



武汉速安达建筑橡塑制品有限公司

水袋堆载预压法 在公路工程中的应用

(2018年5月第一版)

办公地址：武汉和平大道980号杨园新村B1-2-301
电 话：027-51158088
公司网址：<http://www.sasdzl.com.com/>
电子邮箱：1751658887@qq.com

一、 公司简介

- ▶ 武汉速安达建筑橡塑制品有限公司专业从事橡塑类工程水（气）囊应用开发，主要有试（预）压水袋、柔性浮式防波堤、路基堆载预压水袋、充气浮桥、水（气）囊等橡胶、PVC/TPU类材料工程装备的设计、生产、施工和租赁服务，我们的经营宗旨是专业、专心、专注

公司坐落于被业内称为“中国建桥之都”的湖北武汉，拥有3000平米的生产车间，员工50余人，其中专业技术人员达26人；专注于PVC涂层布、橡胶类的产品设计、加工和施工；武汉速安达建筑橡塑制品有限公司着眼于高速发展的路桥、码头、矿产等建筑市场，提供更安全、高效、经济的个性化产品服务于客户。

- ▶ 公司于2015年与武汉理工大学联合建立“海工橡塑装备研发中心”，依托高校的人才和技术优势，正在“产学研用”结合道路上阔步前进。



“海工橡塑装备研发中心”
挂牌成立

1、 软土路基水袋预压

1、 软基水袋预压法来源

目前高速公路软土地基建设受软土地基承载力差、含水量大、渗透性弱等特点影响，常出现沉降问题，不仅影响行车安全性及舒适性，而且增加公路营运成本。因此采取有效措施解决高速公路沉降现象成为当下急需解决的重要课题，而堆载预压排水固结法是当前软基处治的主要方法之一。

传统软土路基堆载预压采用填土（砂石）来加载，这种方案对机械、堆载土（砂石）料需求量大，施工工序复杂繁琐，成本高，影响当地环境。针对传统软基土（砂石）堆载预压法的缺点，我公司在前人研究成果上，系统性地开发出一种新型的软基堆载排水固结法—水袋堆载预压法。



湖南卫视专题报道



路基堆载水袋现场

2、水袋堆载预压水袋优缺点

路基堆载方式 项目	传统方式 填土堆载	新型方式 密封水袋堆载
施工设备	挖机、后八轮、推土机、压路机	水袋、水泵、水管
施工效率 (选取100m长、19m宽路基)	在天气良好、土源充足、机械配合到位等的前提下，需要约5天时间； 施工过程繁琐复杂，卸土后要推平、分层碾压，预压完成后，还需要大量机械取土转运，施工效率较低。	不受天气影响，只要水源充足的情况下2天即可完成； 大大节约了时间，降低外部环境的对进度影响，关键施工过程简单，充完水即可进行预压，预压完成后直接排水卸压，施工效率和简易性大大提高。
施工成本	使用大量大型机械设备，成本较高	使用机械极少，较传统方式至少节约1/2成本
施工安全	各种机械交叉作业极易引起安全事故	所需机械设备很少，风险源极少
施工环保	1、需土量巨大，就近取土极易破坏当地的生态环境，且后期弃土，同样会带来严重的环境问题，违反国家的环保政策； 2、使用大量大型机械设备，造成资源浪费，与国家的节能减排政策相违背； 3、运土过程中撒落在道路上的泥土极易造成晴天一身灰，雨天一身泥，破坏当地的交通，也与安全文明施工相悖。	利用当地丰富的水资源进行预压，施工中仅仅用到水泵、空压机等小型设备，造成环境污染基本可以忽略不计，同时也大大节约了国家资源，响应了国家节能减排的号召，而且预压完成后，水可重新排放至附近河流，不会破坏当地的水资源。



