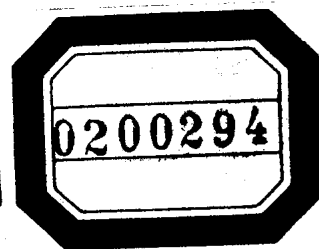
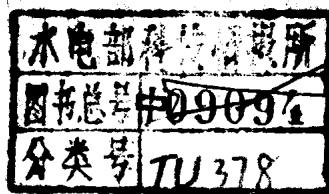


冷拔丝预应力构件 设计与施工

00294

浙江省基本建设委员会主编 中国建筑工程出版社



冷拔丝预应力构件设计与施工

浙江省基本建设委员会 主编



005855 水利部信息所

中国建筑工业出版社

本书综合地介绍了冷拔低碳钢丝预应力中小构件设计与施工的有关问题。内容分材料、设计、施工和构件检验四个部分，分别叙述冷拔丝的生产与检验，混凝土组成材料的要求和配合比设计；荷载及材料设计指标，构件计算，构造和设计实例；生产用机具与设备、生产工艺以及构件检验等问题。其中构件设计实例一章，列出了目前中、小工程中已经普遍应用的各类构件的计算书和施工图，以便地、县一级设计单位的同志们和结构设计的初学者参考。

本书可供从事冷拔丝预应力构件生产的设计和施工人员参考。

本书由浙江省基本建设委员会组织编写，参加编写的单位和人员有：

第一章、第二章 山东省建筑科学研究所张毅；

第三章 湖南大学沈蒲生；

第四章 湖南大学成文山、沈蒲生、邹银生；

山东建筑学院孙文达；

第五章、第六章 浙江省工业设计院邵柏舟；

第七章、第八章 浙江省建筑科学研究所裘炽昌；

江苏省建筑科学研究所卢锡鸿；

青岛市建筑工程公司胡书田；

浙江省建一公司混凝土构件预制厂李桂昌；

第九章 浙江省建筑科学研究所裘炽昌。

212 4 / 10

冷拔丝预应力构件设计与施工

浙江省基本建设委员会 主编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米1/16 印张：22 插页：1 字数：534千字

1980年2月第一版 1980年2月第一次印刷

印数：1—11,640册 定价：1.80元

统一书号：15040·3663

前 言

冷拔低碳钢丝预应力混凝土构件是我国广大建筑工人和科技人员，自力更生，艰苦奋斗，结合我国国情，通过多年来的生产实践和科学实验发展起来的一种构件。它适宜于制作一般工业与民用建筑的中、小型构件，特别是对发展城乡居住建筑具有现实意义。目前，这类构件正日益广泛地应用到全国各地，其中江苏、浙江两省已经普及到公社建筑单位，为建设社会主义新农村作出了有益的贡献。

冷拔低碳钢丝预应力混凝土构件，不但具有一般预应力混凝土结构的优点，如能改善构件力学性能、提高构件质量、节约钢材和减轻自重等，而且取材容易，制作简便，适宜于基层建筑单位土法上马。冷拔丝是用普通低碳钢圆盘条经过冷拔加工制成。盘条通过冷拔变成钢丝，强度提高一倍左右，应用于预应力混凝土构件，比直接采用Ⅰ级钢筋的普通钢筋混凝土构件，一般可节省钢材30~50%，减轻构件自重10~30%。冷拔丝张拉、锚定方便，施工机具简单，为预应力混凝土结构的普及推广创造了极为有利的条件。

为了进一步提高冷拔丝预应力混凝土的质量，近几年来，山东、江苏、湖南、浙江等四省根据国家基本建设委员会的指示，对有关这类构件的材性、设计、施工与应用等方面，做了比较系统的调查总结和专题研究；在此基础上，编制出《冷拔低碳钢丝预应力混凝土中小构件试行技术规程》，在上述四省试行。现在，我们在规程的基础上又共同编写本书，对这项技术给以较为详细的阐述和介绍，使地、县一级设计和施工人员能更好地掌握和运用这方面的科研、生产成果，以继续促进预应力混凝土技术的发展和普及。

本书内容分材料、设计、施工与构件检验等四个部分。材料方面，结合冷拔丝的实际生产情况，着重介绍了冷拔丝的生产工艺及抽样检验方法；设计方面，是在设计规范的基础上，根据冷拔丝的特点，着重介绍了双向受弯、偏心受压、最小配筋率、疲劳性能、钢丝的预应力损失、锚固长度和应力传递长度以及有关构造要求，并系统地编入了构件设计实例；生产工艺方面，介绍冷拔丝构件生产用台座、模板和张拉机具设备，总结了构件生产工艺的经验；构件检验方面，介绍了构件质量检验要求及试验方法。特别是本书构件设计实例一章，列出了目前中、小工程中已经普遍应用的各类构件的计算书和施工图，对地、县一级设计人员，以及结构设计的初学者都有一定的参考价值。

冷拔丝预应力混凝土构件的研究和生产，在广大科研、设计和施工部门的共同努力下，虽然已经取得了一定的成绩，但是有些问题，如：构件在高温、负温下的性能，抗震、抗冲击性能和耐久性，以及有关施工工艺等，尚需进一步研究解决。此外，当构件配筋量较多时，给钢丝布置与混凝土灌筑带来一定困难，近年来有的单位已研究应用冷拔丝钢绞线的配筋形式，无疑这是对冷拔丝预应力构件的一个发展。

