



中华人民共和国国家标准

GB/T 26409—2011

流动式混凝土泵

Mobile concrete pump

2011-05-12 发布

2011-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	4
5 试验方法	7
6 检验规则	14
7 产品标牌	16
8 使用说明书	16
9 随机文件、包装、运输、贮存	16
附录 A (规范性附录) 流动式混凝土泵结构件强度计算规范和整机稳定性计算	17
附录 B (资料性附录) 流动式混凝土泵测试记录表	20
附录 C (规范性附录) 故障模式及分类举例	26

前 言

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国建筑施工机械与设备标准化技术委员会(SAC/TC 328)归口。

本标准起草单位：长沙建设机械研究院、上海汽车改装厂有限公司、三一重工股份有限公司、江苏徐州工程机械研究院、长沙中联重工科技发展股份有限公司。

本标准主要起草人：吴斌兴、陈保钢、苏建良、易秀明、孟庆勇、何育斌、杨军、吴凌云、邝昊、吴德志。

流动式混凝土泵

1 范围

本标准规定了流动式混凝土泵术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则、产品标牌、使用说明书和随机文件、包装、运输、贮存。

本标准适用于采用汽车底盘改装的流动式混凝土布料泵、车载式混凝土泵和搅拌布料泵。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3766 液压系统通用技术条件(GB/T 3766—2001,eqv ISO 4413:1998)

GB/T 3797 电气控制设备

GB/T 3811 起重机设计规范

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(GB 5226.1—2008,IEC 60204-1:2005,IDT)

GB 11118.1 矿物油型和合成烃型液压油(GB 11118.1—1994,neq NF E48-603:1983)

GB/T 12534 汽车道路试验方法通则

GB/T 12673 汽车主要尺寸测量方法

GB/T 13333 混凝土泵

GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号(GB/T 14039—2002,ISO 4406:1999,MOD)

GB/T 16710.4 工程机械 动态试验条件下机外辐射噪声的测定(GB/T 16710.4—1996,eqv ISO 6395:1988)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(GB/T 17626.3—2006,IEC 61000-4-3:2002,IDT)

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(GB/T 17626.4—2008,IEC 61000-4-4:2004,IDT)

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(GB/T 17626.5—2008,IEC 61000-4-5:2005,IDT)

GB 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分:标志要求

GB/T 18411 道路车辆 产品标牌

GB/T 19418 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南(GB/T 19418—2003,ISO 5817:1992,IDT)

QC/T 34 汽车的故障模式及分类

QC/T 252 专用汽车定型试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

流动式混凝土布料泵 mobile concrete pump with placing booms

在自行式底盘上或由牵引车拖挂的或搅拌运输车车上同时安装混凝土泵和布料臂的机械设备。

3.2

车载式混凝土泵 transported concrete pump

在自行式底盘上安装泵送单元的混凝土泵。

3.3

搅拌布料泵 truck-mounted concrete pump with mixing drum and placing boom

在自行式底盘上或拖车上安装有能生产和运送匀质混凝土的搅拌装置,并安装有泵送单元和布料臂的机械设备。

3.4

泵送单元 pumping unit

泵送单元由混凝土料斗、分配阀、控制系统、混凝土缸、水洗箱和推进装置等零部件所组成。

3.5

布料作业范围 placing boom opening area

流动式混凝土布料泵在布料作业状态下,布料臂上输送硬管出料口中心所能达到的区域。

3.6

整机总质量 complete vehicle gross mass

流动式混凝土泵上固有的所有固定及移动的部件质量之和,包括允许配装的输送管的质量、随机驾乘人员。对于带有搅拌运输筒的流动式混凝土泵包括规定运载的混凝土质量。

3.7

布料臂最大垂直高度 max vertical reach

流动式混凝土泵布料臂上输送硬管出料口中心与地面之间的最大垂直距离。

3.8

上料高度 filling height

流动式混凝土泵在作业状态下,地面与料斗进料口平面刚性物之间的垂直距离。

3.9

支腿跨距 stride of support

流动式混凝土泵支腿在作业最大位置时,支撑油缸的受力中心线(通常指油缸中心线)前后、左右方向的距离,包括前支腿跨距,后支腿跨距,左侧支腿跨距和右侧支腿跨距。在大多数情况下,左侧支腿跨距和右侧支腿跨距相等,可以统称为侧支腿跨距,如图1所示。

3.10

作业稳定性 working stability

流动式混凝土泵在布料或泵送作业时,整机抗倾覆的能力。

3.11

前伸 front extent

流动式混凝土泵在行驶状态下,分别过底盘最前端点(包括前拖钩、车牌及任何固定在车架前部的刚性部件)和布料臂最前端点且垂直于Y和X平面的两平面之间的距离。

注:Y和X平面的定义见GB/T 3730.3的规定。

3.12

后伸 rear extent

流动式混凝土泵在行驶状态下,分别过底盘最后部固定装置的端点(包括固定在混凝土泵送机构上的任何刚性部件)和布料臂最后端点且垂直于Y和X平面的两平面之间的距离,见图2。