运土车过后尘土飞扬



大量运土车、挖机、推土机配合堆土



挖山取土后满目疮痍



弃土后植被破坏



水袋预压干净整齐



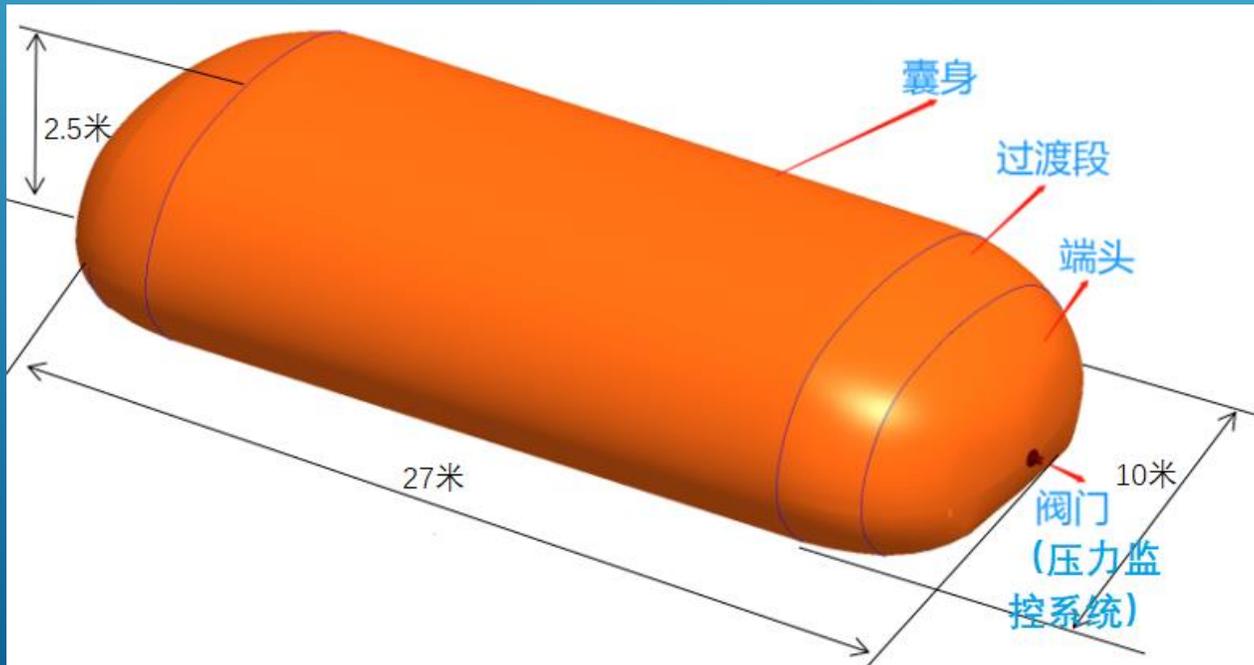
水袋预压干净整齐

▶ 3、水袋堆载预压系统组成

包括水袋系统、加载系统、安全控制系统及零星设备系统，详细配置见表1；

其中第一代水袋采用E-PVC材料过渡，第二代水袋采用性能更优的橡胶布材料，其性能参数详见表2。

水袋由密封水袋、进（出）水阀门、排气阀门组成，根据常规路基堆载荷载要求，目前标准的路基堆载水袋尺寸有 $27\text{m} \times 10(5)\text{m} \times 2.5\text{m}$ 、 $19\text{m} \times 10\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，具体尺寸可根据项目实际要求定制，水袋最大充水高度可达3m，可以提供30KPa的堆载压力，基本可以满足国内目前路基堆载荷载要求，其结构如下图所示：



