附件 2：石河子大学第八届大学生结构设计竞赛赛题（非专业组）

《勒勒车模型结构设计与制作》

1 命题背景

在辽阔壮美的北疆草原上，勒勒车（图 1）以其标志性的长车辕结构和独特的吱呀声，勾勒出游牧民族迁徙与生活的史诗画卷。勒勒车不仅是穿越草海沙丘的运输工具，更是凝聚着古老造物智慧与生态哲学的文化符号，其制作技艺已被列入国家级非物质文化遗产名录。从选材到构造 ，勒勒车极致地体现了“以轻驭重、因简就巧”的结构思想，是自然材料、功能需求与结构受力完美结合的典范。



图 1 勒勒车

从草原上的车辙到纵横全球的“中国建造”，规模与载体虽已巨变，但对结构效率与材料极限的追求却一脉相承。如何以最少的材料、最优的形态、最高的效能来实现预定功能，是工程师面临的永恒课题。

2 赛题概述

本次竞赛赛题要求参赛队设计并制作一辆勒勒车模型，在动力小车牵引下完成直线道（无减速装置）、坡道和弯道赛道上的货物运输任务。勒勒车模型的加

载货物质量由参赛队自行确定，模型的载货量、承载能力和行驶状态取决于参赛队载货方案、车架和车轮结构的设计以及参赛队员对动力小车的操控水平。

载货的勒勒车模型由动力小车牵引提供动力，沿规定赛道行驶，以运输时间、运输任务完成度和运输成本等综合评价模型结构设计的合理性以及模型的动态承载能力、稳定性及用料经济性。因此，对参赛队员的力学分析能力、多目标优化设计能力和临场决策能力提出了挑战。

3 模型设计要求与载货质量

参赛队需在规定时间内完成勒勒车模型的制作，如图 2 所示。模型由车架、车轮、车轴和轴承以及车架与动力小车的连接件等组成，其中车轴、轴承及用于固定轴承的轴卡由组委会统一提供，不允许对其进行任何改造加工。参赛队自行选择放置于车架上的载货质量。模型在动力小车牵引下通过克服赛道障碍物带来的冲击力以及避免倾覆等，完成运输任务。

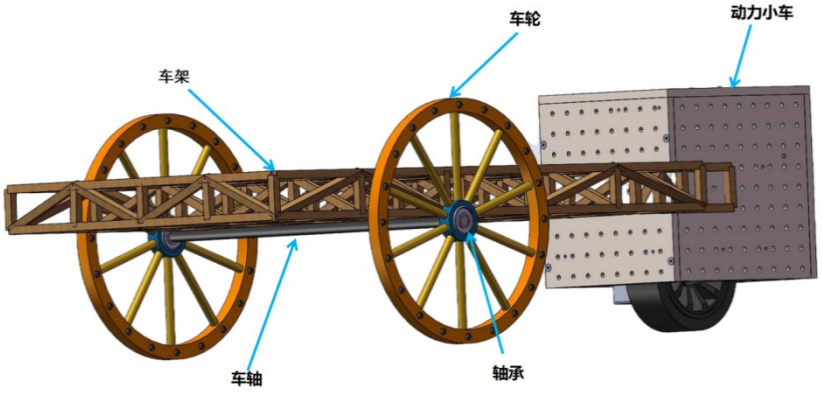


图 2 模型及动力小车示意图

3.1 模型设计要求

（1）车架：车架的平面尺寸和结构形式由参赛队根据选择的载货质量自行设计；动力小车仅 B、C、D、E 面预留孔洞（图 3）用于模型与小车连接；车架

需设置与动力小车预留孔洞连接的部件；车架与车轴的连接方式由参赛队自行设计。

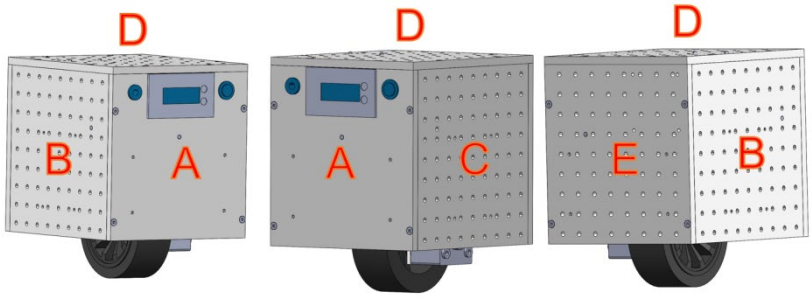


图 3 动力小车 A、B、C、D、E 面示意图

（2）车轮：车轮的尺寸和结构形式不作要求，参赛队自行设计；车轮仅可通过轴承与车轴连接；轴承为车轮与车轴连接的唯一途径；轴承安装固定在车轴两端指定位置，详见车轴图。

（3）任何状态下，模型除车轮外其他任何部位不得与赛道或赛道上的障碍物发生接触或相互作用。

3.2载货质量与装货规则

（1）载货质量及要求：载货为组委会统一提供的内装玻璃颗粒布袋，每个布袋尺寸约为长 130mm×宽 90mm×高 35mm，质量为 500g，如图 4 所示；参赛队可自行选择 20~40 个布袋作为载货质量，并需于加载前上报所要布袋数量 N_i（单位：个）。

