

玉米高产之路与产量潜力挖掘

Approaches to High-yielding and Yield Potential Exploration in Corn

王崇桃/WANG Chong-tao^{1,2}, 李少昆/LI Shao-kun¹, 韩伯棠/HAN Bo-tang²

1. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081

2. 北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081

1. Research Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

2. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

[摘要] 通过 1949–2005 年玉米产量变化资料, 分析了我国玉米单产提高的主要原因, 估算了我国玉米产量潜力; 提出了玉米产量潜力实现的限制因素及挖掘潜力的对策。

[关键词] 玉米; 产量潜力; 限制因素; 评估

[中图分类号] S513

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)04-0008-04

Abstract: The main factors of yield per unit increasing were analyzed by using the data of corn yield from 1949 to 2005 in this paper. The estimation of yield potential shows that there is still a large potential for the increase of corn yield per unit in China. Based on experts' assessment, the main constraints for the realization of corn yield potential and suggestions on increasing corn yield per unit are put forward.

Key Words: corn; capacity potential; constraints; assessment

CLC Number: S513

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)04-0008-04

1 引言

玉米是 C₄ 作物, 具有高产潜力优势, 世界玉米最高产纪录是美国 Francis Childs 于 2002 年创造的单产 27.35 t/hm², 比小麦 (15.20 t/hm²) 和水稻 (18.46 t/hm²) 高产纪录分别高出 12.15 t 和 8.9 t。我国是玉米生产大国, 常年播种面积 2 333.3 万~2 533.3 万 hm², 总产 1.2 亿 t, 面积和产量仅次于水稻, 居第 2 位。玉米用途广, 产量高, 被誉为 21 世纪的“谷中之王”, 需求量将逐年增加, 单产提高是保障需求的有效途径, 高产将是永恒的主题。探索玉米增产潜力和途径, 对保障我国食物、能源安全具有重要的战略意义。

2 1949–2005 年玉米产量变化资料分析

全国玉米单产从 1949 年的 1 123.5 kg/hm² 增至 2005 年的 4 850.0 kg/hm², 50 年来提高了 3 726.5 kg, 增幅为 331.68%。玉米单产 (y, kg/hm²) 随年份 (x) 递增呈线性函数变化, 拟合方程为

$$y = 583.5536 + 82.849 4x \quad R^2 = 0.937^{**}$$

由方程可见, 全国玉米单产年均增产为 82.85 kg/hm²。

2005 年全国玉米总产量为 12 600 万 t, 是 1949 年 1 175 万 t 的 10.72 倍, 玉米总产量 (Y, 万 t) 与单产 (x₁, kg/hm²)、种植面积 (x₂, 万 hm²) 的拟合关系为:

$$y = -4 995.371 9 + 1.923 9x_1 + 2.878 9x_2 \quad R^2 = 0.983^{**}$$

方程中 x₁ 和 x₂ 系数的 t 检验结果: t₁ = 13.800, t₂ = 5.887, 均大于 t_{0.01} = 2.689, 表明单产和面积的增加对总产的影响均达到极显

著水平。依据方程自变量 x₁、x₂ 的偏回归平方和所占比例计算表明, 50 年来, 我国玉米总产量的增加中单产贡献占 84.9%, 面积为 15.1%, 即玉米总产量的增加主要是依靠单产实现的。

进一步对各年代玉米单产线性拟合的结果表明, 1949–1961 年玉米单产每 hm² 年均增加 11.4 kg; 1961–1971 年为 99.6 kg; 1971–1979 年为 106.95 kg; 1979–1998 年为 116.4 kg; 1999–2005 年为 31.2 kg, 表明我国玉米单产在各年代是持续增长, 并且以 20 世纪 70–90 年代增幅最大。分析玉米单产提高的原因主要有以下几点。

1) 20 世纪 50 年代主要是总结和推广农民丰产经验, 由于种植品种以农家种为主, 产量较低, 加上化肥用量甚少, 病虫害防治不力, 耕作栽培管理粗放以及受农业“大跃进”的影响, 玉米单产处于徘徊与缓慢增加阶段。

2) 20 世纪 60 年代增产的主要措施包括大面积推广双交种, 一般比农家品种增产 20%~30%; 精细整地, 改良土壤, 改善农田条件; 合理密植, 由每 hm² 约 2.7 万株增加到 3.75 万株; 增施肥料, 化肥开始较大面积应用等, 玉米单产明显增加。