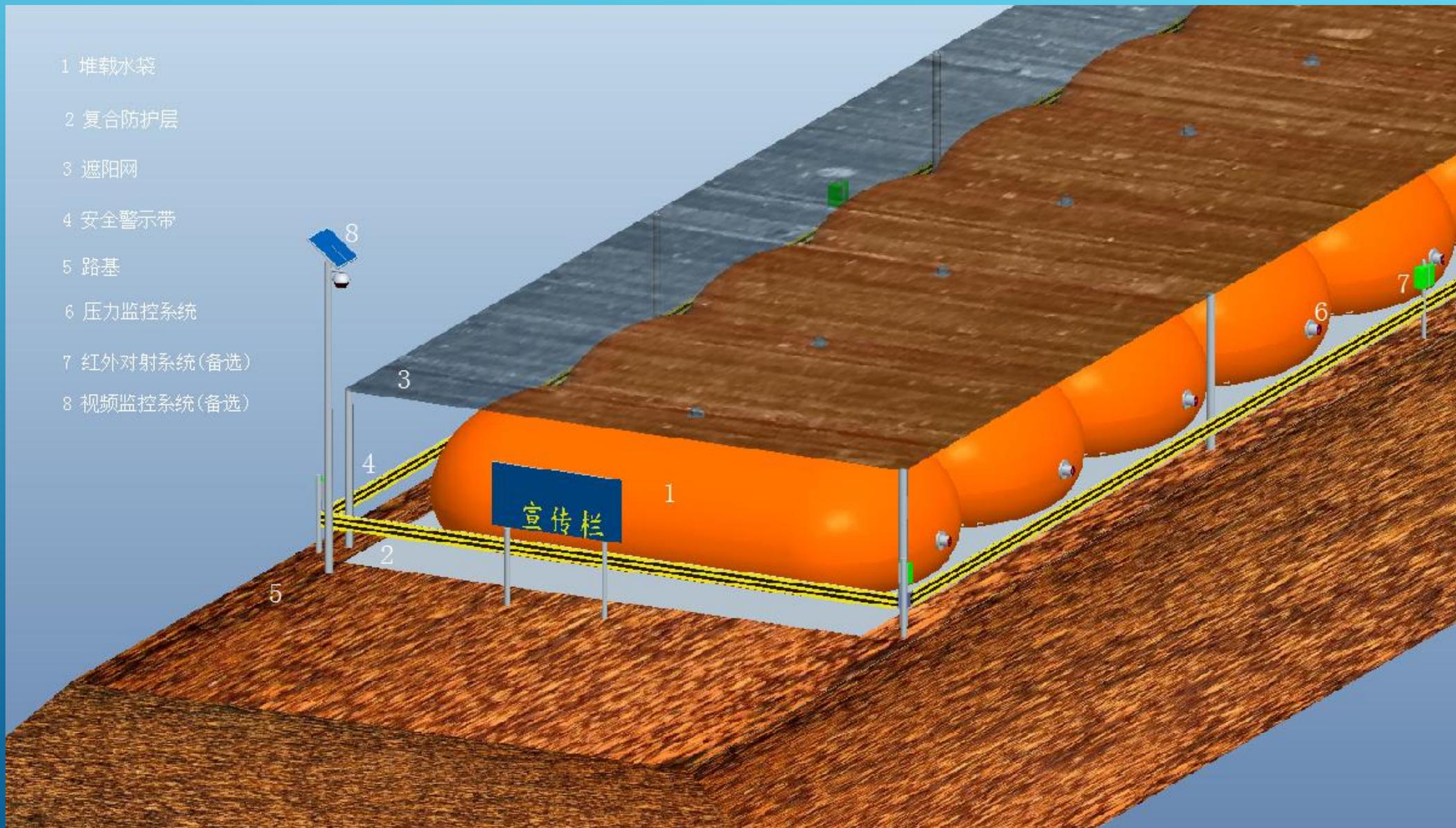
水袋结构效果图

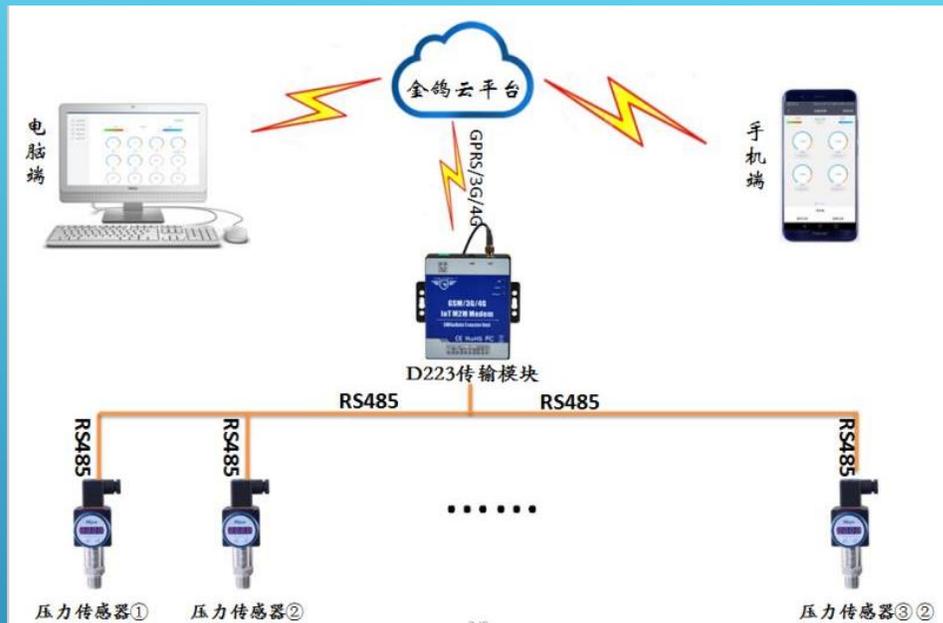


水袋实物图

水袋堆载预压安全控制系统总图

- 1 堆载水袋
- 2 复合防护层
- 3 遮阳网
- 4 安全警示带
- 5 路基
- 6 压力监控系统
- 7 红外对射系统(备选)
- 8 视频监控系统(备选)





水袋水压监控系统



太阳能红外电子围栏系统



现场视频监控系统



现场电子围栏系统



压力监控系统

表1

编号	设备类型	设备名称
1	水袋系统	水袋
2	加载系统	潜水泵
		增压泵
		气泵
		水管
3	安全控制系统	视频监控
		电子围栏
		压力监控
		安全警示标语
4	零星设备	多功能集装箱
		遮阳网
		土工复合膜
		电线
		热风枪
		电缆
		配电箱
		卷线盘
		三角板手
		剪刀
		螺丝刀



11KW高压潜水泵



7.5KW高压螺旋气泵



5KW增压泵



视频监控设备



电子围栏设备



压力监控设备

表2

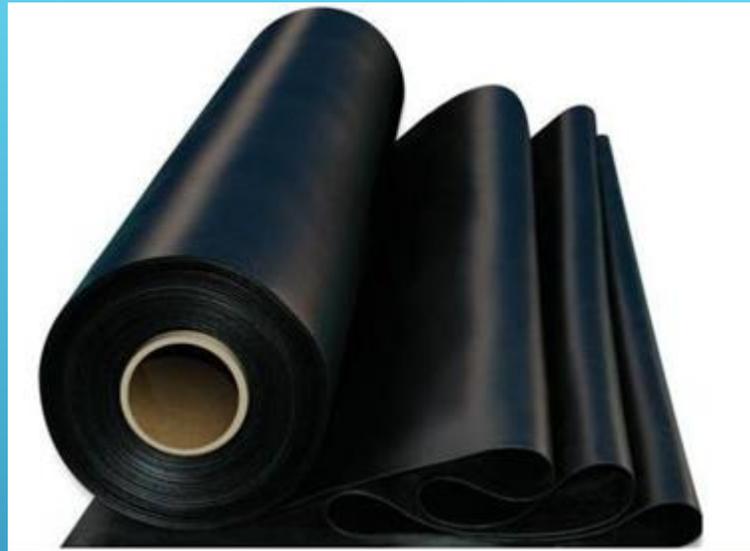
材料类型	E-PVC (第一代过渡)	橡胶布 (标准)
涂层类型	E-pvc	橡胶
厚度	1.8mm	1.5—2.5mm
重量	2200 g/ m ²	2100—3500 g/ m ²
拉力强度	经 (纬) 向 5000N/5cm	经 (纬) 向 8000N/5cm
设计寿命	2年以上	5年以上
使用温度	-20 ~70 °C	-30 ~100 °C
特性	防紫外线, 防冻, 表面处理	防火, 防霉, 防冻, 防紫外线, 耐磨防刺