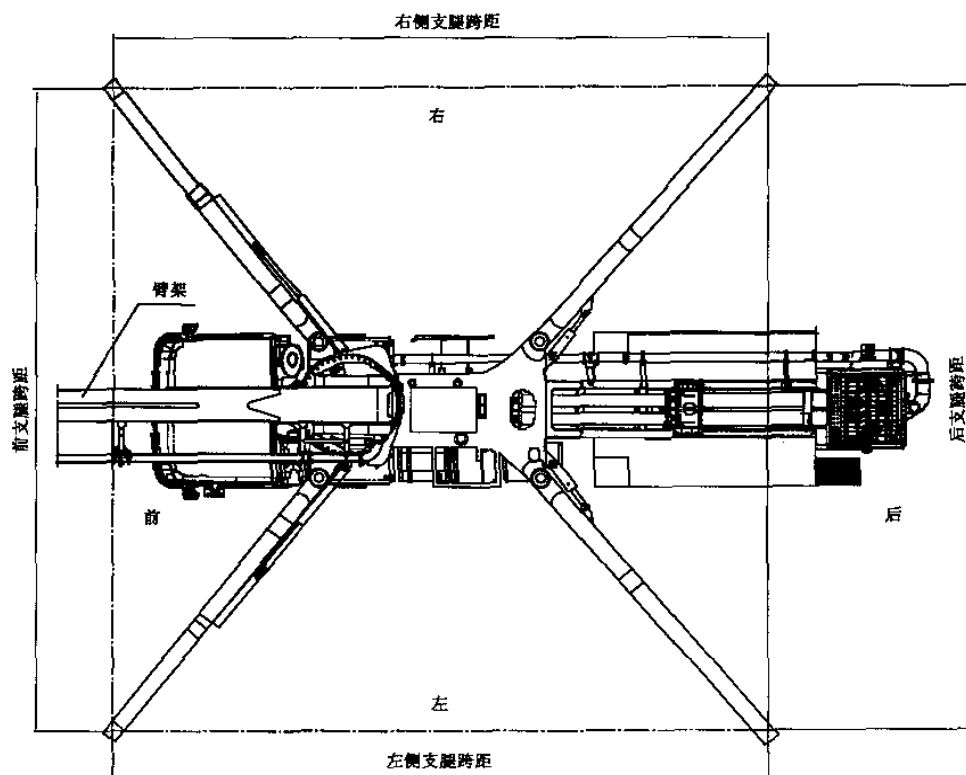


图1 支腿跨距示意图

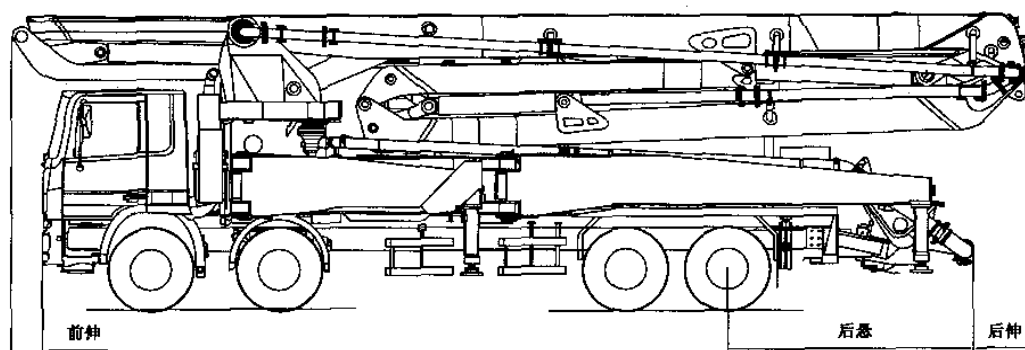


图2 测量状态示意图

3.13

布料臂 placing boom

在一定的半径范围内可回转、伸出或折叠的臂架和输送管的总成。

3.14

臂架 boom

由一节或多节可伸缩的或铰接的部分组成,用来支撑输送管的部件。

3.15

输送管 conveying pipe

输送混凝土用的管,包括直管、弯管、锥管和软管等。

3.16

底架 support frame

支承布料臂和转台的结构件。

3.17

转台 turret

安装在底架之上,可以回转并通过油缸用于支持铰接臂架的部件。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 流动式混凝土泵的工作条件应符合以下要求:

- a) 工作温度为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,但 24 h 内平均温度不超过 35°C ;非工作期间最低环境温度不低于 -40°C 。
- b) 工作环境海拔高度不宜超过 1 000 m,超过 1 000 m 时应作为特殊情况处理。
- c) 泵送混凝土坍落度宜为 80 mm~230 mm。泵送混凝土坍落度为 150 mm~200 mm 时,混凝土泵吸入效率应不低于 85%。

4.1.2 泵送混凝土的密度应不大于 $2\,400\text{ kg/m}^3$ 。

4.1.3 布料作业时,所有轮胎应不承重。

4.1.4 布料作业时,风速应不超过 13.8 m/s (六级)。

4.1.5 作业地面承压能力应不小于支腿最大支承力。

4.1.6 布料作业过程中,整机的水平倾角不应大于 3° 。

4.1.7 布料作业范围不应超过制造厂的规定。

4.2 整机

4.2.1 爬坡度应不小于 18%,离去角不小于 10° 。

4.2.2 流动式混凝土泵停放在平坦坚实的地面,底盘轮胎离地 50 mm 时,上料高度应不大于 1 580 mm。

4.2.3 流动式混凝土泵所采用底盘应符合已定型二类汽车底盘的技术要求。

4.2.4 流动式混凝土泵运输状态的外廓尺寸应符合设计值及相关规定。

4.2.5 布料作业时,相对于回转中心的支腿横向跨距和纵向跨距应不小于其公称尺寸。

4.2.6 整机稳定性应符合以下规定:

- a) 布料臂处于最不利于整机稳定性的位置时,应至少有三条支腿受力。
- b) 布料臂在作业范围内作业,允许一条支腿抬起,但支腿的抬起量应不大于 200 mm(应消除因支腿间隙造成的影响)。
- c) 整机稳定性计算遵照附录 A 的规定。

4.2.7 结构件应安全可靠,结构件强度计算遵照附录 A 的规定。

4.2.8 流动式混凝土泵可靠性试验时间不小于 150 h。作业可靠性试验时,首次故障前工作时间不少于 100 h,平均无故障工作时间不少于 100 h,作业率不低于 85%。

4.2.9 结构件焊接质量应符合 GB/T 19418 的相关规定。

4.3 机械

4.3.1 布料臂应有防止输送管前端软管突然坠落的装置。

4.3.2 臂架在规定的使用工况下,动作应平稳,并锁定可靠。

4.3.3 行驶时,臂架应能可靠地固定在规定位置上。

4.3.4 臂架应有排放积水的装置。

4.3.5 混凝土输送管应符合 GB/T 13333 的相关规定,输送管之间的连接应方便、安全、可靠。

4.3.6 回转机构启动、制动时,布料臂应运行平稳。

4.3.7 回转机构应设有回转限位装置。

4.3.8 流动式混凝土布料泵应安装水平仪。

4.3.9 操纵手柄工作时不得相互干扰和引起误动作。手柄在中位时,不得因振动而产生离位。

4.3.10 各电缆、软管、输送管应可靠地固定在规定位置上,作业时不相互干扰。

4.3.11 行驶时,各支腿应能可靠地固定在规定的位置上,垂直支腿的伸出量不大于 3 mm。

4.3.12 取力装置应工作可靠,运行中无异响,具有互锁功能。

4.3.13 底盘改装后的传动轴应传动平稳。

4.4 泵送单元

流动式混凝土泵的泵送单元的性能应符合以下要求:

- a) 泵送单元的两个活塞应能同步反向运动,分配阀应与活塞协调动作。
- b) 混凝土缸活塞应能方便且安全地更换。
- c) 分配阀应能灵活、迅速、准确地换向,工作换向时间应不超过 0.3 s。
- d) 换向控制装置应保证换向灵活准确。
- e) 分配阀换向机构及搅拌轴轴承应可靠地密封和润滑。
- f) 搅拌装置卡料时,应能方便地排除。搅拌轴满载与空载转速之比应不小于 80%。
- g) 泵送单元需充水的水洗箱内,应贮存足够的水,以保证每一行程均能清洗和冷却缸体。水洗箱底部应密封可靠,并设有排水装置。
- h) 料斗卸料口密封应可靠,工作时不漏浆,运输和工作时密封件不脱落。

4.5 液压

4.5.1 液压系统的技术要求应符合 GB/T 3766 的规定。

4.5.2 溢流阀的调定压力不得大于系统额定工作压力的 110%。

4.5.3 液压油的选择与更换应符合 GB 11118.1 的规定。

4.5.4 液压系统中液压油的固体颗粒污染等级按 GB/T 14039 的分级规定,加入油箱的液压油的固体颗粒污染等级应不超过 18/15;产品性能试验及抽检时,液压系统中液压油的固体颗粒污染等级应不超过 19/15。

4.5.5 布料作业时,液压油箱内的液压油最高油温应不超过 80℃。

4.5.6 在 1.25 倍工作载荷作用下,布料臂全展开至水平,支腿支承力为最大值时,发动机熄火持续 15 min,其垂直支腿油缸和臂架油缸活塞杆的回缩量应不大于 2 mm。

4.5.7 液压系统中液压元件和管路应不漏油。在作业可靠性试验过程中,其渗油处数应不多于四处。

4.5.8 臂架油缸和支腿油缸的活塞杆表面应具备耐蚀防锈功能。

4.6 电气系统

4.6.1 电气系统的设计、安装应符合 GB/T 3797 的规定,电控柜的防护等级应不低于 IP55。

4.6.2 无线遥控器的选择标准应符合:

