。故分配力设备选用外径 $\phi 89\text{mm}$ ，内径 $\phi 85\text{mm}$ 的钢管可以满足要求。

5. 现场施工顶镐最大行程为 1200mm。在顶进过程中，顶镐每次顶进 1000mm，通过使用 500mm、1000mm、2000mm、4000mm 传力柱，不断使箱涵前进。分配梁设计宽度 300mm 配合顶距。

传力柱拼接尺寸为 400mm，7 个传力柱分配于一个分配梁，每个传力柱间歇空 400mm，分配梁设计长度 6000mm 配合分配梁布局。

结论

分配梁主体外观尺寸设计为：6000×450×300mm
分配梁主体为圆柱体，外径 $\phi 89\text{mm}$ ，内径 $\phi 85\text{mm}$ ，长度 220mm，267 个均匀分布

措施 2：设计分配力设备尺寸

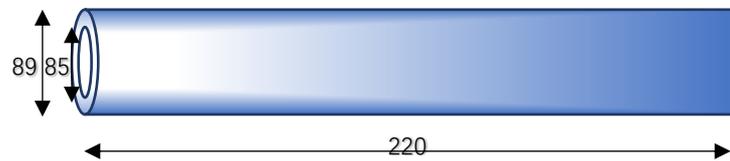


图 57 设计效果图

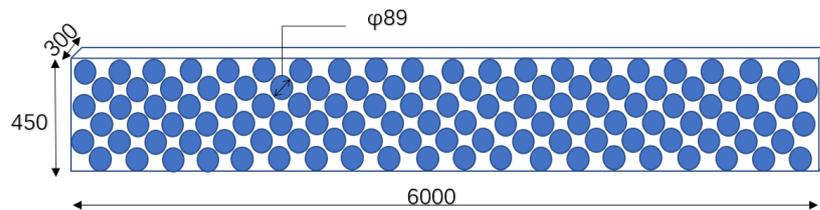


图 58 设计效果图

措施 3：绘制分配梁主体零件图纸

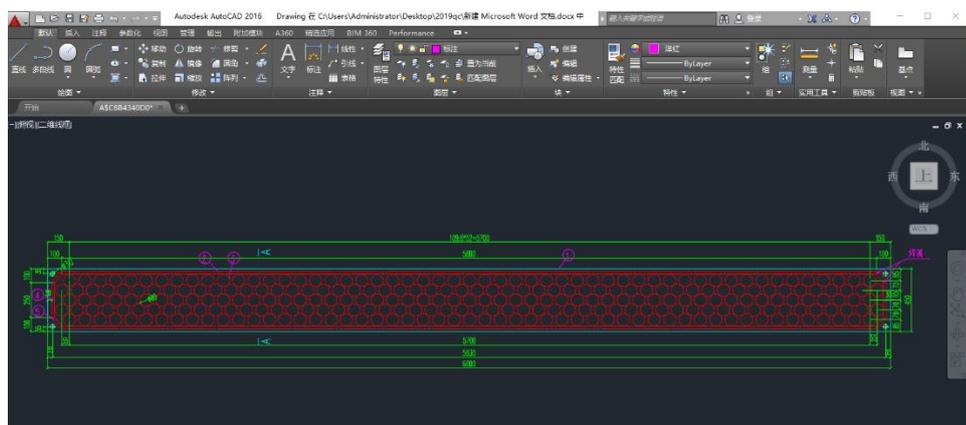


图 59 设计图

措施 4：按图纸加工制作分配梁主体

	 <p>图 60 分配梁主体加工图</p>	 <p>图 61 分配梁主体加工图</p>																														
<p>目标检查</p>	<p>按设计要求对材料，尺寸逐一进行检查：</p> <p style="text-align: center;">表 25 分配梁主体尺寸检查表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">分配梁主体尺寸检查表 单位：mm</th> </tr> <tr> <th></th> <th>主体长度</th> <th>主体宽度</th> <th>主体厚度</th> <th>单节长度</th> <th>轴径 ϕ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>设计尺寸</td> <td>6000 ± 0.5</td> <td>450 ± 0.5</td> <td>300 ± 0.5</td> <td>220 ± 0.5</td> <td>89 ± 0.5</td> </tr> <tr> <td>实测尺寸</td> <td>6000.3</td> <td>450.3</td> <td>300.1</td> <td>220.1</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>结论</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">经实测检验，目标达到尺寸要求</td> </tr> </tbody> </table>		分配梁主体尺寸检查表 单位：mm							主体长度	主体宽度	主体厚度	单节长度	轴径 ϕ	设计尺寸	6000 ± 0.5	450 ± 0.5	300 ± 0.5	220 ± 0.5	89 ± 0.5	实测尺寸	6000.3	450.3	300.1	220.1	89	结论	经实测检验，目标达到尺寸要求				
分配梁主体尺寸检查表 单位：mm																																
	主体长度	主体宽度	主体厚度	单节长度	轴径 ϕ																											
设计尺寸	6000 ± 0.5	450 ± 0.5	300 ± 0.5	220 ± 0.5	89 ± 0.5																											
实测尺寸	6000.3	450.3	300.1	220.1	89																											
结论	经实测检验，目标达到尺寸要求																															
<p>完成时间</p>	<p>2018 年 6 月 21 日-7 月 8 日</p>																															
<p>完成地点</p>	<p>加工车间</p>																															
<p>负责人</p>	<p>张新</p>																															
<p>制表人：张新 制表时间：2018.7.8</p>																																

5.2 对策实施二：拼接件参数计算、加工制造

<p>实施二</p>	<p>拼接件参数计算、加工制造</p>																														
<p>目标</p>	<p>拼接件尺寸 100%符合设计要求 (钢板长度允许误差$\pm 0.5\text{mm}$；宽度允许误差$\pm 0.5\text{mm}$)</p>																														
<p>实施过程</p>	<p>措施 1：拼接件参数设计</p> <p style="text-align: center;">表 26 拼接件参数设计表</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">拼接设备参数设计</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">配合分配力设备尺寸参数</td> </tr> <tr> <td>分配梁主体型号</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>单个分配梁主体外径</td> <td style="text-align: center;">$\phi 377\text{mm}$</td> <td style="text-align: center;">内径</td> <td style="text-align: center;">$\phi 327\text{mm}$</td> </tr> <tr> <td>分配梁主体外观尺寸</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">$6000 \times 450 \times 300\text{mm}$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">拼接件尺寸参数设计</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1. 分配梁主体设计为圆柱体，现场场地无法保证绝对平整，为方便传力柱摆放，故需在两端加装大于纵向 5 个分配梁主体的圆柱直径的正方形拼接设备。</td> </tr> </tbody> </table>			拼接设备参数设计				配合分配力设备尺寸参数				分配梁主体型号				单个分配梁主体外径	$\phi 377\text{mm}$	内径	$\phi 327\text{mm}$	分配梁主体外观尺寸	$6000 \times 450 \times 300\text{mm}$			拼接件尺寸参数设计				1. 分配梁主体设计为圆柱体，现场场地无法保证绝对平整，为方便传力柱摆放，故需在两端加装大于纵向 5 个分配梁主体的圆柱直径的正方形拼接设备。			
拼接设备参数设计																															
配合分配力设备尺寸参数																															
分配梁主体型号																															
单个分配梁主体外径	$\phi 377\text{mm}$	内径	$\phi 327\text{mm}$																												
分配梁主体外观尺寸	$6000 \times 450 \times 300\text{mm}$																														
拼接件尺寸参数设计																															
1. 分配梁主体设计为圆柱体，现场场地无法保证绝对平整，为方便传力柱摆放，故需在两端加装大于纵向 5 个分配梁主体的圆柱直径的正方形拼接设备。																															