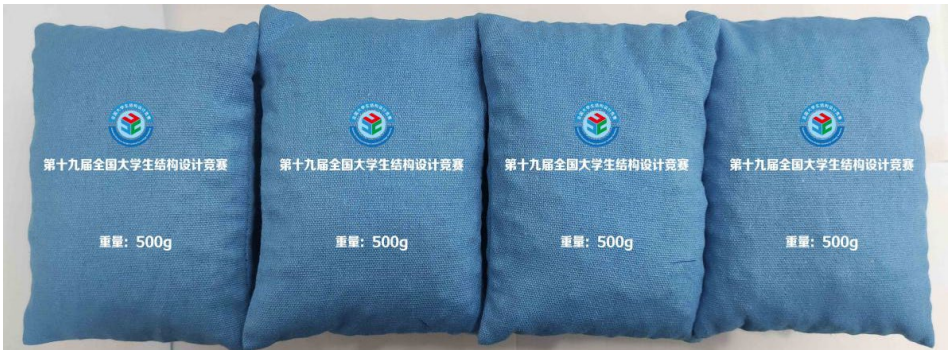


图 4 货物布袋示意图

（2）装货规则：模型与动力小车安装完毕后，参赛队员相互配合将上报数

量的布袋放置于车架上；放置时要求将布袋层层叠放，严禁使用任何形式对布袋进行捆绑；装载的布袋在模型静止或行驶过程当中不允许与车轮、赛道及障碍物发生接触。

（3）布袋与动力小车间距离要求：动力小车的 E 面所在平面与该侧布袋边缘的净距不低于 20mm。如图 5 所示。

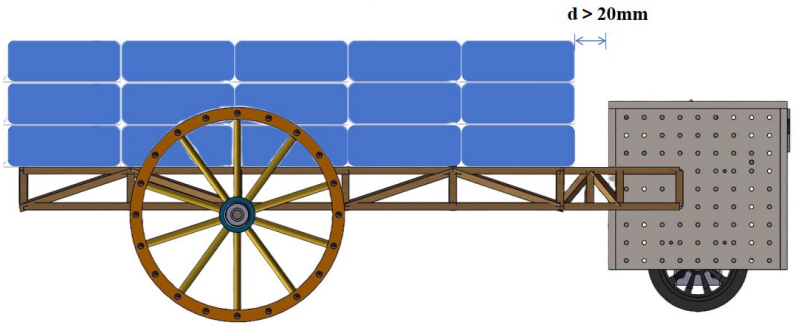


图 5 布袋与动力小车间距离示意图

4 动力小车

组委会提供的模型牵引动力装置为长方体独轮遥控车，即动力小车。动力小车 A、B、C、D、E 五个面均为厚度 6mm 的铝合金护板，其中 B、C、D、E 四个面设置标准 M4 螺纹孔洞用于连接模型。螺纹孔洞中心距为 15mm。动力小车具体参数：电机额定转矩为 16kg.cm，额定转数为 60r/min；车轮直径约 85mm，车轮宽 30mm；转向角度为 40°。详图见动力小车图。

5 赛道

赛道由停车区、直线车道、过渡车道和曲线车道等组成。直线车道宽度为 400mm。曲线车道略加宽，最宽处为 500mm。赛道上设半圆形和三角形减速带、单边桥等障碍物。赛道的相关具体参数及障碍物布置详见赛道图。

6 模型制作材料与工具

（1）模型必须现场制作。模型制作材料和工具由组委会统一提供。参赛队模型制作使用的材料仅限于组委会提供的材料。

（2）竹材：竹材的规格及发放量如表 1 所示，其参考力学指标如表 2 所示；需说明的是，竹片附带的无纺布不得用于模型制作以及任何部件的连接，否则按违规处理。

表 1 竹材规格及发放量

名称	规格	材料特点	发放量
竹皮	1250mm×430mm×0.20mm	集成竹片（单层）	2 张
	1250mm×430mm×0.35mm	集成竹片（双层）	1 张
	1250mm×430mm×0.50mm	集成竹片（双层）	1 张
	400mm×400mm×1.00mm	集成竹片（双层）	1 张
竹杆	930mm×6mm×1mm	集成竹材	30 根
	930mm×2mm×2mm	集成竹材	10 根
	930mm×3mm×3mm	集成竹材	10 根
	930mm×8mm×2mm	集成竹材	20 根

表 2 竹材参考力学指标

密度	顺纹抗拉强度	抗压强度	弹性模量
0.8 g/cm^3	60 MPa	30 MPa	6GPa

（3）车轴：车轴为 1 根直径 8mm、长 300mm 的光滑钢棒（图 6），其重量约 115g；车轴两端各设置两道深度 0.35mm 的卡槽用于固定轴承；车轴中段不同位置设有间隔 5mm、深度 0.35mm 的卡槽用于固定车架，参赛队可自行选择卡槽进行车架固定，详见车轴图。



图 6 车轴示意图

（4）轴承：轴承（图 7）宽度 11mm，直径 24mm，内径 8mm，双排滚珠，共 2 个，每个重量约 24g（误差 0.3g）；轴承采用Φ8 轴卡固定在车轴最外端 2 个卡槽中间，详见车轴图。



