

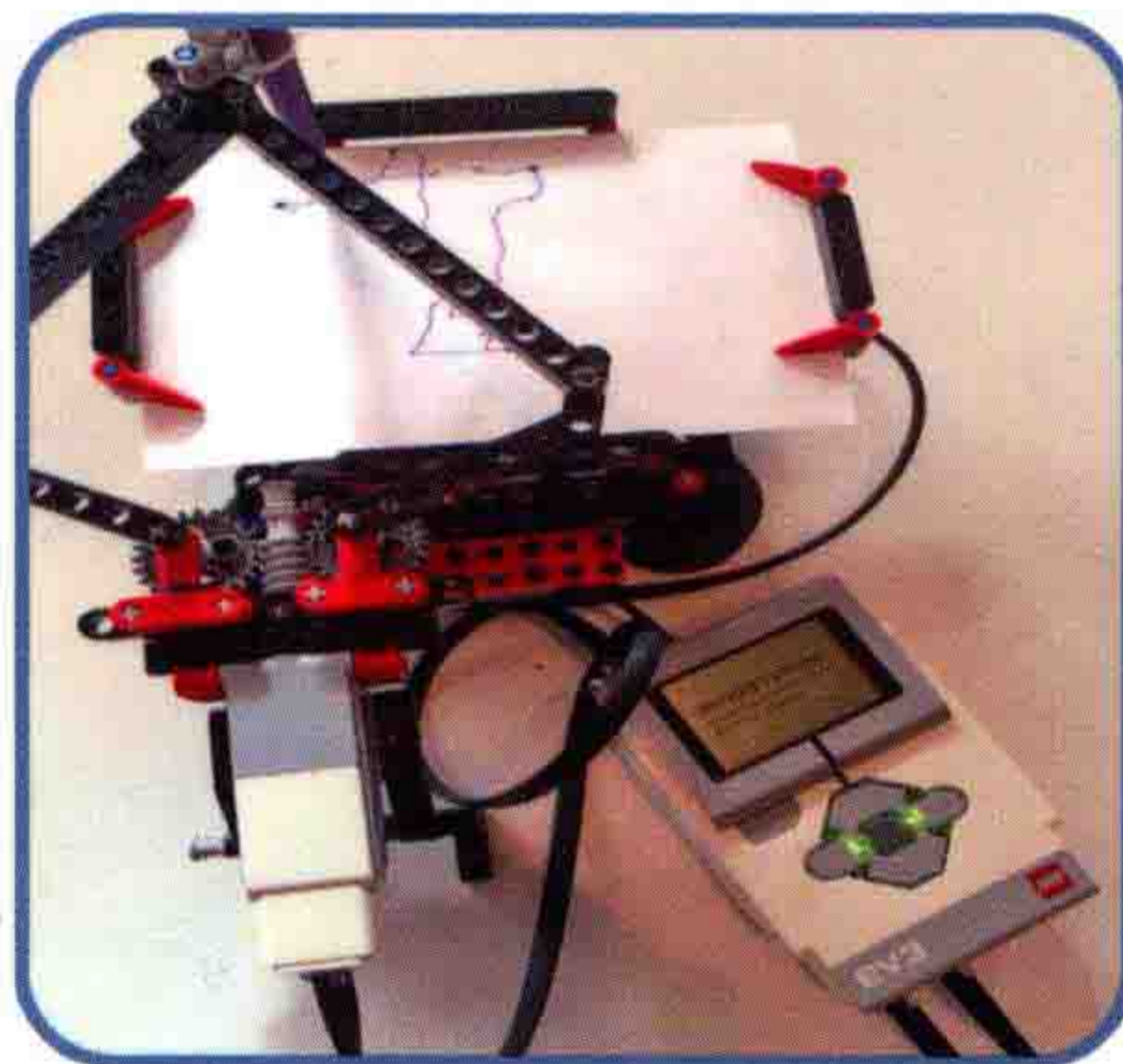
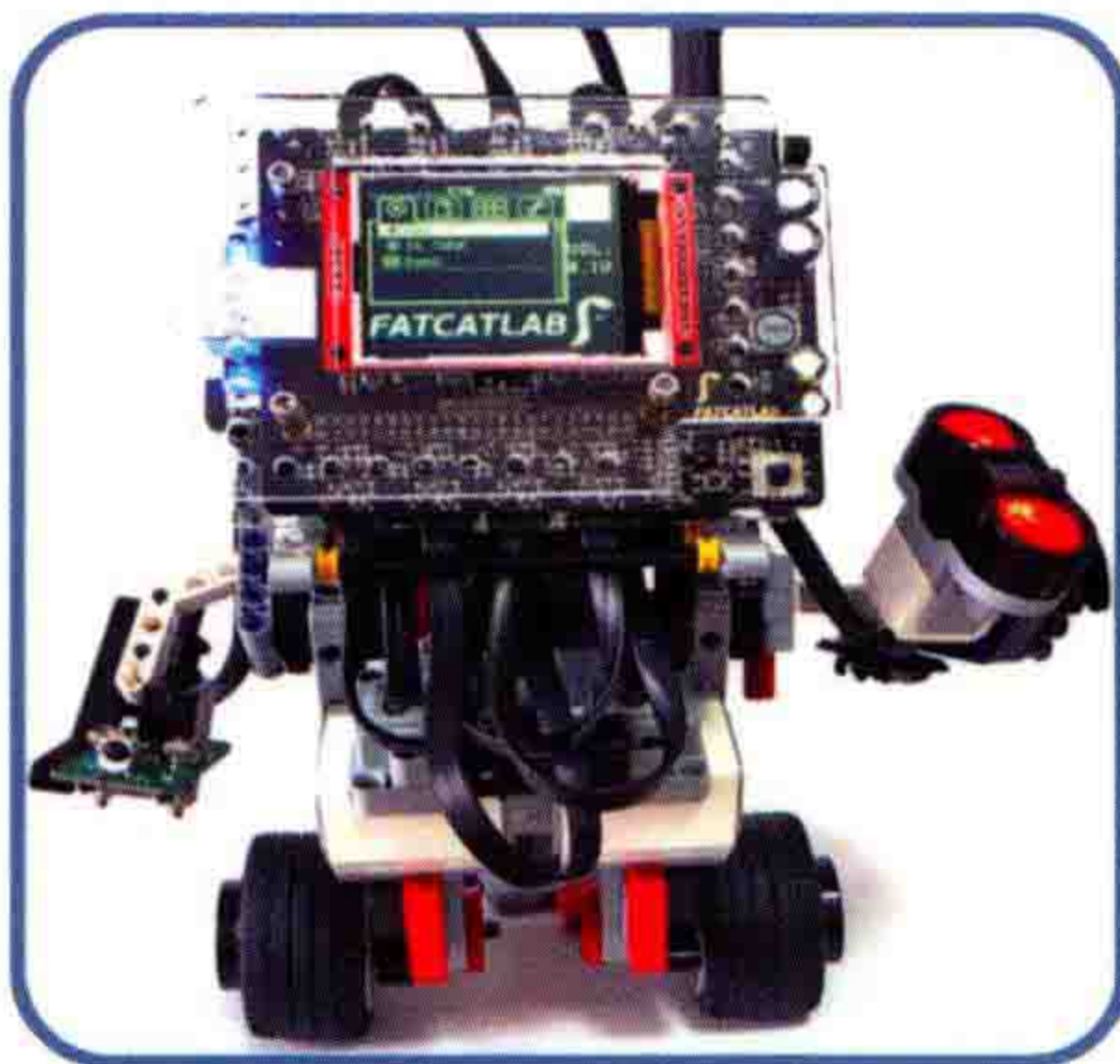
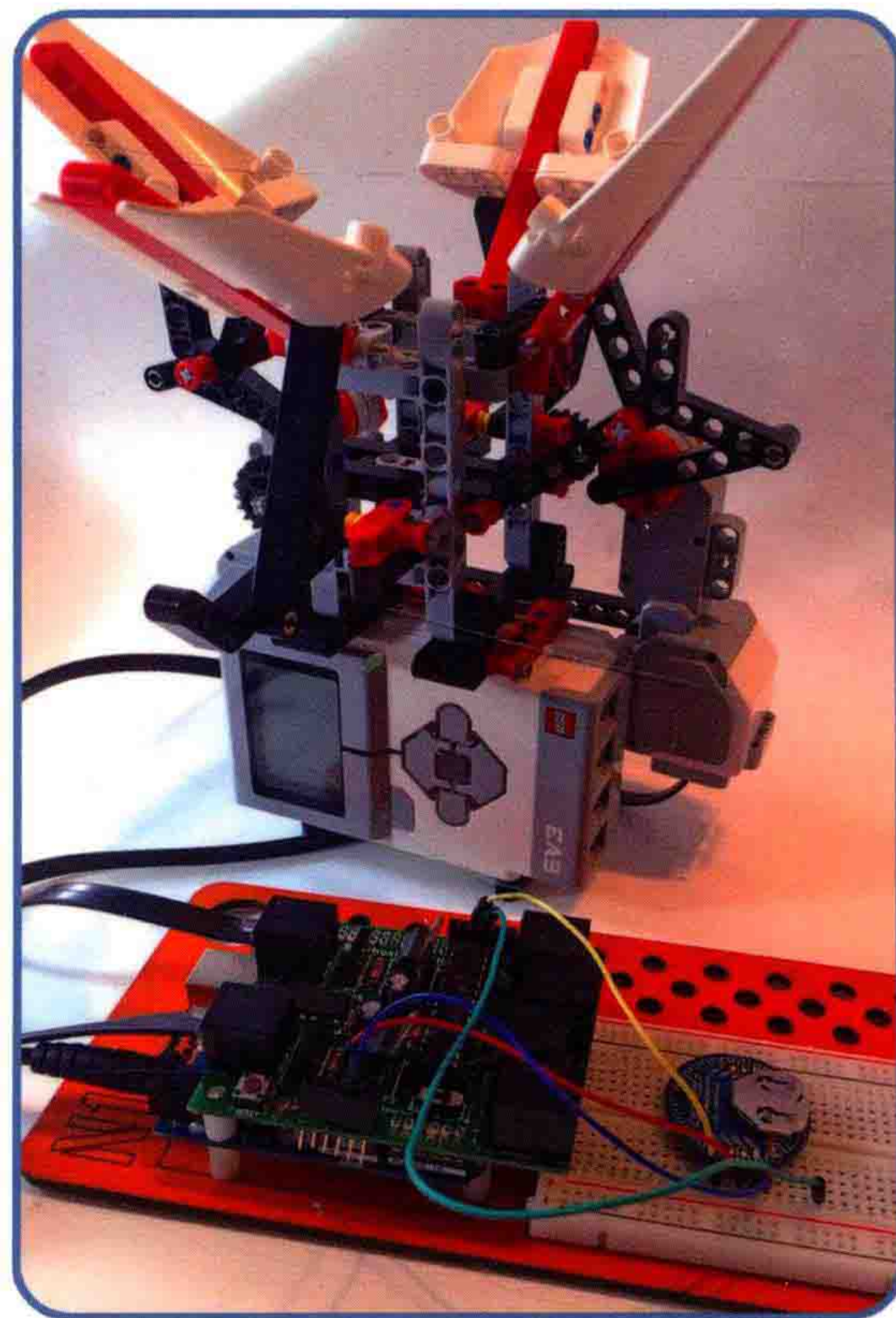
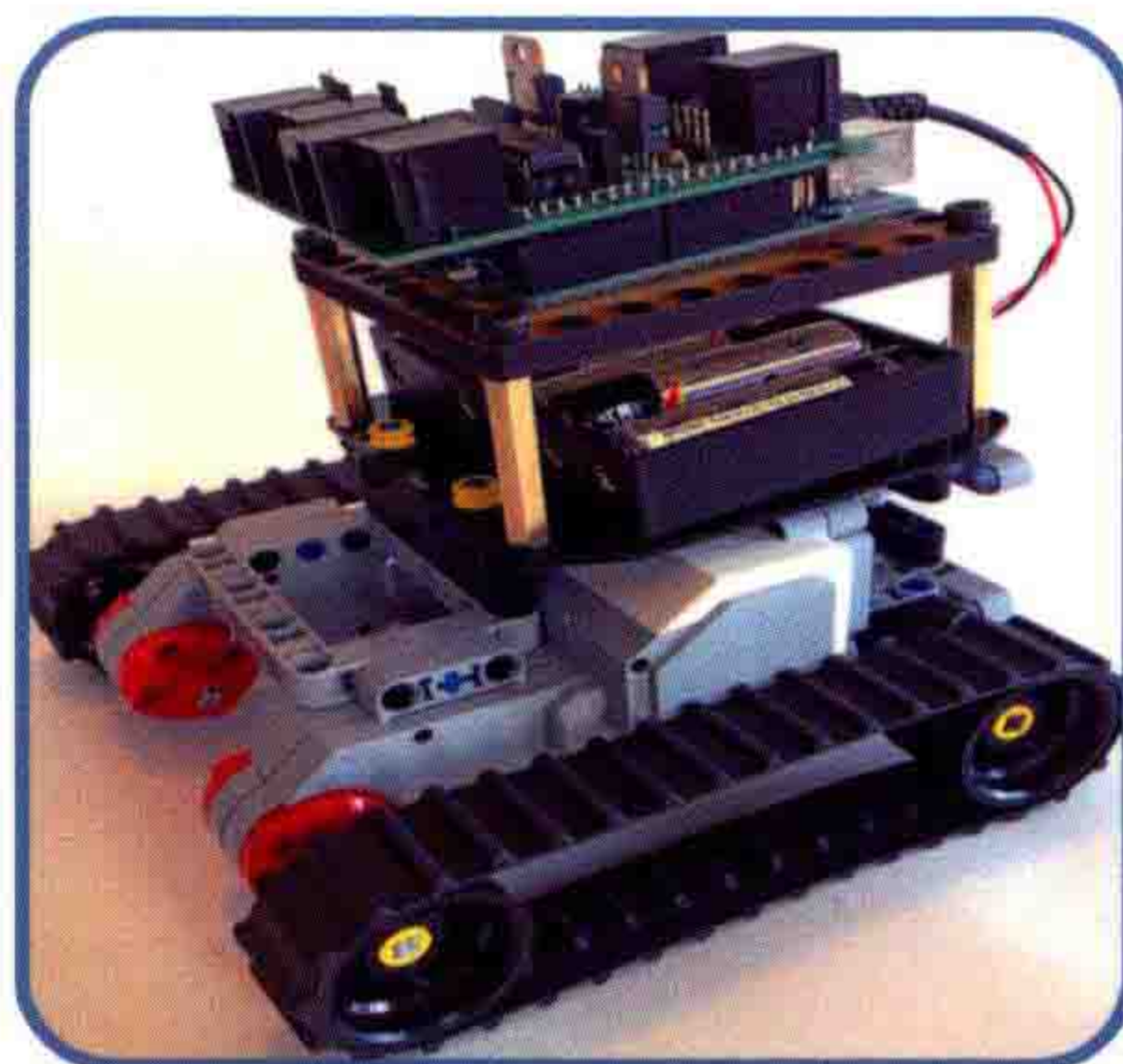
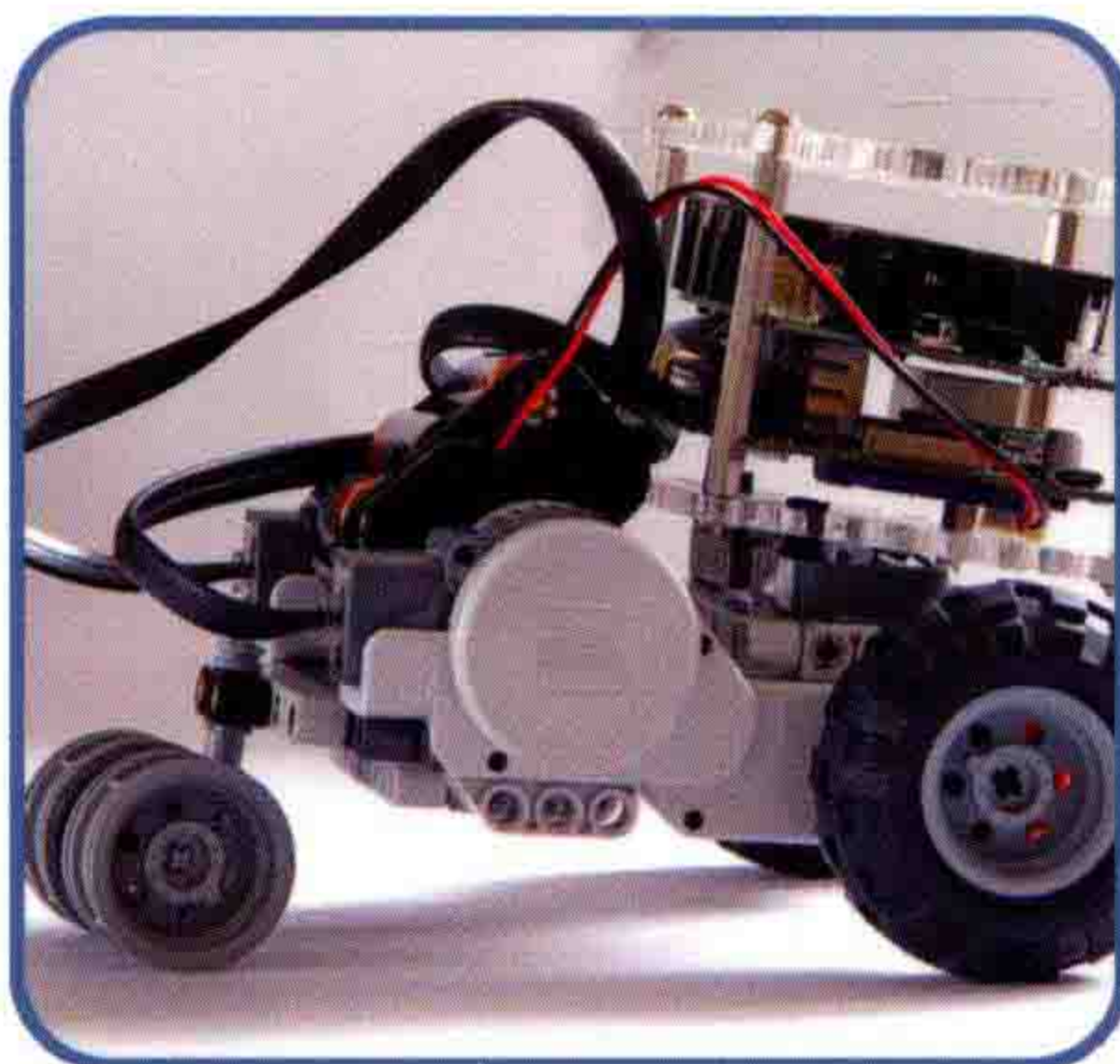
HACKING

