

钢 筋

〔苏〕 П. И. 索科洛夫斯基 著
魏承景 译

广西金属学会

广西土木建筑学会冶金建筑分会

7612
31

钢 筋

〔苏〕 П. И. 索科洛夫斯基 著

魏承景 译

广西金属学会

广西土木建筑学会冶金建筑分会

本书阐述了钢筋的性能、研究了冶炼方法和脱氧程度对钢筋性能的影响，列出了周期断面钢筋的构造资料，提供了苏联和其他国家钢筋的分类并比较了相似级别钢筋的性能。

本书供冶金、机械制造和建筑工业的工程技术人员阅读，也供冶金和建筑高等学校学生参阅。

П. И. Соколовский

АРМАТУРНЫЕ СТАЛИ

•
钢 筋

魏承景 译

•
广西金属学会
广西土木建筑学会冶金建筑分会
(南宁市江南路冶金设计院内)
广西地质印刷厂印刷

1986年12月

译者的话

苏联索科洛夫斯基 (П. И. Соколовский) 著的《钢筋钢》一书, 系统阐述了钢筋的性能和影响钢筋性能的各种因素, 尽管原书出版时间稍早, 一些钢号、标准号与现行的不符, 但就具体内容来看目前仍然很有参考价值。考虑到我国至今还没有一本关于钢筋的类似书, 而四化建设又需要这样的书, 故特将其译出, 供从事钢筋研制、生产和土木工程各专业技术人员参考, 也供学习这些专业的大专院校学生阅读。译时按我国习惯取书名为《钢筋》, 并根据具体情况将书中某些段落的“钢筋钢”一词译为“钢筋”。译稿承施元亮同志校阅, 谨在此表示感谢。

原 书 序

在苏联共产党第22次代表大会的历史性决议中，拟定了大规模发展国民经济的纲领。

工业各个领域大规模增长，基本建设规模巨大，与之密切联系的是钢筋混凝土结构用量急剧增加。随着钢筋混凝土用量的巨额增长，钢筋的需要量也大大增加。

为了降低钢筋耗用量和更有效地在钢筋混凝土结构中利用它们，有必要采用新的高强度钢筋。

近年来，科学研究所、高等学校、冶金工厂和建筑部门开始研制新的高效钢筋、并用于钢筋混凝土结构中。

这些工作进行的结果，新的、高强度钢筋已开始在建筑工程中代替先前采用的低强度低碳钢Ст.3。

可是这些新钢筋的生产工艺、性能和应用特点在技术文献中没有充分介绍。

本书对现有材料作了补充，并系统地对冶金工厂生产的和在建筑工程中采用的钢筋性能作了阐述，总结苏联建筑工程研究院中央建筑结构科学研究所金属结构中心试验室金属科在作者领导下所取得的研究成果，并系统地介绍了国内外有关文献资料。

在编写本书过程中，科学技术硕士巴尔金（В. А. Балдин）、科学技术博士格沃兹捷夫教授（А. А. Гвоздев）、科学技术博士古列也夫（А. Л. Гуляев）教授、科学技术硕士斯摩列连柯（Д. А. Смоляренко）对书稿

提了宝贵的意见，科学技术硕士穆林 (Н. М. Мулин) 和科学技术硕士施涅叶罗夫 (Я. А. Шнееров) 共同进行了一系列研究工作，科学工作者阿罗娜 (Р. Г. Арона) 和柯切托夫 (А. И. Кочетов) 参加讨论研究的结果，工程师阿尔非罗夫 (К. С. Алферов) 和工程师拉特涅尔 (Б. Р. Ратнер) 提供工厂试验材料和资料，科学工作者亚科伏列娃亚 (В. С. Яковлевая)、保亚尔斯卡亚 (Л. А. Боярская)、沙马良诺娃亚 (И. М. Самаряниновa) 和米罗诺娃亚 (М. В. Мироновa) 帮助做了大量试验工作，均在此表示深切的感谢。著者对科学技术硕士里伏施茨 (Л. Г. Лившич) 审阅本书书稿并提出宝贵意见也表示深切的感谢。

目 录

概论.....	1
第一章 钢筋的一般知识.....	5
1 钢筋分类.....	5
2 苏联钢筋.....	7
3 其他国家的钢筋.....	13
4 苏联和其他国家钢筋的机械性能.....	13
5 冷变形钢筋.....	44
6 几何外形.....	46
7 钢筋的规格和尺寸.....	55
第二章 化学成分和生产工艺对机械性能的影响.....	58
〔工厂试验资料的统计处理〕	
1 对钢筋的要求.....	58
2 化学成分对机械性能的影响.....	59
3 冶炼方法和脱氧程度对机械性能的影响.....	65
4 轧制工艺对机械性能的影响.....	85
5 化学不均匀性对机械性能的影响.....	87
第三章 钢的组织 and 性能.....	95
1 热轧钢.....	95
2 冷变形钢.....	106
3 置放时效对钢筋机械性能的影响.....	116
4 热处理钢筋.....	120
第四章 钢的静载机械性能.....	144