图 7 轴承示意图

（5）轴卡：轴卡（图 8）规格为Φ8，共 15 个，每个重量约 0.3g，仅在车轴上使用，用于固定轴承和车轴上其他零部件。



图 8 Φ8 轴卡示意图

（6）胶水：30g 装 502 胶水共 8 瓶，仅用于模型构件、模型零部件间的粘接。

（7）卡纸：3mm 厚 A3 卡纸共 3 张，仅用于模型拼装时定位的辅助材料，不得作为模型制作材料使用。

（8）模型制作工具：组委会统一提供制作工具，工具表见附件 3；各参赛队可携带入场的物品包括小型电子秤（1 台，自带电源）、游标卡尺（1 个）、护目镜（3 个）和 A3 图纸 3 张；其他制作工具、材料或物品等一律不得携带入场。

另外，模型制作现场内设有公用工具借用处，包括直径 4mm、6mm 和 8mm 的打孔器、手电钻及 4mm、6mm 和 8mm 钻头、内六角扳手等。

7 模型制作时间及要求

（1）模型制作总时长为 14 个小时。

（2）现场模型设计与制作开始后的第 9 小时，各参赛队可 2 次借用公共工具借用处的动力小车及工具进行检验，每次不超过 5 分钟。

（3）参赛队须在模型提交前完成车架、车轮、车轴和轴承的安装工作，以及模型与动力小车连接的准备工作。

（4）需要特别强调的是，模型制作过程中参赛队应注意保护模型及其零部件，若发生损坏参赛队自行负责，并不得因此要求延长模型制作时间。

8 模型质量

各参赛队提交模型时，工作人员将对模型（包括车架、车轮、车轴、轴承和轴卡等）进行称重，得到第 i 参赛队的模型质量 M_{Ai}（单位：g）。同时，参赛队需向工作人员上报装载布袋数量 N_i 以及用于固定模型的不同长度的内六角螺丝数量。内六角螺丝质量 M_{Bi}（单位：g），计入模型总质量。模型总质量为 M_i（单位：g）：

$$M_i=M_{Ai}+M_{Bi}$$

不同长度内六角螺丝的重量如表 3 所示 。

表 3　不同长度内六角螺丝重量

螺丝长度	**4mm**	**6mm**	**8mm**
重量	1.2g	1.4g	1.6g

参赛队应根据模型情况确定选择内六角螺丝的长度，防止由于固定模型后螺丝过长进而损坏动力小车。确定好不同长度的内六角螺丝数量后，在后续安装时不允许更改。

9 竞赛流程

9.1 模型安装

根据工作人员安排，第 i 参赛队将模型移至预安装区，在检查组委会提供的动力小车无问题后将小车置于停车区预安装板固定底座上，确认准备就绪后向工作人员举手示意，开始记录模型安装时间 t_{1i}（单位：秒）。参赛队利用组委会提供的内六角扳手、内六角螺丝等工具进行手动连接模型与动力小车，确认连接无误后向工作人员举手示意，t_{1i} 计时结束。t_{1i} 应控制在 5 分钟以内。

9.2 货物装载

第 i 参赛队将停车区预安装板、安装好的模型和动力小车从预安装区移至竞赛现场赛道起点，打开激光标尺，准备好后向工作人员举手示意，开始记录货物装载时间 t_{2i}（单位：秒）。参赛队员按照前述 3.2 中要求摆放数量为 N_i 的布袋，并确认符合前述 3.2 要求后向工作人员举手示意，t_{2i} 计时结束。t_{2i} 应控制在 3 分钟以内。

9.3 陈述答辩

2 名参赛队员装载货物的同时，由第 3 名参赛队员在 1 分钟内介绍模型的特点，随后专家提问，参赛队员回答问题。

9.4 模型行驶及货物运输

（1）由参赛队员遥控动力小车牵引模型运输货物。当小车车头 A 面经过起始位计时器时，开始记录第 i 参赛队模型行驶及货物运输时间。小车牵引模型及货物沿赛道驶向终点，当动力小车车头 A 面触碰终点计时触发装置时，记录此段时长为 t'_{3i}（单位：秒）；动力小车车头 A 面触碰计时装置后继续停留 10 秒，此时模型行驶及货物运输结束。模型行驶及货物运输总时间为 t_{3i}（单位：秒）：