2. 千斤顶高 400mm，其中心高 200，传力柱尺寸 400×400mm，分配梁中心必须与传力柱中心、千斤顶中心保持同一直线，故拼接件尺寸确定为 450mm×300mm 长方体。

结论

拼接设备为正方体
尺寸设计为：450×300×20mm

措施 2：设计拼接设备尺寸

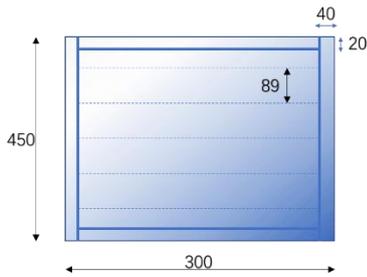


图 62 设计效果图

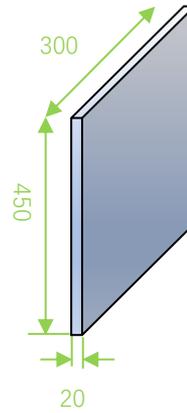


图 63 设计效果图

措施 3：绘制拼接设备零件图纸

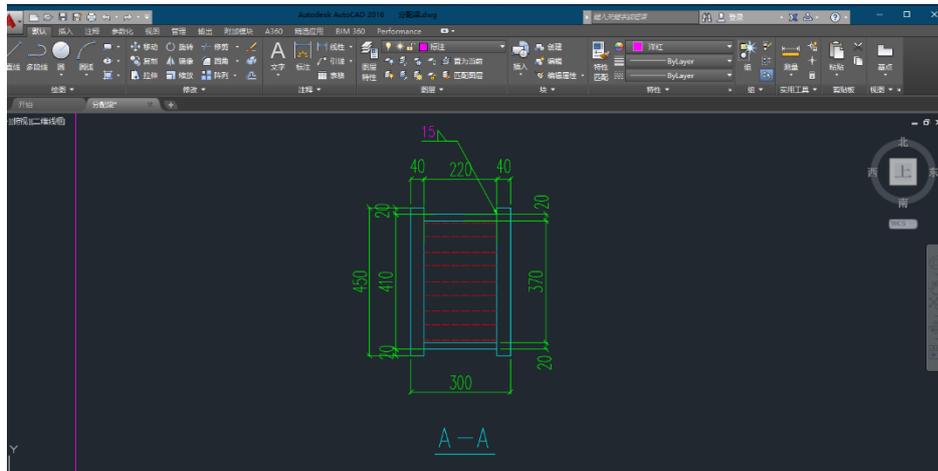


图 64 设计图

措施 4：按图纸加工制作拼接设备



图 65 现场加工设备

目标
检查

按设计要求对材料，尺寸逐一进行检查：

表 27 拼接设备尺寸检查表

拼接设备尺寸检查表 单位：mm

--	--

	设计尺寸	钢板长度	钢板宽度	钢板厚度
		450 ±0.5	300 ±0.5	20 ±0.5
	实测尺寸	450.3	300.1	20
	结论	经实测检验，目标达到尺寸要求		
完成时间	2018年7月9日-7月30日			
完成地点	加工车间			
负责人	陈伯廉			
制表人：陈伯廉 制表时间：2018.7.30				

5.3 对策实施三：稳定结构参数计算、加工制造

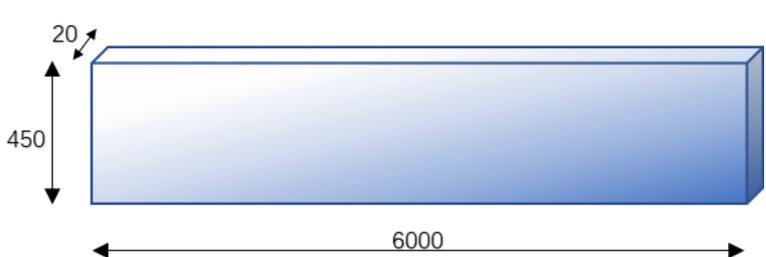
实施三	稳定结构参数计算、加工制造		
目标	稳定结构尺寸 100%符合设计要求 (加强筋长度允许误差±0.5mm；宽度允许误差±0.5mm)		
实施过程	措施1：稳定结构参数设计		
	表 28 稳定结构参数设计表		
	稳定结构参数设计		
	配合分配梁主体、拼接件尺寸参数		
	分配梁主体型号		
	单个分配梁主体外径	φ 377mm	内径 φ 327mm
	外观尺寸设计	6000×450×300mm	
	拼接件型号		
	外观尺寸设计	450×300×20mm	
	稳定结构尺寸参数设计		
1. 稳定结构钢板壁厚 40mm			
2. 钢板长度：(89+20)×54+40×2+17×2=6000mm			
3. 钢板宽度：450mm			
结论	稳定结构为长方体 尺寸设计为：6000mm×450mm×40mm		
措施2：设计稳定结构尺寸			
			