《冷拔丝预应力构件设计与施工》编写组

目 录

第一章 冷拔丝.....	1	第六节 预应力窗.....	142
第一节 原材料及其要求.....	1	第七节 组合截面构件.....	144
第二节 冷拔工艺.....	2	第八节 构件连接构造.....	151
第三节 质量检验与材料管理.....	8	第六章 构件设计实例.....	159
第二章 混凝土.....	10	第一节 板.....	159
第一节 原材料及其要求.....	10	第二节 梁.....	215
第二节 混凝土配合比设计.....	14	第三节 屋架.....	242
第三节 混凝土试验方法.....	19	第四节 柱、桩及基础.....	260
第三章 荷载及材料设计指标.....	22	第七章 构件生产的设备和机具.....	275
第一节 荷载.....	22	第一节 台座.....	275
第二节 材料指标.....	26	第二节 模板.....	281
第四章 截面设计.....	29	第三节 张拉机具.....	288
第一节 一般规定.....	29	第八章 构件生产工艺.....	298
第二节 强度计算.....	36	第一节 工艺流程.....	298
第三节 抗裂度验算.....	95	第二节 场地布置.....	299
第四节 变形验算.....	105	第三节 张拉工艺.....	301
第五节 施工阶段验算.....	109	第四节 混凝土工艺.....	309
第六节 疲劳验算.....	111	第五节 预应力钢丝的放松、构件 起模与堆放.....	322
第五章 构造.....	114	第九章 构件质量检验.....	328
第一节 一般要求.....	114	第一节 混凝土强度及构件外观检验.....	329
第二节 板.....	119	第二节 结构性能检验.....	331
第三节 梁.....	129	第三节 构件试验方法.....	334
第四节 屋架.....	134	附表.....	344
第五节 柱和桩.....	140		

第一章 冷 拔 丝

第一节 原材料及其要求

含碳量小于2%的铁碳合金称为碳素钢。碳素钢一般可分为低碳钢(含碳量低于0.25%),中碳钢(含碳量为0.25~0.7%)和高碳钢(含碳量为0.7~1.4%)三类。低碳钢和中碳钢称普通碳素钢,是目前我国生产和应用较广的钢种。冷拔低碳钢丝(以下简称冷拔丝)的原材料就是采用普通碳素钢。

一、甲类普通碳素钢的钢号和技术条件

根据国家标准,普通碳素钢可分为下列三类:

甲类钢:按机械性能供应的钢;

乙类钢:按化学成分供应的钢;

特类钢:按机械性能及化学成分供应的钢。

普通碳素钢采用汉字或拼音字母表示钢的种类及冶炼浇注方法(表1-1)。

钢铁种类、冶炼及浇注方法的表示法 (摘自GB221-63)

表 1-1

钢 类	汉字	字母	冶 炼 方 法	汉字	字母	浇 注 方 法	汉字	字 母
甲 类 钢	甲	A	碱性平炉钢	—	—	沸 腾 钢	沸	F
乙 类 钢	乙	B	侧吹碱性转炉钢 侧吹酸性转炉钢	碱 酸	J S	半镇静钢	半	b
特 类 钢	特	C	顶吹转炉钢	顶	D	镇 静 钢	—	—

建筑工程中通常使用甲类钢,多在供应状态(不经热处理)使用,一般不作化学分析。甲类碳素钢的钢号和技术条件见表1-2。这类钢主要是根据屈服强度、抗拉强度和伸长率来确定钢号(即牌号),同时,硫和磷的含量不得超出规定。乙类钢仅保证化学成分,一般用于制作经热处理的机械零部件和建筑工程中的焊接结构。预应力混凝土中用的冷拔丝,首先要保证适合的机械性能,一般应采用甲类碳素钢。

钢材的化学成分对钢的质量及冷拔工艺也有一定的影响,简要介绍如下:

碳(C):钢中含碳量愈高,钢材的强度及硬度也愈大,同时脆性增加,塑性、冲击韧性下降,焊接性能和冷弯性能变差。盘条冷拔时,含碳量高,压缩率相对要小一些,以免在冷拔时拉断。

硅(Si):钢中含少量硅是有益的,当含硅量小于1%时,钢材的弹性、强度和硬度增加,而塑性及冲击韧性下降并不显著。但硅含量过高,会显著降低钢的塑性和冲击韧性,增加冷脆性,并使钢材的焊接性能变坏,对冷拔工艺也不利。

甲类碳素钢钢号和技术条件 (摘自GB700-65)

表 1-2

项 次	钢 号						机 械 性 能				180 度 冷弯试验 $d = \text{弯心直径}$ $a = \text{试样厚度}$
	碱性平炉钢		侧吹碱性转炉钢		侧吹酸性转炉钢		屈服点 σ_s (公斤/毫米 ²) 不 小 于	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸长率 (%) 不 小 于		
	牌 号	代 号	牌 号	代 号	牌 号	代 号			δ_5	δ_{10}	
1	甲1 甲1沸	A1 A1F	—	—	—	—	—	32~40	33	28	$d = 0$
2	甲2 甲2沸	A2 A2F	甲碱 ^o 甲碱 ^o 沸	AJ2 AJ2F	—	—	22	34~42	31	26	$d = 0$
3	甲3 甲3沸	A3 A3F	甲碱3 甲碱3沸	AJ3 AJ3F	甲酸3 甲酸3沸	AS3 AS3F	24	38~40	27	23	$d = 0.5 a$
4	甲4 甲4沸	A4 A4F	甲碱4 甲碱4沸	AJ4 AJ4F	甲酸4 甲酸4沸	AS4 AS4F	26	42~44	25	21	$d = 2 a$

注：①3号及4号钢的机械性能均为I组(直径 ≤ 40 毫米)的指标；

②冷弯试验合格时，抗拉强度上限可以不限。

锰 (Mn)：锰能提高钢材的强度和硬度，改善钢材焊接性能。

磷 (P)：磷是有害杂质，能使钢材内形成磷化物，增加偏析趋势，使钢材在低温下变脆，增加冷拔的困难。

硫 (S)：硫也是一种有害杂质，在钢材中形成硫化物，增加热脆性，当温度在800~1200°C时，硫化铁熔化造成裂纹；硫还显著地降低钢材的焊接性能和抗蚀性，它对盘条冷拔也不利。