$$t_{3i} = t'_{3i} + 10$$

t_{3i} 应控制在 3 分钟以内。模型行驶及货物运输过程中的违规、失效性判定依据 10.1、10.2 进行。

（2）工作人员统计第 i 参赛队模型行驶及货物运输期间无效布袋数量 n_i：

$$n_i = a_i + b_i + c_i + d_i$$

a_i：t'_{3i} 时间内脱离模型的布袋数量；

b_i：模型到达终点后持荷期间接触赛道的布袋数量；

c_i：模型行驶及货物运输期间各种原因造成的破损且有玻璃颗粒泄漏的布袋数量；

d_i：模型到达终点后持荷期间触碰动力小车的布袋数量。

（3）模型行驶及货物运输期间不允许参赛队员与模型、布袋、动力小车和赛道发生任何接触。

9.5 货物卸载

模型行驶及货物运输运行结束后，参赛队员迅速从模型上卸下布袋，放置在指定安放区，撤离竞赛场地。

10 判定准则

10.1 违规判定准则

出现下列情况之一，判定违规：

（1）携带组委会统一发放以外的模型材料、预制构件、制作工具等进入模型制作现场，判定为作弊行为，取消竞赛资格；

（2）不满足 3.1 中（3）所述要求，判定违规，取消模型行驶及货物运输资格；

（3）不满足 6 中关于模型材料使用的相关要求，判定违规，取消模型行驶及货物运输资格；

（4）不满足 6 中（8）模型制作工具的相关规定，判定违规，取消模型行驶及货物运输资格；

（5）模型安装超时大于 5 分钟，判定违规，取消模型行驶及货物运输资格；

（6）模型行驶及货物运输过程中参赛队员触碰模型、布袋、动力小车和赛道，取消模型行驶及货物运输成绩；

（7）专家组认定的其他违规情况酌情扣分。

10.2 模型行驶及货物运输失效判定准则

出现下列情况之一，判定为失效：

（1）装载货物、模型行驶及货物运输过程中，模型发生垮塌；

（2）模型行驶及货物运输过程中，任一车轮驶出赛道、或模型发生侧翻、或除车轮以外的模型其他任何零部件与赛道接触；

（3）模型行驶及货物运输过程中，$n_i > 20\%N_i$；

（4）模型行驶及货物运输过程中，布袋掉落阻碍车辆前进，无法恢复正常行驶；

（5）模型行驶及货物运输时间 t_{3i} 大于 3 分钟；

（6）专家组认定模型行驶及货物运输失效的其他情况。

11 评分标准

11.1 总分构成

竞赛总分为 100 分，包括：

（1）理论方案得分：5 分

（2）模型设计与制作质量得分：10 分

（3）现场陈述答辩得分：5 分

（4）模型行驶及货物运输分数：80 分，包括模型行驶及货物运输效率得分、运输任务完成度得分、运输成本得分，具体分值如下：

① 模型行驶及货物运输效率得分：30 分

② 运输任务完成度得分：10 分

③ 运输成本得分：40 分

（5）违规罚分。

11.2 评分细则

（1）理论方案：满分 5 分

第 i 参赛队的理论方案分 A_i，由专家根据计算书内容的科学性、完整性、准确性和图文表达的清晰性、规范性等进行评分。注意理论方案不得出现参赛队所在学校的标识，否则酌情扣分。

（2）模型设计与制作质量：满分 10 分

第 i 参赛队的模型设计与制作质量分 B_i，由专家根据模型结构设计（合理性、创新性和实用性等）与制作工艺（制作质量、美观性等）进行评分，其中模型设计与制作质量各占 5 分。该项分值由专家现场对实物模型进行评分，如发现实物模型与设计图纸出现明显差异，经专家组认定，可取消其模型行驶及货物运输资格。

（3）现场陈述答辩：满分 5 分

第 i 参赛队的现场陈述答辩分 C_i，由专家根据参赛队员现场陈述和回答专家

提问的综合表现（内容表述、逻辑思维、创新点和回答正确性等）进行评分，满分 5 分。

（4）模型行驶及货物运输效率得分：满分 30 分

第 i 参赛队的模型行驶及货物运输时间为 t_{3i}，$t_{\min}$ 为所有成功完成模型行驶及货物运输任务参赛队中用时最短的时间。D_i 为第 i 参赛队模型行驶及货物运输效率所得分：

$$D_i = \left(t_{\min} \Big/ t_{3i} \right) \times 30$$

当 t_{3i} 大于 3 分钟时，模型行驶及货物运输失效。

（5）运输任务完成度得分：满分 10 分

第 i 参赛队上报的装载布袋数量为 N_i，无效布袋数量为 n_i，运输任务完成度所得分为 E_i：

$$E_i = \left(\left(20\%N_i - n_i \right) \Big/ 20\%N_i \right) \times 10$$

当 $n_i > 20\%N_i$ 时，模型行驶及货物运输失效。

（6）运输成本得分：满分 40 分

第 i 参赛队的模型质量为 M_i，运输至终点的有效的布袋总质量为 G_i，第 i 参赛队的载质比为 K_i，$K_{\max}$ 为所有成功完成模型行驶及货物运输参赛队的最大载质比，F_i 为第 i 参赛队运输成本得分：