图 66 设计效果图

措施 3：绘制稳定结构零件图纸

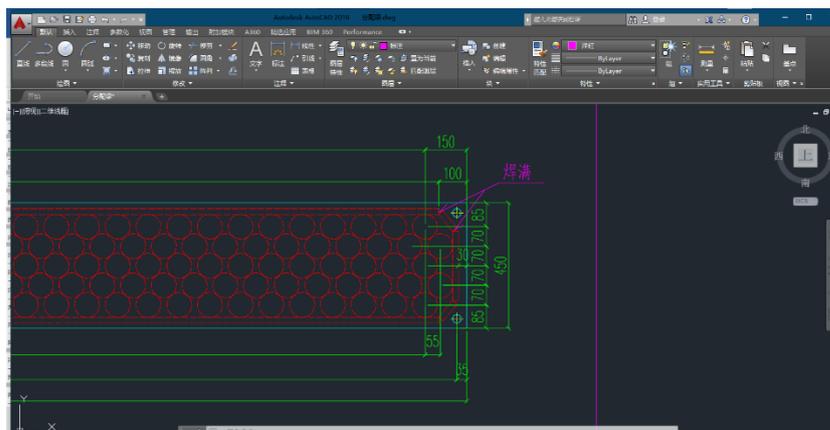


图 67 设计图

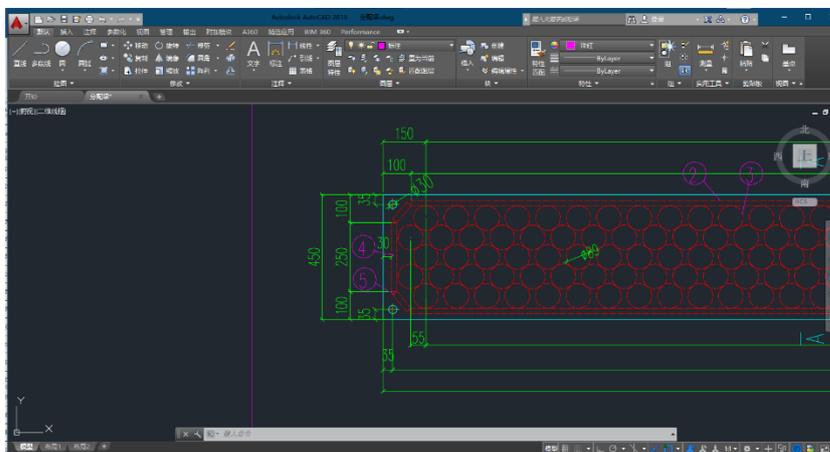


图 68 设计图

措施 4：按图纸加工制作稳定结构

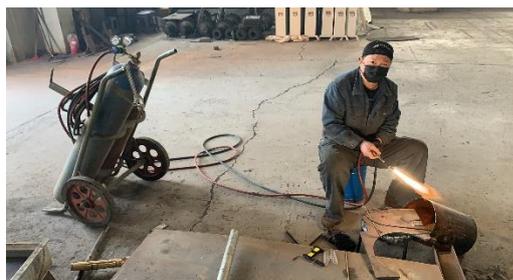


图 69 现场加工图



图 70 现场加工图

目标检查	按设计要求对材料，尺寸逐一进行检查：			
	表 29 稳定结构尺寸检查表			
	稳定结构尺寸检查表 单位：mm			
	设计尺寸	钢板长度	钢板宽度	钢板厚度
		6000 ±0.5	450 ±0.5	40 ±0.5
实测尺寸	6000.3	450.3	40	
结论	经实测检验，目标达到尺寸要求			
完成时间	2018年7月31日-8月20日			
完成地点	加工车间			
负责人	王新国			
制表人：刘子明 制表时间：2018.8.20				

5.4 对策实施四：统一规格设计组装

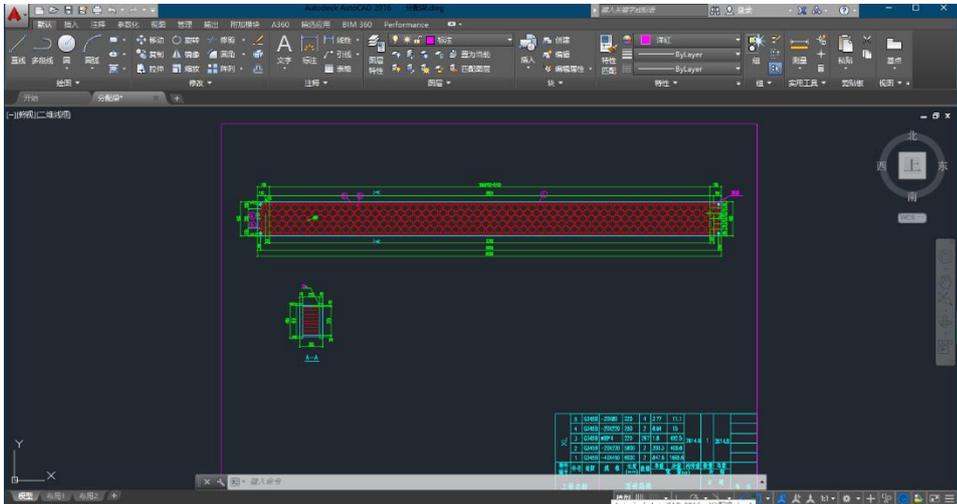
实施四	统一规格设计组装
目标	分配梁整体长度、宽度、高度、直径 100%符合设计要求 (长度允许误差±0.5mm)
实施过程	措施 1：按设计要求绘制分配力设备图纸
	 <p>图 71 分配梁图纸</p>
	措施 2：按图纸对分配梁进行装配