二、普通低碳热轧圆盘条技术要求

试验证明，影响冷拔丝强度的主要因素为原材料的抗拉强度和冷拔总压缩率。原材料抗拉强度与钢号有关。钢号越高，抗拉强度也越高。但同钢号不同钢厂的圆盘条的抗拉强度也有差异，这是由于各厂生产时含碳量及其他元素不完全相同。为了保证冷拔丝的质量，凡用于预应力混凝土的冷拔丝，其原材料宜优先采用甲类3号钢热轧圆盘条，其机械性能必须符合表1-2的要求。在生产中必须加强原材料的管理，尽可能做到按钢厂、钢号、规格分类堆放使用。对于无出厂证明或试验报告单的盘条，应取样作拉力试验，并根据试验结果分别使用。对于冷拔前需焊接的盘条，必须是原材强度差异在同一钢号内的同直径的盘条，否则会造成同盘内强度不均匀，影响构件的质量。为了减少轧头和对焊工作量，生产冷拔丝应选用较长的盘条，以提高生产效率。至于冷拔总压缩率的影响，在下节讨论。

第二节 冷 拔 工 艺

一、钢丝冷拔的基本原理

普通低碳钢抗拉强度不高，但有很好的塑性。一根普通低碳钢筋，在进行拉力试验时，从开始到拉断的应力应变曲线如图1-1。图中纵座标为钢筋试件单位面积上的拉力，

叫作应力 $\sigma \left(\sigma = \frac{P}{A} \right)$ ；横座标为试件单位长度的伸长率 $\varepsilon \left(\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \right)$ 。

普通低碳钢的应力应变曲线可分四个阶段：

1.弹性阶段（ $o-a$ ）：钢筋从开始受拉到 a 点，钢材受力处于弹性阶段。此阶段的特点是应力与应变成正比增加，故 oa 是一条直线。若除去外力，钢筋可立即恢复原样，不会产生残余变形。对应于 a 点的应力称为钢筋的比例极限，其比例常数 E （ $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ ）叫做弹性模量。

2.弹塑性阶段（ $a-b$ ）：钢筋拉伸超过 a 点以后，材料转入弹塑性阶段。这个阶段的特点是应变比应力增加快。此时，若除去外力，钢筋已不能完全恢复原样，而会保留少量的残余变形。这个阶段一般是很短暂的。

3.塑流阶段（ $b-c$ ）：当应力继续增加到达 b 点后，材料开始屈服转入塑性阶段。这个阶段的特点是应力不增加，而变形却继续加大，曲线出现一水平段。这种现象称为“塑流”。 c 点称为屈服点，其应力叫钢筋的屈服强度。

4.强化阶段（ $c-d-e$ ）：当应力继续增加超过 c 点后，由于材料内部结构发生变形，钢筋抵抗外力的能力又有所提高，因而转入强化阶段。此时，材料又出现了弹塑性特征，其特点是应力应变曲线继续上升，直至 d 点应力达到最高点，以后试件开始颈缩，至 e 点钢筋拉断。对应于 d 点的应力称为强度极限，也就是钢筋的抗拉强度，表示它在破坏前所能承受的最大应力。

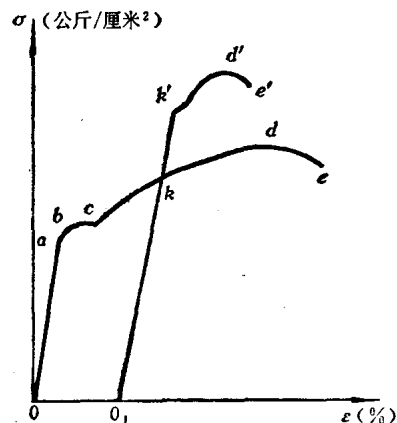


图 1-1 钢筋受拉时的应力应变图

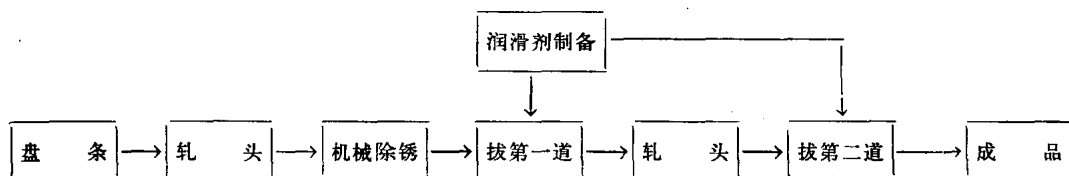
当拉力超过屈服点的任意点 k 后，若随即卸去荷载，钢筋得到永久变形 oo_1 ；若过一段时间再重新加荷，则应力应变曲线成为 $o_1kk'd'e'$ 。这说明钢筋在引起塑性变形的外力作用下，可提高其屈服强度和抗拉强度，但塑性区域变小，性质变脆。冷加工钢筋就是利用了这个特性，以提高强度，节约钢材。

钢丝冷拔是冷加工方法之一，就是把圆钢盘条强行通过比它本身直径小的硬质合金钢模（常称拔丝模），拔成较细的钢丝。

钢材的内部结构是由许多非常小的晶体所组成。这些晶体排列整齐，当外力在屈服点范围内时，仅仅把晶体的间距拉长或压缩。但是当外力超过屈服点后，钢材内部组织发生显著变化，晶体产生了滑动，其本身也产生严重变形，这种变形又阻碍晶体在原来平面内继续滑动。钢材由于这种内部组织的变化，抗拉强度提高，塑性降低。钢材冷拔后，其强度一般可提高40~90%，没有明显的屈服点，伸长率减小。