- a) 输出功率: ≤ 10 mW;
- b) 电磁兼容试验符合 GB/T 17626.3、GB/T 17626.4 和 GB/T 17626.5 的规定;
- c) 有效工作距离: 不小于 100 m;
- d) 具有有线遥控功能;
- e) 防护等级不低于 IP55。

4.6.3 电磁兼容性的设计应符合 GB 5226.1 中的相关规定。

4.6.4 安全作业控制应符合下列要求:

- a) 急停功能的设计符合 GB/T 17626.3 和 GB 5226.1 中的规定;
- b) 所有可能会给人员或设备带来危险的操作,应具有电气保护措施或对操作人员规范操作进行提示。

4.7 安全、环保

4.7.1 严禁布料臂用于起重作业。

4.7.2 在输电线附近布料作业时,布料臂与输电线的最小距离应不小于表 1 的规定。

4.7.3 安全标识应符合 GB 18209.2 规定,在可能危及人身安全的危险部位有醒目的警示标识。

4.7.4 支腿上应有最大支承力标识,并在使用说明书中说明。

4.7.5 布料作业时,机外辐射噪声应符合表 2 的规定。

表 1 与输电线的最小距离

输电线路电压 V kV	<1	1~35	≥ 60
最小距离 m	1.5	3	$0.01(V-50)+3$

表 2 噪声限值

发动机功率 kW	≤ 100	> 100 ≤ 130	> 130 ≤ 160	> 160
噪声 dB(A)	≤ 114	≤ 116	≤ 118	≤ 120

4.7.6 布料臂的某节臂工作时,该臂末端举升或放低的速度应不大于 0.75 m/s。布料臂的所有臂架同时工作时,臂架末端的线速度应不大于 3 m/s。布料臂水平回转运动时,其末端的水平运动速度应不大于 1.5 m/s。

4.7.7 支腿油缸的垂直运动的速度应不大于 0.40 m/s;支腿伸缩和摆动时,速度应不大于 0.75 m/s。

4.7.8 整机应设置紧急停止系统。

4.7.9 易接触到的工作运动部件、高温部件周围应有防护装置。

4.7.10 臂架和支腿油缸应有锁定装置,垂直支腿应能单独调整,并有效锁定。

5 试验方法

5.1 试验条件和试验准备

- 5.1.1 道路试验条件和试验车辆准备符合 GB/T 12534 的规定。
- 5.1.2 试验场地面承压能力不小于支腿最大支承力,回转支承平面倾斜度不大于 3° 。
- 5.1.3 试验时的风速不大于 8.3 m/s 。结构应力试验时,风速不大于 4 m/s 。
- 5.1.4 若无特殊要求,试验时的环境温度一般在 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间,海拔高度不超过 $1\,000\text{ m}$ 。
- 5.1.5 试验模拟载荷应标定准确,对于垂直载荷其允差为 $\pm 1\%$ 。
- 5.1.6 专用性能试验时,应满足如下要求:
 - a) 发动机的转速调整到布料作业时的额定工作转速;
 - b) 液压系统按设计要求进行检查、调整阀的压力。
- 5.1.7 泵送试验负载为混凝土或模拟流体物质,试验混凝土应符合 GB/T 13333 的相应要求。

5.2 出厂试验

5.2.1 一般性检查

流动式混凝土泵出厂时应根据设计要求和本标准的技术要求,对产品进行配置、功能及一般目测安全要求进行检查。

5.2.2 行驶检查

流动式混凝土泵应进行行驶检查,检查行驶状态下各活动支腿的伸出量、臂架在臂架支架上的固定情况及各总成的紧固状态。行驶的最高车速应不超过整机制造厂的规定。

5.2.3 作业空载试验

- 5.2.3.1 支腿伸出并支承在规定位置,调整流动式混凝土泵水平且车轮不承重;再按相反顺序收回支腿。试验重复三次,验证支腿性能。
- 5.2.3.2 支腿支承在规定位置,布料臂按照使用说明书规定的布料作业范围运行一次,验证布料作业范围的符合性。
- 5.2.3.3 支腿支承在规定位置,洗涤室按规定注入冷却水,布料臂全展开并呈水平状态,泵送机构空运转 10 min ,检查各机构是否正常。
- 5.2.3.4 试验载荷为空载,支腿支承在规定位置,布料臂处于额定回转速度时,按以下步骤操纵:
布料臂全展开至水平—回转 90° ,起臂、折臂至第一节臂仰角 70° —回转至 180° ,布料臂全展开放至水平—回转至 270° ,起臂、折臂至第一节臂仰角 70° —回转至 360° ,布料臂放置臂架支架。

按布料臂操纵内容试验一次,检查布料臂动作的平稳性能和支腿松动情况。

5.2.4 加载试验

5.2.4.1 泵送单元加载试验:

加载模拟载荷,连续泵送 8 h ,参照 GB/T 13333 要求考核泵送单元性能。

5.2.4.2 整机稳定性试验及活动支腿抬起量、油缸下沉量的测量按以下进行:

- a) 试验载荷以 1.25 倍的工作载荷作为试验载荷;
- b) 试验载荷的分配按照制造厂家给出的布料臂各部件载荷比例,等效地分配试验载荷,试验载荷以集中载荷或均匀载荷代重物的形式,分别悬挂于布料臂的相应位置,加载过程中布料臂

应保持非振动状态；

c) 试验方法：支腿支承在规定位置，布料臂全展开并呈水平。布料臂以额定回转速度回转 360° ，在回转过程中悬挂重物不得接触地面，试验一次。测量并记录下列参数：

- 1) 活动支腿抬起量，测量时应去除因活动支腿和固定支腿间隙造成的影响；
- 2) 支腿最大支承力（此项内容仅限于新产品型式试验）；
- 3) 支脚与地面接触情况。

5.3 性能试验

5.3.1 参数测量

5.3.1.1 整机外廓尺寸的测定方法应符合 GB/T 12673 的规定，测量状态见图 1、图 2，测量项目见附录 B 表 B.1。

5.3.1.2 测量记录表参见附录 B 中表 B.1。

5.3.2 作业噪声

作业噪声测量按 GB/T 16710.4 的规定进行。

5.3.3 电气系统测试

5.3.3.1 测试准备（或状态）

发动机启动，进入作业状态，变速杆处于正确挡位。

5.3.3.2 急停功能测试

按下急停开关，检测所有动作；释放急停开关，检测所有动作。

5.3.3.3 回转限位功能测试

操作臂架进行回转，左右回转限位开关分别动作后，检测回转限制动作的有效性。

5.3.3.4 大臂下限位功能测试

操作大臂收回，下限位开关动作后，检测大臂限制动作有效性。

5.3.3.5 支腿/臂架动作互锁测试

测试按下述进行：

- a) 选择支腿操作状态，按动臂架动作按钮，检测对应臂架电磁铁和溢流阀得电情况；
- b) 选择臂架操作状态，按动支腿动作按钮，检测对应支腿电磁铁得电情况。

5.3.4 液压系统测试

5.3.4.1 液压油温升试验

在 5.2.4.1 规定的泵送单元加载试验的工况下，定时测量液压油温度，并绘制温升曲线，测量记录表参见附录 B 中表 B.3。

5.3.4.2 密封性能试验

支腿支承在规定位置，布料臂全展开并呈水平，按照 5.2.4.2b) 的规定分配试验载荷。布料臂在

1.25 倍工作载荷作用下,分别测量垂直支腿油缸和臂架油缸活塞杆的回缩量:

- a) 支腿支承力为最大时,布料臂停稳,发动机熄火后,将装有千分表的 V 型磁力表座吸附在被测油缸活塞杆上,千分表测头顶在缸筒端面上,停留 15 min,记录其回缩量;
- b) 取三次试验结果的平均值作为活塞杆的回缩量(或臂架末端的下沉量)。

5.3.4.3 渗漏检查

加载试验或可靠性试验过程中(或试验结束后),进行液压系统渗漏检查。

检查方法:固定结合部位手摸无油腻,运动结合部位目测无油迹或流痕为不渗。整个试验过程中,渗出油迹面积不超过 200 cm² 或每 15 min 内不滴一滴油为不滴,否则判为滴。

5.3.5 机动车强制性检测项目和定型试验检测项目的检测

机动车强制性检测项目的试验方法按相关标准的规定;

定型试验检测项目的试验方法按 QC/T 252 的规定。

5.3.6 结构应力测试

5.3.6.1 测试工况及载荷

臂杆、转台、支腿和底架的应力测试试验载荷为 0.2 倍的自重载荷和 1.3 倍的工作载荷之和。试验载荷的分配原则按 5.2.4.2b) 的规定。支腿支承在规定位置,布料臂全展开并呈水平。布料臂处于由计算确定的结构出现最大应力的位置。

5.3.6.2 测试点及贴片形式

5.3.6.2.1 在结构受力分析的基础上,确定危险应力区,并对各危险应力区进行测试。危险应力区可分为以下三种类型:

- a) 均匀应力区。该区应力达到屈服点时,会引起结构件的永久变形。
- b) 应力集中区。如孔眼、锐角、焊缝、铰点等处产生的集中应力。该区内屈服应力的出现不会引起结构件整体的永久变形,但过大的应力集中会影响结构件的疲劳寿命。
- c) 弹性屈曲区。从应力看,该区的最大应力并没有达到材料的屈服点,但可能因发生屈曲而导致结构件的破坏。

5.3.6.2.2 在应力集中区内,应尽可能把应变片贴在高应力点上。

5.3.6.2.3 结构承受平面应力状态,如果预先能用某些方法(例如分析法、脆性涂料法)确定主应力方向,则可沿主应变方向贴上互相垂直的两个应变片。如果主应变的方向无法确定,则应贴上由三个应变片组成的应变花。

5.3.6.2.4 根据选择好的测试部位和确定的测试点,绘制测点分布图,对贴片统一编号,并指明应变片或应变花的贴片位置。

5.3.6.3 试验程序

5.3.6.3.1 在结构的零应力状态时,测量消除自重载荷影响的应变片基准读数 ϵ_0 ,如果无法消除自重载荷影响,可不测零应力状态,其数据处理方法见 5.3.6.4.1 的规定。

5.3.6.3.2 在空载应力状态时,将流动式混凝土泵调整到 5.3.6.1 所规定的测试工况,测量应变片在自重载荷作用下的读数 ϵ_1 。

5.3.6.3.3 在负载应力状态时,流动式混凝土泵按 5.2.4.2b) 规定的载荷和工况进行加载,测量应变片在负载作用下的读数 ϵ_2 。

5.3.6.3.4 卸载至空载应力状态,如果某测点的应变片读数与原数据 ϵ_1 偏差超过 $\pm 0.03\sigma_s/E$,则认为该测点数据无效,应查明原因,按原测试程序重新测量,直至合格。

σ_s ——材料屈服极限,单位为兆帕(MPa);

E ——弹性模量,单位为兆帕(MPa)。

5.3.6.3.5 每项测试重复三次,比较测试数据有无重大差别。如果差别较大应查明原因,并重新测试。

5.3.6.3.6 观察结构件是否有永久变形或其他损坏。如果出现永久变形或其他损坏,应终止试验,进行全面检查和分析。

5.3.6.3.7 测试数据观察到的现象和说明应随时记录。

5.3.6.4 应力测试的数据处理和安全判别方法

5.3.6.4.1 测试状态的应力计算:

空载应力 σ_1 按式(1)计算:

$$\sigma_1 = E(\epsilon_1 - \epsilon_0) \quad \dots\dots\dots (1)$$

负载应力 σ_2 按式(2)计算:

$$\sigma_2 = E(\epsilon_2 - \epsilon_1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

σ_1 ——空载应力,单位为兆帕(MPa)(如果零应力状态无法调出,则以测试点的自重应力计算值代替 σ_1);

σ_2 ——负载应力,单位为兆帕(MPa);

ϵ_0 ——零应力状态应变;

ϵ_1 ——空载应力状态应变;

ϵ_2 ——负载应力状态应变。

5.3.6.4.2 最大单向应力一般由空载应力与负载应力的代数和决定,即:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\sigma_{\max}$ ——最大应力,单位为兆帕(MPa);

σ_1 和 σ_2 各带自己的正负号。

5.3.6.4.3 对于承受二向应力的弹、塑性材料,按变形能(第四)强度理论计算,其当量单向应力计算公式为:

当主应力(变)的方向已知,并测得了两个方向的主应力时,当量单向应力为:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

σ' ——当量单向应力,单位为兆帕(MPa);

σ_x ——最大主应力,单位为兆帕(MPa);

σ_y ——最小主应力,单位为兆帕(MPa)。

主应力可由主应变求得:

$$\sigma_x = E(\epsilon_x + \mu \epsilon_y) / (1 - \mu^2) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma_y = E(\epsilon_y + \mu \epsilon_x) / (1 - \mu^2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

ϵ_x ——最大主应变;

ϵ_y ——最小主应变;

μ ——泊松比。

当主应力(变)的方向未知,并用应变花测得三个方向的线应变时,当量单向应力为:

$$\sigma' = \frac{E}{2} \left[\frac{\epsilon_a + \epsilon_b}{1 - \mu} + \frac{\sqrt{2}}{1 + \mu} \sqrt{(\epsilon_a - \epsilon_b)^2 + (\epsilon_b - \epsilon_c)^2} \right] \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- ϵ_a ——a 应变片的应变;
- ϵ_b ——b 应变片的应变;
- ϵ_c ——c 应变片的应变。

应变花的贴片方式见图 3。

5.3.6.4.4 根据 5.2.4.2b)规定的测试工况及试验载荷进行测试,测得结构的最大应力,应满足下列分类给出的安全判据,各危险应力区的安全系数列于表 3。

表 3 结构强度安全系数

测 试 载 荷	安 全 系 数 最 小 值 n_i		
	均匀应力区 I	应力集中区 II	弹性屈曲区 III
无系数 1.3 的工作载荷	1.5	1.2	1.5
0.2 倍的自重载荷和 1.3 倍的工作载荷之和	1.2	1.05	1.3

各危险应力区的安全系数计算:

a) I——均匀应力区。安全判据按式(8):

$$n_I \geq \sigma_s / \sigma_t \text{ 或 } \sigma_s / \sigma' \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- σ_t ——根据 5.2.4.2b)规定的测试工况和试验载荷进行测试时,结构中被测部位测出的最大应力(对于单向应力, σ_t 相当于 σ_{max}),单位为兆帕(MPa);
- n_I ——均匀应力区安全系数。