1	抗拉机械性能指标	144
2	冷弯试验	152
3	测定钢筋机械性能的方法特点	153
4	钢筋的抗拉机械性能	155
第五章 钢的脆性破坏敏感性		161
1	钢的脆性破坏敏感性评价	161
2	钢的冶炼方法和脱氧程度对脆性破坏敏感性的影响	164
3	化学成分对脆性破坏敏感性的影响	166
4	加工处理方式对钢的脆性破坏敏感性的影响	175
5	焊接和烧损对钢的脆性破坏敏感性的影响	178
第六章 钢在重复-交变荷载下的强度		185
1	影响钢的持久强度的因素	185
2	化学成分的影响	185
3	外形的影响	189
4	冷作的影响	194
5	热处理的影响	198
6	焊接的影响	198
第七章 钢筋的可焊性		206
1	焊接时钢的组织转变	206
2	晶粒度及晶粒长大敏感性	211
3	钢的主要元素对可焊性的影响	213
4	钢的可焊性及其测定方法	215
5	用焊机电极进行焊接头的热处理	226
6	钢筋的可焊性指标	232

第八章 钢筋的张拉	236
1 钢筋张拉的基本方法.....	236
2 电热对钢的机械性能的影响.....	243
参考文献	251

概 论

在现代建筑中，钢筋混凝土结构占很大比例，而且用量逐年增加。

在现行的七年计划期间，钢筋混凝土生产规模的增长，又引起了对钢筋需要的显著增加（图1）〔1〕。

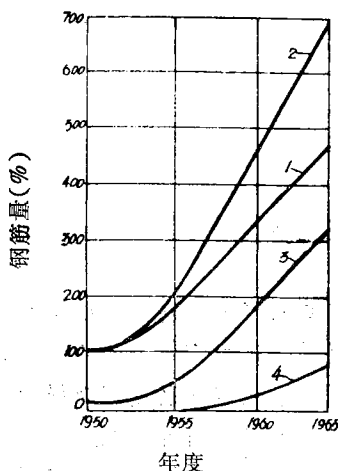


图1 七年计划期内钢筋混凝土结构对钢筋的需求

1—全部钢筋混凝土；2—全部钢筋混凝土的需要量，但折算为A-I级（Cr.3）钢；3—装配式钢筋混凝土，其中包括预应力混凝土；4—预应力混凝土

钢筋混凝土产量的扩大，需要各种形式的高强度钢筋，由于强度的提高，可使建筑中的金属和费用大大节省。

除要求高强外，钢筋必须具备令人满意的塑性，允许钢筋混凝土结构的计算考虑应力重分配，并避免在使用中发生脆性破坏。

对钢筋质量必不可少的要求之一是可焊性。所有有效形式的钢筋都必须具备这种性能。用作预应力筋的钢筋允许只有有限的可焊性。

各种新式的高强度钢筋，除了具备符合国定全苏标准规定的一般机械性能外，还应具备其他专门性能。

对于使用在承受重复-交变荷载的钢筋混凝土结构和构筑物中的钢筋，提出了疲劳极限方面的要求。

在低温条件中使用的钢筋混凝土结构，需要脆性破坏敏感性低的钢筋。由于在预应力钢筋混凝土结构中钢筋工作的特点，要求制定松弛稳定性、徐变极限、应力腐蚀稳定性方面的标准。

不久前，钢筋混凝土结构的配筋主要采用低碳热轧钢，钢号为Cr.0和Cr.3。

低碳钢的强度低，增加了钢筋混凝土结构的金属耗用量，而Cr.0号钢的化学成分不稳定，不能完全保证可焊性。

试图用冷变形的办法强化这种钢没有获得预期的效果，因为冷变形钢筋不具备令人满意的可焊性。

随着钢筋混凝土结构产量的增加，产生了用强度较高的、可焊的碳素钢制作钢筋的需要。而钢筋强度的提高又引起采用周期断面钢筋的必要性，以增加钢筋与混凝土的粘结。

从1950年开始，大量生产由 $\sigma_s \geq 30$ 公斤/毫米²（A-I级）的高强度中碳钢Cr.5制成的周期断面钢筋，以代替先前

大量采用的 $\sigma_s \geq 24$ 公斤/毫米²的Cт.3。

采用Cт.5热轧周期断面钢筋与采用Cт.3 (A-I) 相比, 可节约金属15~20% [2]。

采用机械性能较高 ($\sigma_s \geq 40$ 公斤/毫米²) 的低合金钢筋25Г2C和35ГC* 后, 与Cт.3和Cт.5号钢相比, 还可节约更多的金属, 数量可达30~40%。对于大直径钢筋, 则采用18Г2C低合金钢 (A-II级), 它具有与Cт.5号钢几乎相同的强度性能, 且可焊性和截面均质性都较好。