3) 20 世纪 70 年代玉米单产提高较快, 主要原因如下: ① 玉米杂交种的快速推广, 据有关部门资料统计, 1966 年全国杂交种植面积仅占玉米总面积的 10%, 1971 年增至 28%, 1979 年扩大到 69.8%, 达 697 万 hm²[1]; ② 化肥施用量剧增; ③ 大规模地进行农田基本建设, 包括平整土地、兴修水利、坡地改梯田、改良盐碱地、建设高产稳产农田, 以及在贯彻“以粮为纲”的过程中, 特别强调

收稿日期: 2006-02-28

基金项目: 农业部农业科技入户示范工程和科技部农业科技成果转化资金项目 (05EFN216900359)

作者简介: 王崇桃, 女, 北京海淀区中关村南大街 5 号北京理工大学管理与经济学院, 博士生, 主要研究方向为农业经济与管理研究;

E-mail: WANGCH011@sina.com.cn

李少昆 (通讯作者), 男, 北京海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院作物科学研究所, 研究员, 主要研究方向为作物栽培与作物信息科学; E-mail: shaokun0004@sina.com.cn

“突出抓好粮食”,对玉米生产均产生明显的促进作用。

4) 20 世纪 80 年代以后,玉米进入大发展时期,也是玉米单产增速最快的时期。主要原因如下。① 国家采取一系列有利于发展玉米生产的政策和措施,特别是联产承包责任制和收购价格的提高极大地激发了农民生产的积极性。国家继 1979—1984 年粮食收购价年均上涨 12.1%、1986—1989 年又上涨 14.9% 之后,1992—1996 年年均再次上涨 23.3%^[1]。② 确立了玉米在饲料中的主导地位,特别是进入 20 世纪 90 年代后,玉米发展为粮食、饲料、经济兼用作物,需求量大增,拉动了生产。③ 科技进步在玉米增产中发挥着重要作用,包括采用抗病、高产杂交种,提高种子纯度;增施肥料,主要是化肥用量大增,肥料品种更加齐全,施肥技术优化;适当密植,尤其是一些地区推广紧凑型玉米后,每 hm^2 密度增加了 2.25 万~3 万株;扩大覆膜栽培面积、推广育苗移栽;综合防治病虫害,加强预测预报,适时进行防治;玉米规范化栽培技术得到广泛应用。其中最重要的突破是紧凑型玉米的选育应用和覆膜栽培技术的快速推广。据农业部统计资料,1985 年全国紧凑型玉米种植面积不足 200 万 hm^2 ,占全国玉米总面积的 11.2%;1990 年占 17.7%,1998 年种植面积达 866.67 万 hm^2 ,占全国玉米面积的 34.5%。地膜玉米技术 1979 年在山西省大同县罗庄庄村开始试验,0.1 hm^2 玉米当年平均单产 9.45 t/hm^2 ,比露地玉米增产 57%;20 世纪 80 年代开始扩大推广,1985 年示范面积达 3.13 万 hm^2 ,1990 年扩大到 86.67 万 hm^2 ,1999 年达到 220 万 hm^2 。

5) 1998 年玉米单产达到历史最高的 5.27 t/hm^2 ,之后由于粮价持续低迷,农民种粮积极性不高,投入与管理水平下降,玉米单产下滑。2004 年中央采取了一系列支农政策,如减免农业税、种粮直补、良种补贴等,玉米单产出现恢复性增长。

3 玉米高产突破之路

通过创高产研究或高产竞赛,实现高产突破,展示玉米高产潜力,对明确增产途径和玉米大面积持续提高产量可以起到示范作用。

山东莱州农民育种家李登海从 1972 年起探索玉米高产之路,多次创造了世界夏玉米高产纪录,如 1979 年 11.65 t/hm^2 ,1986 年 14.43 t/hm^2 ,1988 年 15.13 t/hm^2 ,1989 年 16.44 t/hm^2 ,2005 年 21.04 t/hm^2 (按全田计算,去边行后为 19.35 t/hm^2) (图 1)。李登海创造的夏玉米高产纪录从 7.5 t/hm^2 上升到 12 t/hm^2 ,用了 12 年时间;从 12 t/hm^2 到 15 t/hm^2 ,又用去了 8 年的时间^[1];而从 15 t/hm^2 跨上 18 t/hm^2 的台阶,差不多用去了 17 年的时间。从 1986 年起,李登海的夏玉米高产田大部分年份单产超过 13.5 t/hm^2 ,其最高产量均为当年全国平均产量的 3 倍以上。李登海高产田在 20 世纪 80 年代初单产超过 12 t/hm^2 时是用的紧