本公司在武汉理工大学“海工橡塑装备研发中心”的支持下，打破传统帘子线橡胶水袋和冷粘橡胶水袋加工工艺，从橡胶的配方、加工工艺、加工设备着手研究，开发的整体硫化成型橡胶堆载预压水袋，与传统的方法相比，继承了传统橡胶材料的强度高、耐磨性好、耐老化、密封性好等特点；同时降低1/3左右成本，1/2左右重量，还具有良好的加工性能和速度。

在“海工橡塑装备研发中心”的支持下通过数值仿真和三维塑形消除水袋端部相贯线集中应力，安全高度由原来的1米提升到3米，既提高预压水袋安全性和经济性，又有更美观外观。



橡胶压延



半成品橡胶卷材



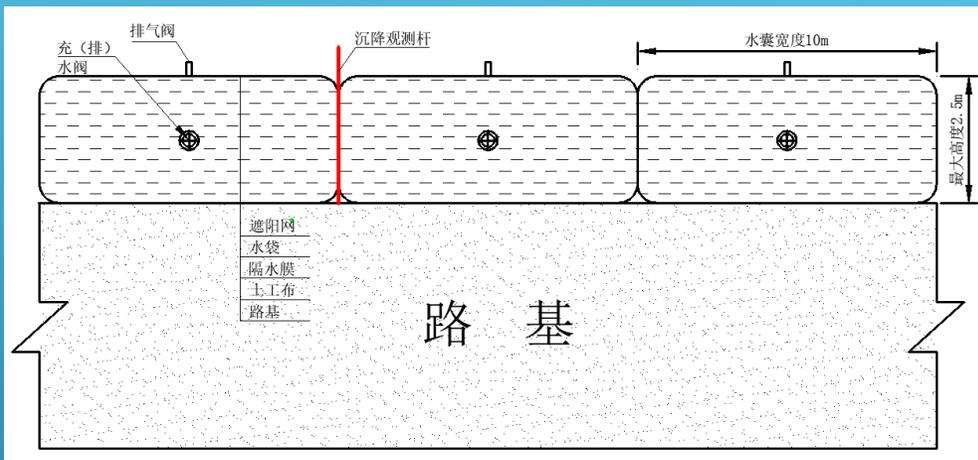
整体硫化成型（自行开发）



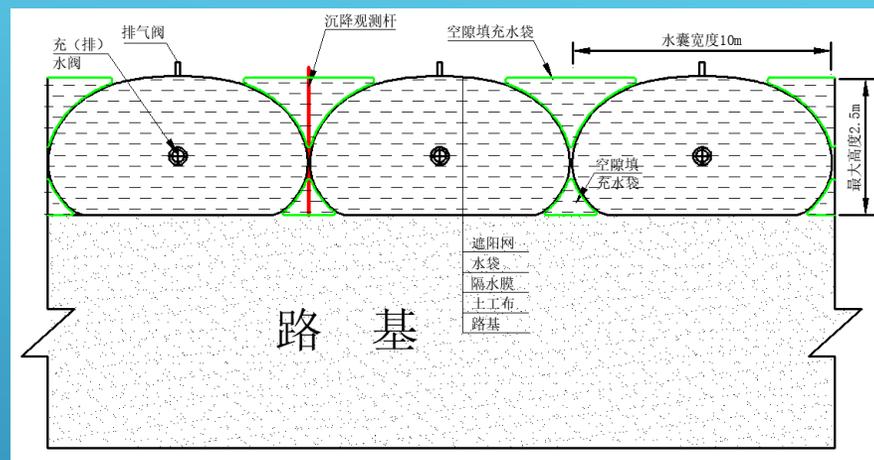
橡胶水袋各种实验

4、水袋堆载预压施工工艺

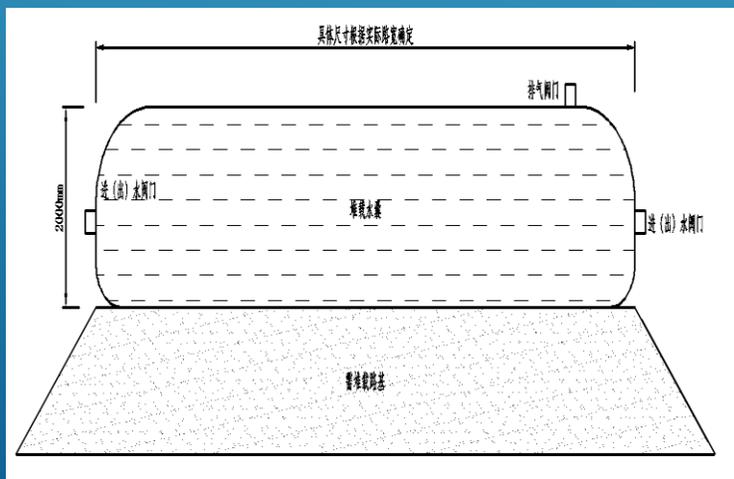
清理路基 → 水袋铺设定位 → 土工布、隔水膜铺设 → 水袋充气展开 → 水袋注水加载
→ 全监控系统安装 → 遮阳网铺设 → 日常安全巡查 → 水袋卸水 → 水袋打包转场



路基堆载水袋横断面布置图（高度2m以内）