图 72 分配梁加工图



图 73 焊接完成的分配梁

措施 3: 按设计要求绘制分配力设备顶推施工工程图

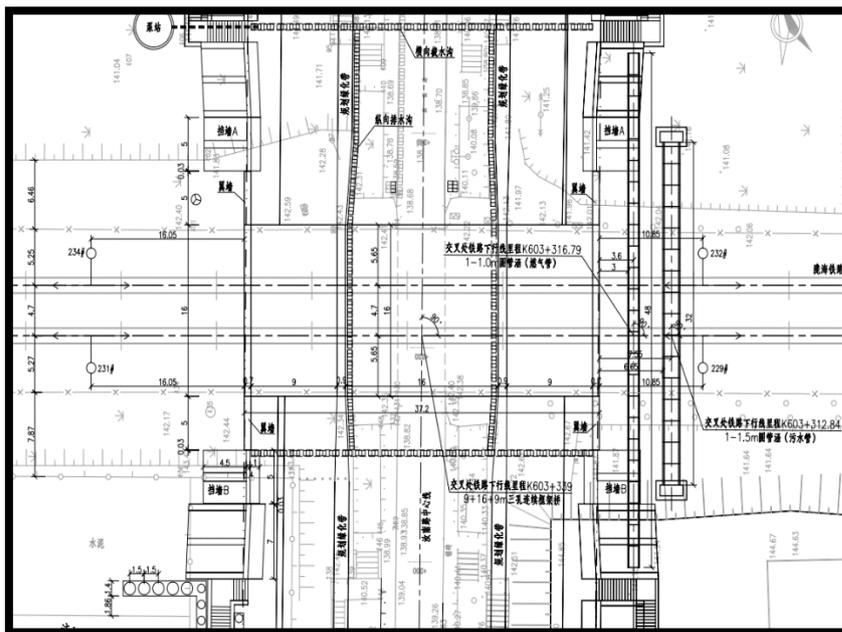


图 74 框架桥平面布置图

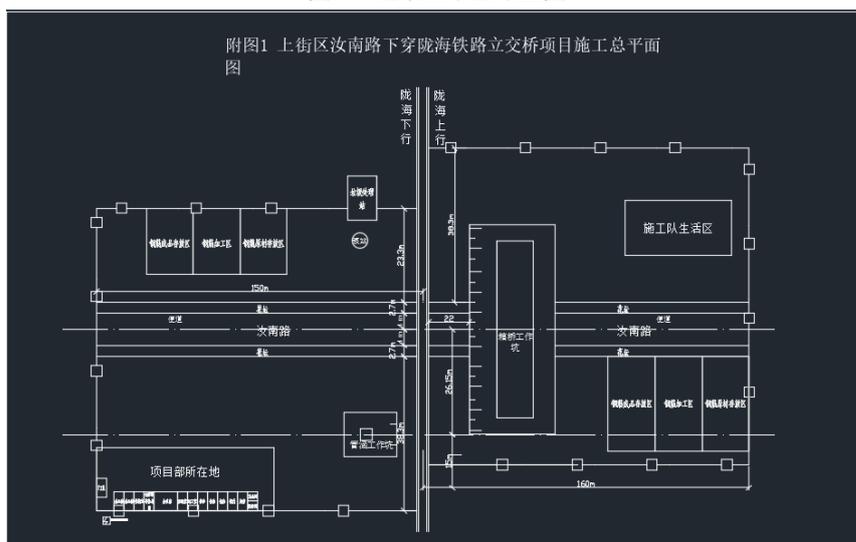


图 75 顶进施工平面图

目标检查	对分配梁装配尺寸进行确认：			
	表 30 分配梁装配尺寸检查表			
	分配梁装配尺寸检查表 单位：mm			
	分级方案	分配梁主体	拼接件	稳定结构
	设计装配尺寸	6000 (±0.5) × 450 (±0.5) × 300 (±0.5); φ 89 (±0.5)	450 (±0.5) × 300 (±0.5) × 20 (±0.5)	6000 (±0.5) × 450 (±0.5) ×40 (±0.5)
实测装配尺寸	6000.3×450.3× 300.1; φ 89	450.3×300.1× 20	6000.3×450.3×40	
结论	经实测检验，目标达到尺寸要求			
完成时间	2018年8月21日-9月15日			
完成地点	加工车间			
负责人	王新国			
制表人：王新国 制表时间：2018.9.15				

5.5 对策实施五：组装实验及调试

实施五	组装实验及调试					
目标	根据活动目标设定：施工拼装时间≤4h30min；变形、崩镐频次≤7次/施工。					
实施过程	措施 1：测试施工拼装时间					
	表 31 设备拼装时间实验记录表					
	设备拼装时间实验记录					
	<table border="1"> <tr> <td>实验目的</td> <td>实测分配力设备拼装所需时间，得出平均摆放时间，以推测施工所需时间。</td> </tr> <tr> <td>实验设备</td> <td>20T 汽车吊 1 台、吊装带、分配梁、传力柱、千斤顶、秒表</td> </tr> <tr> <td>实验原理</td> <td> <p>根据现场施工情况，千斤顶顶程为 1.2 米，分配梁宽度 0.45 米、传力柱尺寸为 0.5 米、1 米、2 米、4 米。现场尽量选取较长的传力柱，减少接头个数，保证整体稳定性。0.5 米传力柱为调整用。故组装分配梁时存在以下情况（以 32 米的箱涵，每孔需 8 列传力柱为例）：</p> <p>(1) 拼装 0.5 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(2) 拼装 1 个 1 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(3) 拼装 1 个 2 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(4) 拼装 1 个 4 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(5) 撤下 1 个 0.5 米传力柱，拼装 1 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(5) 撤下 1 个 1 米传力柱，拼装 2 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> </td> </tr> </table>	实验目的	实测分配力设备拼装所需时间，得出平均摆放时间，以推测施工所需时间。	实验设备	20T 汽车吊 1 台、吊装带、分配梁、传力柱、千斤顶、秒表	实验原理
实验目的	实测分配力设备拼装所需时间，得出平均摆放时间，以推测施工所需时间。					
实验设备	20T 汽车吊 1 台、吊装带、分配梁、传力柱、千斤顶、秒表					
实验原理	<p>根据现场施工情况，千斤顶顶程为 1.2 米，分配梁宽度 0.45 米、传力柱尺寸为 0.5 米、1 米、2 米、4 米。现场尽量选取较长的传力柱，减少接头个数，保证整体稳定性。0.5 米传力柱为调整用。故组装分配梁时存在以下情况（以 32 米的箱涵，每孔需 8 列传力柱为例）：</p> <p>(1) 拼装 0.5 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(2) 拼装 1 个 1 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(3) 拼装 1 个 2 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(4) 拼装 1 个 4 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(5) 撤下 1 个 0.5 米传力柱，拼装 1 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p> <p>(5) 撤下 1 个 1 米传力柱，拼装 2 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；</p>					

	(6) 撤下 1 个 1 米传力柱，撤下 1 个 2 米传力柱，拼装 1 个 4 米传力柱，8 列传力柱排列一组分配梁；					
实验步骤	1. 吊车现场选好支点，做好吊装前准备 2. 每孔有 8 列传力柱，故一次吊装一排共 8 个，8 列传力柱需一个分配梁 3. 分配梁摆放完成后，安放千斤顶					
实验过程						
测量	第一组	第二组	第三组	第四组	第五组	平均时间
拼 0.5 米*1 排 (8 个)	23min	27min	31min	29min	29min	27.8min
拼 1 米*1 排 (8 个)	30min	33min	34min	32min	35min	27.2min
拼 2 米*1 排 (8 个)	31min	32min	35min	33min	31min	32.4min
拼 4 米*1 排 (8 个)	51min	57min	54min	59min	55min	55.2min
撤 0.5 米*1 排 (8 个)，拼 1 米*1 排 (8 个)	73min	80min	74min	77min	69min	74.6min
撤 1 米*1 排 (8 个)，拼 2 米*1 排 (8 个)	134min	140min	128min	152min	122min	135.2min
撤 1 米*1 排 (8 个)，撤 2 米*1 排 (8 个)，拼 4 米*1 排 (8 个)	197min	201min	188min	190min	189min	193min
实验结果	1. 第一组平均用时 27.8 分钟； 2. 第二组平均用时 27.2 分钟； 3. 第三组平均用时 32.4 分钟； 4. 第四组平均用时 55.2 分钟； 5. 第五组平均用时 74.6 分钟； 6. 第六组平均用时 135.2 分钟； 7. 第七组平均用时 193 分钟。					
结论	高精度分配力设备缩短了施工拼装时间，使同等规模施工工序降至为 3h13min，达到了实验目标 4h30min。					
制表人：宗辉 制表时间：2018.9.30						