YOUR LEGO® MINDSTORMS® EV3 KIT

que®

玩转乐高——拓展EV3

【美】约翰·贝克托 (John Baichtal) 著
吴晖 韦皓文 王晓俊 孟辉 译



玩转乐高——拓展 EV3

[美] 约翰·贝克托 (John Baichtal) 著

吴 晖 韦皓文 王晓俊 孟 辉 译



机械工业出版社

玩转 EV3! 完成五个不可思议的机器人项目, 打造 DIY 的全新高度!

你会知道只用 EV3 套装中的零件能完成多少项目, 还会知道用很便宜的 Arduino 和树莓派能让 EV3 套装变得多神奇。你还将学习如何为 EV3 程序块编写程序来控制额外添加的硬件, 学习如何创建更复杂的程序。

几百幅全彩色图片讲述了项目的每一个步骤和每一个技巧。准备好学习高级的机器人技术了吗? 本书将用通俗易懂的文字为你做出解释。

Authorized translation from the English language edition, entitled HACKING YOUR LEGO MINDSTORMS EV3 KIT, 1st Edition, ISBN: 9780789755384 by BAICHTAL, JOHN, published by Pearson Education, Inc, publishing as Que Publishing, Copyright © 2016 by John Baichtal.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education Inc. CHINESE SIMPLIFIED language edition published by CHINA MACHINE PRESS, Copyright © 2016.

本书中文简体字版由 Pearson Education, Inc 授权机械工业出版社独家出版, 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有, 翻印必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2015-7591 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

玩转乐高·拓展 EV3/ (美) 约翰·贝克托 (John Baichtal) 著; 吴晖等译. —北京: 机械工业出版社, 2016. 9

书名原文: Hacking Your LEGO Mindstorms EV3 Kit

ISBN 978-7-111-54772-3

I. ①玩… II. ①约…②吴… III. ①智力游戏 IV. ①G898.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 211845 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 林 桢 责任编辑: 林 桢

责任校对: 潘 蕊 封面设计: 陈 沛

责任印制: 李 洋

北京中科印刷有限公司印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

210mm × 226mm · 8.8 印张 · 255 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-54772-3

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

目 录

第1章 简介	1	4.1 零件清单	35
1.1 拓展头脑风暴	1	4.2 搭建起重机	35
1.2 各章节的主题内容	3	4.3 为起重机编程	49
第2章 项目：绘图机器人	4	4.4 红外遥控起重机	51
2.1 零件清单	5	4.5 使用手机应用 Commander	52
2.2 搭建绘图机器人	6	4.6 总结	54
2.3 绘图机器人编程	23	第5章 乐高拓展 II：替换控制器	55
2.3.1 移动电机	23	5.1 单片机和微型计算机	56
2.3.2 一个简单程序	23	5.1.1 Arduino	56
2.3.3 X 轴复位	25	5.1.2 树莓派 (Raspberry Pi)	58
2.3.4 拓展空间	26	5.1.3 BeagleBone Black	59
2.4 总结	26	5.1.4 替换控制器的原因	60
第3章 乐高拓展 I：连接	27	5.2 示例项目	62
3.1 头脑风暴缆线介绍	27	5.2.1 图书阅读器	62
3.1.1 头脑风暴缆线的内部构成	28	5.2.2 迷你坦克	62
3.1.2 拓展头脑风暴缆线	28	5.2.3 巧克力牛奶制作器	62
3.2 探讨无线选项	30	5.2.4 小球计数机器人 (Ball Counting Robot)	62
3.2.1 红外传感器和信标	30	5.2.5 滚动报警机器人 (Rolling Alarm Robot)	63
3.2.2 蓝牙	31	5.2.6 BeagleBone Black 机器人	64
3.2.3 拓展无线控制	31	5.3 编程环境	64
3.3 总结	33	5.3.1 LeJos	64
第4章 项目：遥控起重机	34	5.3.2 RobotC	65

5.3.3 Monobrick	65	第8章 项目：小球运输装置	96
5.3.4 ev3dev	65	8.1 搭建装置	96
5.4 总结	65	8.1.1 零件列表	97
第6章 项目：机器花	66	8.1.2 步骤	97
6.1 机器花搭建图	66	8.2 为装置编程	120
6.1.1 零件清单	66	8.3 创造自己的零件	121
6.1.2 步骤	67	8.3.1 底板	121
6.1.3 为机器花编写程序	77	8.3.2 齿轮	125
6.2 替换为 Arduino	80	8.4 总结	129
6.2.1 Arduino 快速入门	81	第9章 乐高拓展IV：附加电子设备	130
6.2.2 零件	81	9.1 电机和轮子	130
6.2.3 步骤	82	9.1.1 电机驱动卡	130
6.2.4 Arduino 编程	83	9.1.2 全向轮	131
6.3 总结	84	9.1.3 8通道伺服电机控制卡	131
第7章 乐高拓展III：创造自己的乐高		9.1.4 Hub-ee 轮子	132
零件	85	9.1.5 线性执行器	132
7.1 设计自己的零件	85	9.1.6 伺服驱动气动阀	132
7.1.1 了解乐高零件的尺寸规则	86	9.2 灯光系统	133
7.1.2 创建设计文件	86	9.2.1 RGB LED 灯模块	133
7.1.3 制作和迭代	87	9.2.2 灯线	133
7.2 寻找设计	88	9.3 传感器	134
7.2.1 Thingiverse 网站	88	9.3.1 Grove（格罗夫）传感器适	
7.2.2 LDraw 软件	88	配器	134
7.2.3 SketchUp 零件库	89	9.3.2 dGPS 传感器	134
7.3 制作自己的零件	90	9.3.3 接近传感器	135
7.3.1 CNC（数控）铣床	90	9.3.4 Pixy 模块和 Pixy 适配器	135
7.3.2 激光切割机	91	9.3.5 传感器多路复用器	135
7.3.3 3D 打印机	92	9.3.6 Absolute IMU-ACG 传感器	136
7.3.4 小窍门：参数化 3D 模型	94	9.3.7 dPressure 气压传感器	136
7.4 总结	95	9.3.8 红外热传感器	136
		9.4 NXT 和教育版电子元件	137

9.4.1 气动力套装	137	10.1.3 为旗杆攀登者编程	155
9.4.2 NXT 光线传感器	137	10.1.4 安装超声波传感器	156
9.4.3 NXT 温度传感器	138	10.1.5 为传感器编程	156
9.4.4 NXT 声音传感器	138	10.2 替换为树莓派	157
9.4.5 NXT 超声波传感器	139	10.2.1 树莓派快速入门	158
9.5 控制系统	139	10.2.2 安装树莓派和 BrickPi 扩展板	159
9.5.1 继电器驱动器	139	10.2.3 零件列表	159
9.5.2 sBrick 控制系统	139	10.2.4 步骤	159
9.5.3 PS 手柄接口板	139	10.2.5 小技巧：故障排除	165
9.5.4 NXTBee 无线板	140	10.3 总结	165
9.6 总结	140		
第 10 章 项目：旗杆攀登者	141	术语表	166
10.1 搭建旗杆攀登者	142	附录 本书内容相关的中文学习资源	169
10.1.1 零件清单	142		
10.1.2 搭建步骤	143		

第1章

简介

机器人搭建可以教会你很多工程、电子以及力学方面的知识，这就是乐高集团在1998年发布标志性的机器人头脑风暴（Mindstorms）套装时的想法。

EV3 是乐高头脑风暴套装的最新版本，它从几个不成功的机器人套装和前两个版本的头脑风暴产品中汲取了经验，是该公司的巅峰之作。和以前的版本一样，EV3 由塑料积木、电机[⊖]、传感器和一个可以运行程序的微控制器共同组成（见图1.1）。

因为原理相同，因此你可以用头脑风暴套装作为“真正”机器人技术的敲门砖！这个所谓的玩具教你如何为一个微控制器编写程序、搭建齿轮组件和创建牢固的结构。如果你想了解工程学原理，用头脑风暴套装能学到更多的东西。

1.1 拓展头脑风暴

一套机器人套装提供了很多的可能性，但你总会需要更多的选择余地，你迟早会产生要对这个套装做出改变的想法。也许你需要一些完美的梁来完成机器人的搭建，但头脑风暴的零件清单中没有这个零件，你可能想给机器人添加第三方传感器。这些理由很合理吧？



图 1.1 EV3 程序块可以用程序控制你的机器人

⊖ 规范术语为电动机，乐高玩家习惯称为电机，本书统一采用习惯用语。

好吧，并不是每个人都会如此。老实说，一些非常明智的人反对以任何方式来拓展头脑风暴套装，他们的挑战是在套装的限制范围内完成目标。他们拒绝使用任何非乐高的零件，既不会用胶水将它们粘在一起，也不会对它们切割或钻孔。

虽然我很钦佩这些忠实拥护者的坚韧和创造性，不过我还是选择了不同的道路：我只是想拓展头脑风暴。如果微控制器不能像我需要的那样工作，我会重新编程或者使用 Arduino 代替它，或者如图 1.2 所示，用 Bricktronics 扩展板控制头脑风暴的传感器和电机。

我可以为自己的模型添加第三方电子模块，如德克斯特工业（Dexter Industries）公司的指南针传感器（见图 1.3），让机器人拥有指示方向的能力。有很多产品可以用来搭配你的 EV3 套装，这只是其中一个很酷的例子。

如果有的零件不适合我，我会修改它，或者用另外的部件来代替它——甚至亲自制作新的零件。图 1.4 中的孔板与乐高的孔距相匹配，我可以用它加强模型，甚至用来制作箱型外壳。