二、钢丝冷拔工艺

冷拔钢丝的工艺流程如下：



当采用连续拔丝机时，在除锈前将原材先行对焊，并将焊接处锉平，然后冷拔。

(一) 除锈

圆钢盘条表面常带有铁锈层。铁锈层的硬度很高，易磨坏拔丝模孔。由于拔丝模的损坏，会使钢丝表面产生沟纹或其它缺陷，甚至造成断丝。因此，冷拔前圆钢盘条必须经过除锈处理。除锈方法有两种：机械方法和化学方法。采用机械方法时，将盘条通过3~6个上下交错排列的辊轮，盘条经反复弯曲，使铁锈层碎裂剥落；也有采用与盘条直径相仿的旧拔丝模去锈，但效果较差。化学方法一般称酸洗。先将经过机械除锈的盘条浸入浓度为

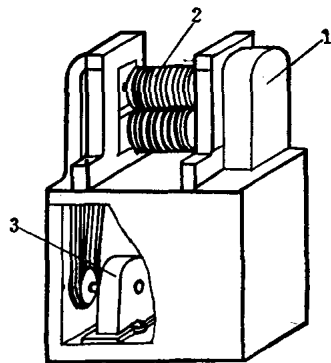


图 1-2 钢筋轧头机

1—压块；2—轧辊；3—电动机

3~10%的稀盐酸池中。浸入时间视盘条锈蚀程度而定，一般为10~20分钟，以除去表面的锈斑为止。然后取出用清水冲洗，再浸入石灰肥皂水中，使残留在盘条表面的酸液得到中和，最后经自然干燥或用炉火烘干，再进行冷拔。石灰肥皂水的配制，一般为100公斤石灰加15~20公斤动物油、3公斤皂粉，再加350~400公斤水。采用酸洗的方法可以增加冷拔丝的光洁度，减少拔丝模的损耗，但建筑工程上用的冷拔丝不必要求过高的光洁度，所以一般不采用酸洗，以减少工序降低成本，改善工人操作条件，便于连续自动化生产，提高工效。

(二) 轧头

盘条经机械除锈后，端头应放在轧头机（图1-2）的压块中（选定合适的凹槽）轧制。操作中随时转动钢筋，使之轧压均匀，保持圆形。轧压长度约200毫米，轧压后的直径比拔丝模孔小0.5~0.8毫米。一般每道冷拔前均需轧头。

(三) 拔丝

钢筋冷拔用的拔丝机按构造分立式（图1-3）和卧式（图1-4）两种，每一种又有单卷筒和多卷筒之分。立式拔丝机多用于拔细丝，卧式拔丝机适用于拔粗丝或长度较大的盘条。

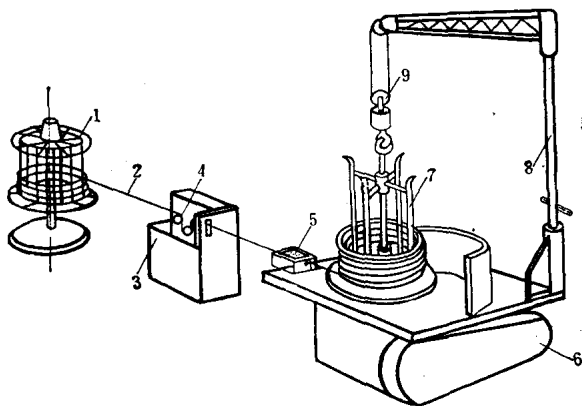


图 1-3 立式单卷筒拔丝机工作示意图

1—盘条架；2—钢丝；3—除锈箱；4—除锈滚轮组；
5—润滑材料盒（包括拔丝模）；6—电动机；7—钢丝架；
8—支架；9—滑轮

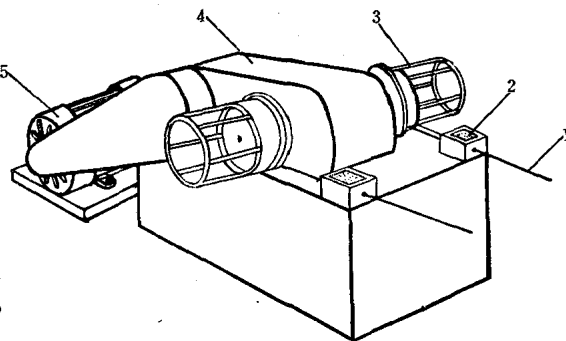


图 1-4 卧式双卷筒拔丝机

1—钢丝；2—润滑材料盒（包括拔丝模）；
3—钢丝架；4—减速器；5—电动机

拔丝时先将拔丝模装在润滑材料盒内，安装在拔丝机机架上，将经过轧头的钢丝端头穿过拔丝模孔，嵌入链条夹具中，用楔块夹紧（图1-5），链条另一头的挂销塞在拔丝机

卷筒的缺口里，然后开动机器进行拔丝。

有条件时可采用立式连续拔丝机（图 1-6）。盘条经一次轧头后，进行机械除锈，接着进入拔丝机。盘条随拔随焊。 $\phi 8$ 盘条可连续拔成 $\phi 5$ ， $\phi 6.5$ 盘条可连续拔成 $\phi 4$ 和 $\phi 3$ 的冷拔丝。用这种拔丝机，生产效率高，劳动强度低，生产工艺便于机械化和自动化。

在国内生产的定型拔丝机中，适合于拔制冷拔丝的有 D5C 型多次连续拔丝机和 D1B 型单次拔丝机，其技术性能见表 1-3。

（四）对焊

为了减少轧头次数，可先将盘条对焊后进行冷拔，拔断的钢丝也可用对焊焊接后继续冷拔。

对焊前先将盘条端部切去一段（约 2 米左右）。因为盘条端部一般强度较高，脆性较大，容易拔断。对焊可用 UN10 型对焊机。采用连续闪光焊工艺，即闪光——顶锻，顶锻后在焊机上通电热处理。最后将焊接部分的凸缘及毛刺用锉刀锉平。

（五）拔丝模

拔丝模为硬质合金材料。常用钨钴类合金，如六钨钴合金（代号 YG6），抗弯强度大于 135 公斤/毫米²，比重在 14.6~15.0，洛氏硬度大于 88.5。拔丝模构造如图 1-7 所示，分四个区段：进口导向区，锥形挤压区，圆柱形校正区，出口区。