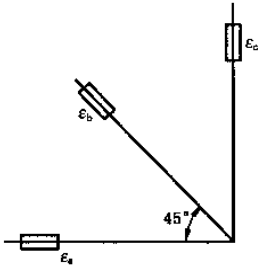


图 3 应变花贴片方式

b) II——应力集中区。安全判据按式(9):

$$n_{II} \geq \sigma_s / \sigma_t \text{ 或 } \sigma_s / \sigma' \dots\dots\dots (9)$$

式中:

n_{II} ——应力集中区安全系数。

c) III——弹性屈曲区

在某些区内,当发生元件的屈曲及过大的变形,会引起结构件破坏,这属于弹性屈曲区。

对于受压元件,用下列计算公式评定测试结果:

$$n_{III} \geq 1 / [\sigma_m / \sigma_{cr} + (\sigma_m - \sigma_m) / \sigma_s] \dots\dots\dots (10)$$

式中:

σ_n —— 由一个截面上若干个测点的应变读数确定的平均应力,单位为兆帕(MPa);

σ_{m} —— 受压杆被测截面上最大的计算压应力,单位为兆帕(MPa);

σ_{cr} —— 受压杆发生屈曲的临界应力,单位为兆帕(MPa), σ_{cr} 计算按式(11)和式(12);

n_{E} —— 弹性屈曲区安全系数。

σ_{cr} 的计算:

当欧拉临界应力低于比例极限时,

$$\sigma_{\text{cr}} = \pi^2 E / (KL/r)^2 \leq \sigma_p \quad \dots\dots\dots (11)$$

当欧拉临界应力高于比例极限时,

$$\sigma_{\text{cr}} = \sigma_s - \left[\frac{\sigma_p (\sigma_s - \sigma_p) (KL/r)^2}{\pi^2 E} \right] > \sigma_p \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

K —— 长度折算系数,参见 GB/T 3811;

L —— 受压杆件长度,单位为毫米(mm);

r —— 截面惯性半径,单位为毫米(mm);

σ_p —— 材料的比例极限,单位为兆帕(MPa)。

d) IV——板的局部屈曲区

对板可能的局部屈曲部位,一般要求对所有的试验工况(包括超载试验工况)IV类区域的应变片读数,都应能回到空载时的读数。

5.3.7 试验报告

5.3.7.1 试验记录表参见附录 B 表 B.4 和表 B.5。按各表给定的项目进行记录和数据整理,对非正常现象,应有实况记录并做出分析意见。如有塑性变形或局部损坏,必须对流动式混凝土泵的结构进行全面检查,找出损坏的主要原因,采取补救措施后再测量,并在报告中予以说明。

5.3.7.2 对试验中发现的个别部位的合应力超出规定值时,虽然没有发生破坏或非正常现象,报告中也应特别指出,并提出分析意见,作出结构是否可正常工作的明确结论。

5.4 可靠性试验

5.4.1 试验要求

5.4.1.1 所有项目的测试和试验应在同一台样机上进行。

5.4.1.2 可靠性试验可以由生产厂家或委托有资质用户进行泵送混凝土或模拟流体物质作业试验。

5.4.1.3 可靠性试验的试验工况和循环内容见表 4。

表 4 作业可靠性试验工况和循环内容

循环名称	试验工况	一次循环内容	循环次数	试验时间
支腿收放	1) 样车呈行驶停止状态; 2) 输送管内无混凝土	活动支腿水平油缸依次伸出一垂直支腿油缸支承地面一垂直支腿油缸缩回一活动支腿水平油缸依次收回	50	
布料臂收放	1) 支腿按规定支承在地面上; 2) 卸下输送管前端软管,封住硬管出料口; 3) 输送管内充满试验混凝土或模拟混凝土重量	布料臂全展开至水平一回转 90°,起臂、折臂至第一节臂仰角 70°一回转至 180°,布料臂全展开放至水平一回转至 270°,起臂、折臂至第一节臂仰角 70°一回转至 360°,布料臂放置臂架支架	100	

表 4 (续)

循环名称	试验工况	一次循环内容	循环次数	试验时间
泵送混凝土 或模拟流体 物质*	1) 理论输送量; 2) 支腿按规定支承在地面上; 3) 输送软管出料口直接对准 料斗; 4) 试验混凝土	1) 按 0.5 倍的理论输送量连续泵送 2 h; 2) 按 0.7 倍的理论输送量连续泵送 3 h; 3) 按理论输送量连续泵送 2 h; 4) 清洗输送管及泵送机构	15	120 h
* 允许按 1)、2)、3) 的循环内容进行 15 次循环试验,然后再进行清洗作业。				

- 5.4.1.4 试验期间的操作与保养应符合以下要求:
- a) 操作人员应严格执行产品使用说明书规定的操作规程,平稳操作,保证安全;
 - b) 按产品使用说明书的要求完成每日(班)的正常保养;
 - c) 试验期间不允许带故障作业;
 - d) 样车每天作业时间一般不少于 8 h。

- 5.4.1.5 记录表参见附录 B 中的表 B.6~表 B.8。
- 5.4.1.6 可靠性试验后,按 6.1 规定的出厂检验内容复测性能。

5.4.2 试验结论

- 5.4.2.1 试验期间,样车若出现致命故障,本次试验应终止,不计算可靠性指标。

- 5.4.2.2 作业率 A 按式(13)计算:

$$A = T_1 / T_0 \times 100\% \quad \cdots \cdots (13)$$

式中:

T_0 ——规定的总试验时间,单位为小时(h), $T_0 = T_1 + T_2 = 500$;

T_1 ——总作业时间,单位为小时(h);

T_2 ——总故障排除时间,单位为小时(h)。

- 5.4.2.3 首次故障前工作时间 T 为累计的当量故障数 N 等于或刚超过“1”时,所经历的试验时间。当样车按规定完成可靠性试验后,未发生故障或累计的当量故障数小于“1”时,则首次故障前工作时间 T 用式(14)表示:

$$T = T_0 \quad \cdots \cdots (14)$$

- 5.4.2.4 平均无故障作业时间 T_3 按式(15)计算:

$$T_3 = T_1 / N \quad \cdots \cdots (15)$$

式中:

N ——试验样车在规定的总试验时间内出现的当量故障数,其值按式(16)计算:

$$N = \sum_{i=1}^3 R_i S_i \quad \cdots \cdots (16)$$

式中:

R_i ——试验期间,样机出现第 i 类故障次数;

S_i ——第 i 类故障的加权系数。

当 $N \leq 1$ 时,令 $N = 1$ 。

5.4.3 故障分类及故障模式

- 5.4.3.1 流动式混凝土泵的故障分类应符合 QC/T 34 的规定,故障分类及加权系数见表 5。

表5 故障分类及加权系数

类 别	故障分类	加权系数
0	致命故障	∞
1	严重故障	$S_1=3.0$
2	一般故障	$S_2=1.0$
3	轻度故障	$S_3=0.1$

5.4.3.2 流动式混凝土泵的故障模式由三部分组成：

- a) 专用功能零部件的故障模式及分类举例见表 C.1；
- b) 混凝土泵的故障模式及分类按 GB/T 13333 的规定；
- c) 汽车底盘的故障模式及分类按 QC/T 34 的规定。

5.4.3.3 故障判别原则：

- a) 按定义判断样车本质故障类别时，各类故障是互不相容的，即对某一本质故障只判定为四类本质故障中的一类。
- b) 本质故障判别，应以其造成的现场后果划分故障类别。
- c) 同时发生的相关故障作为一次故障，同时发生的不相关的故障应分别计数。
- d) 若发生表 C.1 以外的故障，可类比表中相似故障特征划定故障类别。