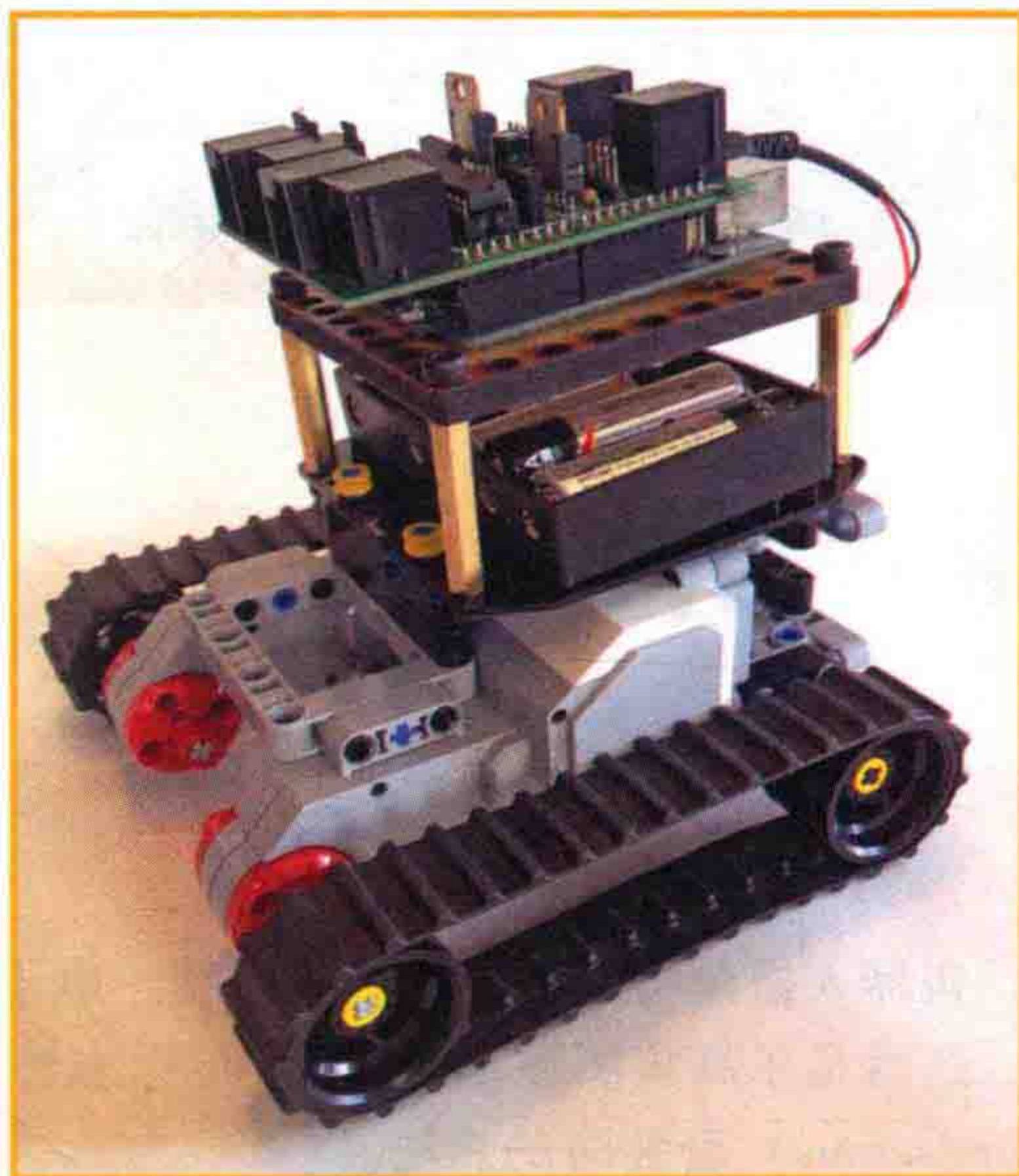


图 1.2 Bricktronics 扩展板为 Arduino 控制乐高专有电机和传感器提供了接口

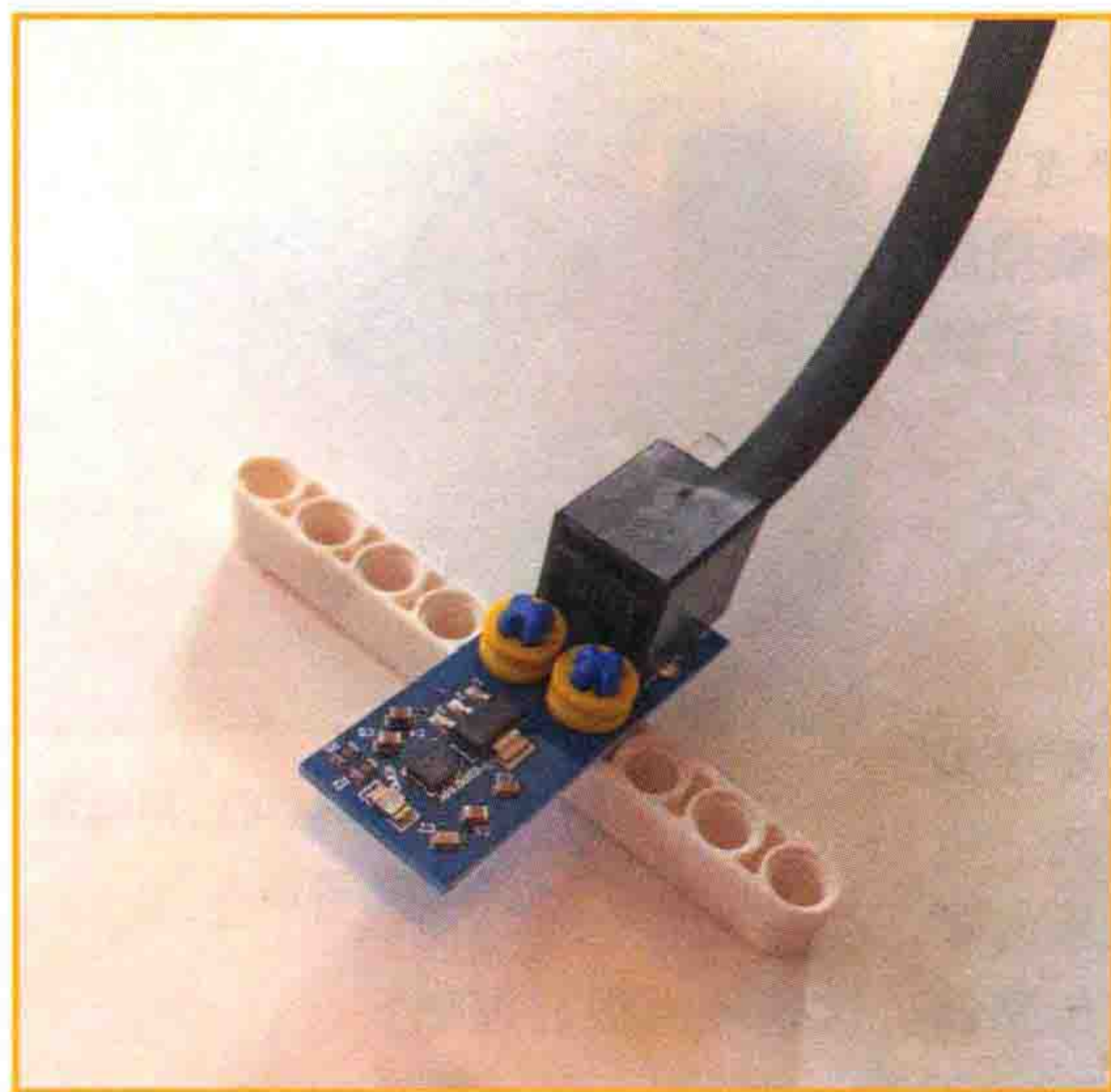


图 1.3 指南针传感器告诉机器人面对哪个方向

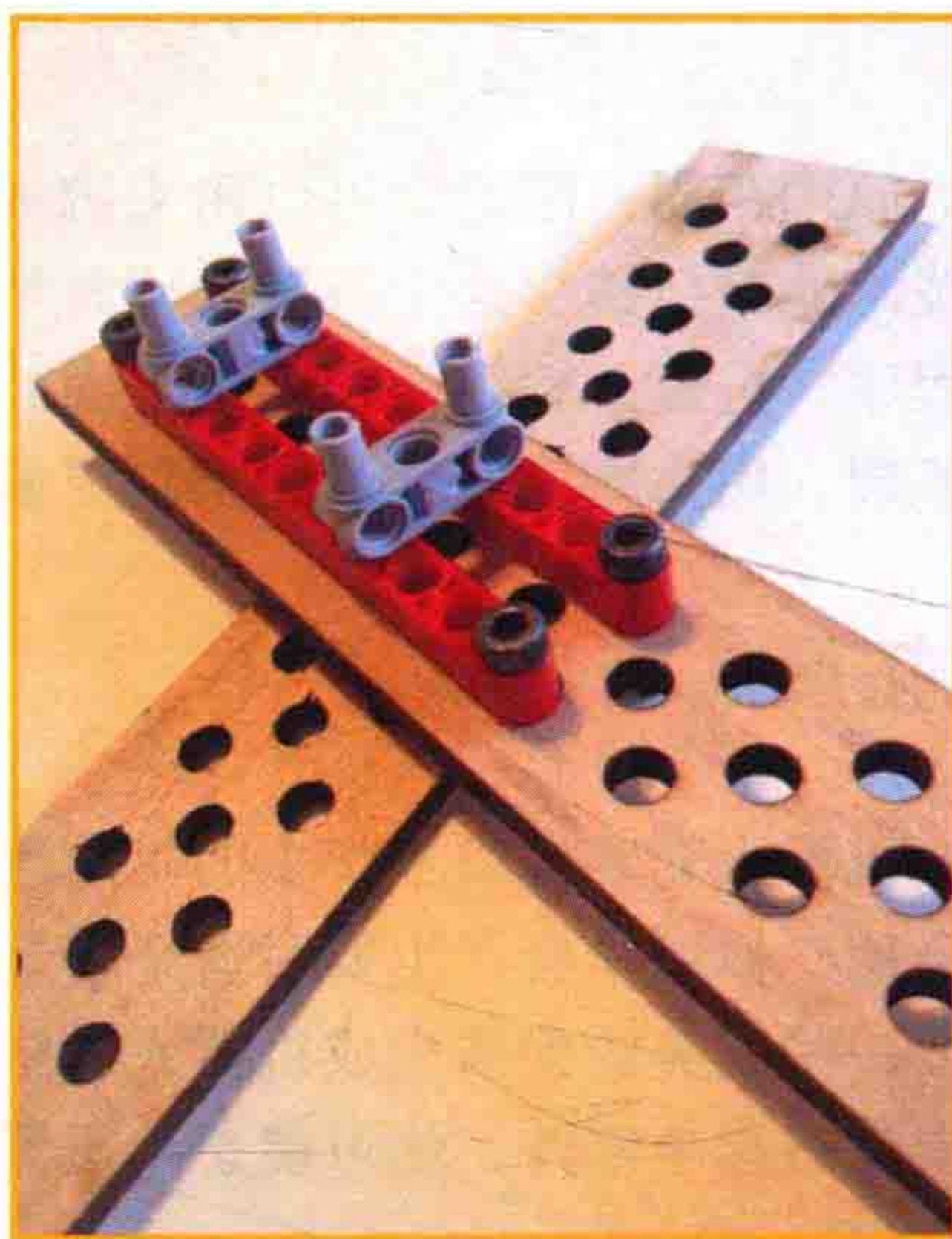


图 1.4 这些木板的激光切孔与乐高的横梁相匹配

Makeblock 是另一个与头脑风暴孔距兼容的搭建套装，它不仅为你提供了更多的零件，同时 Makeblock 的梁是铝制的，具有很好的强度及刚度。

拓展乐高头脑风暴 EV3 套装从来都不简单！

1.2 各章节的主题内容

我在本书中只是提到了一些可能性，充分利用好你的头脑风暴套装可以学到更多的技术：

- 在第2章“项目：绘图机器人”中，你将搭建本书的第一个项目，一个能用笔在 4×6 索引卡 ($9.5\text{cm} \times 12.5\text{cm}$ 的卡片) 上绘图的绘图机器人。

- 第3章“乐高拓展 I：连接”将带你回课堂，学习有关头脑风暴缆线的相关知识并了解如何拓展它们，本章还将探讨一系列无线控制的方案。

- 在第4章“项目：遥控起重机”中要充分利用这一诀窍，你可以搭建一个能沿着栏杆移动的起重机，并能放下吊钩。

- 第5章“乐高拓展 II：替换控制器”将教你如何使用 Arduino 单片机、树莓派 (Raspberry Pi) 以及 BBB (BeagleBone Black) 微型计算机来代替套装中那个值得信赖但很乏味的头脑风暴程序块。

- 第6章“项目：机器花”将向你展示如何用头脑风暴程序块和 Arduino 单片机搭建一个机器花。

- 第7章“乐高拓展 III：创造自己的乐高零件”将向你展示在找不到“完美的”零件时，如何用 3D 打印、激光切割以及数控铣床加工与乐高兼容的梁。

- 第8章“项目：小球运输装置”将向你展示如何搭建一个有趣的装置，其目的就是让乐高小球围绕一系列滑道和斜坡运动。你也有机会可以在装置中添加一些简单的乐高兼容零件。

- 在第9章“乐高拓展 IV：附加电子设备”中，你将探索各种第三方传感器，并学习用头脑风暴程序块控制它们。

- 第10章“项目：旗杆攀登者”将向你展示如何制作一个爬杆机器人。你还能学到如何连接高度计，让你了解机器人能爬多高。

- 本书末尾的术语表，用简洁的词汇阐述了那些晦涩难懂的头脑风暴和机器人术语。

本书仅仅在头脑风暴的外围拓展上做出了一些探讨，制造机器人的目的是玩得开心，不要为你的作品是否完美而担心。

第2章

项目：绘图机器人

本书的第一个项目是创建一个绘图机器人，它很像绘图仪，但本质上还是一个控制电机画图的机器人（见图 2.1）。专业绘图仪的电机可以把一整圈分为几百个部分（难怪它们被称为步进电机），这使得它们可以绘制出精确的形状。而这个机器人并不是很精确，但很有趣，用 EV3 套装就能完成搭建和编程。

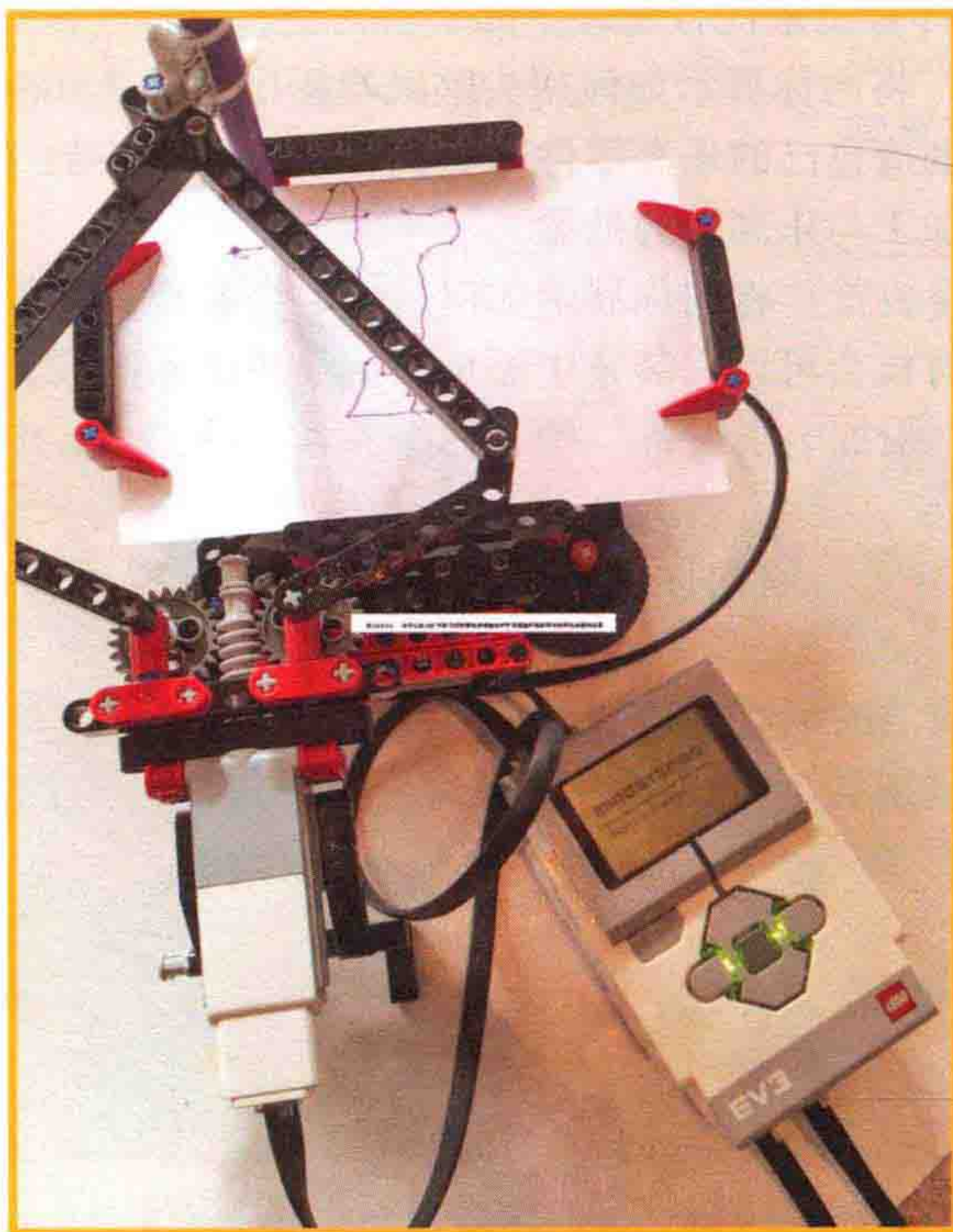


图 2.1 绘图机器人在卡片纸上绘图

2.1 零件清单

让我们开始吧！搭建绘图机器人需要用到以下零件，你可以在 EV3 套装中找到它们，如图 2.2 所示（其中 M 是乐高的长度单位）。

- | | | |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| A. 1 × EV3 程序块 | N. 6 × 双角度弯梁（大弯梁） | Z. 2 × 中型轮胎和轮毂 |
| B. 1 × 大型伺服电机 | O. 1 × T 形梁 | AA. 4 × 大型轮胎和轮毂 |
| C. 1 × 中型伺服电机 | P. 4 × 2 × 4 角形梁（五孔
直角梁） | BB. 1 × 3 × 2 跨接块 |
| D. 2 × 15M 梁 | Q. 2 × H 形方框梁 | CC. 8 × H 形 3M 销 |
| E. 4 × 13M 梁 | R. 2 × O 形方框梁 | DD. 10 × 双十字孔跨接块 |
| F. 3 × 11M 梁 | S. 2 × 8M 止推轴 | EE. 1 × 蜗杆齿轮 |
| G. 6 × 9M 梁 | T. 1 × 7M 轴 | FF. 2 × 0° 角度连接器 |
| H. 5 × 7M 梁 | U. 1 × 6M 轴 | GG. 2 × Z24 齿轮 |
| I. 5 × 5M 梁 | V. 7 × 5M 轴 | HH. 4 × 3M 跨接块 |
| J. 7 × 3M 梁 | W. 5 × 3M 轴 | II. 4 × 生化牙齿 |
| K. 2 × 3 × 7 角度弯梁 | X. 2 × 2M 轴 | JJ. 销和轴套：需要各种类
型的销、轴套、半轴套 |
| L. 4 × 3 × 5 直角梁 | Y. 2 × 小型轮胎和轮毂 | |
| M. 2 × 4 × 4 角度弯梁 | | |