路基堆载水袋横断面布置图（高度2m-3m）



路基堆载水袋横断面布置图



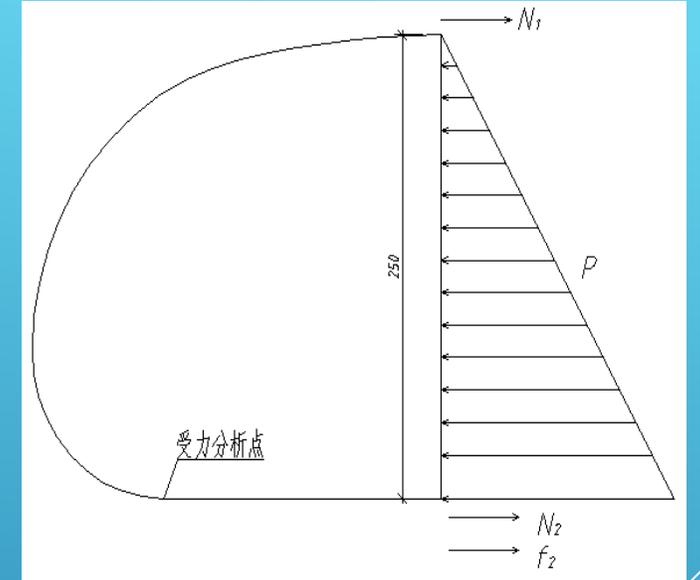
路基堆载水袋现场布置效果图

5、密封水袋受力分析

5.1 水袋充水高度、袋身受力理论函数关系

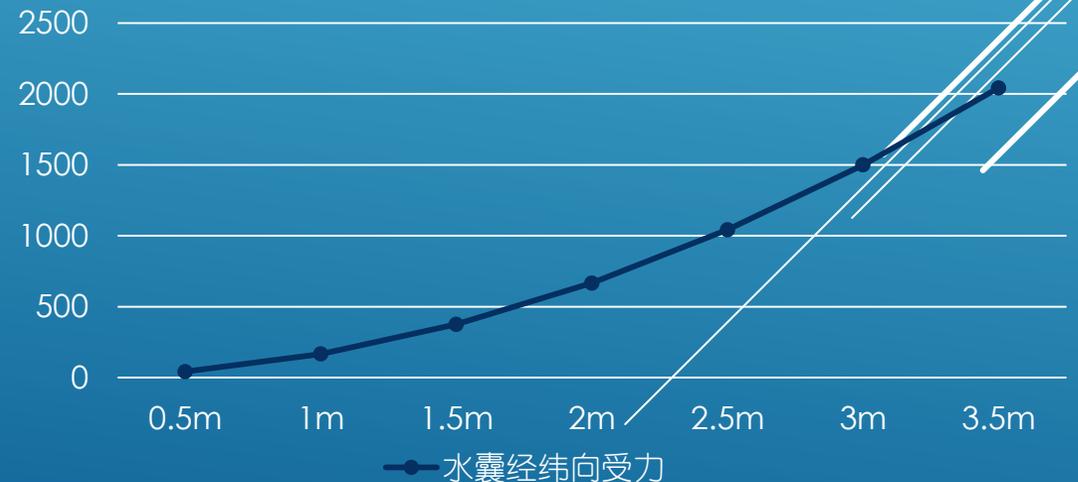
假设水袋充水高度为H米，不考虑顶部空气压力，按理想状态分析水袋受力。现取5厘米宽（材料检测标准宽度）水袋单元材料受力最大处分析，如下图所示：

- ▶ 其中N1、N2为水袋单元拉力，P为水袋内压力，f2为地面摩擦力，根据力矩平衡： $N2 \times H = P \times 2H/3$ ， $P = \rho g L H^2 / 2$ ，其中L为单元宽度。
- ▶ 袋体材料最大受力： $N2 = \rho g H^2 L / 3$ （注：此计算理论未考虑内部空气压力等因素，结果较实际偏小）。



编号	水袋高度H (m)	5cm宽材料经、纬向最大受理论值力 (N)
1	0.5	42
2	1	167
3	1.5	375
4	2	667
5	2.5	1041
6	3	1500
7	3.5	2041