6 检验规则

6.1 出厂检验

流动式混凝土泵必须经制造厂质量检验部门检验合格后方可出厂。产品出厂时，应附有质量检验部门签发的产品合格证，出厂检验项目见表 6。

表6 出厂检验和型式检验项目

类 别	章节代号	检 验 项 目	出厂检验	型式检验
功能及一般要求	设计要求	产品功能检查	√5.2.1	√5.2.1
	4.1.5	支腿最大支承力		√5.2.4.2
	4.1.7	布料作业范围	√5.2.3.2	√5.2.3.2
整机要求	4.2.3	底盘技术要求		√5.2.1
	4.2.1;4.2.4	车辆参数		√5.3.1
	4.2.2;4.2.5	专用结构几何参数	√5.3.1	√5.3.1
	4.2.7	结构件强度		√5.3.6
	4.2.6	整机抗倾覆稳定性	√5.2.4.2	√5.2.4.2
机械要求	4.3.1	防止前端软管突然坠落的措施	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.8	水平仪安装	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.9	操纵手柄的操作性能	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.12	取力装置互锁性能和操作灵活性	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.10	管线安装合理性及可靠性	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.5	输送管	√5.2.1	√5.2.1
	4.3.2;4.3.3;4.3.11	垂直支腿、活动支腿和臂架的锁定性能	√5.2.1	√5.2.1

表 6 (续)

类 别	章节代号	检 验 项 目	出厂检验	型式检验
泵送单元	4.4	混凝土泵工作性能	√5.4	√5.4
液压要求	4.5.2	溢流阀的调定压力	√5.2.4.1	√5.2.4.1
	4.5.6	臂架油缸和支腿油缸的锁定功能	√5.3.4.2	√5.3.4.2
	4.5.6	在 1.25 倍工作载荷作用下,垂直油缸和臂架油缸的回缩量	√5.2.4.2	√5.2.4.2
	4.5.4	液压油的清洁度	√	√
	4.5.5	液压油箱的散热性能	√5.3.4.1	√5.3.4.1
	4.5.7	液压系统的密封性能		√5.3.4.2
电气要求	4.6.1	整机电控操作功能正确性	√5.3.3	√5.3.3
	4.6.3;4.6.4	安全操作及限位准确性	√5.3.3	√5.3.3
	4.6.2	遥控器的操控性	√5.3.3	√5.3.3
安全环保	4.7.5	作业噪声		√5.3.2
	4.7.3;4.7.4	安全标志、操作标志、警示标志及防护装置	√5.2.1	√5.2.1
	4.7.6;4.7.7	臂架和支腿运行性能	√5.2.1	√5.2.1
	4.7.8	紧急停止系统	√5.3.3.2	√5.3.3.2

6.2 型式检验

6.2.1 进行型式检验的样机须是出厂检验的合格产品。

6.2.2 凡属下面情况之一者,应进行型式检验。

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型时;
- 产品停产三年后恢复生产时;
- 正常生产,产量累计达 1 000 辆时;
- 正式生产后,如工艺和材料有较大改变,可能影响产品性能时;
- 出厂检验与型式检验有重大差异时;
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

6.2.3 型式检验时,如果属 6.2.2 中 a)、b)、f)情况,应按表 6 规定的内容;如果属 6.2.2 中 c)的情况,应进行专用功能试验;如果属 6.2.2 中 d)、e)两种情况,可仅对受影响项目进行检验。

6.3 抽样

进行型式试验的样机采取随机抽样的方式抽取一台,经抽样确定的样机应做好标记并封存。

6.4 判定规则

6.4.1 出厂检验项目全部达到合格要求,判定为合格;否则判定为不合格。

6.4.2 型式检验项目任何一项未达到合格要求,则判定为不合格。

6.4.3 型式检验项目全部达到合格要求,且在第 4 章的其余各条款有 3 条或 3 条以下未达到要求,则判定为合格,否则亦判定为不合格。

7 产品标牌

流动式混凝土泵产品标牌应符合 GB/T 18411 的规定。

流动式混凝土泵应有永久性易读的信息标记,标记包括以下内容:

- a) 制造商的名称和联系方式;
- b) 制造年份;
- c) 序列号或标识号;
- d) 系列或类型;
- e) 液压系统额定压力(单位:MPa);
- f) 最大输送压力(单位:MPa);
- g) 最大输送方量(单位:L/h);
- h) 电气设备的额定功率(电压、频率、输出等);
- i) 末端软管的最大可容许长度(单位:m)。

8 使用说明书

流动式混凝土泵使用说明书中至少应包含以下内容:

- a) 布料作业范围、工作条件、安全规程、安全标识的说明;
- b) 操作及使用说明;
- c) 维护保养。

9 随机文件、包装、运输、贮存

9.1 随机文件

随机文件应包括:

- a) 装箱单;
- b) 产品合格证和底盘相关文件;
- c) 使用说明书;
- d) 零部件维修图册;
- e) 备件清单;
- f) 随机工具清单。

9.2 包装

9.2.1 产品整机出厂可裸装,外露切削加工表面应做防腐、防锈处理。

9.2.2 随机工具、备件、附件和随机文件用备件应用包装箱包装,且应有防雨防潮措施。

9.3 运输

在公路运输时,流动式混凝土泵以自行驶的方式进行运输。流动式混凝土泵在铁路或水路运输时,应以自行驶方式(或拖曳方式)上下车船,若必须用吊装方式装卸时,需用专用吊具装卸,防止损伤产品。

9.4 贮存

流动式混凝土泵长时期停放时,应将冷却液和燃油放尽,切断电源,锁闭车门、窗,放置于通风、防潮及有消防设施的场所,并按使用说明书的规定进行保养。

附录 A (规范性附录)

流动式混凝土泵结构件强度计算规范和整机稳定性计算

A.1 范围

本附录适用于流动式混凝土布料泵。

A.2 结构件强度计算

A.2.1 计算方法

A.2.1.1 本规范采用许应力法计算,金属结构件应进行强度、稳定性和刚性计算,其计算方法按 GB/T 3811 的规定。

A.2.1.2 疲劳强度计算方法按 GB/T 3811 的规定。结构工作级别根据实际的结构件应力状态和应力循环总次数参照 GB/T 3811 的规定确定。一个构件的应力循环总数等于工作载荷循环总次数;一次工作载荷循环为推动混凝土在输送管内移动一次所需的动作。

结构件的最大应力 $\sigma_{\max}$ (或 $\tau_{\max}$) 和最小应力 $\sigma_{\min}$ (或 $\tau_{\min}$), 为基本载荷所确定的同一计算位置的计算点上的最大应力的绝对值和最小应力的绝对值。

A.2.2 计算载荷

作用在结构件上的载荷分为基本载荷和附加载荷。

基本载荷是始终和经常作用在流动式混凝土泵结构上的载荷,包括自重载荷、工作载荷和惯性载荷。

附加载荷是流动式混凝土泵在正常工作状态下,结构件所承受的非经常性作用的载荷,包括侧向载荷、风载荷和坡度载荷。

A.2.2.1 基本载荷

A.2.2.1.1 自重载荷

自重载荷是指流动式混凝土泵上固有的所有固定的和移动的部件的重力,包括允许配装的混凝土输送管的重力。鉴于动态负荷的影响,在进行结构件强度计算时,还应在自重载荷的数值上乘以 1.2 的动载系数。