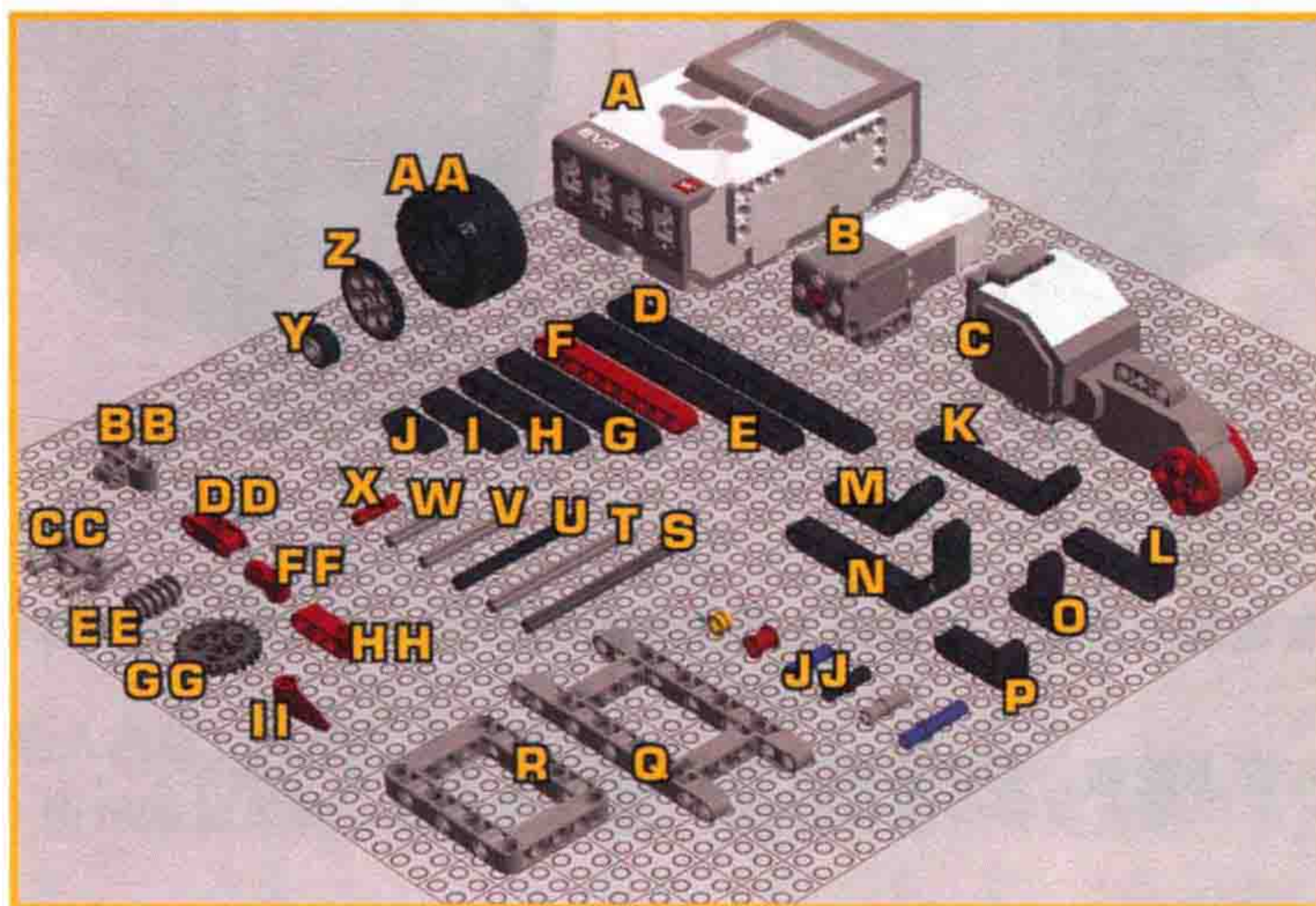


图 2.2 你需要用这些头脑风暴零件搭建绘图机器人

此外，还需要下面这些可以在任何地方找到的非乐高零件：

- 小扎带
- 4 × 6 索引卡 (9.5cm × 12.5cm 的卡片)
- 记号笔

2.2 搭建绘图机器人

玩乐高（包括头脑风暴）时，有一件事会让你觉得很酷，不用任何工具或设备，只要抓起零件就可以开始搭建了，我们也要用这样的方法搭建绘图机器人。请注意，搭建图每一步骤中的新零件是用蓝色的砖块来标识的，而其他的零件则是 EV3 套装中零件的颜色。