对于预应力钢筋混凝土结构, 采用冷拉强化的周期断面钢筋Cт.5 (A-II_B) 和25Г2C与35ГC (A-III_B) 作预应力钢筋。

$\sigma_s \geq 60$ 公斤/毫米² (A-IV级) 的周期断面高强度钢筋30XГ2C**的广泛采用, 促进了预应力混凝土结构的发展。

A-IV级高强度钢用作应力钢筋是十分适当的。这种钢具有建筑所必需的质量, 完全可取代冷拉强化钢筋, 使施工单位从本不属于他们的钢筋强化工作中摆脱出来。

七年计划期内, 生产钢筋混凝土需要各级钢筋的情况示于图2 [1]。

到目前为止, 强化钢筋采用两种方法——加合金元素和冷作变形, 有时同时采用这两种方法。

热轧合金钢钢筋, 化学成分适当时, 在保持可焊性的情况下, 机械性能可提高到 $\sigma_s \geq 60$ 公斤/毫米²。

* 由马凯耶夫冶金工厂提出

** 30XГ2C钢在机械性能稳定性、均质性以及塑性方面都是不能令人满意的, 中央黑色冶金科学研究所和马凯耶夫冶金工厂已设计和提出其他钢种——可焊的和不可焊的来代替它。

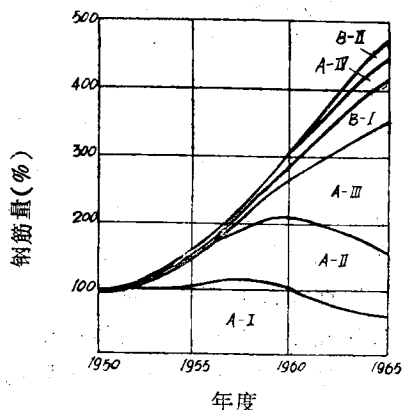


图2 七年计划期间各级钢筋需要情况

A-I、A-II、A-III、A-IV—钢筋级别；

B-I—冷拔光圆钢丝；B-II—周期断面冷拔钢丝

在常温状态下采用拉伸、扭转方法强化的钢筋，机械性能显著提高，但此时钢筋不好焊接。

提高钢筋强度的最有效方法是热处理。但是，热处理强化的钢筋不能焊接。

热处理的钢筋，其机械性能大为提高，只要其接头可采用机械方法连接，在钢筋混凝土结构中采用热处理强化钢筋是有前景的。

因此，除了采用普通和高强的热轧钢筋外，屈服点从80到120公斤/毫米²的热处理强化钢筋的生产是有发展前途的。

在钢筋混凝土结构中，采用热处理强化钢筋可节约金属40~50%。

在具备高强的同时，热处理强化钢筋的脆性破坏敏感性小、时效敏感性低，对徐变和松弛而损失应力的稳定性高。

第一章 钢筋的一般知识

1 钢筋分类

苏联大量生产用于钢筋混凝土结构的钢筋。苏联生产的钢筋可按以下特征分类：冶炼方法、脱氧工艺、化学成分、成型方法、强化方法、表面形式、机械性能、可焊性和使用条件（图3）。