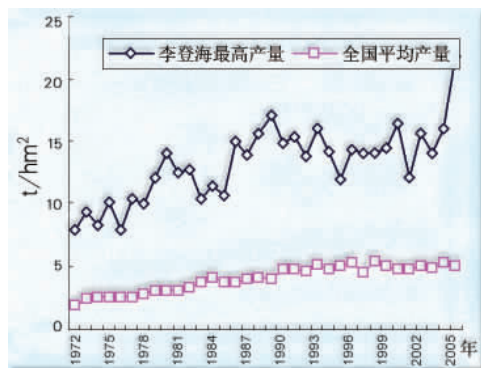


图 1 李登海夏玉米最高产量与全国平均产量
Fig. 1 Li Deng-hai's highest summer corn yields and China's average corn yield

中穗型玉米掖单 2 号杂交种,单产超过 15 t/hm^2 和 18 t/hm^2 分别是紧凑型玉米掖单 13 和登海 3719,采取了旨在提高群体光合效率的株型改良和杂种优势相结合,新品种培育与高产栽培相结合的技术路线,并树立了“七分种,三分管”玉米高产新概念,充分发挥了玉米的增产潜力和栽培措施的综合效应,在一定程度上代表着当代中国玉米生产与科研发展的方向。

美国从 1914 年在印第安纳州首次举行玉米高产竞赛,已持续近 1 个世纪,对全国玉米的发展起到了重要的作用(图 2)。从中美两国玉米高产纪录和单产水平比较来看,我国玉米单产仍有很大潜力。

4 我国主要玉米产区单产潜力估算

我国玉米主要分布在从东北斜向西南狭长的玉米带上,包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古北方春玉米区,河北、山西、山东、河南和陕西黄淮海春、夏玉米区,四川、云南、贵州和广西西南山地丘陵玉米区等 3 大生态区 13 个省(区),玉米种植面积占全国玉米总面积的 85%,总产量占 85% 以上。

以各省(区)近期玉米大田实际单产(2002—2004 年平均)为基数,以光温生产潜力计算值代表光温理论产量,以大田生产曾经达到过的最高单产,即高产纪录代表在现有气候、品种和栽培条件下能够实现的玉米生物极限产量,以各省区近年区域化试验产量(2002—2004 年平均)作为现实产量,可以得到产量差 1、2、3 三组估算值,分别代表各省(区)的玉米光温理论产量潜力、生物极限产量潜力和现实产量潜力,结果见表 1。由于区试产量是在各地中上等肥力地块上进行的多品种、多点次、多年份的平均产量结果,与生产实际单产具有明显的正相关关系,从生产角度可视为各省区范围内大田条件下能够实现的近期产量潜力。由表 1 可见,光温生产值、区试产量和大田实际单产均表现为东北春玉米区大于黄淮海春、夏玉米区更大于西南玉米区(个别例外)。我国玉米单产的潜力是巨大的,玉米带 13 个主产省区平均光温理论产量、极限产量和近期现实产量潜力依次为 32.15 t/hm^2 、11.86 t/hm^2 和 4.36 t/hm^2 ,分别相当于现有生产实际单产水平的 8.2(各省之间分布 6.2~11.1)倍、3.6(2.7~5.2)倍和 2.0(1.5~2.5)倍。按现实产量潜力估算,近期玉米尚有 4.36 t/hm^2 的产量潜力,即 96.9%(最大为山西 147.8%,最小山东 46.5%)的增产空间。

5 玉米产量潜力实现的限制因素评估

采用林毅夫等“单产损失评估法”^[4]和胡瑞法等参与式评估方法^[5],组织玉米带 13 个主产省(区)从事玉米耕作栽培、育种、植保、推广、经营和管理等多学科、多部门专家 182 位,对制约玉米单产潜力发挥的各种自然和技术性限制因素进行专家参与式评