步骤 1 在电机上添加 4 个摩擦销，如图 2.3 所示。

步骤 2 安装 1 对 2 × 4 直角梁，如图 2.4 所示。

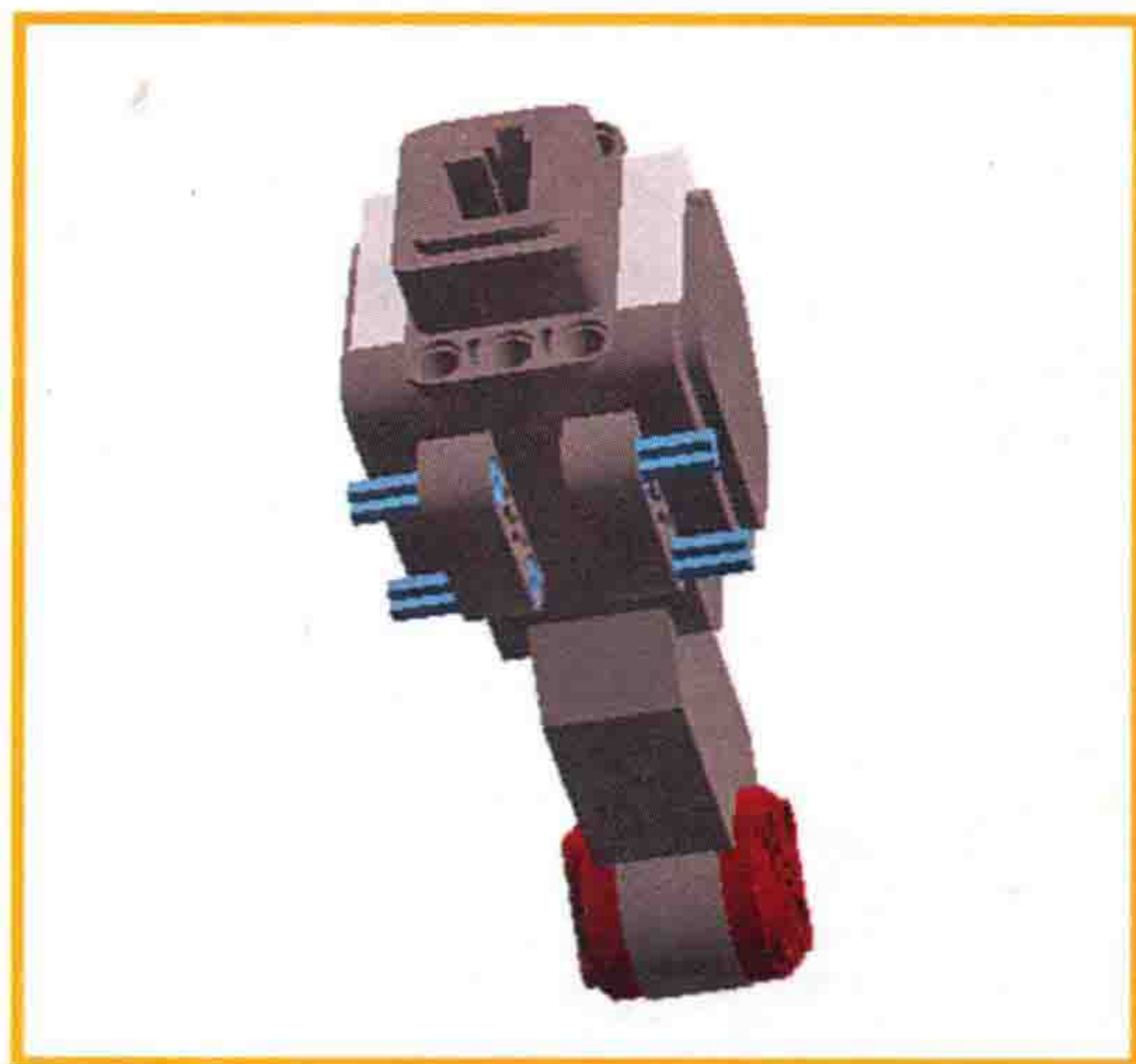


图 2.3

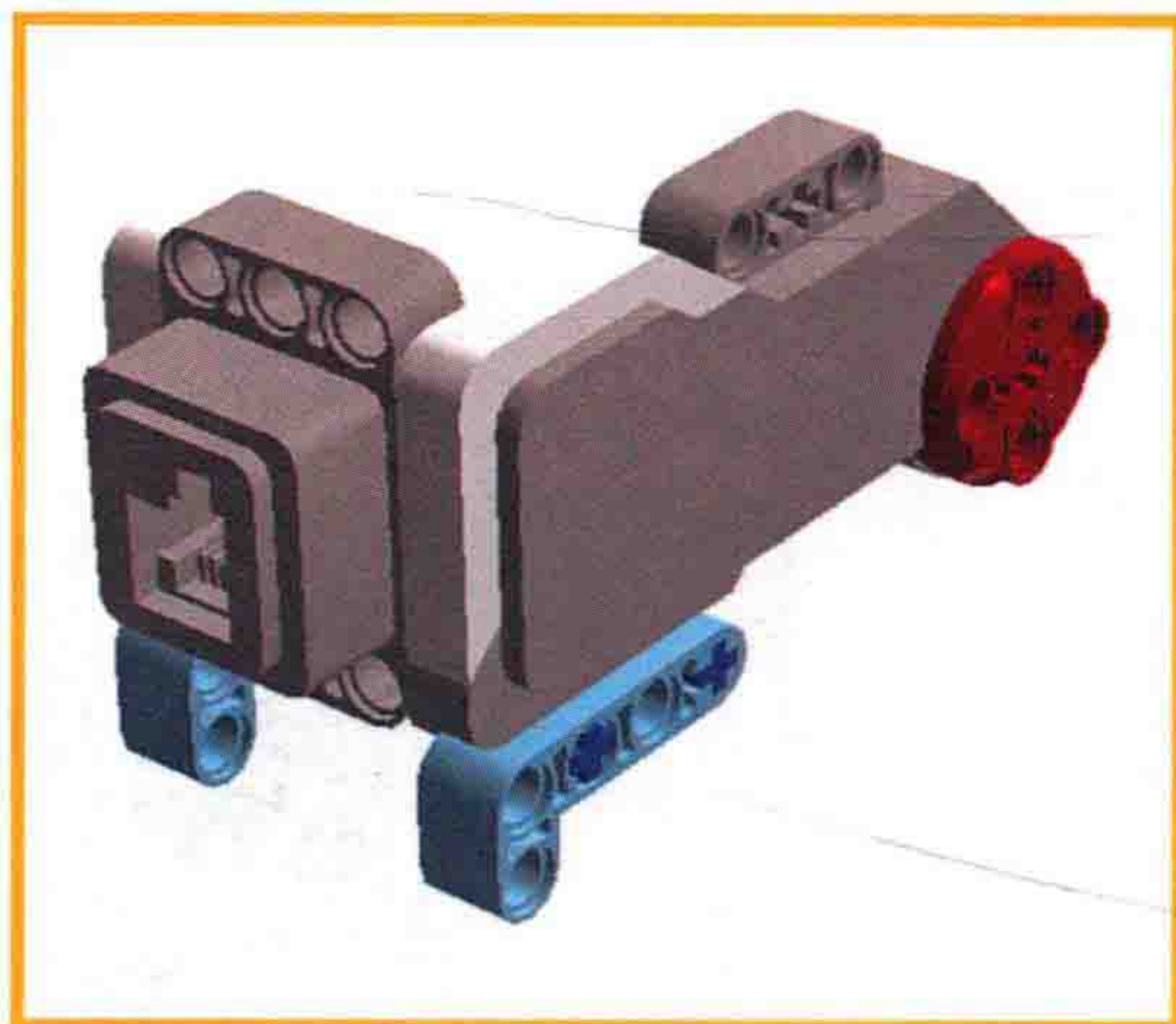


图 2.4

步骤 3 添加 2 个灰色的光滑销，这种销上面没有摩擦凸片，安装在上面的零件可以自由旋转，如图 2.5 所示。

步骤 4 将小型轮胎套上轮毂，并连接到灰色光滑销上，如图 2.6 所示。

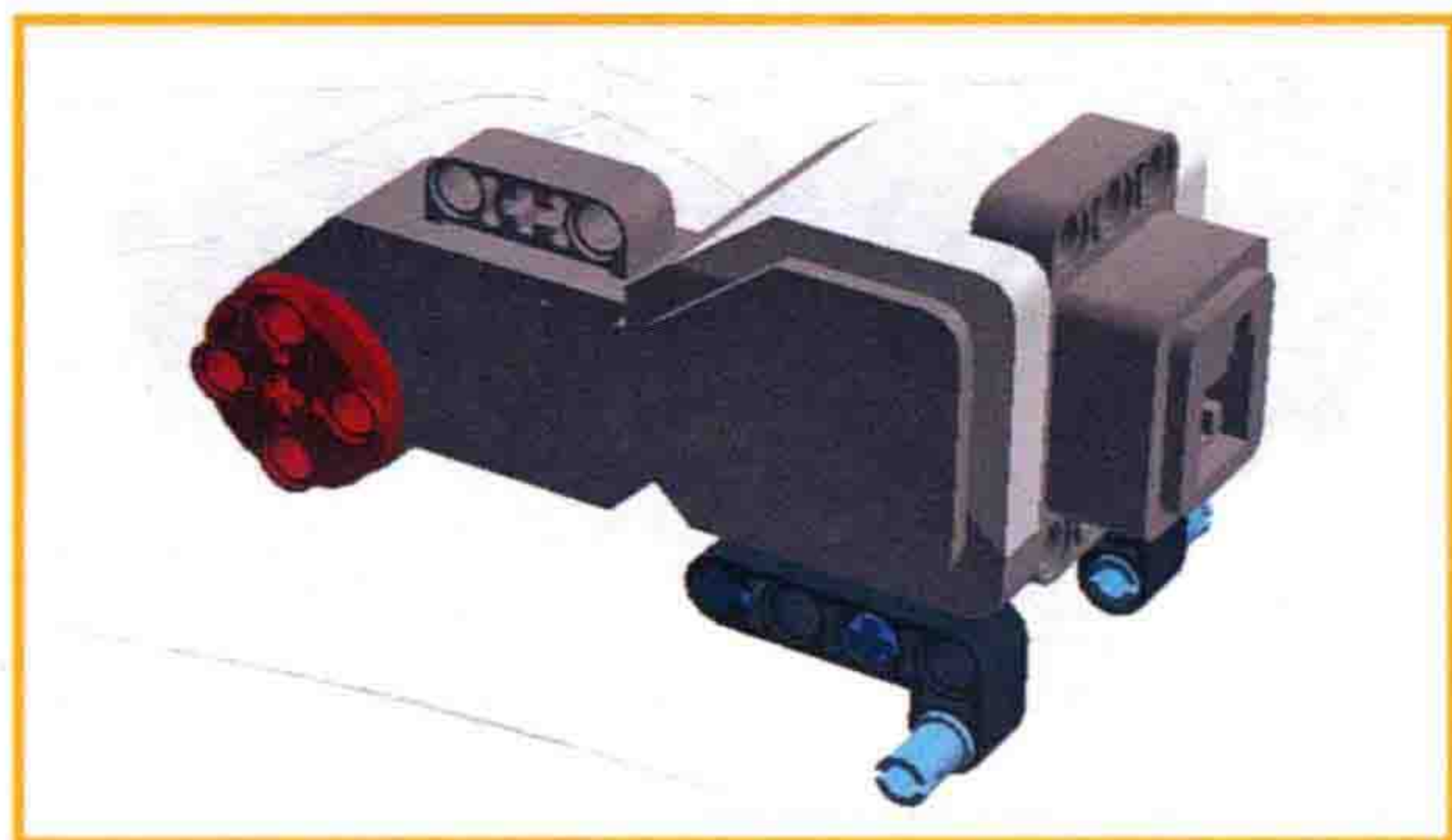


图 2.5

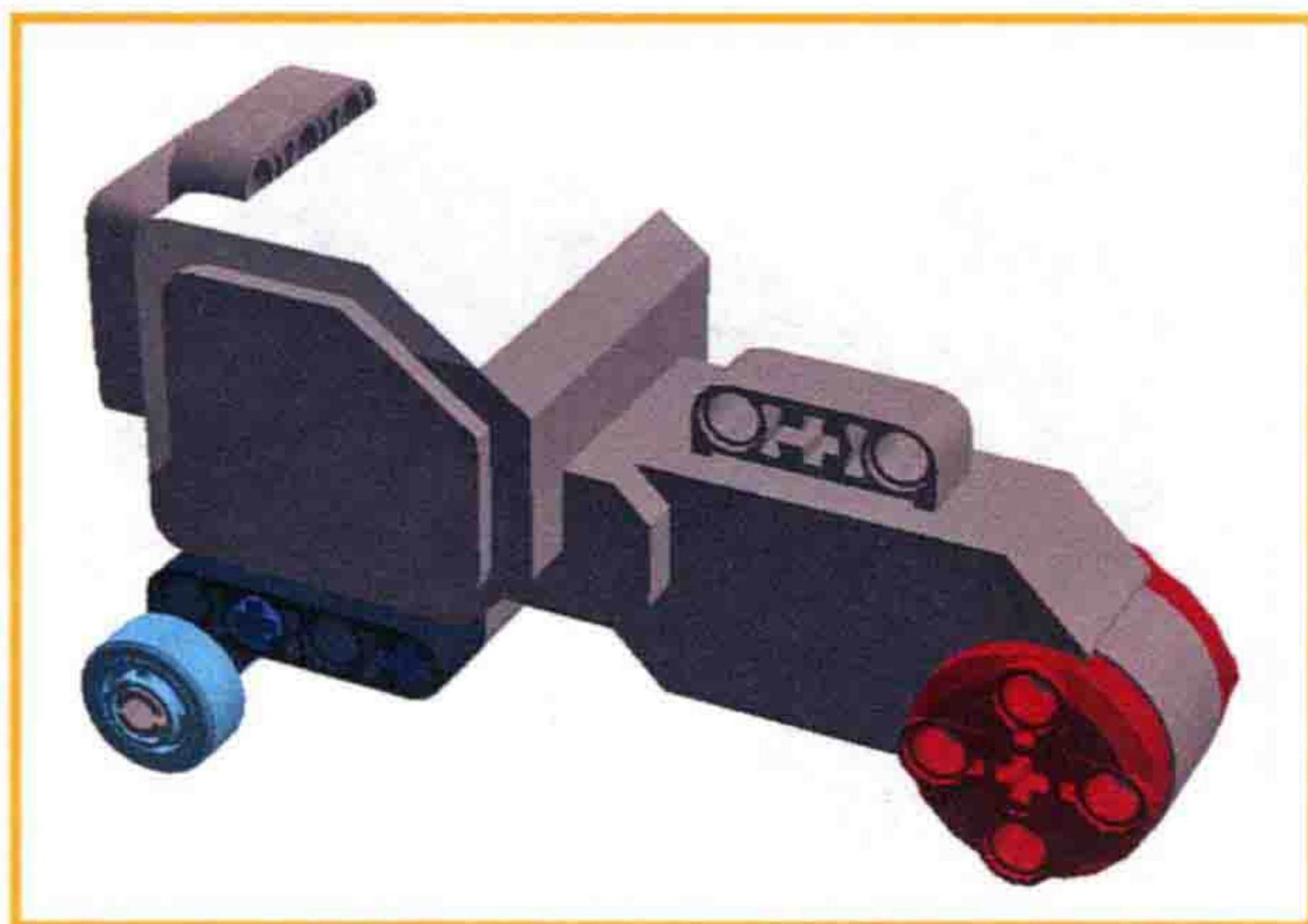


图 2.6

步骤 5 将 7M 轴插入电机旋转部分，轴要居中放置，如图 2.7 所示。

步骤 6 然后用 1 对轴套固定轴，如图 2.8 所示，另一个轴套隐藏在模型的后面。

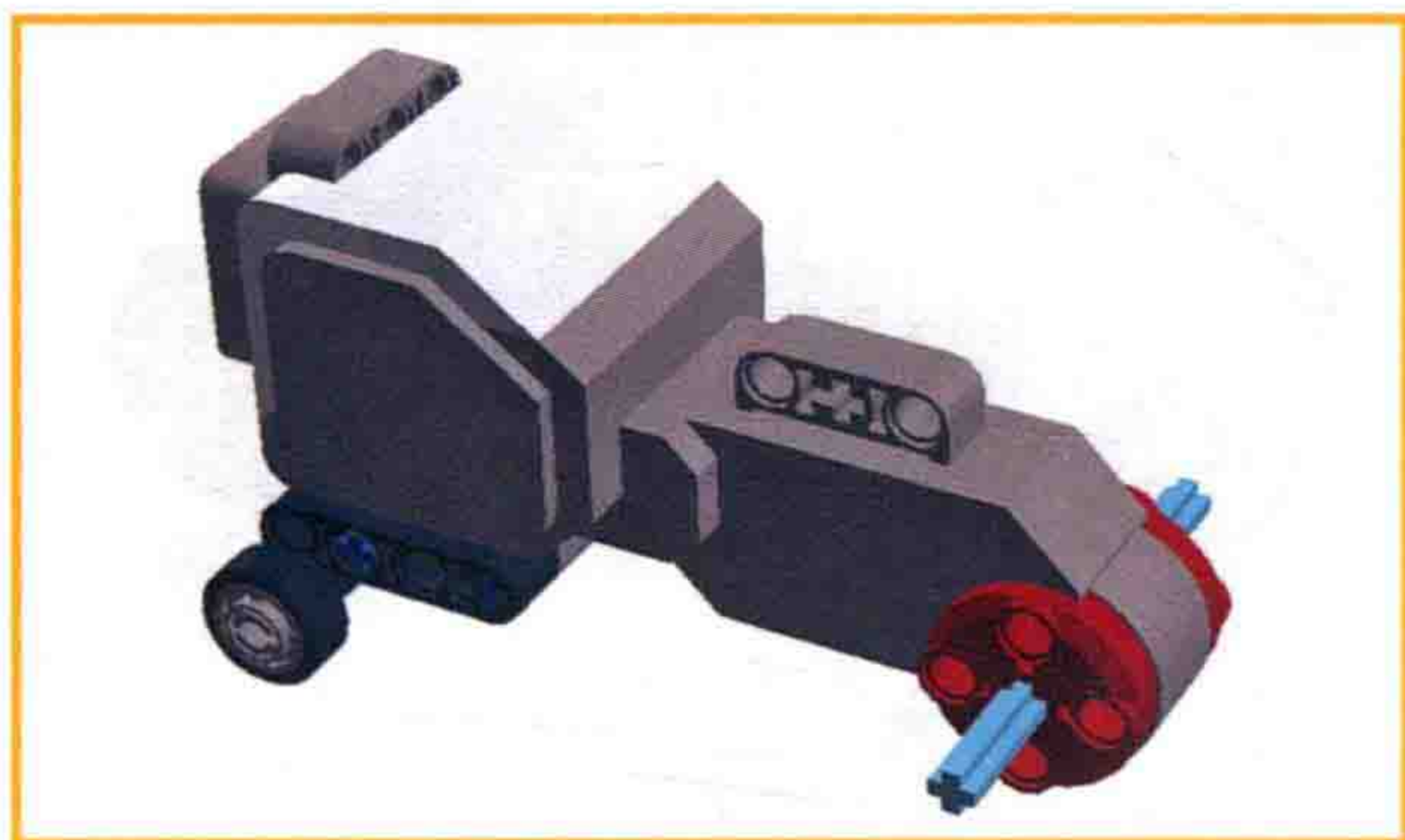