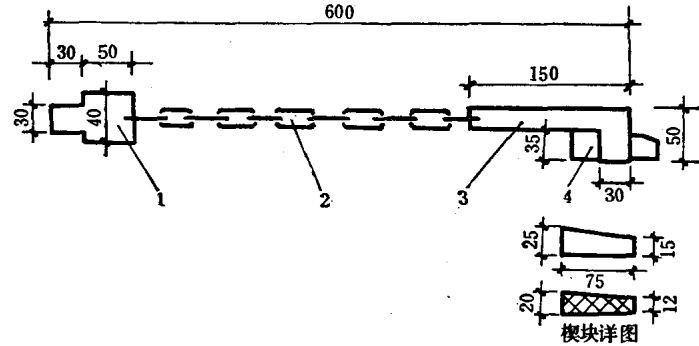


图 1-5 挂钩、链条、夹头示意图
1—挂钩；2—链条；3—夹头；4—楔块

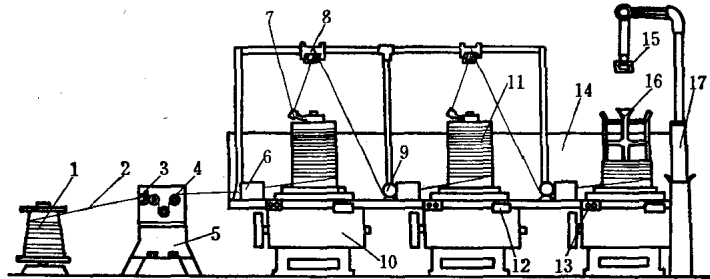


图 1-6 连续拔丝机工作示意图

1—盘条架；2—钢丝；3—定位轮；4—滚轮组；5—除锈箱；6—润滑材料盒（内装拔丝模）；7—导向滑轮；8—上滑轮；9—导向轮；10—机座；11—卷筒；12—自动安全装置；13—开关；14—安全挡板；15—吊盘；16—活动线架；17—转动支架

拔 丝 机 技 术 性 能 表 1-3

技 术 性 能	单 位	D5C型	D1B型
卷 筒	个	4	1
拉 拔 次 数	次	4	1
卷 筒 直 径	毫 米	560	648
拔 制 速 度	米/分	134	92
钢丝成品直径	毫 米	6.5~4.0	8.0~4.0
电动机功率	千 瓦	14	28

注：1. D5C型拔制速度是指最后一道的卷筒转速；
2. D5C型的电机功率系每台电机14千瓦。

拔丝模的模孔角度 α 直接影响冷拔丝质量。模孔角度太小，钢丝与拔丝模接触增大，摩擦力也同时增加，冷拔时容易将钢丝拉断。相反，模孔角度太大，容易使钢丝表面的润滑剂脱落，因而出现伤痕和沟纹。模孔内径和角度大小的选择主要是根据冷拔一次所缩小的直径而定，而钢丝每冷拔一次缩小多少，主要决定于钢材的可塑性和拔丝机的功率。塑性大可多缩小些，反之应少缩小些。根据经验，模孔角度 α 一般以 $14^{\circ}\sim 16^{\circ}$ 为宜。

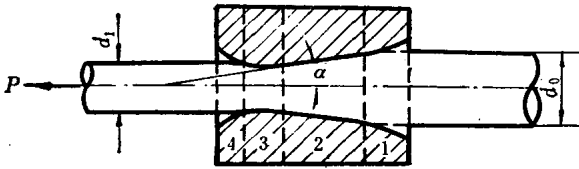


图 1-7 拔丝模示意图

1—进口导向区；2—锥形挤压区；3—圆柱形校正区；4—出口区
间长的模子，如孔径磨损过大，超过允许偏差的，不能再用，可改作其他尺寸，以保证冷拔丝成品的规格。拔丝模尺寸如图 1-8 所示。

硬质合金拔丝模的修理，一般采用研磨加工。研磨材料常用碳化硼粉。可用牡丹江硬质合金厂生产的 M_{28} 、 M_{20} 碳化硼粉，其莫氏硬度为9.36。

研磨用的磨针可以自制，外形如图 1-9。采用这样的磨针可以一次研磨成孔。磨针角度必须正确，否则磨出的拔丝模孔不符合要求。

研磨拔丝模，可用专用的磨床，也可自制研磨机（图1-10）。采用一个转速为 1420 转/分的0.6千瓦电动机，带动两个研磨器，两个研磨器可同时使用，也可单个使用。研磨时将磨针固定在夹头中，拔丝模拿在手里，开动电机，不断地将拔丝模上下移动，并与磨针反向旋转。研磨时每隔1~2分钟加一次研磨膏（碳化硼粉加水调制），研磨到要求规格后，再将模孔内的碳化硼粉清理干净。清理方法可采用长度与磨针相同的尖头木棒，绕以棉花擦清模孔。