水袋经纬向受力



▶ 5.2 水袋充水高度、袋身受力关系试验

为了准确的分析袋身受力与充水高度的关系，在10*5*2.5m高试验水袋的阀门处连接一个智能压力表，压力表距离顶部1.5m，通过压力表的读数，可以反推处水袋袋身的实际受力状态。

根据压强公式： $P = \rho g H$ ，1.5m高水头高度理论压强为： $P = 1000 \times 9.8 \times 1.5 = 14.7\text{KPa}$ ，实测1.5m处压强为21KPa，可以反推处顶部气压按 $(21-14.7)\text{KPa}$ ，即6.3KPa计（注：水袋高度越高，顶部气压越大，此值与水袋高度成反比）。

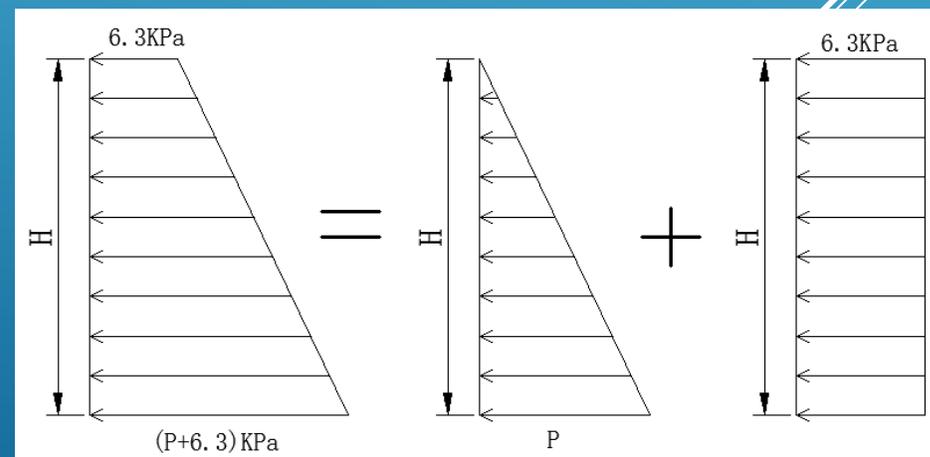
由此可以推算出水袋袋身实际受力与充水高度的函数关系为：

$$F = \rho g H^2 L/3 + 6300HL/2 \quad \text{。} \quad \text{（注：1m以上水袋开始计顶部气压）}$$



袋身受力试验

编号	水袋高度H (m)	5cm宽材料经、纬向最大受力实际值 (N)	材料经纬向拉力强度 (N/5cm)	安全系数
1	0.5	42	8000	190
2	1	324.5		24
3	1.5	611		13
4	2	982		8
5	2.5	1434.75		5.6
6	3	1972.5		4
7	3.5	2592		4



受力计算图例

7、施工现场照片



路基平整



隔离层摊铺



水袋吊装到位



水袋展开



充气辅助水袋摊铺



人工辅助水袋摊铺



边坡隔水膜铺设



水袋摊铺完成

四、在建项目

目前我公司在南益高速四标、南益高速五标、兴宁至汕尾高速三标，同时有四个项目在洽谈中，随着2018年5月15日湖南卫视深度报道了“南益高速全省首推水载预压路基方案”，同时也拉开了参观和技术推广的热潮，省高管局工程处、湖南交水建集团、湖南省交通规划设计院、平益高速、安慈高速等主管单位莅临参观指导，2018年公司投入3000余万元可同时满足10公里路基堆载业务。



南益高速四标
(K18+910-K25+712)



兴宁至汕尾三标
(K11+483-K16+483)



南益高速五标
(K27+700-K35+092)



湖南交水建集团领导视察



我公司施工人员现场安全巡查



湖南卫视专题报道视频

<http://news.cctv.com/2018/05/17/VIDEvjvdKTUq4iA50Fsjobpxz180517.shtml>



汕尾水袋路基堆载段航拍视频

<https://v.qq.com/x/page/j0666me3die.html>

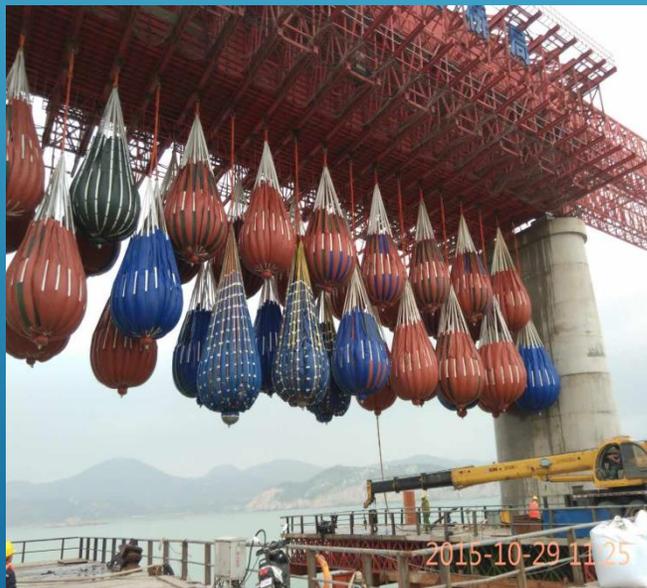
五、 桥梁支架预压水袋

5.1 预压水袋来源

传统的现浇箱梁支架预压施工采用吨袋、砣块、型材等材料，需要大量的运输、装卸、吊装作业，运输费用大、装卸时间长、吊装风险高同时施工费用也，我公司首创提出采用敞口、密封水袋、吊重水袋的支架预压方案，与传统方式比节约了约2/3的施工周期和施工费用，其简单实用、安全快捷、价格低廉的特点已得到广大行业认可，广泛应用于全国各地桥梁支架预压施工，取得了良好的效果和积极的评价。