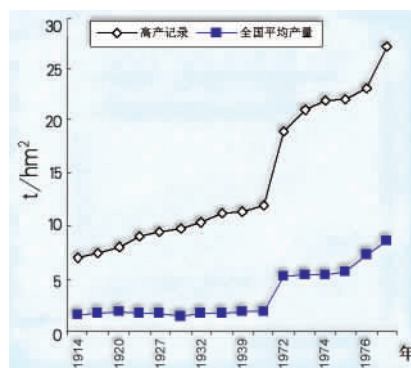


图 2 美国玉米高产纪录与当年全国平均产量
Fig. 2 US corn yield records and US average corn yield in the year

表 1 我国主要玉米产区的单产潜力(t/hm²)

Tbl. 1 Yield per unit potential in major corn production areas in China(t/hm²)

主产区	光温生产值	高产纪录	区试产量	大田实际产量	产量潜力 1	产量潜力 2	产量潜力 3
黑龙江	29.31		9.20	4.31	25.00	11.22	4.89
吉林	34.34	15.53	10.14	5.19	29.15	11.25	4.95
辽宁	40.11	16.44	10.06	5.03	35.08	11.77	5.03
内蒙古	45.81	16.80	10.09	5.03	40.78	13.18	5.06
东北春玉米区	37.39	18.21	9.87	4.89	32.50	11.85	4.98
河北	38.41		9.39	4.07	34.34	13.71	5.33
山西	41.85	17.78	10.79	4.35	37.50	13.12	6.43
山东	36.07	17.48	8.50	5.80	30.27	13.55	2.70
河南	39.89	19.35	7.62	5.08	34.80	9.05	2.54
陕西	41.44	14.13	8.66	3.72	37.71	15.75	4.94
黄淮海春、夏玉米区	39.53	19.47	8.99	4.61	34.93	13.03	4.39
四川	34.41	11.36	7.50	4.18	30.22	7.17	3.32
云南	35.04	19.26	8.70	4.16	30.88	15.10	4.53
贵州	32.39	13.91	7.92	4.50	27.89	9.41	3.42
广西	27.35	13.01	6.55	3.05	24.30	9.96	3.50
西南玉米区	32.30		7.67	3.97	28.32	10.41	3.78
平均	36.65		8.85	4.50	32.15	11.86	4.36

资料来源:大田实际产量来自《中国农业统计年鉴》,区试产量根据各省区玉米区域化试验材料汇总整理,均为 2002–2004 年平均值;光温生产值来自国土资源部《农用地分等规程(TD/T1004–2003)》^[1];大田高产纪录均采自各省玉米高产田产量验收报告。

表 2 主要生态区玉米产量潜力实现的限制因素及对产量造成的损失评估

Tbl. 2 The constraints for the increase of corn yield and estimation of yield losses in major ecological zones

位次	东北春玉米区			黄淮海春、夏玉米区			西南玉米区		
	限制因素	影响程度 (%)	产量损失 (kg/hm ²)	限制因素	影响程度 (%)	产量损失 (kg/hm ²)	限制因素	影响程度 (%)	产量损失 (kg/hm ²)
1	品种多乱杂,缺乏高产稳产新品种	16.25	809.55	品种多乱杂,缺乏高产稳产新品种	16.2	710.70	土壤瘠薄、地力不足	14.9	562.65
2	干旱	15.5	772.20	施肥方法不科学	15.6	684.30	干旱	14.3	540.00
3	施肥方法不科学	9.0	448.35	技术不规范、到位率低	13.7	600.90	阴雨天多,日照不足	12.7	479.55
4	技术不规范、到位率低	8.25	411.00	干旱	9.3	408.00	品种多乱杂,缺乏高产稳产新品种	10.1	381.45
5	耕作栽培管理粗放	6.0	298.95	耕作栽培管理粗放	8.6	377.00	耕作栽培管理粗放	9.9	373.80
6	播种质量高、苗不全,密度不够	6.0	298.95	播种质量不高、苗不全,密度不够	8.5	372.90	施肥方法不科学	8.1	305.85
7	耕层浅	5.0	249.15	玉米病害与防治不及时	6.2	271.95	技术不规范、到位率低	7.1	268.05
8	无霜期短,有效积温不足	5.0	249.15	玉米虫害与防治不及时	4.8	210.60	土壤侵蚀严重,保水、保肥性差	5.3	200.10
9	玉米虫害与防治不及时	4.25	211.35	土地瘠薄、地力不足	4.8	210.60	病虫危害及防治不及时	4.5	169.95
10	开花期高温热害	3.75	189.90	农机、农艺不配套	3.9	171.15	昼夜温差小	2.7	102.00
	合计	79.0	3 935.55		91.6	4 018.50		89.6	3 383.40