$$G_i = \left(N_i - n_i \right) \times 500$$

$$K_i = G_i \Big/ M_i$$

$$F_i = \left(K_i \Big/ K_{\max} \right) \times 40$$

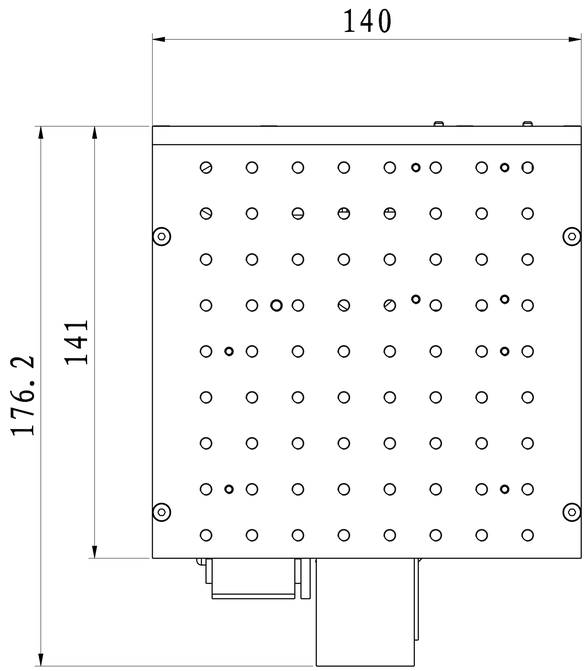
（7）扣分 H_i 计分标准

第 i 参赛队模型安装时间每超过 1 分钟，罚 2 分，不足 1 分钟按 1 分钟计，最终得罚分为 H_i。安装超时大于 5 分钟，取消模型行驶及货物运输资格。

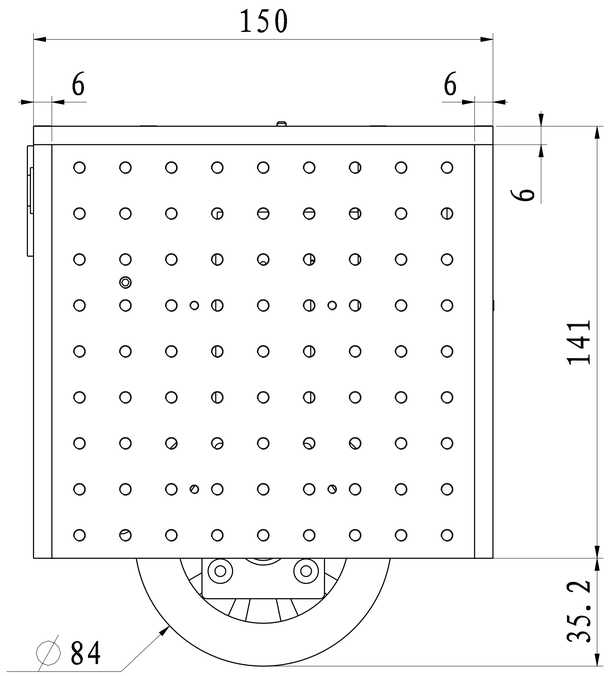
11.3 参赛队总得分

第 i 参赛队总分计算式为：

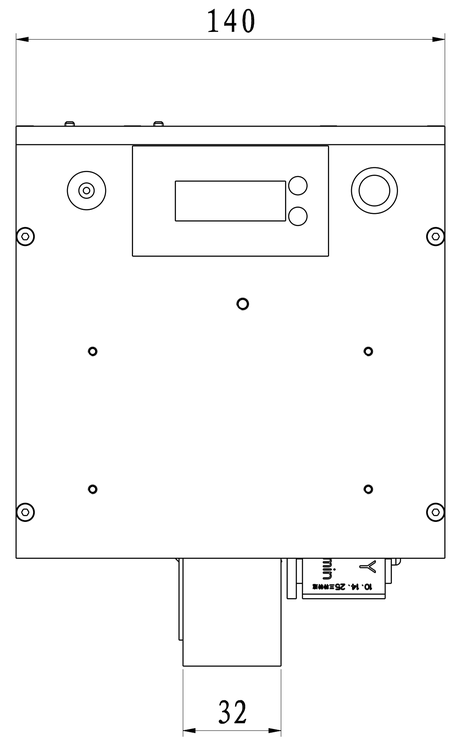
$$S_i=A_i+B_i+C_i+D_i+E_i+F_i-H_i$$



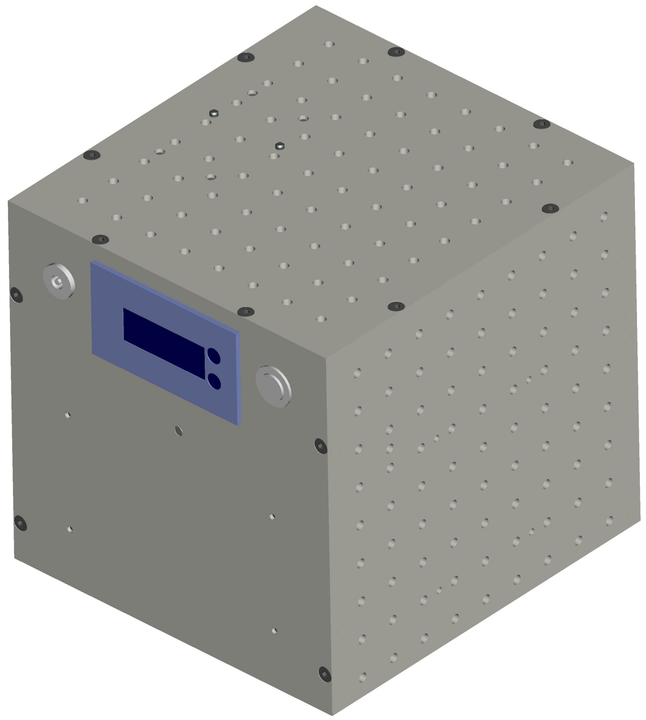
右视图



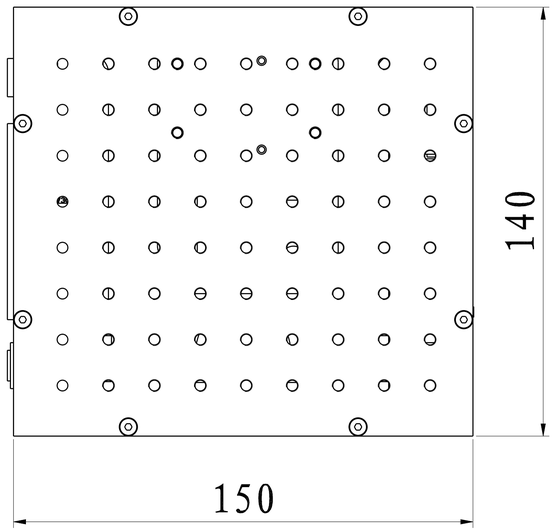
主视图



左视图



俯视图



序号	编码	关重符号	零件名称	数量	材料	单件重量	总计重量	备注
31	SKG-1		小按钮	1		0.01		
30	DC-099		电池插接头	1		0.00		
29	2026JK-17		胶垫板	1	橡胶	0.01		
28	GB/T70.3-2008		M3×20沉头螺栓	2				
27	GB/T70.1-2000		M10×10内六角螺栓	1				
26	DLSSC-1		电量显示	1		0.07		
25	2026JGSDC-35		轮轴套2	1	不锈钢	0.01		