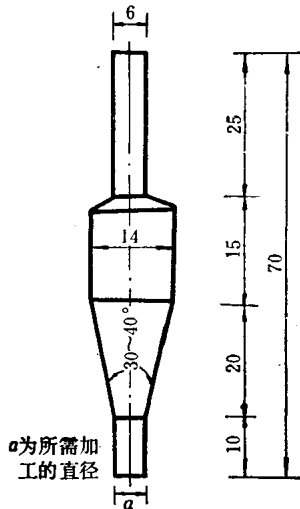


图 1-9 磨针

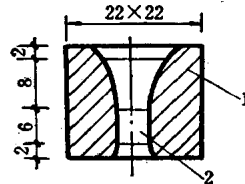


图 1-8 拔丝模尺寸
1—模套；2—模芯

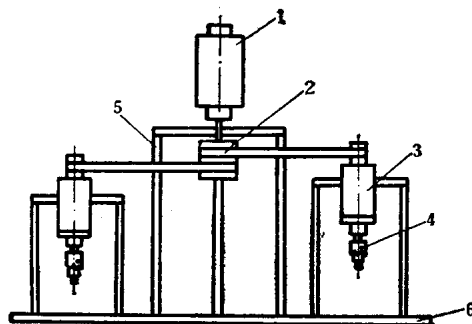


图 1-10 研磨机示意图

1—电机；2—传动皮带；3—研磨器；4—夹头；5—机架；6—工作台

（六）润滑剂

润滑剂的作用是使钢丝与模子接触的锥面上形成一层薄膜，避免钢丝与模孔产生直接

摩擦，减少摩擦力。这样不但能降低设备的负荷，还可延长拔丝模的寿命。因此，润滑剂的好坏对拔丝工艺影响很大。下面介绍目前常用润滑剂的配制方法。

1. 配合比及对原材料的要求

石灰20公斤，要新鲜烧透的块灰，粉末少，外观呈白色，不得含有硅土和其他杂质；石蜡2公斤；

动物油2公斤，（一般以羊油最好，也可用猪油、牛油）；

肥皂一条（冬季可用二条）。

2. 配制方法

将上述用量的石灰，加适量的水，先在锅中消化。加水量以石灰能充分消化呈粉状为准。然后将动物油、石蜡及肥皂加热熔化，搅拌均匀，倒入石灰锅内；一边加热一边搅拌，直至全部物料充分混合均匀。冷却后除去杂质及未消化的石灰块，放入密闭容器内储存。润滑剂要求干燥，防止受潮结块。

有的单位采用废机油作润滑剂，虽然也有一定效果，但由于机油附着在冷拔丝表面，影响冷拔丝与混凝土的粘结力，所以不宜采用。

（七）冷拔总压缩率与冷拔次数

总压缩率是指盘条拔至成品钢丝的横截面积总缩减率，是拔丝工艺中的一个主要参数，直接影响冷拔丝的抗拉强度和伸长率。总压缩率的计算式为 $\frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} \%$ ，式中 D_0 为盘条直径， D 为成品钢丝直径。

一般情况下，第一次冷拔后的强度增加较多，伸长率降低也最多。当第一次压缩率在20~30%时，强度平均可增加40~60%，伸长率降低达80%以上。当钢材钢号相同时，钢丝的强度随总压缩率的增大而提高，伸长率则随之降低。钢丝的强度、伸长率与冷拔总压缩率之间的关系见图1-11。图中曲线a表示压缩率与抗拉强度的关系，曲线b表示总压缩率与伸长率的关系。所以钢丝强度除了取决于原材料的强度外，还取决于冷拔总压缩率，而伸长率则主要取决于总压缩率，故冷拔工艺中控制总压缩率是十分必要的。一般 $\phi 5$ 的冷拔丝可用 $\phi 8$ 的盘条拔制， $\phi 4$ 和 $\phi 3$ 冷拔丝可用 $\phi 6.5$ 盘条拔制较为适宜。

试验证明，冷拔次数对于冷拔丝强度影响不大，可根据钢材性质和工艺设备条件来选择。钢材塑性好，次数可少些；反之次数可多些。但在实际生产中，冷拔次数不宜过多，它不但影响生产效率，而且使钢丝变脆，伸长率也有所减小；另一方面，分次压缩率过大，冷拔次数过少，易发生断

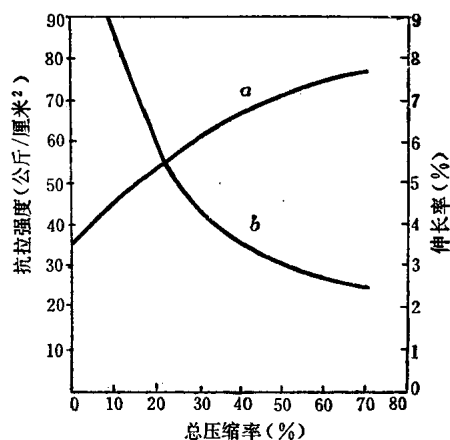


图 1-11 总压缩率与钢丝材性的关系

丝和设备安全事故。这样就提出一个所谓“最佳压缩率”的问题。根据长期实践经验，钢材性质与冷拔压缩率之间的关系可用“冷拔系数 K ”来表示。 K 一般可取1.15，分次压缩率在20~30%之间，其计算式为：后次钢丝直径 $\times K$ =前次钢丝直径。在实际生产中，冷拔次数可参考表1-4。

钢丝冷拔次数参考表

表 1-4

钢丝直径	盘条直径	冷拔总压缩率 (%)	冷拔次数和拔后直径 (毫米)					
			第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
$\phi 5$	$\phi 8$	61	6.5 7.0	5.7 6.3	5.0 5.7	5.0		
$\phi 4$	$\phi 6.5$	62.2	5.5 5.7	4.6 5.0	4.0 4.5	4.0		
$\phi 3$	$\phi 6.5$	78.7	5.5 5.7	4.6 5.0	4.0 4.5	3.5 4.0	3.0 3.5	3.0

第三节 质量检验与材料管理

一、冷拔丝外观检验

冷拔丝首先应进行外观检验。应先从每批冷拔丝中抽取 5% 的盘数 (但不少于 5 盘) 作外观检验。用作预应力筋的冷拔丝 (甲级冷拔丝) 要求表面没有锈蚀、伤痕、裂纹和沾油, 直径偏差应符合表 1-5 要求。

冷拔丝直径允许偏差

表 1-5

钢丝直径 (毫米)	直径允许偏差 (毫米)	备 注
3	± 0.06	检验时应同时测量冷拔丝两个垂直方向的直径
4	± 0.08	
5	± 0.10	

二、冷拔丝抗拉强度及伸长率

外观检验合格后, 采用逐盘或分批抽样的方法作抗拉强度及伸长率试验。如采用逐盘检验, 可在一盘 (指一盘盘条拔成的钢丝) 任何一端取样一根作试验。取样时, 应将冷拔丝端头截去 30 厘米后再取试件。试件长为 30~35 厘米 (视试验机夹头长度而定)。根据试验结果, 按表 1-6 要求确定其抗拉强度和组别; 按表 1-7 的要求判别其伸长率是否合格。