A.2.2.1.2 工作载荷

工作载荷是指输送管中被泵送物料的最大重力。混凝土的密度按 $2\,400\text{ kg/m}^3$ 计算。进行结构件强度计算时,工作载荷应乘以 1.3 的冲击系数。

A.2.2.1.3 惯性载荷

惯性载荷为布料臂作业时加速运动或减速运动所产生的最大冲击力。

A.2.2.2 附加载荷

A.2.2.2.1 侧向力

侧向力为卸料时施加于出料口的手动拉力,设定为 300 N。侧向力不得与惯性力的方向相同。

A.2.2.2.2 风载荷

布料臂在有风的工作状态时,风载荷为沿任意方向的水平力,计算风压为 250 N/m^2 。

A.2.2.2.3 坡度载荷

坡度载荷为流动式混凝土泵布料作业时由于整机倾斜而引起的自重载荷和工作载荷所产生的附加载荷,整机倾斜的最大计算角度为 3° 。

A.3 整机稳定性

A.3.1 稳定性判定原则

流动式混凝土泵在作业状态时满足下述条件则认为是稳定的:当自重载荷(无系数 1.2)、工作载荷(无系数 1.3)、附加载荷(无系数)和 1.1 倍的惯性力共同作用于最不利的倾覆线时,其力矩之和大于零。计算时,起稳定作用的力矩为正值,起倾覆作用的力矩为负值。

A.3.2 倾覆线的确定

流动式混凝土泵在作业状态时,倾覆线为支脚接触地面的中心连线,见图 A.1。

A.3.3 计算论证稳定性

A.3.3.1 自重载荷

自重载荷包括流动式混凝土泵工作期间所有的静止和运动部件的重量。

A.3.3.2 工作载荷

工作载荷是指所泵送混凝土的最大重量。混凝土的密度值按 2400 kg/m^3 计算。

A.3.3.3 附加载荷

附加载荷包括侧向力、风载荷和坡度载荷。

侧向力按 300 N 计算。

风载荷是风作用在臂架上而产生的力。计算风压为 250 N/m^2 。

坡度载荷按整机倾斜角度 3° 计算。

A.3.3.4 重力载荷

重力载荷是上述自重载荷和工作载荷总和的 1.1 倍。

A.3.4 加载试验论证稳定性

加载试验时,臂架应带有全部输送管路系统和与混凝土重量相当的载荷在整个回转范围内进行回转。试验应当在水平、平整的硬质地面上进行。在测试过程中车辆不能倾翻,并且车辆至少有 3 点稳定

的支撑。

A.3.4.1 测试载荷

测试载荷的计算应是工作载荷并乘以安全系数 1.25。

工作载荷是指所泵送混凝土的最大重量。计算混凝土的密度参考值为 $2\,400\text{ kg/m}^3$ 。

A.3.4.2 测试载荷的分配

布料臂臂架由几节臂展开或折叠而成,应当考虑每个部件所承受载荷的区别,应把载荷加到臂上。

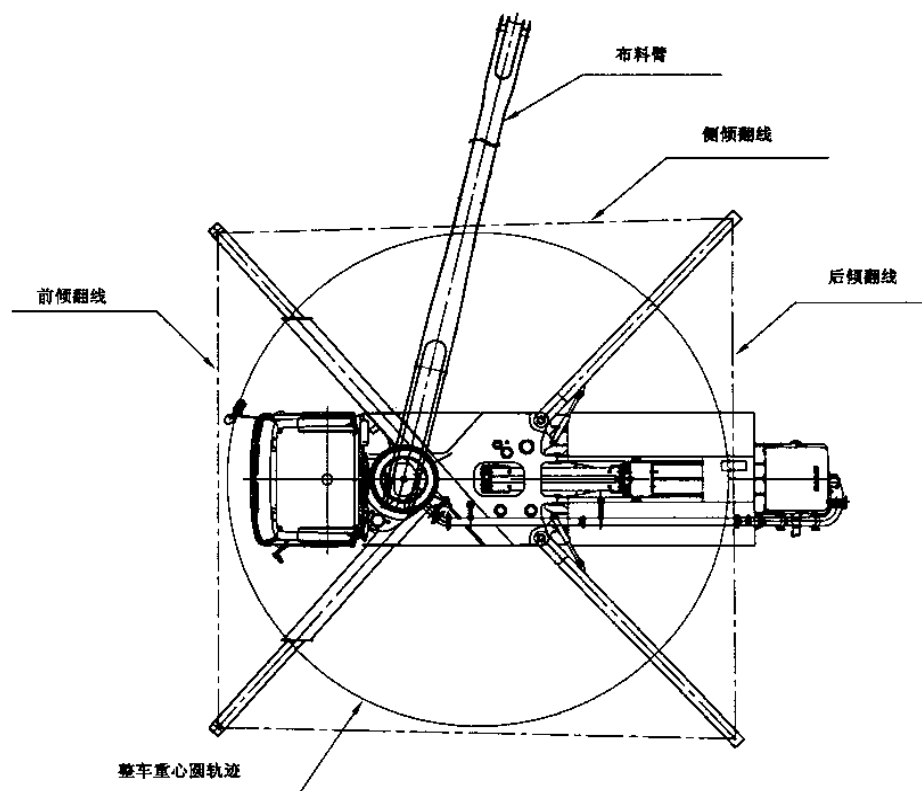


图 A.1 倾覆线的确定

附 录 B
(资料性附录)
流动式混凝土泵测试记录表

表 B.1 参数测量记录表

流动式混凝土泵型号_____	车辆识别代号(VIN)_____
制造厂_____	出厂日期_____
测量日期_____	气候_____
测量地点_____	测量人员_____

项 目		设计值	测量值	备 注
车 长 mm				
车 宽 mm				
车 高 mm				
轴距 mm	第一、二轴			
	第二、三轴			
	第三、四轴			
轮距 mm	前 轮			
	后 轮			
前 悬 mm				
后 悬 mm				
前 伸 mm				
后 伸 mm				
接近角 (°)				
离去角 (°)				
爬坡度 %				
料斗容积 m ³				
上料高度 mm				
最大布料高度 mm				
支腿跨距 mm	左、右侧支腿跨距			
	前支腿跨距			
	后支腿跨距			

表 B.2 整机稳定性试验记录表

流动式混凝土泵型号
 车辆识别代号(VIN)

制造厂
 出厂日期

臂架长
 风速

记录人员
 试验日期

试验载荷	____倍工作载荷,载荷分配					
理论载荷 kg						
实际载荷 kg						

布料臂状态	布料臂方位角度	抬起支腿及抬起量 mm		支腿反力 kN			
				左前	右前	左后	右后
空载							
水平加载							
支腿最大反力							

表 B.3 液压油温升测量记录表

流动式混凝土泵型号
 车辆识别代号(VIN)

制造厂
 出厂日期

环境温度
 液压油初始温度

测试人员
 测试日期

试验工况	一次循环内容*	试验相 隔时间 h	累计工 作时间 h	油温 ℃	相对温升 ℃	备 注
1) 泵 送 试 验 混 凝 土;	1) 按 0.5 倍的理论输 送量连续泵送 4 h;					
2) 理论输送量;	2) 按 0.7 倍的理论输 送量连续泵送 6 h;					
3) 支腿支承在规定 位置;	3) 按理论输送量连续 泵送 4 h。					
4) 输送管前端软管 直接对准料斗。						
注: 允许按 1)、2)和 3)的循环内容进行 15 次循环试验,然后再进行清洗作业。						