图 2.7



图 2.8

步骤 7 把摩擦销插入电机，如图 2.9 所示。

步骤 8 如图 2.10 所示添加车轮。看起来不错，不过我希望它有更大的牵引力。

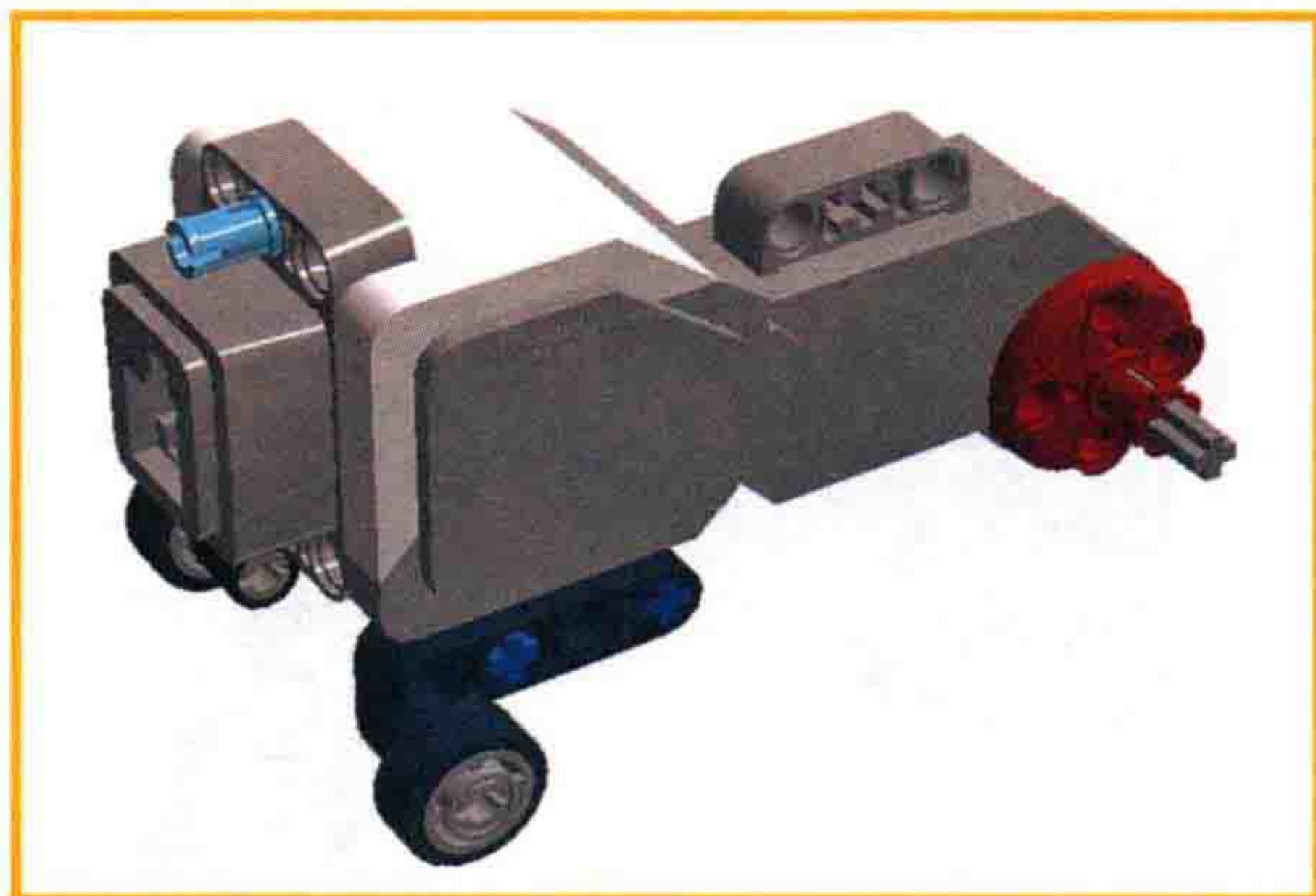


图 2.9



图 2.10

步骤 9 将 3M 轴和 5M 轴穿过电机的安装孔。外观如图 2.11 所示（M 是乐高的长度单位，1 根 5M 轴的长度与 1 根 5 孔梁相同）。

步骤 10 接着添加 3 个双十字孔跨接块，其中 2 个安装在轴上，1 个安装在电机后面的销上，如图 2.12 所示。

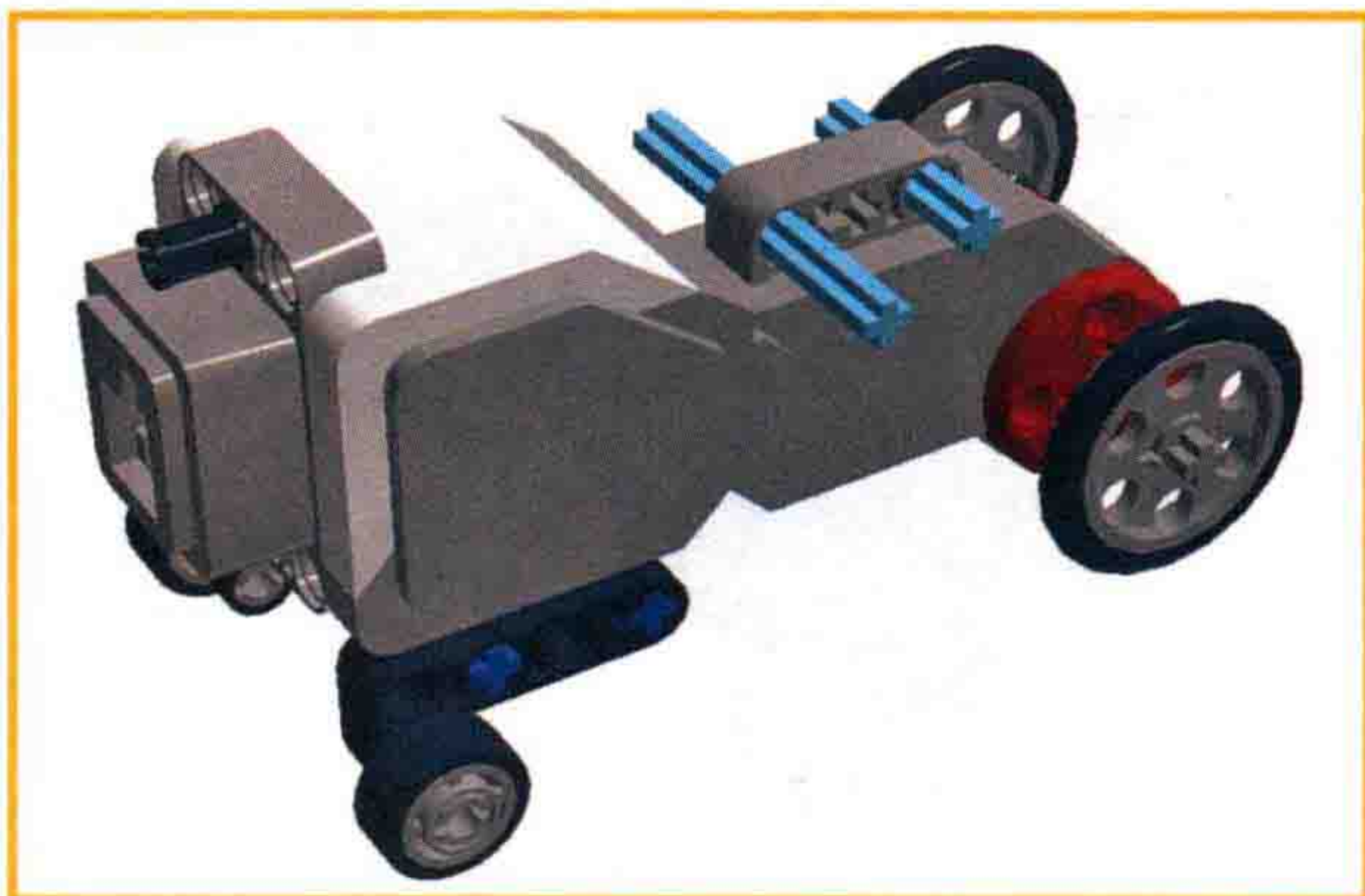


图 2.11

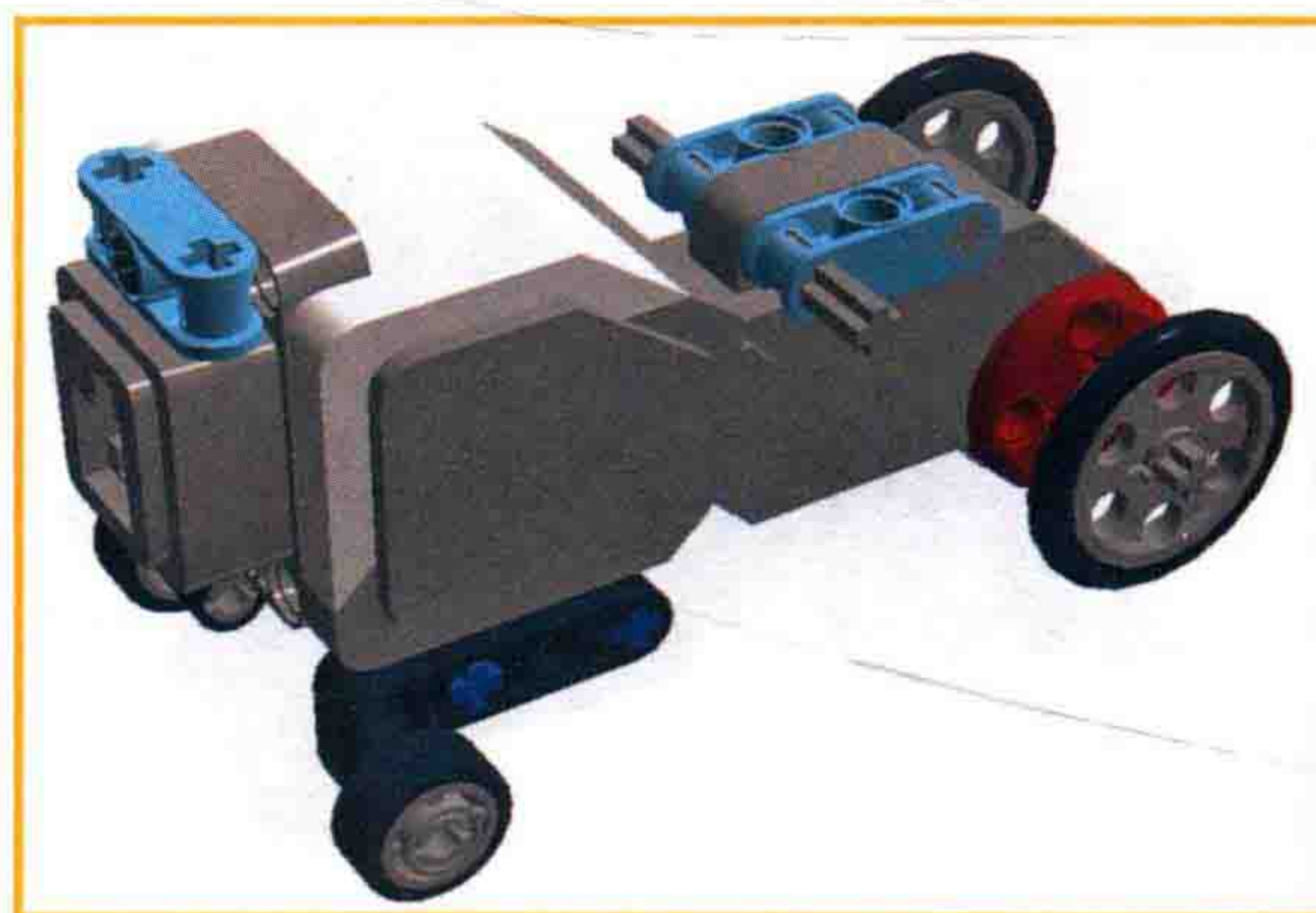


图 2.12

步骤 11 在刚刚添加的双十字孔跨接块上插入 2 个 3M 摩擦销。图 2.13 显示了这一步骤的外观。

步骤 12 如图 2.14 所示安装 1 对 5M 梁。