措施 2：进行重载压力实验，测试变形崩镐率

表 32 分配梁重载压力实验

设备拼装时间实验记录

实验目的	实测分配力设备变形崩镐次数，得出变形崩镐率。								
实验设备	20T 汽车吊 1 台、吊装带、分配梁、传力柱、千斤顶、秒表								
实验过程									
实验序号	分配力设备主体	吨位 t	每分配力主体长度 m	2 个分配梁主体		3 个分配梁主体		4 个分配梁主体	
				偏角弧度°	横向分力 t	偏角弧度°	横向分力 t	偏角弧度°	横向分力 t
1 组	1 号	200	0.5	0	0	0	0	0	0
	2 号	400	0.5	0	0	0	0	0	0
	3 号	500	0.5	0	0	0	0	0	0
2 组	4 号	200	1	0	0	0	0	0	0
	5 号	400	1	0	0	0	0	0	0
	6 号	500	1	0	0	0	0	0	0
3 组	7 号	200	2	0	0	0	0	0	0
	8 号	400	2	0	0	0	0	0	0
	9 号	500	2	0	0	0	0	0	0
4 组	10 号	200	4	0	0	0	0	0	0
	11 号	400	4	0	0	0	0	0	0
	12 号	500	4	0	0	0	0	0	0
5 组	13 号	200	4.5	0	0	0	0	0	0
	14 号	400	4.5	0	0	0	0	0	0
	15 号	500	4.5	0	0	0	0	0	0
实验结果	1. 第一组分配力设备变形崩镐频次=0; 2. 第二组分配力设备变形崩镐频次=0; 3. 第三组分配力设备变形崩镐频次=0; 4. 第四组分配力设备变形崩镐频次=0; 5. 第五组分配力设备变形崩镐频次=0。								
结论	高精度分配力设备降低了变形崩镐频次，不仅达到了目标值≤7 次/施工，致使施工变形崩镐次数为 0。								
制表人：宗辉 制表时间：2018.10.10									

措施 3：通车后形成检测报告

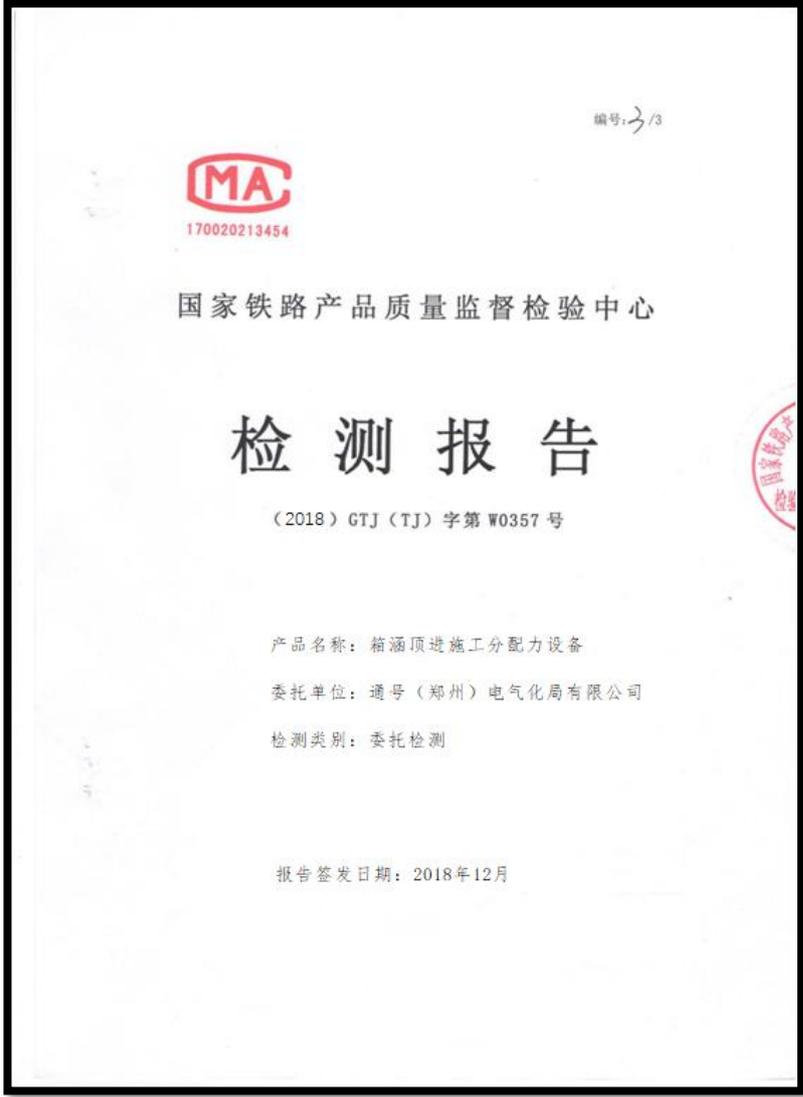
	 <p style="text-align: right;">编号: 2/3</p> <p style="text-align: center;">MA 170020213454</p> <p style="text-align: center;">国家铁路产品质量监督检验中心</p> <h2 style="text-align: center;">检测报告</h2> <p style="text-align: center;">(2018) GTJ (TJ) 字第 W0357 号</p> <p style="text-align: center;">产品名称: 箱涵顶进施工分配力设备 委托单位: 通号(郑州)电气化局有限公司 检测类别: 委托检测</p> <p style="text-align: center;">报告签发日期: 2018年12月</p>
结论	使用高精度分配力设备, 施工拼装时间 $\leq 4h30min$; 变形、崩镐频次为0。并通过国家铁路产品质量监督检验中心的监测, 产品合格。
完成时间	2018年9月16日-10月15日
完成地点	加工车间
负责人	宗辉
制表人: 宗辉 制表时间: 2018.10.15	