估。研究发现,东北黑龙江等 4 省区春玉米区共入选了 18 个自然和技术性限制因素,其中排在前 5 位的依次是缺乏高产稳产新品种与品种多乱杂、干旱、施肥方法不科学、技术不规范和到位率低、耕作栽培管理粗放。黄淮海河北等 5 省春、夏播玉米区共入选 14 个,排在前 5 位的依次是缺乏高产稳产新品种与品种多乱杂、施肥方法不科学、技术不规范和到位率低、干旱及耕作栽培管理粗放。四川等 4 省区西南玉米区共入选 15 个,排在前 5 位的依次是土壤瘠薄与地力不足、干旱、阴雨天多与日照不足、缺乏高产稳产新品种与品种多乱杂、耕作栽培管理粗放。表 2 列出了排前 10 位的限制因素及在玉米产量损失中所占的相对份额(百分数)和按现实产量潜力计算所造成的单产损失。

综合玉米 3 大生态区评估结果,可以看出其中的共性问题。

5.1 施肥方法不科学、技术不规范与到位率低

耕作栽培管理粗放等栽培种植技术问题是目前制约我国玉米单产提高的主要限制因素。栽培种植技术问题的在东北春玉米区,黄淮海春、夏玉米区和西南玉米区分别占产量潜力实现总解释量的 37.5%、57.7%和 28.8%,列第 1 位。这表明,在计划经济向市场经济转型期间,公益性强的栽培技术与技术推广工作被削弱已严重制约了玉米生产。

5.2 以干旱为首的不利生态和气候条件

以干旱为首的不利生态和气候条件对玉米生产的制约是一个十分突出的问题,目前包括灌溉在内的我国农业基础设施和农民防御自然灾害的能力还较差。3 个生态区不利的生态和气候因素分别占总解释量的 28.0%、9.3%和 35.1%。

5.3 玉米品种多乱杂、缺乏区域主导的高产稳产新品种

玉米品种多、乱、杂,致使农民买种无所适从、良种良法难以配套,严重制约着玉米单产提高。其中,3个生态区品种和种子问题分别占总解释量的19.75%、17.2%和11.4%。

5.4 土壤侵蚀严重、耕层变浅与地力不足

土壤侵蚀严重、耕层变浅与地力不足已经成为进一步提高玉米单产的重要障碍因素。3个生态区不良的土壤因素占总解释量的7.25%、4.8%和20.2%。

5.5 病虫害严重

玉米螟和丝黑穗病、叶斑病、穗及茎腐病等主要病虫害严重,3个生态区病虫害因素分别占总解释量的7.5%、12.4%和4.5%,表明我国病虫害植保的任务仍然十分艰巨。

6 对策

基于上述研究,提出以下挖掘玉米产量潜力的建议。

6.1 加强栽培种植技术与示范推广

耕作栽培管理粗放、施肥不科学和技术不规范,到位率低等栽培种植技术的研究、普及和推广问题,是造成目前实际单产与当地最高产量、区试产量间悬殊差异的首要因素。栽培技术公益性强、不受知识产权保护,20世纪90年代以来难以得到项目支持,投入严重不足,研究队伍越来越薄弱,栽培技术的进步已明显落后于生产发展的需要和品种的不断更新。为此,国家应采取倾斜措施,大力扶持作物栽培理论和技术研究,设立玉米超高产研究项目,长期予以支持开展高产竞赛,挖掘高产潜力,不断提高玉米单产水平。

技术推广是公共事业,必须靠国家政府来支持。建议政府深化现行的技术推广体制改革,增加农业技术推广投资,鼓励技术人员下乡,通过在农村选择培育一批科技示范户,进行重点扶持和技术指导,以示范户带动广大农户,推进科技入户。这是现阶段

以家庭承包责任制为基础、统分结合的双层经营体制下,科技与生产结合的有效形式,是向农民传授科技知识和生产技能的有效途径。

6.2 加强突破性多抗、高产品种培育与主导品种发布

良种是玉米增产的内因,国家应积极引导社会多元化投入,加强培育耐病虫、适应干旱等逆境的突破性多抗、高产品种,并建立良种推介制度,定期发布分区域主导品种,加快主导品种形成,逐步解决品种“多、乱、杂”问题。