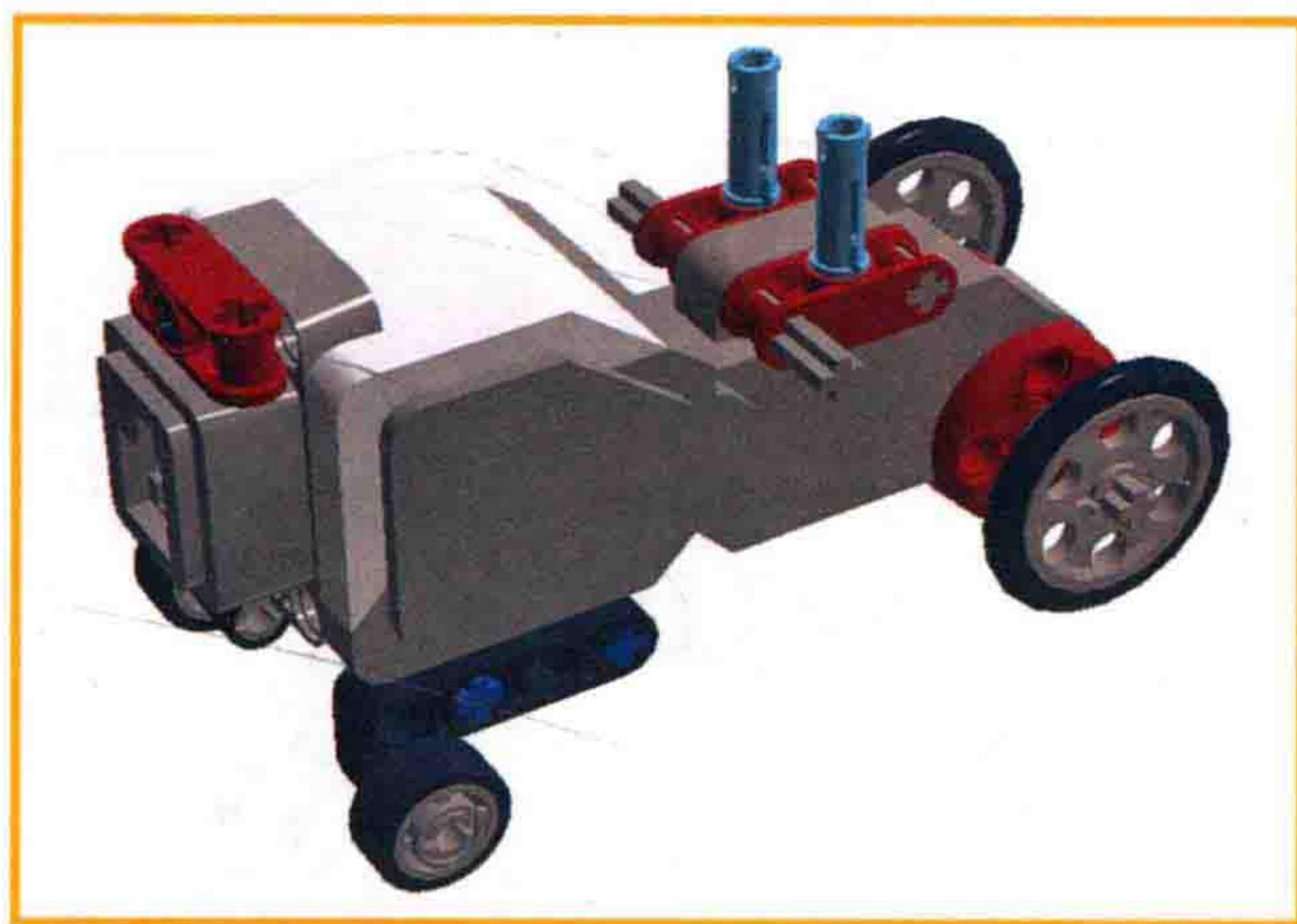


图 2.13



图 2.14

步骤 13 安装 1 对 4×4 角度弯梁作为保险杠，帮助这个小车更容易来回移动，如图 2.15 所示。

步骤 14 添加一些摩擦销，将 2 个摩擦销安装在双十字孔跨接块上，3 个安装在 5M 梁上，如图 2.16 所示。

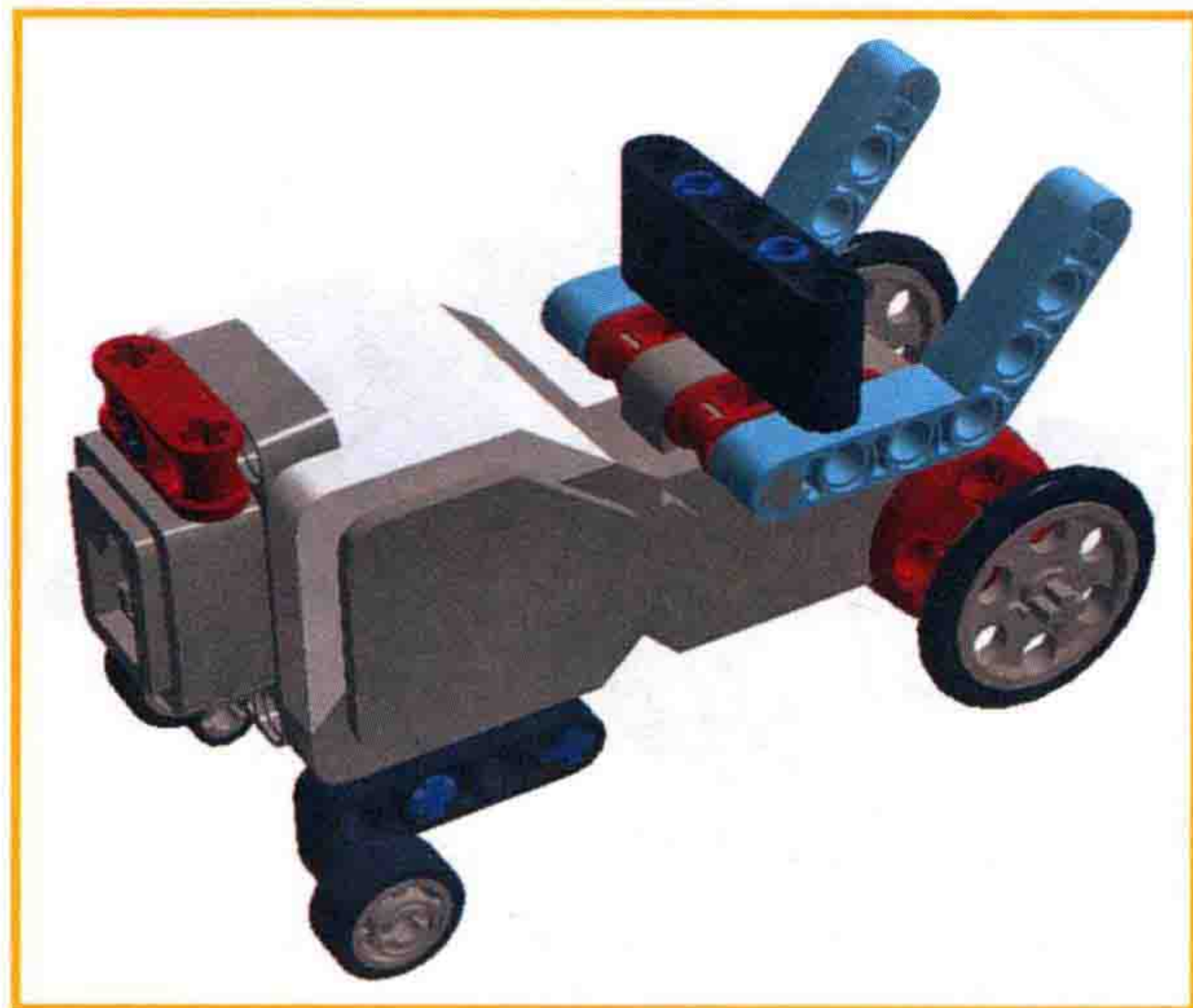


图 2.15

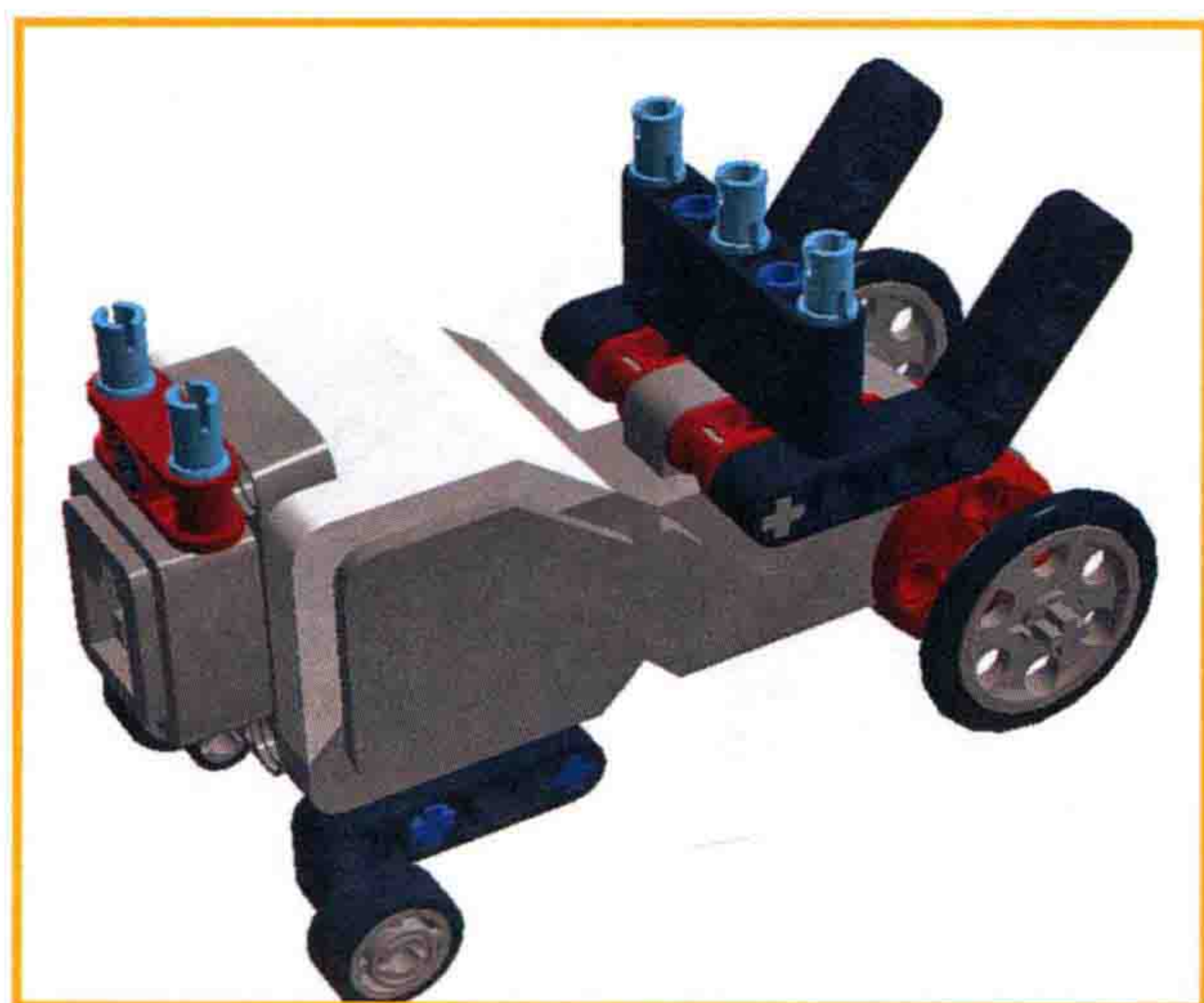


图 2.16

步骤 15 添加 2 根 13M 梁支撑打印基架，如图 2.17 所示。

步骤 16 现在来制作基架。取 1 个 H 形方框梁并插入 5 个 3M 摩擦销，如图 2.18 所示。1 根 9M 梁正好可以安装在上面。

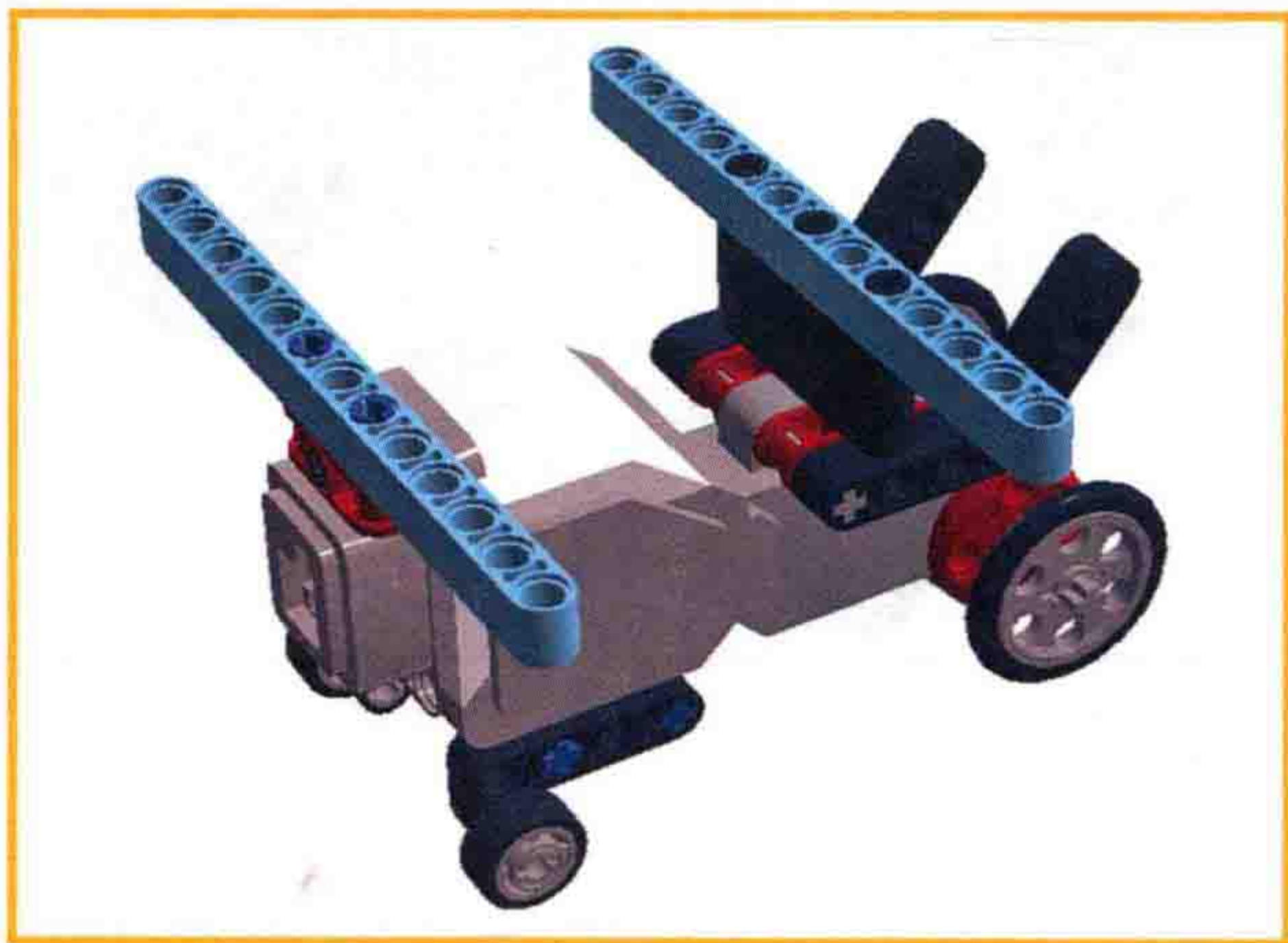


图 2.17

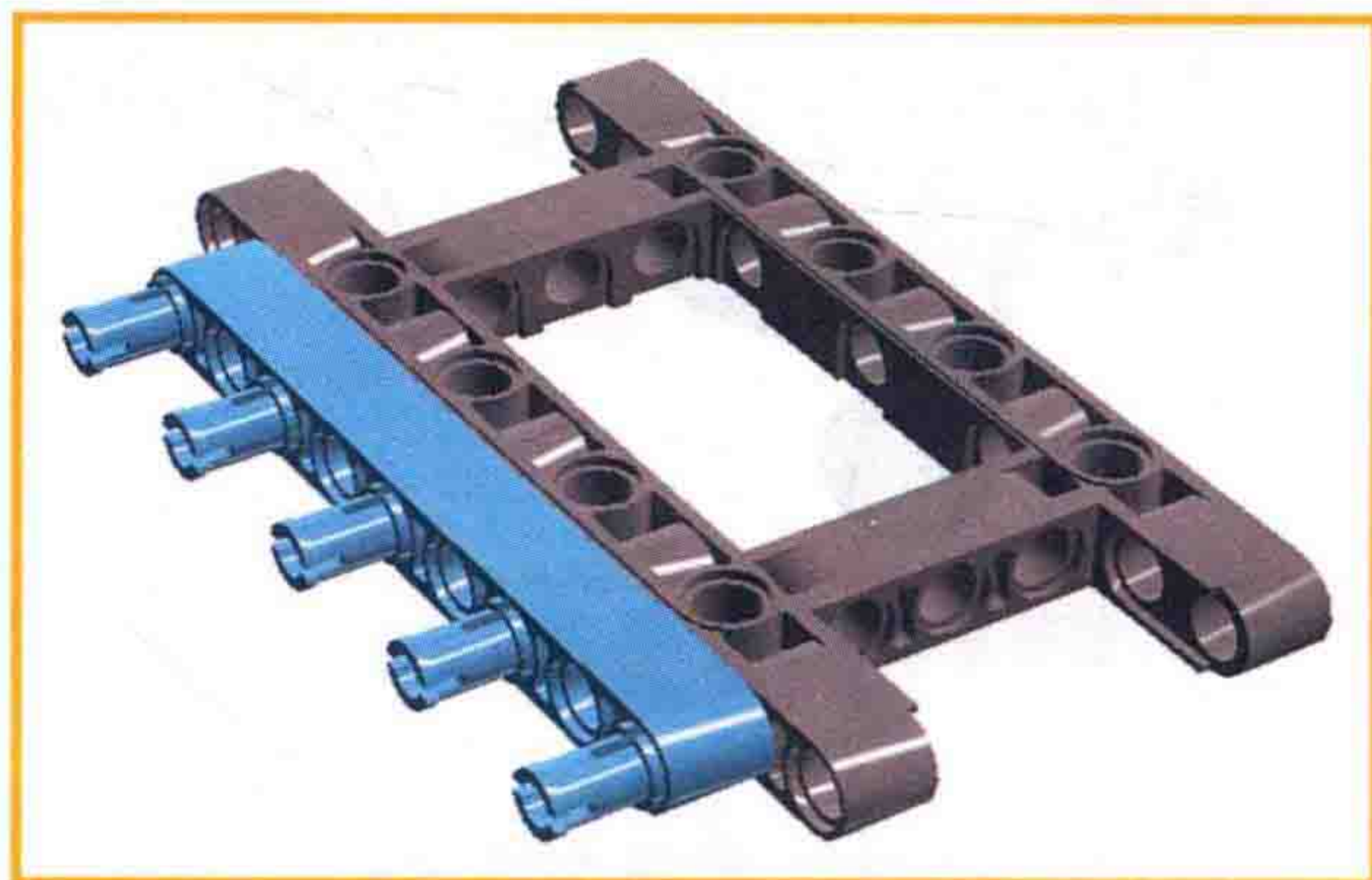


图 2.18