益阳大桥牵索挂篮吊袋预压



平潭公铁两用桥移动模架预压



沪通长江大桥钢桁架配载

5.2 样板工程



安徽池州长江大桥



淮安市内快速路



超窄匝道预压



100吨水袋验收



500吨水袋验收



100吨橡胶水袋验收



大面积预压



3米高150吨水袋预压



钢桁架预压



大吨位挂篮预压



高墩挂篮预压



Φ6×12米气囊验收

5.3 预压水袋结构

- ▶ 预压水袋包括：PVC袋身、外网、进（排）水阀门。
- ▶ 配套设备：7.5KW高压水泵、增压泵、3寸高压水管、水管接头、焊枪、风机等。
- ▶ 规格：密封水袋常用规格为 $10\times 5\times 2\text{m}$ ， $10\times 5\times 2.5\text{m}$ ， $10\times 5\times 3\text{m}$ ；吊重水袋常用规格为50t（ $\Phi 5\text{m}\times 8\text{m}$ ）、30t（ $\Phi 4.4\text{m}\times 7\text{m}$ ）、10t（ $\Phi 3\text{m}\times 6\text{m}$ ），具体规格可根据实际要求定制。
- ▶ 工作效率：一条 $10\times 5\times 2.5\text{m}$ 规格的密封水袋和50t吊重水袋可在2-3h充满水，配合增压泵，扬程可达40m。
- ▶ 重量：一条 $10\times 5\times 2.5\text{m}$ 规格水袋重量约200kg。
- ▶ 材质：袋身材料采用PVC，经向抗拉强度 $>4000\text{N}/5\text{cm}$ ，纬向抗拉强度 $>4000\text{N}/5\text{cm}$ ；



PVC袋身

外网

进（排）水阀门

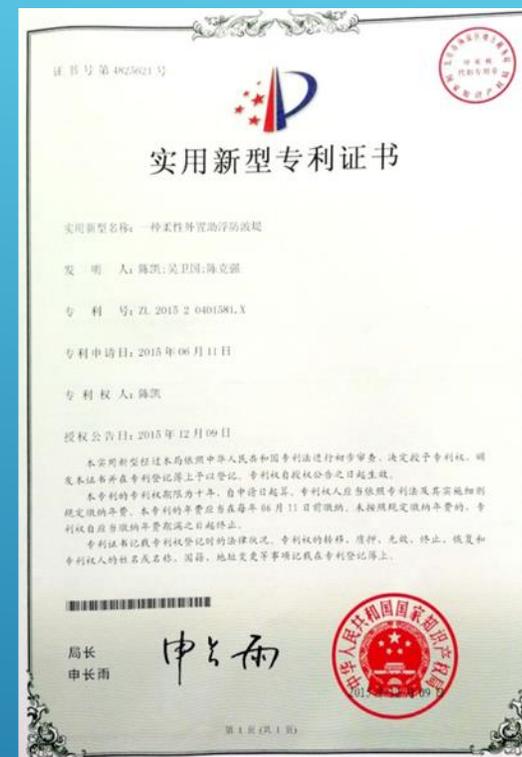
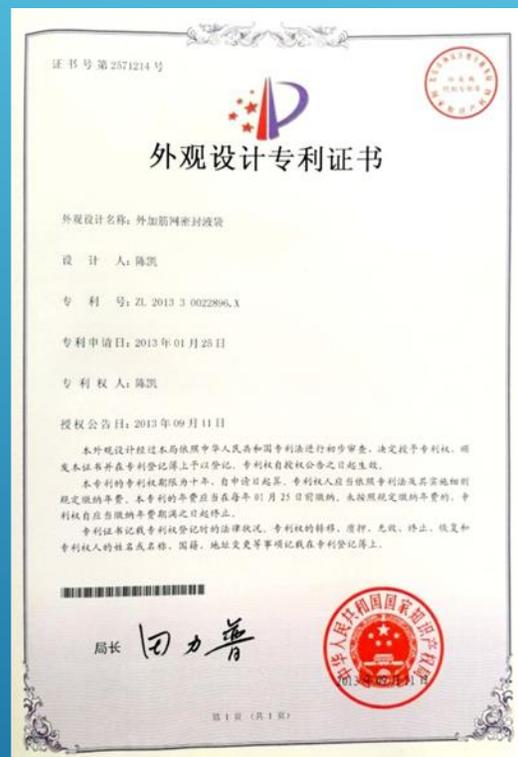