6.3 保持和提高土壤基础肥力

保持和提高土壤基础肥力是玉米高产、稳产最根本的战略性技术措施。包括建立合理用养地的轮作制度;秸秆还田;大力发展畜牧业,施用有机肥;增施优质化肥,推广营养诊断技术,合理施肥。

6.4 改善农田灌溉条件与加强植保体系的建立

改善农田灌溉条件和推广节水灌溉技术,改变雨养农业和靠天吃饭的局面,建立和维持一个有效的植保防治体系,加强对自然灾害和生物灾害的抵御能力,降低自然因素造成的产量损失。

参考文献(References)

- [1] 修屏亚. 中国玉米科技史[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [2] 张军, 高学曾, 刘宗培. 美国玉米高产纪录[J]. 国外农学——玉米, 1989(4): 57–58.
- [3] 中华人民共和国国土资源部. 农用地分等规程(TD/T1004–2003)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [4] 林毅夫, 沈明高, 周皓. 中国农业科研优先序[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [5] 胡瑞法, Meng Brika CN, 张世煌, 等. 采用参与式方法评估中国玉米研究的优先序[J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 781–787.

(责任编辑 王 芷)

·科技智力游戏·

轻松一刻——填空补白

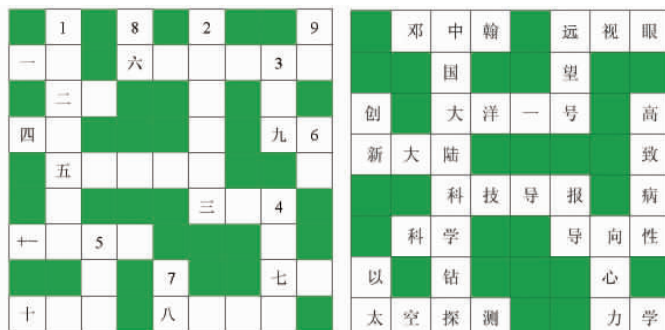
“轻松一刻——填空补白”游戏供读者读刊闲暇之余自娱自乐,并获取一些与科技有关的小知识。读者可根据下面横行、纵列的文字提示,分别填上相应的文字,使其构成具有特定意义的词组。提示文字取自于科技小常识、近期《科技导报》以及其它新闻媒体报道内容。

纵列:

1. 一部外国科幻电影名称,由拜伦·哈斯金1953年拍摄完成,主演为真·巴利和安·鲁安逊,曾获全美影评最佳科幻冒险片以及第26届奥斯卡最佳特效奖。
2. 一种著名奖项名称,2005年该奖项颁发给国际原子能机构及其总干事巴拉迪,用于表彰其在制止核武器扩散、防止恐怖分子拥有核武器方面所做出的杰出贡献。
3. 一种利用核裂变原理制成的具有巨大杀伤威力的武器,也是国际上限制扩散的武器。我国1964年研制成功该武器。
4. 用于探索金星的探测器名称,欧洲空间局2005年11月9日发射。
5. 一种会变色的动物,也用来形容处事圆滑的人。
6. 先秦诸子百家中的一个学派,由老子开创。
7. 2005年国家测绘局组织进行的一次对珠穆朗玛峰的科考活动,得到的珠峰最新高程为8 844.43 m。
8. 电动机的统称或俗称。
9. 法学研究的一个分支,指法学的基础和法律制定的原理性依据。

横行:

- 一、一颗引人注目的红色星球,它是太阳系中第三小的行星,直径约为地球的二分之一,质量约为地球的十分之一。
- 二、指德才兼备或有某种专长的人。
- 三、学校、团体或个人给予学习成绩优良学生的资金。
- 四、我国一首著名高等学府的简称,蔡元培、马寅初曾任校长。



(本期题目)

(上期答案)

- 五、托尔斯泰的一本著名小说。
- 六、法国著名的物理学家、数学家和天文学家提出的以他自己名字命名的一个原理,该原理提供了按静力学平衡方程式的形式来列写动力学方程的方法,即动静法。
- 七、一种用于治疗感冒的药品名称。
- 八、我国“十一五”规划中重点发展的交通形式之一,目前京沪之间线路规划、技术应用均在筹划之中。
- 九、导弹飞行的轨迹。
- 十、2005年获“航天英雄”称号、乘神舟六号飞船进入太空的中国航天员之一。
- 十一、地球上的一种自然现象,它使全球气温升高,对全球环境变化产生了巨大的影响。

(供稿 李建才 责任编辑 李向荣)