24	HQL-84		车轮84	1		0.08		
23	2026JK-23		电池压板	3	不锈钢板	0.01		
22	GB/T70.3-2008		M3×6沉头螺栓	17				
21	2026JK-22		电池板1	1	不锈钢板	0.09		
20	2026JK-21		电池板	2	不锈钢板	0.10		
19	2026JK-13		线控板	1	不锈钢板	0.01		
18	GB/T70.3-2008		M3×10沉头螺栓	16				
17	2026JGSDC-11-22		压条	1	不锈钢板	0.00		
16	2026JGSDC-4		RC	1		0.01		
15	DJCZB-1		控件板	1		0.01		
14	24V-115-71-19		电池3000mah	3		0.31		
13	GB/T70.3-2008		M4×8沉头螺栓	7				
12	2026JK-16		前面板	1	铝合金	0.28		
11	2026JK-11		后面板	1	铝合金	0.30		
10	2026JK-9		左右板	2	铝合金	0.30		
9	2026JK-8		顶板	1	铝合金	0.34		
8	2026JK-7		舵机型号：ASMC-LQB-12V60KG			0.17		
7	2026JGSDC-2		驱动主体	1		0.35		
6	2026JK-2		连接板1	1	不锈钢	0.07		
5	GB894-86		轴用挡圈17	1				
4			51103推力球轴承17×30×9	1		0.03		
3	2026JK-4		销轴	1	不锈钢	0.05		
2	2026JK-3		轴套	1	不锈钢	0.04		
1	2026JK-1		隔板	1	不锈钢板	0.16		