图 76 检测报告

6 效果检查

6.1 目标完成值情况

新型分配力设备结构简单, 施工安全, 成本降低, 特别是有效的减小了变形

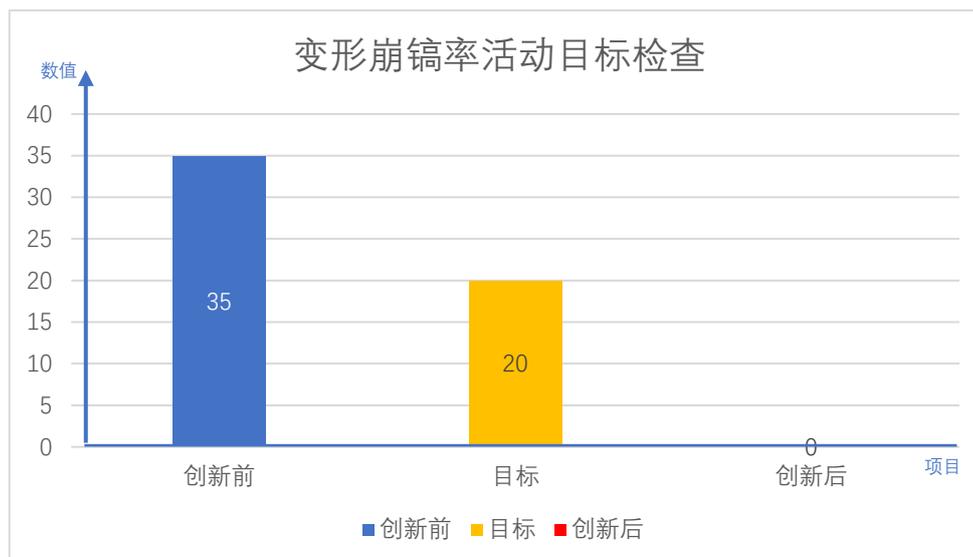
崩镐率，缩短了顶推施工时间，保持了系统结构的稳定性，保证了箱涵顶进施工的顺利进行，铁路线路的正常运营。

变形崩镐率较《铁路工程施工技术手册-桥涵》中，同等土质及同等规模施工顶进降低了 50%。本例顶力为 4800t，箱涵自重 3891t，实测施工时间如下表。

表 33 顶推施工时间记录表

顶推施工时间记录						
施工日期	箱涵位置	压力数 MPA	顶镐数量 台	顶力 T	顶程（累 积）	施工累积时 间 h
10.16	试顶	7	20	1868	0.5	4
10.18	前端入土	12	12	1920.5	20	8.5
10.19	下滑板	11	14	1920.5	25	13.5
10.20	接近一半	15	14	2626.4	30	21.5
10.22	涵身入土 80%	16	16	3191	36	29.5
10.24	全入土	18	16	3618.6	40	38.5
10.26	到位	18.2	16	3657.5	48	45.5
单组分配力设备施工破坏数量						
破坏方式	脱焊	变形	损坏	整体崩镐	合计	
数量	0	0	0	0	0	
制表人：周航 制表时间：2018.10.30						

由于保持了线路的稳定，实际施工顶推时间较原计划缩短了 181 分钟，分配力设备变形崩镐频次由原来的 35 次/施工，突破了目标值降为 0。



制图人：张昊旻 制图时间：2018. 11. 5

图 77 目标量化图

6.2 效益分析

表 34 效益分析表

效益分析																								
效益	效益分析																							
安全效益	新型分配力设备的引入，有效减小了变形崩镐率，缩短了顶推施工时间，保持了系统结构的稳定性，保证了箱涵顶进施工的顺利进行，铁路的正常安全运行增加了保障。																							
技术效益	<ol style="list-style-type: none"> 通过本次课题的研究，小组成员开阔了眼界，增长了见识，同时吸取到不同行业的先进经验。 通过本次 QC 活动，小组成员对分配力设备的结构原理、机械构造做到进一步的理解与认识。 新型分配力设备的研制与应用，提高了顶推施工时工人的操作水平及维修技术，降低了作业劳动强度。 提升了小组成员的创新力和研发能力。 这次攻关活动使 QC 小组积累了不少经验，总结了一套系统的施工管理和新型作业办法，为今后施工安全正点完成打下了坚实的基础。 																							
经济效益	<ol style="list-style-type: none"> 活动投入实验成本 <table border="1"> <thead> <tr> <th>型号</th> <th>装置</th> <th>原材料 元</th> <th>加工成本 元</th> <th>成本累计 元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">H3000</td> <td>分配梁主体结构</td> <td>260</td> <td>200</td> <td rowspan="3">1000</td> </tr> <tr> <td>拼接件</td> <td>50</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>稳定结构</td> <td>40</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>整体组装</td> <td colspan="2">230</td> <td rowspan="2">1200</td> </tr> <tr> <td>实验</td> <td colspan="2">200</td> </tr> </tbody> </table> <p>实验费用共计 1200 元。</p>	型号	装置	原材料 元	加工成本 元	成本累计 元	H3000	分配梁主体结构	260	200	1000	拼接件	50	100	稳定结构	40	120	整体组装	230		1200	实验	200	
型号	装置	原材料 元	加工成本 元	成本累计 元																				
H3000	分配梁主体结构	260	200	1000																				
	拼接件	50	100																					
	稳定结构	40	120																					
	整体组装	230		1200																				
实验	200																							

2. 节约工时效益

活动前后单节分配力设备施工时间对比								
施工工序 时间 min	吊装	覆土	压实	顶进	挖掘	拆除	合计	节约
活动前施工 顶推时间	48	40	36	50	40	28	242	181
活动后施工 顶推时间	20	0	0	20	0	21	61	
节约工时	铁路施工要点时间一天 120 分钟，181 分钟节约工时 2 天（周五、周六、周日不能施工要点）。							
节约人工费	200 人*200 元/天*2 天=80000 元							
节约机械费	吊车：1800 元/台班，共需 3 台；装载机：1500 元/台班，共需 3 台；挖掘机：2300 元/台班；共需 2 台；卡车：100 元/台班；共需 6 辆。 机械费：(1800*3+1500*3+2300*2+100*6) *2 天=30200							

工时效益共节约 110200 元。

3. 活动期间节约设备维修费用

设备型号	数量 个	出库 单价 元	使用 周期 次	更换 总数 个	一次投入 设备费用 元	设备更 换费用 元	
以往	L0.5	22	830	4	10	18260	8300
	L11	22	1770	4	10	38940	17700
	L2	22	2400	3	10	52800	24000
	L4	220	3800	3	150	836000	570000
新型	H500	22	1000	100	0	22000	0
	H1000	22	1800	100	0	39600	0
	H2000	22	2600	100	0	57200	0
	H4000	220	4550	100	0	1001000	0
合计	以往	1566000					
	新型	1119800					

设备节约费用：1566000-1119800=446200 元

节约费用共计：110200+446200-1200=55200 元

本单位财务证明：

	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>通号（郑州）电气化局财务部经济效益证明</p> <p>通号（郑州）电气化局有限公司于 2018 年负责施工的上街区郑州市汝南路拓宽工程，在箱涵顶进施工中，采用了“新型箱涵顶进施工分配力设备”，创新了施工工艺，加快了施工进度，提高了施工效益，节约了施工成本，确保了施工安全与工程质量。</p> <p>经测算节约施工工期两天，人工费 80000 元，机械费 30200 元，设备维修费用 445000 元，共计人民币 555200 元。</p> <p style="text-align: right;">通号（郑州）电气化局财务部 2018 年 11 月 20 日</p>  </div> <p style="text-align: center;">图 78 经济效益证明</p>
<p>社会效益</p>	<p>新型分配力设备的制造，降低施工成本，减少施工工期，保证了施工安全，突显了我公司的施工能力，得到了业主、监理单位和质检站的一致认可，为公司创出了良好的社会信誉。</p>
<p>制表人：王洪刚 制表时间：2018.11.30</p>	