逐盘检验时甲级冷拔丝抗拉强度指标 (公斤/厘米²)

表 1-6

钢丝直径 (毫米)	I 组	II 组	III 组
3	7500	7000	6500
4	7000	6500	6000
5	6500	6000	5500

采用分批抽样时, 对同一钢厂、同一钢号、同一总压缩率、同一直径的冷拔丝, 应在不少于 50 盘为一批的总数中任意取 5 盘, 每盘各取一根作试验; 而对钢厂、钢号不明, 但

总压缩率和直径相同的冷拔丝，应在不少于80盘为一批的总数中任意取8盘，每盘各取一根试样作试验（截取试样方法与逐盘取样相同）。根据抗拉强度试验结果的平均值，按表1-8要求，确定其强度和组别；按表1-7的要求，判别其伸长率是否合格。如其中有一根试样的伸长率不符合要求时，则该批冷拔丝应逐盘检验，合格者方可使用。

冷拔丝伸长率最低限值

表 1-7

钢丝直径 (毫米)	伸长率最低限值 (%)	备 注
3	1.0	①伸长率在抗拉强度同一根试件上测定 ②伸长率测量的标距一律为100毫米
4	1.5	
5	2.5	

分批检验时甲级冷拔丝抗拉强度指标(公斤/厘米²)

表 1-8

钢 丝 类 别	钢丝直径(毫米)	I 组	II 组	III 组
同钢厂、同钢号、 同总压缩率、同直径	3	8000	7500	7000
	4	7500	7000	6500
	5	7000	6500	6000
钢厂、钢号不明， 同总压缩率、同直径	3	8500	8000	7500
	4	8000	7500	7000
	5	7500	7000	6500

若一批冷拔丝中，同一钢厂、同一钢号、同一总压缩率、同一直径的盘数少于50盘，或钢厂、钢号不明，但总压缩率和直径相同的盘数少于80盘时，应采用逐盘取样检验。

每批（或每盘）冷拔丝成品应标明直径和检验结果，分类存放于干燥处，严禁混淆。

第二章 混 凝 土

第一节 原材料及其要求

一、水泥

水泥是混凝土中的主要材料。根据预应力混凝土的特点，要求水泥的标号比所配制的混凝土标号高100号，并不得低于400号。同时宜优先采用普通硅酸盐水泥，因为这种水泥早期强度高，有利于建立预应力，其碱度也比其他水泥高，混凝土碳化速度慢，耐久性较好。若用矿渣水泥，应加强养护，并采取措施提高混凝土的密实性。

根据国家规范，水泥的品质标准包括物理性质和化学成分。物理性质包括细度、标准稠度、凝结时间、体积安定性及强度等；化学成分主要是限制其中有害物质。普通硅酸盐水泥，烧失量不得超过5%（立窑生产的普通硅酸盐水泥允许达7%）；水泥所用熟料中氧化镁含量不得超过4.5%；三氧化硫含量不得超过3%。

水泥细度是指水泥磨细的程度。一般是水泥愈细，强度愈高。要求用每平方厘米4900孔的标准筛进行筛分，筛余量不得超过15%。

标准稠度指水泥净浆达到一定流动度时的需水量，是进行安定性和强度试验的依据。标准稠度需水量，视水泥成分和细度而异，以占水泥重量的百分比表示，普通硅酸盐水泥和矿渣水泥，标准稠度一般在25~30%。

凝结时间是指水泥自加水拌和后开始凝结（初凝）至凝结终了（终凝）所需的时间。水泥浆逐渐变稠，失去塑性，称为初凝；开始产生强度称为终凝。终凝后强度逐渐增长，称为硬化。按规定，普通硅酸盐水泥与矿渣硅酸盐水泥，初凝不得早于45分钟，终凝不得迟于12小时。

安定性的测定系采用标准稠度的水泥净浆，做成直径70~80毫米的一组试饼，按规定养护24小时左右，分别在沸水和蒸汽中蒸煮4小时。如果试饼不发生到达边缘的径向裂缝、网状裂缝和翘曲变形等现象，则说明其体积变化均匀，安定性合格。安定性不合格，主要是由于水泥中存在过量的游离石灰、氧化镁及硫酸盐类，使硬化了的水泥产生不均匀的体积膨胀，造成内部结构的破坏，产生裂缝。安定性不合格的水泥不能使用。

水泥强度按国家标准规定，采用1:3砂浆硬练成型的7.07立方体的抗压试块和8字型抗拉试锭，在标准养护条件下养护后，根据标准试验方法测定抗压、抗拉强度，以确定其标号。各龄期强度均不得低于表2-1的数值。

二、砂

拌制混凝土用的砂，一般使用天然砂。天然砂可分为河砂、山砂及海砂。河砂的颗粒比较光圆，质地坚固，也较洁净。用这种砂拌制混凝土和易性较好。山砂颗粒表面粗糙、多棱角，与水泥浆的粘结力较强，但和易性较差，且含有较多的粉状粘土和有机杂质。海砂因含有氯化物，不能用其配制预应力混凝土。

根据平均粒径和细度模数，砂可分为粗砂、中砂、细砂三种，各种砂的平均粒径和细度模数见表2-2。

水泥标准抗压、抗拉强度

表 2-1

水泥标号	普通硅酸盐水泥			矿渣硅酸盐水泥	
	3天	7天	28天	7天	28天
抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)					
300	—	180	300	140	300
400	160	260	400	190	400
500	220	350	500	270	500
600	260	420	600	—	—
抗 拉 强 度 (公斤/厘米 ²)					
300	—	15	22	14	22
400	15	19	24	18	24
500	19	23	27	22	27
600	21	27	32	—	—