吊网

PVC袋身

进（排）水阀门

六 公司知识产权



八、用户意见（典型代表）

用户意见反馈表			
项目名称	沪通长江大桥天生港航道桥 4#-5#墩钢桁梁安装水袋配重施工		
施工单位	中交二航局沪通长江大桥TQ-1标段一工区项目经理部	项目地址	南通市通州区平潮镇
施工人员		施工时间	2016年11月
项目简介	<p>沪通长江大桥是新建沪通铁路全线的控制性工程，也是世界首座跨度超过千米的重载公铁两用桥梁，大桥全长11072米，主通航孔采用主跨1092米的钢桁梁斜拉桥结构，辅通航孔专用轨道桥采用主跨336米的钢桁梁柔性拱桥结构。</p> <p>专用轨道桥施工难度大，合龙精度控制在毫米级，为了满足钢梁悬臂架设过程中抗倾覆稳定的要求（M稳>1.3M倾），需在边跨进行压重，每边跨压重达到4000吨。由于桥面处于距离江面90余米的高空，如采用传统的混凝土块或沙袋试压，单墩4000吨的配载量运输、吊装费时费力、安全风险大；经多次与武汉速安达公司商讨方案，最终采用该公司生产的外加筋密封水袋作为配载体，施工过程中克服了90米高的输水扬程，繁琐的循环交叉平衡配载，仅用了3天时间全部配载到位，在60多天的配载过程中经历了寒冬高空冰冻天气，未出现渗漏现象，配载场地干净整洁，文明施工情况良好。与传统沙袋相比，水袋压载不仅节约了时间，而且节省了施工费用。</p>		
技术水平	产品技术科学合理、使用快捷，是先进的预压产品		
劳动纪律	能严格遵守甲方要求，24小时随叫随到		
意见建议	此工艺值得大力推广，制造更高水位密封水袋适应更大的荷载预压要求		



以色列阿什杜德港口及防波堤工程项目经理部

服务内容确认函

经核实，“武汉速安达建筑橡胶制品有限公司”在2016年7月-9月期间，为项目部提供柔性浮式防波堤结构，配备监测仪器、配套技术资料及服务符合合同及相关规范要求，无相关扣款，同意相关部门按照合同为该单位办理付款手续。

合同执行部门： 技术部

经办人： 王雪峰 2017.6.11

部门负责人： 彭兵 2017.6.11

分管领导： 杨军 2017.6.11

确认日期： 2017.6.11

用户意见反馈表

中铁大桥局集团第五工程有限公司 武汉西四环汉江特大桥 项目经理部

中铁大桥局集团第五工程有限公司 (盖章)

项目地址：湖北·武汉·东西湖

联系人：尹振君 电话：13618615056

项目介绍

施工单位		
项目名称	中铁大桥局集团第五工程有限公司武汉西四环汉江特大桥	
施工单位	中铁大桥局集团第五工程有限公司	
项目地址	湖北·武汉·东西湖	
联系人	尹振君	电话 13618615056
项目介绍		
施工人员	施工时间	2014年9月
项目简介	<p>武汉市西四环汉江特大桥位于东西湖区和蔡甸区，桥全长909m，桥跨布置为(77+100+360+100+77)+(3*65)m，为双塔双索面预应力混凝土斜拉桥，大桥主梁宽度44米，是世界上同类型桥梁中最宽，挂篮总长17.5米，宽度49.1米，高度2.5米，两套挂篮总重600多吨，是目前国内最宽最重的前支点索挂篮。前期经过多次方案优化，最后单侧采用4*135吨密封水袋，8*12吨密封水袋，2*22吨吊重水袋（单侧压重荷载共680吨，两侧1360吨），四个水表计量，四台大功率水泵对两侧挂篮进行同步对称加水预压，由于挂篮上面空间有限采用新的“上压下挂法”（上面压密封水袋，下面挂吊重水袋），施工单位提前半个月进场做准备工作，于9月16日下午6时在项目部统一指挥下，加载组按方案分级均匀加载；科研单位密切检测相关数据，安全组盯控每一个关键部位，经过48小时紧张努力工作，超越超重前支点索挂篮安全圆满的完成了水袋试压，标志着一个新的挂篮试压工艺成功实施。</p>	
技术水平	有很强的创新精神，工艺先进。	
劳动纪律	积极主动。	
服务态度	有很强的安全和质量责任意识。	
意见建议		

单位名称：武汉速安达建筑橡胶制品有限公司
 办公地址：武昌和平大道980号杨园新村
 电话/传真：027-51158088 电子邮箱：1751658887@qq.com

用户意见反馈书

兹有武汉速安达建筑橡胶制品有限公司在2017年3月份与我部签订了《主桥钢箱梁吊装预压施工劳务分包合同》，在施工过程中贵司能够保质保量完成合同约定项目，未出现任何安全与质量问题。贵司施工负责人彭诚（身份证号430681197012303715）同志在履行合同过程中积极主动与我部进行沟通配合，工作细致、认真负责、在施工过程中注重安全，圆满的完成了本次预压施工项目，受到项目领导一致好评，予以表扬！

中交第二航务工程局有限公司 芜湖长江公路二桥主桥A-2标项目经理部
 2017年8月26日