钢筋钢用平炉、氧气顶吹碱性炉衬转炉和酸性炉衬转炉——贝式麦式炉冶炼。

苏联广泛采用平炉冶炼的钢筋钢，近年来大力发展氧气顶吹炉生产钢筋钢，用酸性转炉钢制作钢筋是有限制的。

根据脱氧工艺的不同，钢筋钢分为：镇静钢、半镇静钢和沸腾钢。苏联冶炼的钢筋钢大部分是镇静钢。

曾经研究过〔3、4〕用半镇静钢C_{T.5}代替镇静钢制作周期断面钢筋的可能性，由于钢锭切头的减少，这种代替可节约钢8~10%。C_{T.3}沸腾钢的用量有限。

按化学成分，钢筋分为两类——碳素和低合金。目前主要用C_{T.5}碳素钢加工钢筋而很少用C_{T.3}钢。合金钢钢筋的生产逐年增加。

按成型方法，钢筋分为热轧和冷变形（冷压）两类。热

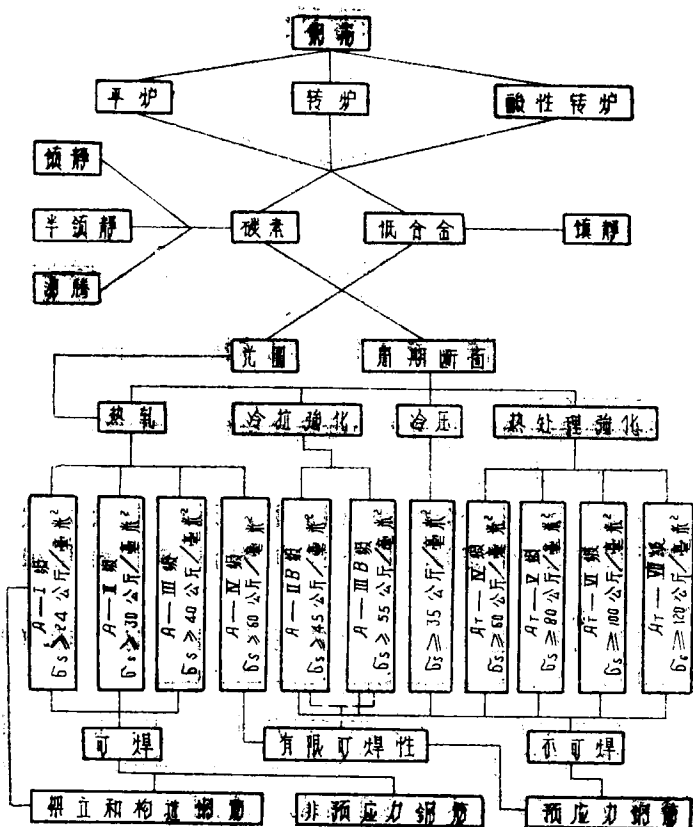


图 3 苏联钢筋分类

轧钢筋与冷变形钢筋相比，有许多优点——可用冶金工厂拥有的设备大批生产并有较好的可焊性。因此，大量钢筋主要采用热轧的方法生产。

热轧钢筋可通过冷作强化。苏联广泛采用冷拉强化的方法，它可以提高钢的计算应力并大大节约钢材。

热处理强化是提高钢筋强度的十分有效方法，但还未普遍采用。

按主要机械性能——屈服点，热轧钢筋分为四级：

I 级—— $\sigma_s \geq 24$ 公斤/毫米²，

II 级—— $\sigma_s \geq 30$ 公斤/毫米²，

III 级—— $\sigma_s \geq 40$ 公斤/毫米²，

IV 级—— $\sigma_s \geq 60$ 公斤/毫米²。

此外，还有冷压钢筋， $\sigma_s \geq 35$ 公斤/毫米²。

按照使用条件，钢筋可分为非预应力的（A-I、A-II、A-III 级）和预应力的（A-IV、A-II_B、A-III_B），前者用于普通和预应力结构，后者用于预应力结构。

除一些试验钢外，苏联的热轧钢筋大部份是可焊的。A-II 和 A-III 级热轧钢筋用接触对焊和点焊、电弧缝焊和熔池焊焊接。A-IV 级钢筋分为两类：有限可焊性和不可焊，前者用接触对焊和弧缝焊焊接（遵守专门规程）。

热处理强化钢筋（A_T-V、A_T-VI 和 A_T-VII 级）属于不可焊钢筋。

2 苏联钢筋

苏联钢筋的钢号、化学成分和机械性能列于表 1

苏

联

钢 号	冶炼和脱氧方法		钢筋 直径 (毫米)	国定全苏标准 或 技 术 规 范	元 素
	冶炼	脱氧			C
МСт.3	平炉	镇静	6~40	380—60,5781—61	0.14~0.22
МСт.3кп	"	沸腾	6~40	380—60,5781—61	0.14—0.22
БСт.3	酸性转炉	镇静	6~40	380—60,5781—61	≤0.12
БСт.3кп	"	沸腾	6~40	380—60,5781—61	≤0.12
КСт.3	转炉	镇静	6~40	9543—60	0.14~0.22
КСт.3кп	"	沸腾	6~40	9543—60	0.14~0.22
МСт.5	平炉	镇静	10~40	380—60,5781—61	0.28~0.37
МСт.5пс	"	半镇静	10~25	$\frac{\text{ЧМТУ}}{\text{УНИИМ}}$ 10—63	0.30~0.39
БСт.5	酸性转炉	镇静	10~40	380—60,5781—61	0.17~0.30
КСт.5	转炉	"	10~40	9543—60	0.28~0.37
КСт.5пс	"	半镇静	10~25	$\frac{\text{ЧМТУ}}{\text{УНИИМ}}$ 10—63	0.33~0.40