7 标准化

7.1 纳入标准

巩固 QC 活动成果，保证新型分配力设备安全有效使用，在领导的大力支持下，小组将研究成果纳入通号郑州电气化局项目部标准化管理中。

表 35 标准化统计表

标准化统计					
序号	归档类型	标准文件	标准号	审批日期	审批人
1	设备档案	《箱涵顶进施工中分配力设备使用说明书》	Q/THZZ(TL)066-2018	2018.12	张新
2	操作规程	《箱涵顶进施工中分配力设备作业指导书》	Q/THZZ(TL)067-2018	2018.12	张新
3	设备档案	《箱涵顶进施工中分	Q/THZZ(TL)	2018.12	张新

《箱涵顶进施工中分配力设备使用说明书》		《箱涵顶进施工中分配力设备作业指导书》		《箱涵顶进施工中分配力设备质量标准》	
					
图 79 使用说明书		图 80 作业指导书		图 81 质量标准	
制表人：陈伯廉 制表时间：2018.12.10					

7.2 贯彻实施

为了更好地贯彻与落实新标准，由集团工程部部长组织全体项目负责人对新颁布的 3 项标准，进行理论与实操学习，经考试合格后，按标准进行维修工作。

7.3 申请专利

小组于 2018 年 3 月上旬对新型分配力设备进行发明型、实用新型专利申请。

表 36 专利申请统计表

发明型专利申请	
专利名称	箱涵顶进施工分配梁
专利号	201910185465.1
发文序号	2019031201957540



受 理
通 知 书

图 82 发明型专利申请受理通知书

实用新型专利申请

专利名称	箱涵顶进施工分配梁
专利号	20192039409. X
发文序号	2019031201801590

受 理 通 知 书	 <p>国家知识产权局</p> <p>郑州物资 183</p> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>300200</p> <p>天津市河西区大沽南路与利民道交口澳景大厦 1-402 天津英扬昊睿专利代理事务所（普通合伙） 石卓琼(15222833696)</p> </div> <div style="width: 35%;"> <p>发文日： 2019年03月12日</p> </div> </div> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <p>申请号或专利号：201920309409.X</p> <p>发文序号：2019031201801590</p> </div> <hr/> <p style="text-align: center;">专 利 申 请 受 理 通 知 书</p> <p>根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定，申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下：</p> <p>申请号：201920309409.X 申请日：2019 年 03 月 12 日 申请人：郑州中原铁道物资购销有限公司 发明创造名称：箱涵顶进施工分配梁</p> <p>经核实，国家知识产权局确认收到文件如下： 摘要附图 每份页数:1 页 文件份数:1 份 权利要求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份 权利要求项数： 3 项 说明书 每份页数:3 页 文件份数:1 份 实用新型专利请求书 每份页数:5 页 文件份数:1 份 专利代理委托书 每份页数:2 页 文件份数:1 份 说明书附图 每份页数:3 页 文件份数:1 份 说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份</p> <p>提示： 1. 申请人收到专利申请受理通知书之后，认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时，可以向国家知识产权局请求更正。 2. 申请人收到专利申请受理通知书之后，再向国家知识产权局办理各种手续时，均应当准确、清晰地写明申请号。 3. 国家知识产权局收到向外国申请专利保密审查请求书后，依据专利法实施细则第 9 条予以审查。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>审 查 员：自动受理</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>审 查 部 门：专利局初审及缴费大厅</p> </div> </div> <hr/> <p>201010 纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局受理处收 2018.10 电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。</p> <p style="text-align: right;">1 / 1</p>
<p>图 83 实用新型专利申请受理通知书</p> <p>制表人：宗辉 制表时间：2019.3.13</p>	

7.4 推广应用

由于验证期间新型分配力设备方案使顶推施工时间保持稳定，变形崩镐破坏现象消除，降低了用工量、提高了工作效率，此技术已成熟，新型分配力设备已批量生产。目前在我单位内部全体项目部进行推广应用。

表 37 推广生产应用表

推广生产应用			
推广单位	长度 mm	数量 个	成本单价 元
中原公司	3000	25	1000
郑铁公司	3000	17	1000
局直指挥部	3000	28	1000
合计		70	70000

制表人：刘子明 制表时间：2019.3.13

8 总结和下一步打算

8.1 新型分配力设备的创新点

表 38 创新分析表

新型分配力设备创新分析		
图例	创新点	分析
 <p>图 84 新型传力设备批量生产</p>	优化施工工艺流程	从根本上解决了顶推施工时应力集中的问题，传力性强，不易变形崩镐等破坏现象
	增强设备结构	结构轻小，简单便捷，便于单人操作
	施工便捷	减少工人返工率，便于拼接顶推，调运便捷
	缩短工期	便于安装施工，减少返工，大力优化工期
 <p>图 85 施工现场环境监测系统</p>	保护环境	无需覆土碾压，将以往的重度污染降低至轻度污染

制表人：王新国 制表时间：2019.3.14

8.2 综合素质评价

箱涵顶进施工中传力设备的改造研制与使用，创造性地解决了生产中的实际问题，收到了预期的效果。通过活动，小组成员的业务素质、发现问题、解决问题的能力都得到了进一步提升，对以后解决生产过程中的技术难题充满信心。

活动前后，小组采用打分制，在团队精神、质量意识、个人能力、管理能力、

QC 知识、创新能力六个方面进行评分，利用雷达图的方式可以清楚的看到活动前后小组成员得到了显著的提高。

表 39 自我评价表

评价项目	自我评价	
	活动前（分）	活动后（分）
团队精神	8	9.4
质量意识	9.2	9.7
个人能力	9.1	9.5
管理能力	8.9	9.3
QC 知识	8	9.7
创新能力	9.1	9.5