砂的平均粒径和细度模数

表 2-2

类 别	平 均 粒 径 (毫米)	细 度 模 数
粗 砂	0.5以上	3.2~3.8
中 砂	0.35~0.50	2.5~3.2
细 砂	0.25~0.35	1.8~2.5

砂的平均粒径 d 和细度模数 M_k 可按下列公式计算:

$$d = 0.5 \sqrt[3]{\frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{11a_1 + 1.37a_2 + 0.17a_3 + 0.02a_4 + 0.0024a_5}} \quad (2-1)$$

$$M_k = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{100} \quad (2-2)$$

式中 $a_1 \sim a_5$ ——分别为0.15、0.3、0.6、1.2、2.5毫米筛孔上的分计筛余百分率(%)；

$A_1 \sim A_5$ ——分别为0.15、0.3、0.6、1.2、2.5毫米筛孔上的累计筛余百分率(%)。

砂的颗粒大小，影响混凝土强度和水泥用量。砂的颗粒愈细，其总表面积愈大，需包裹砂粒和润滑砂粒的水泥浆也愈多，也就是需用水泥多，而且细砂中常含有软弱颗粒，影响混凝土强度。砂的颗粒过粗，则会影响混凝土的和易性。为了使砂的总表面积和空隙率减少，砂应有优良的级配。所谓优良的级配，是指砂的大小颗粒搭配均匀，使砂的空隙率能达到最小的程度。砂的颗粒级配按筛分试验确定。根据累计筛余百分率，绘出筛分曲线图（图 2-1）。筛分曲线要求在阴影范围内。预应力混凝土（标号 ≥ 300 ）用砂的技术要求应符合表2-3的规定。

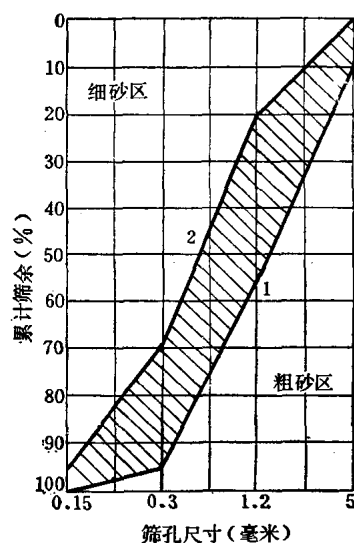


图 2-1 砂的筛分曲线

混凝土用砂的技术要求

表 2-3

项次	项 目		技 术 要 求			
1	颗粒级配	筛孔尺寸(毫米)	0.15	0.30	1.20	5
		累计筛余(以重量%计)	95~100	70~95	20~55	0 ~10
2	泥土杂物含量（用冲洗方法试验）按重量计，不大于(%)		3			
3	硫化物和硫酸盐含量(折算为SO ₃)，按重量计，不大于(%)		1			
4	有机质含量(用比色法试验)		颜色不应深于标准色，如深于标准色，则应以混凝土进行强度对比试验加以复核			

砂中泥土杂物的含量如超过规定,应用清水淘洗,淘洗时要注意不宜把砂中的细小颗粒大量冲掉。砂中有机物质,如用清水淘洗不易洗掉时,可用石灰水淘洗。

三、石

拌制混凝土用的石子,可分卵石(砾石)与碎石两类。

卵石为天然岩石风化而成。按产地不同有河卵石、海卵石、山卵石,河卵石表面光滑,较洁净;山卵石表面较粗糙,常混有粘土及有机物质等。采用河卵石可增加混凝土的和易性,但配制的混凝土强度比用碎石配制的混凝土低;海卵石由于含有氯化物,不适宜配制预应力混凝土。

碎石是天然岩石破碎而成。花岗岩、砂岩、石灰岩以及其他火成岩和沉积岩,都可作混凝土骨料。碎石应有一定强度,其强度应不小于混凝土强度的两倍。

卵石和碎石按其颗粒大小,可分为细(5~20毫米),中(20~40毫米),粗(40~150毫米)三种。石子的最大颗粒尺寸,不得超过结构截面最小尺寸的 $1/4$,同时也不得大于钢筋最小净距的 $3/4$ 。对于厚度在100毫米和100毫米以下的混凝土板,可采用一部分最大粒径不超过 $1/2$ 板厚的石子(其数量不超过25%),石子也应选用优良的级配。石子的颗粒级配筛分试验,与砂的颗粒级配筛分试验基本相同。根据累计筛余百分率,绘出累计筛余百分率曲线图(图2-2)。筛分曲线应在阴影范围内。冷拔丝预应力混凝土构件截面

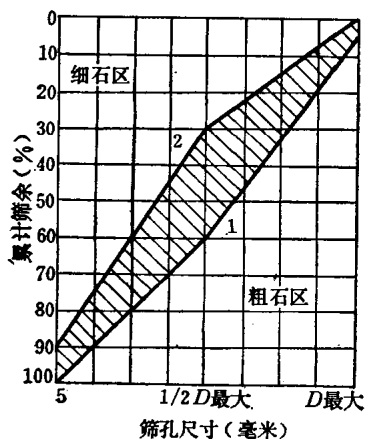


图 2-2 石子筛分曲线

较小,一般均采用细石作为骨料。配制高标号混凝土以碎石为宜。预应力混凝土(标号 ≥ 300 号)用石子的技术要求,应符合表2-4的规定。

四、水

拌制混凝土用的水,不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质,或油脂、酯类等。对于污水、pH值(水中氢离子浓度的负对数)小于4的酸性水,和硫酸盐含量(按 SO_4 计)超过水重1%的水,都不能使用。也不得用海水拌制混凝土。一般能饮用的自来水或清洁的天然水,都可以作为拌制混凝土用水。

五、外加剂

外加剂的种类很多,在冷拔低碳钢丝预应力混凝土