标记	处数	更改文件号	签字	日期
设计		厦玉增17-Dac-25		
校核				
审核				
工艺检查				
标准检查				
审定				
批准				

2026JK-00

动力小车

所属装配号 2026JGSDC-0

图样标记	重量	比例
S		1:1

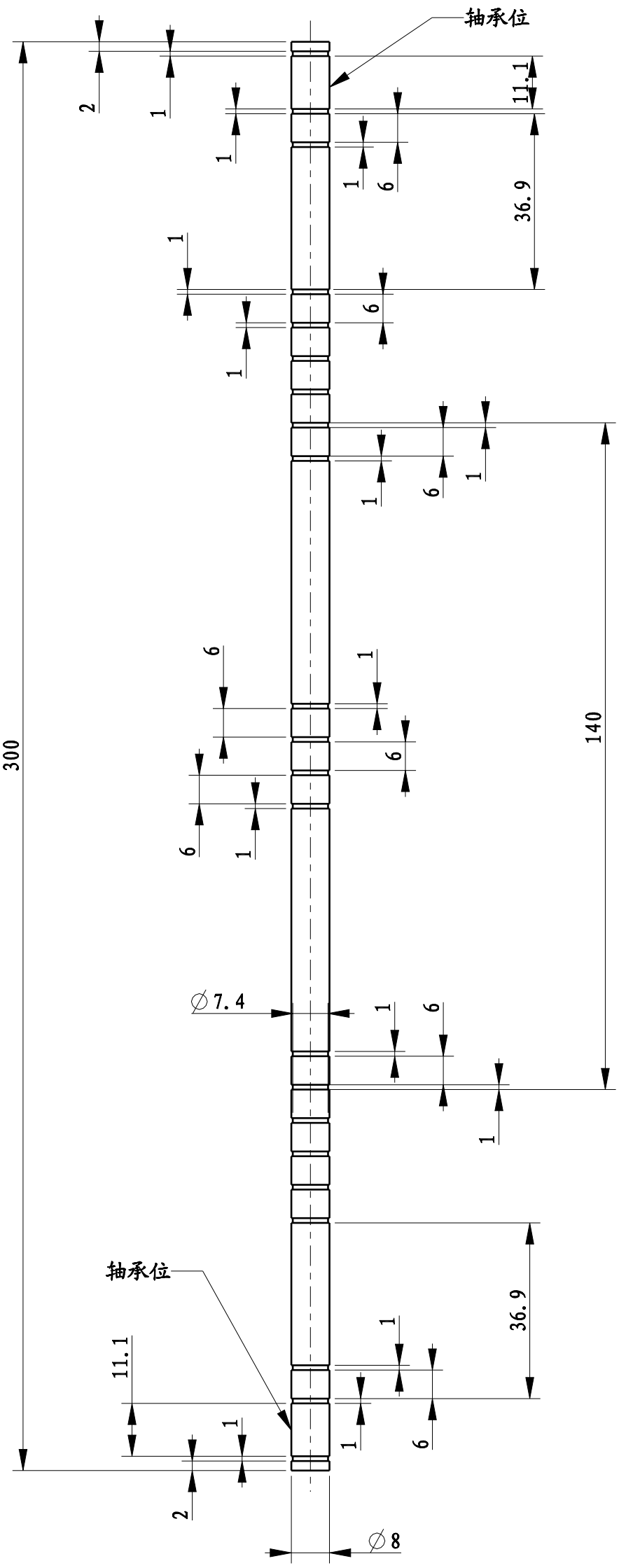
共 1 张 第 1 张

武汉斌鸿运机械有限公司

责任	签字
制图	
描图	
描校	
旧底图总号	
底图总号	
日期	签字

会 签

2026JK-30



责任	签 字
制图	
描图	
描校	

旧底图总号

底 图 总 号

日 期 签 字

标记	处数	更改文件号	签 字	日 期
设 计				
校 核				
审 核				
工艺检查				
标准检查				
审 定				
批 准				

车轴

2026JK-30

所属装配号 2026JGSDC-0

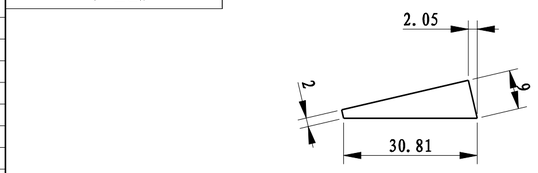
图样标记	重 量	比 例
S	0.042	9:10

共 1 张 第 1 张

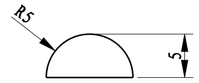
武汉斌鸿运机械有限公司

会 签

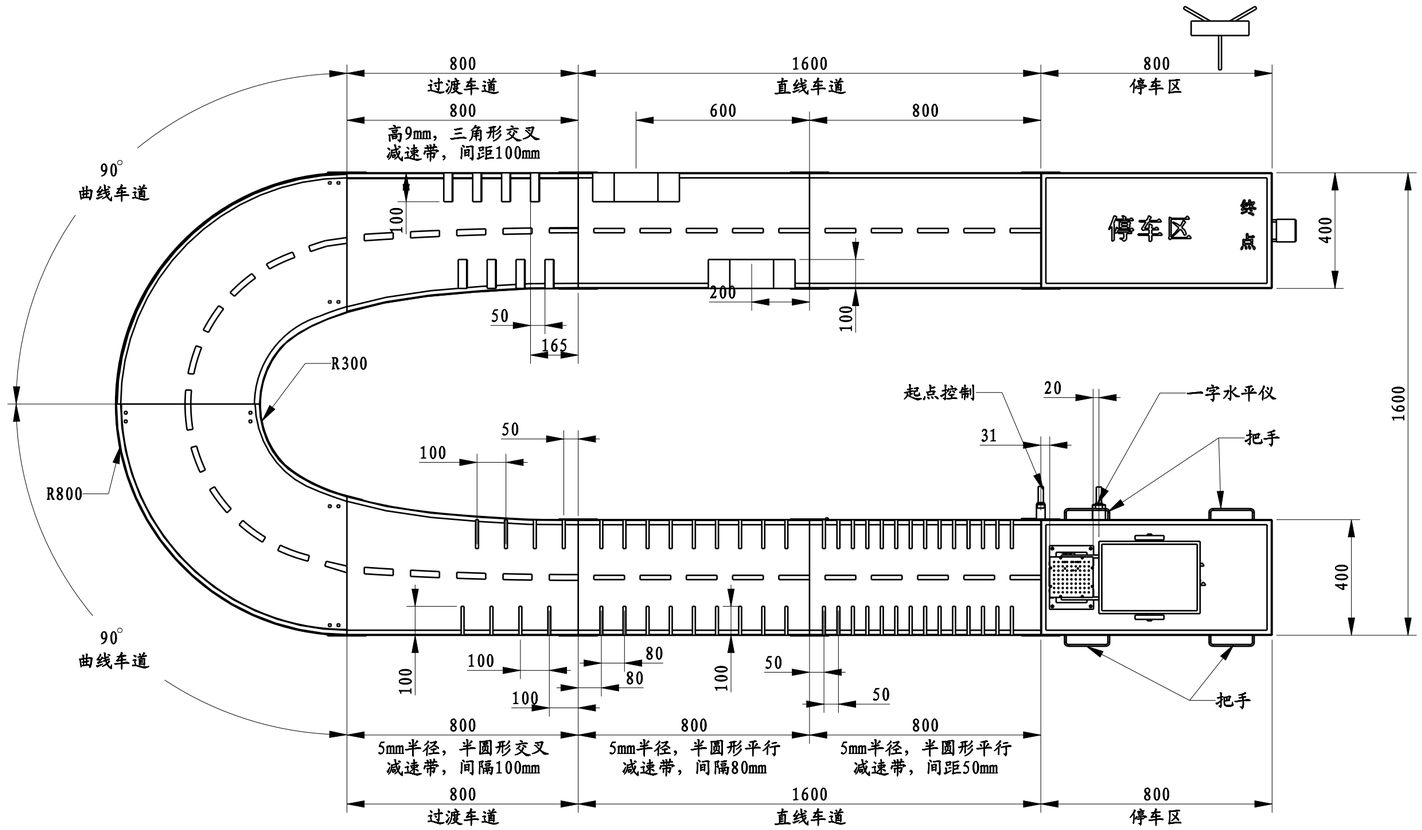
SDT-0

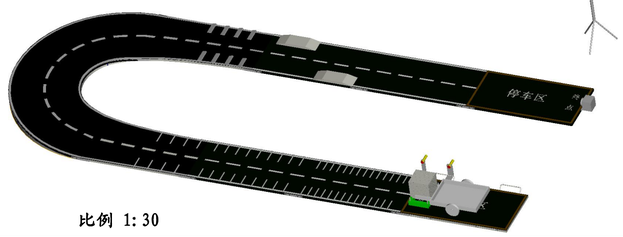


三角形减速带详图



半园形减速带详图





比例 1:30

序号	编码	关重符号	零件名称	数量	材料	单件重量	总计重量	备注
44	SCSD-3-5		曲线车道内板1	2	不锈钢	0.09		
43	SCSD-3-3AA		曲线车道内板	1	不锈钢	0.05		
42	SCSD-3-3		曲线车道内板	1	不锈钢	0.05		
41			M6板连接螺栓组	4				
40	SCSD-10-B		固定套	1	不锈钢	0.01		
39	SDT-10DD		曲线车道支板	2	木板	0.18		
38	SDT-10CC		曲线车道支板1	2	木板	0.25		
37	SDT-10BB		曲线车道外筋板	2	不锈钢	0.24		
36	SDT-10AA		曲线车道外板	2	不锈钢	0.35		
35	SDT-4AA		终点停车区胶板	1	橡胶	1.35		
34	SDT-6AA		过渡车道胶板1	1	橡胶	0.99		
33	SDT-5AA		过渡车道胶板	1	橡胶	0.99		