制表人：张昊旻 制表时间：2019.3.14

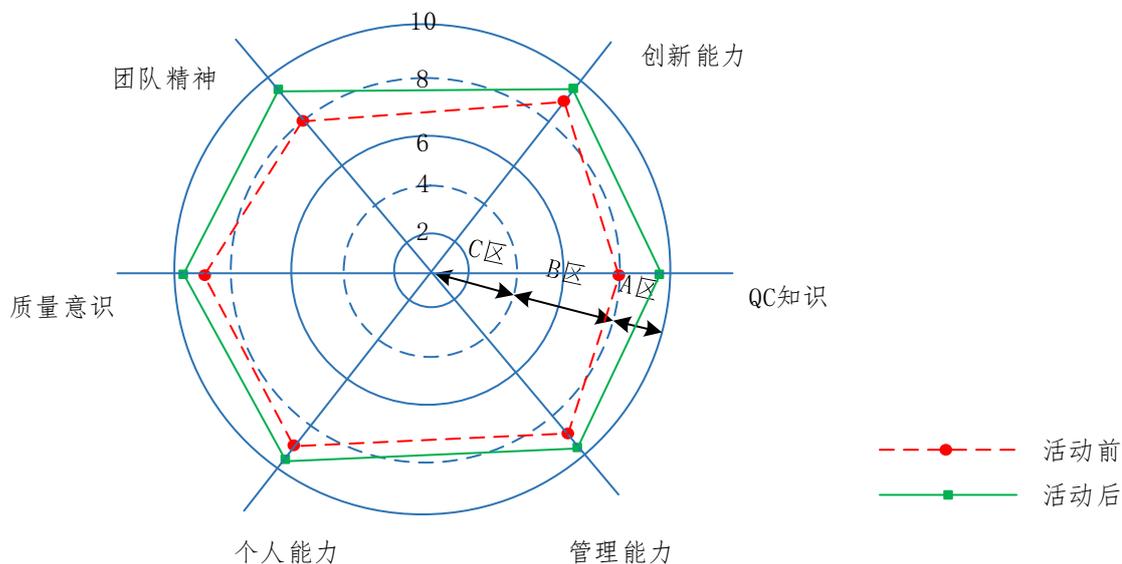


图 86 评价雷达图

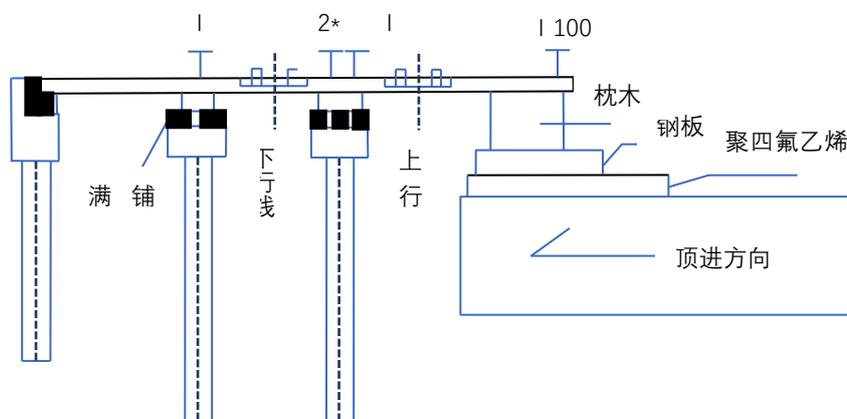
制图人：张昊旻 制图日期：2019.3.14

8.3 下一步打算

2019 年我们新起点 QC 小组将以“架空施工工程 32mD 的研制”作为我们的课题选择方向，以不断创新，持续发挥“小、活、新、实”为目的，以提高工程施工水平，活动宗旨。在工程施工中不断的创新改进。

箱涵架空顶进施工中，箱涵顶到位的前提是保证铁路线路的稳定，顶进施工前就需要架空线路，来保证行车的稳定。而现行施工中没有标准的架空设备，作

业指导来保证施工质量。下一步我们小组将研究“架空施工工程 32mD”，进一步规范架空顶进施工。



说明:

1.本图尺寸以厘米计; 2.根据现场实际情况调整垫木厚度。

图 87 箱涵顶进示意图

制图人: 张新 制图日期: 2019. 3. 15

表 40 箱涵顶进施工架空线路设备故障分析统计表

箱涵顶进施工架空线路设备故障分析统计		
架空设备分布	实测传力大小	故障频次 每施工
挖孔桩	100t	0
横抬梁组	100t	3
纵梁	100t	6
横抬梁	100t	3
纵梁	100t	6
紧固件	100t	5
合计		23

制表人: 陈伯廉 制表日期: 2019. 3. 15

表 41 涵顶进施工架空线路设备故障统计表

涵顶进施工架空线路设备故障统计					
故障工序 频次	挖孔 桩	横抬梁组	纵梁	横抬梁	紧固件
故障频次/每施工	0	3	12	3	5
累计故障频次/每施工	23				

制表人: 陈伯廉 制表日期: 2018. 3. 15

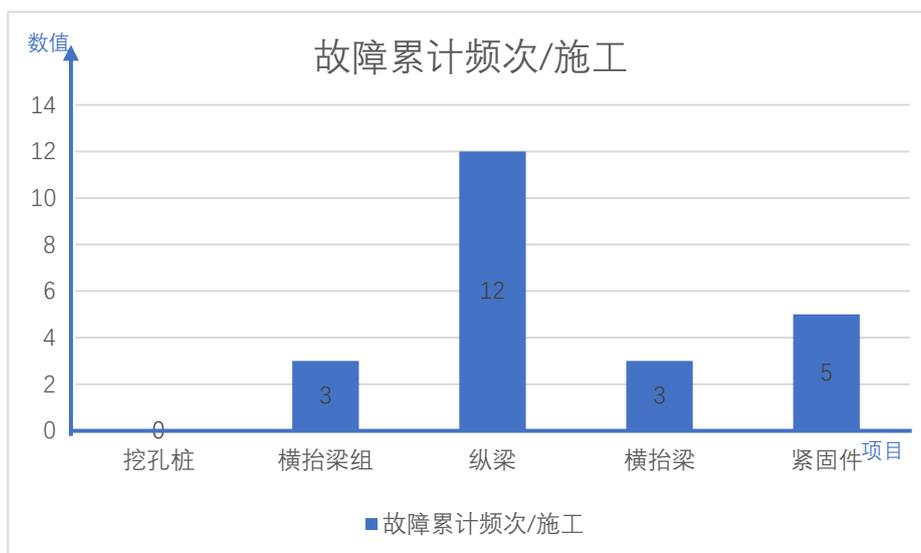


图 88 涵顶进施工架空线路设备故障统计柱状图

制图人：陈伯廉 制图日期：2019. 3. 15

选题理由：根据箱涵顶进架空线路施工流程故障统计，横抬梁组可以完全承接上道工序传来的压力稳定线路，而与横抬梁组紧邻的纵梁却在承接压力时，出现了变形、损坏等故障，延误了施工时间，影响了工程质量，增加了行车安全。

从故障分析图可以看出，纵梁作业故障率较高，故新起点 QC 小组将下次活动的课题定为：《架空施工工程 32mD 的研制》。