步骤 17 添加另 1 根 H 形方框梁，如图 2.19 所示。

步骤 18 在方框梁的安装孔中插入 4 个摩擦轴销，如图 2.20 所示。

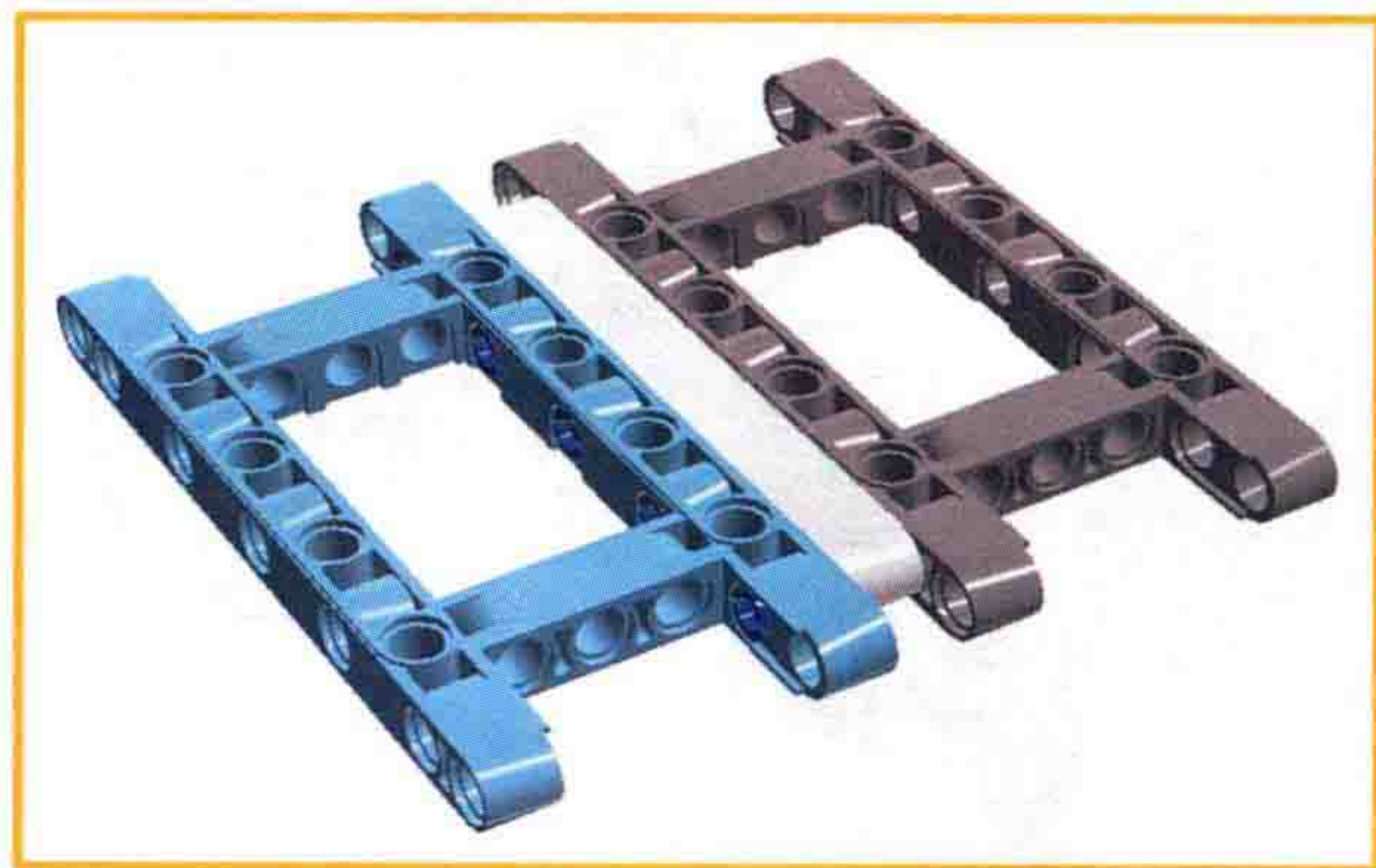


图 2.19

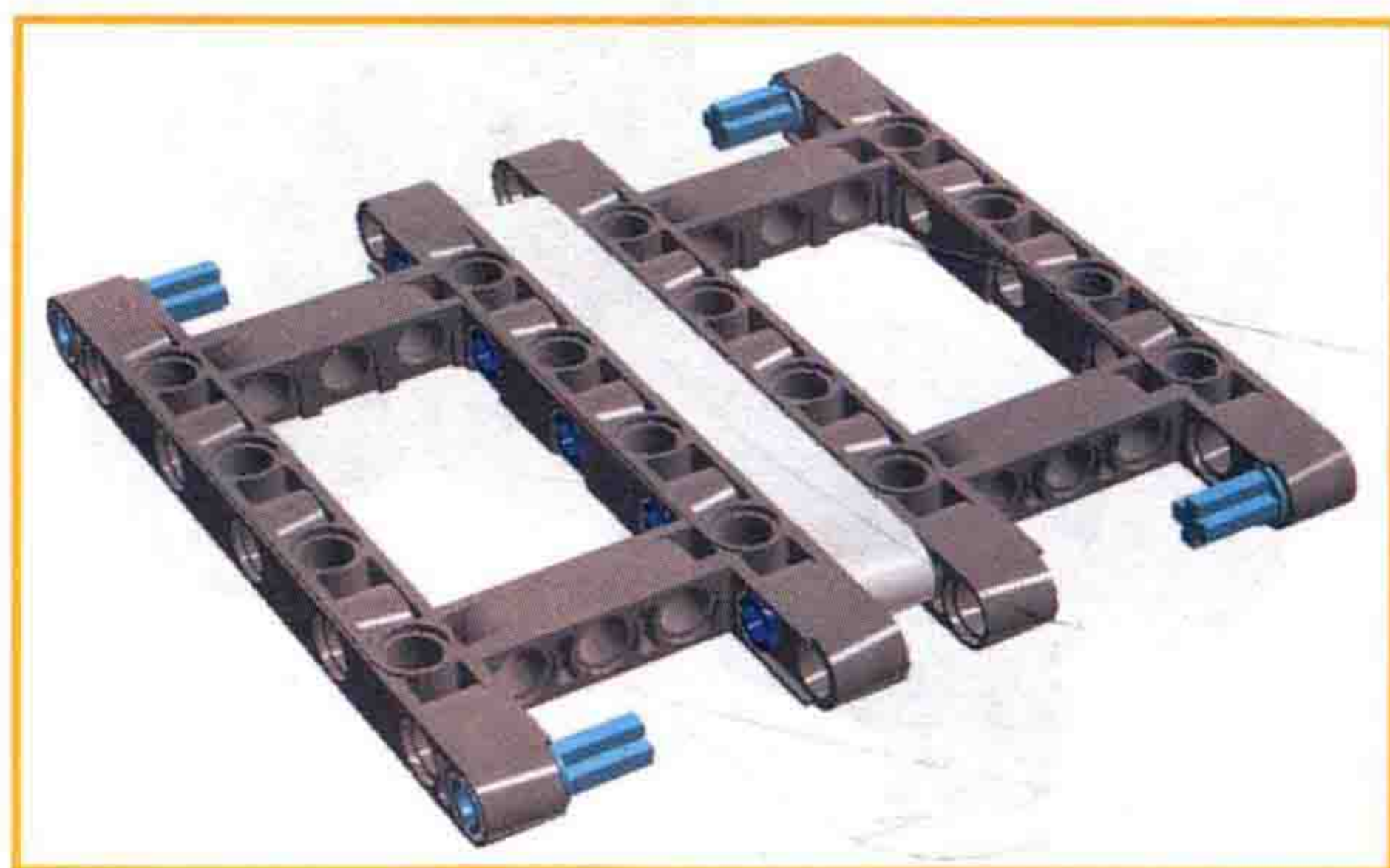


图 2.20

步骤 19 安装 4 个 3M 跨接块，如图 2.21 所示。

步骤 20 如图 2.22 所示，添加 4 个光滑销。

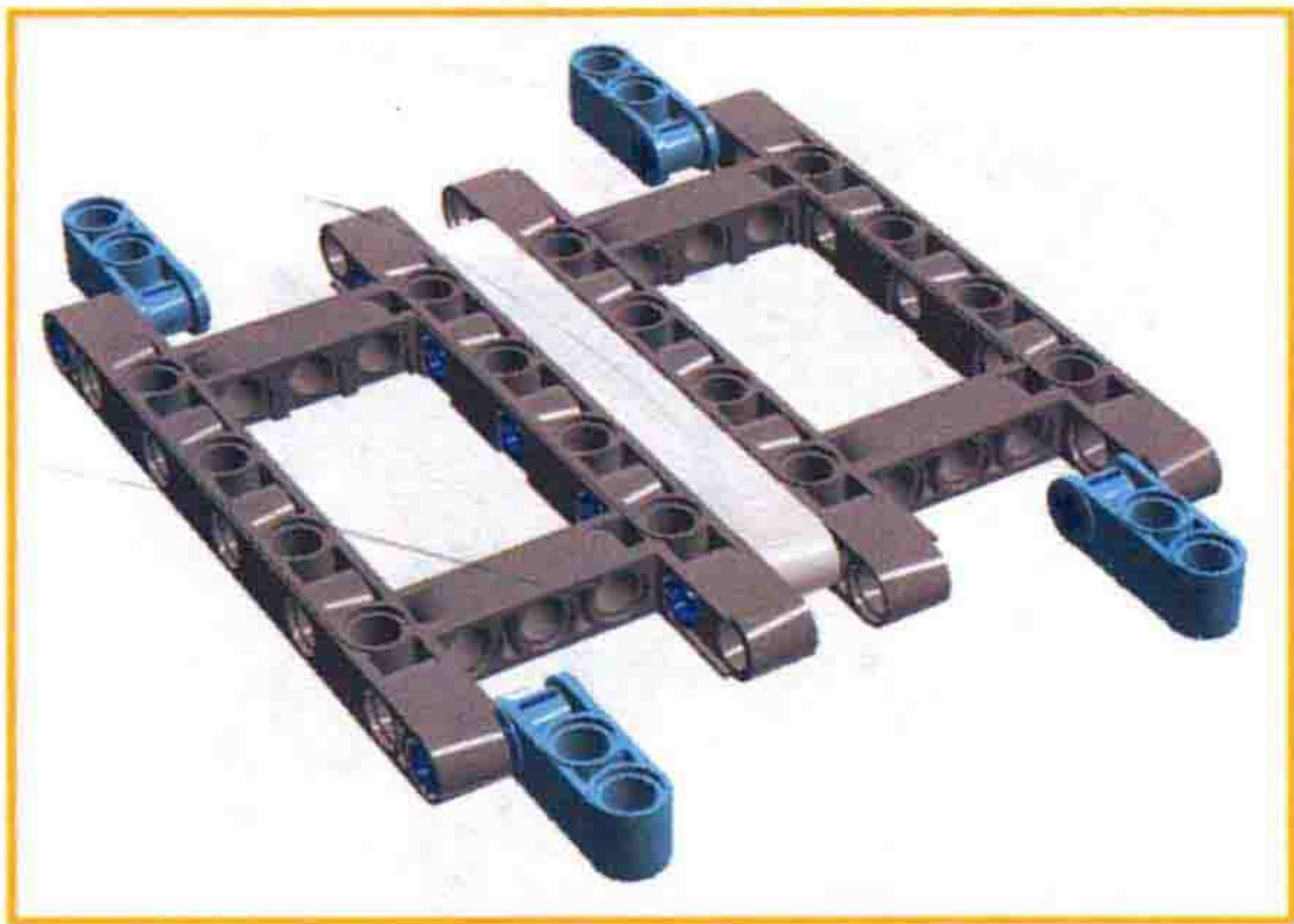


图 2.21

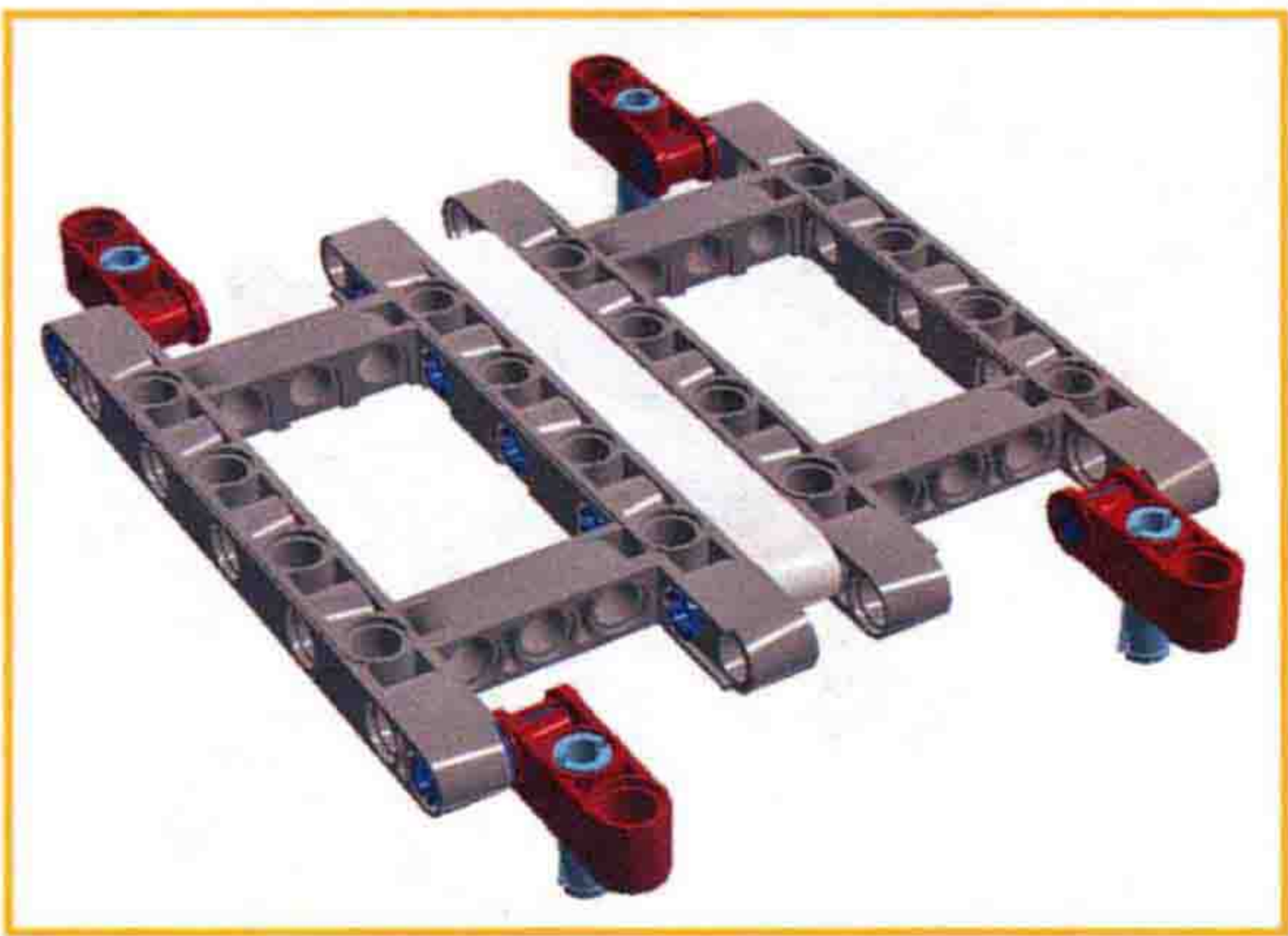


图 2.22

步骤 21 用刚刚添加的光滑销安装打印基架，如图 2.23 所示。请注意前一步骤中的打印基架已被旋转了 90°。

步骤 22 如图 2.24 所示添加 4 个摩擦销。

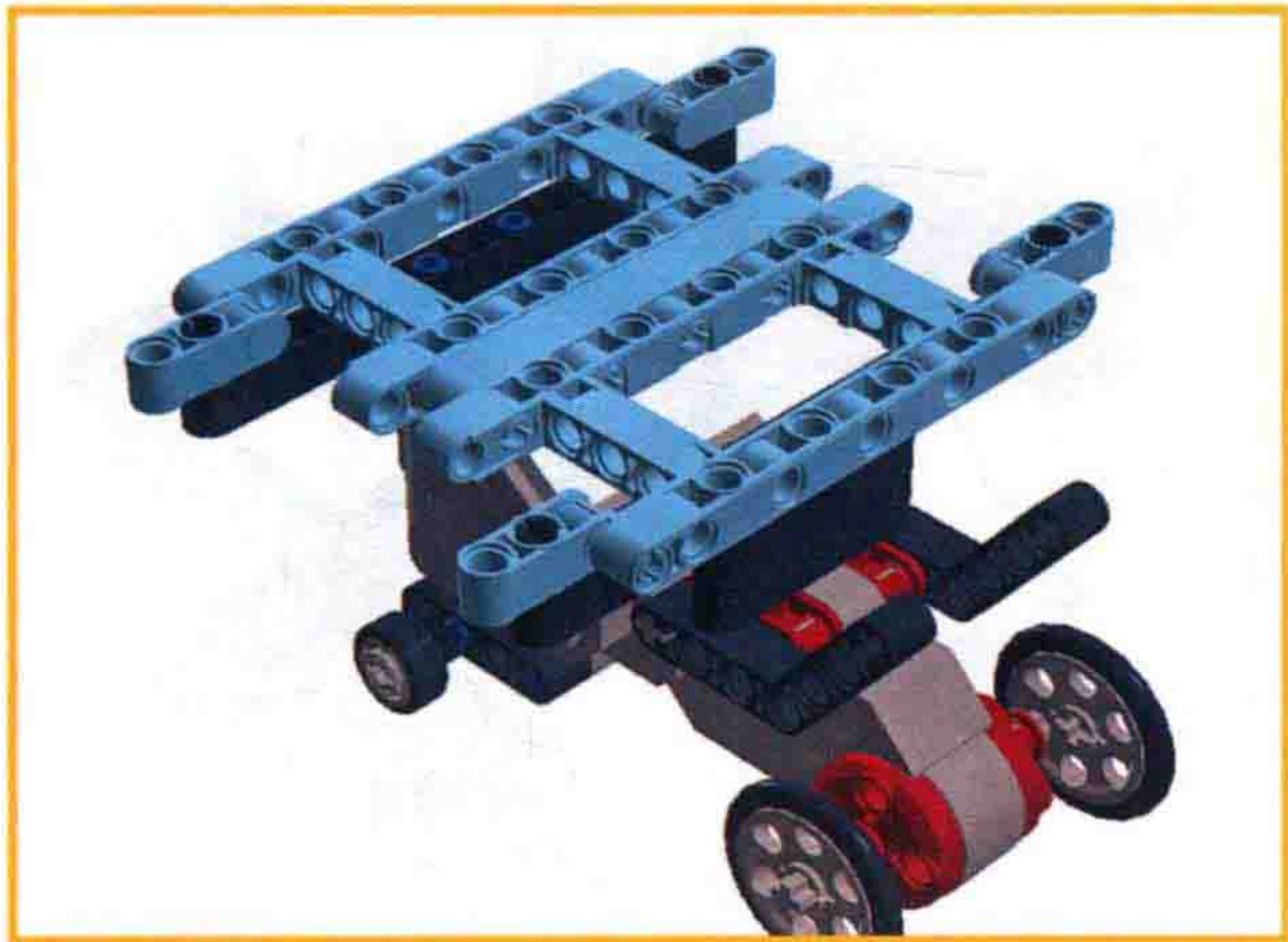


图 2.23



图 2.24