32	SDT-2AA		直线车道胶板	4	橡胶	7.41		
31	SDT-1AA		起点停车区胶板	1	橡胶	0.75		
30			动力小车	1				
29	SCSD-10-A		标识座	1	不锈钢	0.12		
28	SDT-12		5mm半径减速带	54	木条	0.01		
27	SDT-11		三角减速带	8	木条	0.02		
26	SCSD-4		单桥	2	不锈钢	2.22		
25	SCSD-18		销轴	4	不锈钢	0.03		
24	SCSD-15		动力小车固定底座	2	不锈钢	0.27		
23	CJA-111		车箱	1		8.66		
22	SCSD-9-AA		曲线车道胶板	1	橡胶	1.26		
21	SDT-9		曲线车道胶板	1	橡胶	1.26		
20	SCSD-14		起点线控	2		0.18		
19	SCSD-10		起点开关座	1	不锈钢	0.09		
18	SCSD-11		显示器座	1		12.14		
17	SCSD-12		触点开关	1		3.11		
16	SCSD-13		触点开关座	1	不锈钢	0.30		
15	SCSD-9		线	2		0.05		
14			线	1		0.00		
13	SCSD-9		线	1		0.00		
12	SDT-10-1		曲线车道底板	1	木板	5.61		
11	SDT-10		曲线车道底板	1	木板	5.62		
10	SCSD-3-8		连接板	14	不锈钢	0.03		
9	SCSD-3-9		连接板	2	不锈钢	0.03		
8	SDT-6		过渡车道底板	1	不锈钢	44.97		
7	SDT-8		直线车道底板	1		7.56		
6	SDT-7		直线车道底板	1	木板	42.41		
5	SDT-4		终点停车区底板	1	木板	4.15		
4	SDT-5		过渡车道底板	1	木板	8.02		
3	SDT-3		直线车道底板	1	木板	7.59		
2	SDT-2		直线车道底板	1	木板	42.54		
1	SDT-1		起点停车区底板	1	木板	4.17		

责任	签字
制图	
描图	
描校	
旧底图总号	
底图总号	
日期	签字

标记	处数	更改文件号	签字	日期
设计		贾玉培16-Dec-25		
校核				
审核				
工艺检查				
标准检查				
审定				
批准				

赛道组

SDT-0

所属装配号 STD-01

图样标记	重量	比例
S		1:15

共 张 第1 张

武汉斌鸿运机械有限公司