表 B.4 应变读数记录表

制造厂				车辆识别代码(VIN)		
流动式混凝土泵型号				天气情况		
风力	温度		测试日期			
被测结构				作业状态		
布料臂位置				布料臂长度		

测试工况					载荷	
测点	ε_0	ε_1	$\varepsilon_1 - \varepsilon_0$	ε_2	$\varepsilon_2 - \varepsilon_1$	空载复查 ε_1

记录说明:

试验主持人:
记录页:

表 B.5 结构静应力测试结果报告表

流动式混凝土泵型号				制造厂			
被测结构	风力		气温				
应力单位:MPa	拉应力+						
	压应力-						

测点	空载	加载测试工况					
	0						

分析与说明:

试验主持人:
报告整理员:

表 B.7 作业可靠性试验现场记录表(二)

流动式混凝土泵型号_____ 车辆识别代号(VIN)_____ 制造厂_____ 出厂日期_____
 发动机编号_____ 试验地点_____
 试验人员_____ 操纵人员_____ 记录_____ 校对_____
 试验工况: /

故障发生时间					环境条件		累计 试验 时间 h	累计 循环 次数	零部 件名 称	故障 模式	故障 类别	拆检 情况 及故 障原因	修复 更换 零件 数量	排除故障时间 min				其他停机 时间 min	
年	月	日	时	分	气温 ℃	风速 m/s								诊断	准备	修复	调试	外因	筹备 件

附 录 C
(规范性附录)
故障模式及分类举例

表 C.1 故障模式及分类举例

故障类别	故障名称	故障特征	故 障 模 式	危害度系数 S
0	致命故障	严重危及或导致人身伤亡,重要部件报废	1. 臂架变形,整体失稳 2. 连杆断裂,连杆体断裂 3. 连杆铰轴断裂 4. 臂架油缸铰轴断裂 5. 转台铰座断裂,螺钉剪断 6. 转台开裂,主受力焊缝开裂 7. 底架开裂,主要部位焊缝开裂 8. 支腿开裂,主要受力焊缝开裂 9. 液压锁失灵 10. 电气紧急开关失灵损坏 11. 蓄能器失效,壳体裂纹或零件松脱	∞
1	严重故障	严重影响产品功能,性能指标,达不到规定要求,必须停机修理,需更换外部主要零件或拆开机体更换内部重要零件,维修时间在 2 h 以上,维修费用高	1. 臂架开裂,主焊缝开裂 2. 臂架变形,局部变形 3. 连杆变形,连杆体失稳 4. 连杆铰座开裂,受力焊缝裂纹 5. 臂架油缸漏油,活塞杆与导套严重划伤,需解体 6. 臂架油缸漏油,活塞与缸筒严重划伤,需解体 7. 平衡阀工作异常,阀芯损坏 8. 油泵损坏,严重漏油 9. 布料臂操纵阀损坏,严重漏油 10. 回转支承失效,滚圈断裂 11. 转台变形,主受力板严重变形 12. 转台开裂,主受力焊缝开裂 13. 支腿变形,局部发生翘曲 14. 支腿断裂,支腿铰轴断裂 15. 支腿油缸变形,活塞杆失稳 16. 支腿油缸漏油,缸筒有裂纹 17. 液压锁漏油,平面密封件损坏 18. 支腿操纵阀失效,内密封失效 19. 溢流阀失效,阀芯卡死,清洗 20. 溢流阀失效,内泄漏,更换 21. 臂架电气开关失灵,损坏	3.0

表 C.1 (续)

故障类别	故障名称	故障特征	故障模式	危害度系数 S
2	一般故障	明显影响产品性能, 必须停机检修, 一般只允许更换或修理外部零件, 可以用随机工具在 2 h 以内排除, 维修费用中等	1. 连杆变形, 连杆体失稳 2. 臂架油缸渗油, 油缸下沉 3. 臂架油缸渗油, 活塞杆与导套密封件损伤 4. 臂架油缸漏油, 缸筒与导套密封件失效, 更换 5. 臂架油缸漏油, 活塞密封件失效, 更换 6. 臂架油缸漏油, 焊缝有缺陷 7. 臂架油缸铰轴开裂, 发现裂纹 8. 转台铰座开裂, 焊缝开裂 9. 平衡阀失灵, 更换新阀 10. 平衡阀漏油, 密封件失效 11. 回转支承工作异常, 严重影响作业, 需拆检 12. 回转支承高强螺栓脱落, 重新安装 13. 回转支承高强螺栓断裂 14. 转台变形, 主受力板严重变形 15. 转台开裂, 一般部位焊缝开裂 16. 回转马达工作异常, 内泄大, 更换马达 17. 减速机失效, 未造成重大事故, 更换减速机 18. 底架开裂, 一般部位焊缝开裂 19. 支腿开裂, 一般部位焊缝开裂 20. 支腿裂纹, 支腿铰轴衬套损坏, 更换 21. 支腿开裂, 焊缝开裂 22. 支腿油缸渗油, 支腿油缸下沉 23. 支腿油缸漏油, 活塞杆与导套划伤, 需解体 24. 支腿油缸漏油, 油塞与缸筒划伤, 需解体 25. 支腿油缸漏油, 焊缝有缺陷, 修复 26. 液压锁漏油, 安装螺栓松动 27. 液压锁漏油, 油路堵塞 28. 支腿操纵阀漏油, 安装螺栓松动 29. 支腿操纵阀漏油, 密封件损坏 30. 取力器漏油, 结合面密封垫损坏, 更换 31. 取力器漏油, 端盖及轴端密封件损坏 32. 取力器漏油, 内部密封失效, 修复 33. 取力器开裂, 挂齿轮叉断裂, 更换拨叉 34. 取力器失灵, 挂不上, 脱不开, 调整 35. 取力器失灵, 传动键或槽损坏 36. 回转电气限位器失灵, 修复或更换 37. 蓄能器失效, 皮囊损坏, 更换	1.0

表 C.1 (续)

故障类别	故障名称	故障特征	故障模式	危害度系数 S
3	轻度故障	轻度影响产品功能,一般不需停机更换或修理零件,能用随机工具在短期排除,维修费用低	1. 臂架油缸渗油,油缸轻微带油 2. 平衡阀漏油,接口密封件失效,更换密封件 3. 回转马达失效,结合面,紧固件松动 4. 回转马达漏油,结合面,紧固件松动 5. 回转马达漏油,轴端漏油,紧固件松动 6. 回转马达漏油,轴端漏油,密封件损坏 7. 回转马达漏油,进出油口漏油,紧固件松动 8. 回转马达漏油,进出油口漏油,密封件损坏 9. 减速机工作异常,装配螺栓松动,重新紧固 10. 减速机漏油,油封与衬垫不良或破损 11. 支腿变形,结构变形 12. 支腿油缸渗油,活塞杆轻微挂油 13. 取力器漏油,结合面紧固件松动 14. 取力器漏油,端盖及轴端紧固件松动 15. 取力器挂齿轮油缸漏油,结合面紧固件松动 16. 取力器挂齿轮油缸漏油,结合面密封垫损坏 17. 水平仪失效,更换水平仪 18. 水平仪失效,安装紧固件松动 19. 标牌脱落,重新安装	0.1