

公路工程施工岗位技能培训教材

YUYINGLI ZHINENG ZHANGLA YU YAJIANG JISHU

预应力智能张拉 与压浆技术



唐杰军 刘德坤◎编著

梁晓东◎主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

公路工程施工岗位技能培训教材

Yuyingli Zhineng Zhangla yu Yajiang Jishu
预应力智能张拉与压浆技术

唐杰军 刘德坤 编著

梁晓东 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书较系统全面地介绍了预应力智能张拉与压浆相关技术。全书共7章,分别为:绪论,预应力技术常见质量问题,预应力主要技术,预应力技术规范,预应力智能张拉系统,预应力压浆新材料,循环智能压浆系统。

本书可供桥梁工程预应力智能张拉施工相关技术及管理人员阅读参考,还可供高等院校桥梁工程相关专业师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

预应力智能张拉与压浆技术 / 唐杰军, 刘德坤编著

—北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2014. 12

ISBN 978-7-114-11790-9

I. ①预… II. ①唐… ②刘… III. ①预应力混凝土—预应力技术 IV. ①TU757.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 240304 号

公路工程施工岗位技能培训教材

书 名: 预应力智能张拉与压浆技术

著 作 者: 唐杰军 刘德坤

责任编辑: 黎小东 尤 伟

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.25

字 数: 162 千

版 次: 2014 年 12 月 第 1 版

印 次: 2014 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11790-9

定 价: 30.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

钢筋混凝土预应力结构由于其具有较强的跨越能力、良好的受力特性和可观的经济性被广泛应用于公路建设的桥梁结构中。我国自 20 世纪 90 年代以来,在新建钢筋混凝土桥梁主要受力构件中广泛地使用预应力结构,在役桥梁经过 20 多年的运营,桥梁预应力混凝土结构出现各种病症,已经影响到桥梁的安全运行,因此桥梁的安全性与耐久性也越来越引起全社会的关注。

通过对大量在役预应力混凝土桥梁进行检测,对检测结果进行统计和分析,大量数据表明其结构病害与安全隐患主要来源于对预应力混凝土施工过程中的施工控制不力,而预应力张拉与压浆作为预应力桥梁施工最为关键的两道工序,对结构的安全性与耐久性起着决定性作用。张拉力不准确不能在梁体内建立合理的有效预应力度,压浆不密实引起钢绞线锈蚀,最终导致桥梁结构出现裂缝、超限下挠等病害,从而严重地影响桥梁的使用寿命和安全。

由湖南联智桥隧技术有限公司梁晓东教授发明的智能张拉与压浆新技术,有效地解决了桥梁预应力构件张拉和压浆技术问题。通过专家论证和工程实际的广泛应用,表明该技术对提高桥梁预应力张拉与压浆施工质量,延长桥梁结构使用寿命,减少后期维护费用能够起到非常重要的作用。

基于上述情况,湖南交通职业技术学院专业教师与湖南联智桥隧技术有限公司工程技术人员共同开发了岗位技能培训教材——《预应力智能张拉与压浆技术》。

本书由湖南交通职业技术学院路桥工程学院唐杰军、湖南联智桥隧技术有限公司副总工程师刘德坤编著。其中,第 1 章由湖南交通职业技术学院曾婧编写,第 2 章由湖南交通职业技术学院陈天翔编写,第 3 章由湖南交通职业技术学院何佳编写,第 4、5 章由湖南交通职业技术学院唐杰军编写,第 6、7 章由湖南联智桥隧技术有限公司副总工程师刘德坤编写。全书由湖南交通职业技术学院唐杰军统稿,由湖南联智桥隧技术有限公司总经理梁晓东担任主审。

本教材编写内容较多,涉及面较广,由于作者水平有限,在编写时难免有不妥之处,请读者批评指正。

编著者

2014 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 预应力混凝土桥梁事故	1
1.2 桥梁事故原因分析	3
1.3 预应力混凝土的发展	6
1.4 预应力技术的发展	8
第2章 预应力技术常见质量问题	16
2.1 预应力张拉质量问题	16
2.2 预应力压浆质量问题	21
2.3 预应力混凝土其他质量问题	25
2.4 预应力混凝土事故总原因	26
第3章 预应力主要技术	27
3.1 预应力建立的方法	27
3.2 预应力钢料材	29
3.3 预应力张拉锚固体系	32
3.4 预应力张拉技术及设备	36
3.5 预应力孔道压浆技术	41
3.6 后张法施工技术	47
第4章 预应力技术规范	56
4.1 交通行业预应力技术规范	57
4.2 建筑行业预应力技术规范	62
4.3 水利行业预应力技术规范	69
4.4 铁路行业预应力技术规范	72
第5章 预应力智能张拉系统	75
5.1 梳编穿束工艺	75
5.2 预应力智能张拉技术	81
5.3 张拉质量控制及安全环保措施	103

第6章 预应力压浆新材料	108
6.1 压浆材料的重要性	108
6.2 压浆材料的发展	110
6.3 预应力孔道专用压浆材料(LZY01、LZY02、LZY02B)	115
第7章 循环智能压浆系统	123
7.1 预应力孔道压浆	123
7.2 LZJ03 循环智能压浆系统介绍	124
7.3 LZJ03 智能压浆操作使用	126
7.4 LZJ03 软件使用说明	130
7.5 手动压浆控制	137
7.6 压浆质量控制及安全环保措施	137
参考文献	140

第1章 绪 论

桥梁是一个国家建筑文化的象征,更是生产发展和科学进步的写照。改革开放以来,我国公路建设进入了以高速公路为标志的快速发展阶段。

桥梁既要保证桥上交通的顺利运行,也要保证桥下水流的宣泄和船只的通航。由于反复承受着车轮的磨损、冲击,遭受暴雨、洪水、风沙、冰雪、日晒、冻融等自然因素的侵蚀破坏,部分建筑材料的性质随着使用时间的增长会发生衰变,桥梁的安全性能会受到影响。同时,由于设计和施工达不到应有的要求,再加上交通数量和重型汽车数量的不断快速增长,也造成道路桥梁使用功能与行车服务质量的不适应,甚至发生桥梁破坏倒塌事故,造成交通中断。实践表明,无论是在桥梁的建造期还是运营期,都不可避免地受到各类因素的影响,包括环境、气候、设计、施工、超载等自然和人为因素,同时桥梁自身承载力的性能也会随时间不断退化。如此多因素的共同作用,造成了桥梁不同程度的损伤和劣化。

1.1 预应力混凝土桥梁事故

桥梁工程从其诞生发展至今,经历了无数的事故,留下了无数的刻骨铭心的教训,才有了如今成熟稳定的桥梁技术。

近年来,国内时有报道在建或在役桥梁发生倒塌事故,其中也包括了在当前全世界的桥梁中占有70%以上的预应力混凝土桥梁,造成了人员伤亡、设备损坏等一系列重大社会和经济影响。

1. 辽宁盘锦田庄台大桥垮塌事故

田庄台辽河大桥是1972年经国务院总理周恩来亲自批准兴建,由辽宁省交通勘察设计院测量设计的。当年,田庄台辽河大桥被列为国防公路设计计划,是国家公路建设重点工程之一,是辽宁省第一座深水公路桥,又是当时国内屈指可数的最大预应力钢筋



混凝土公路桥。1972年6月20日,田庄台辽河大桥动工修建。1975年2月4日,大桥正在建设时,营口、海城地区发生地震,桥墩倾倒位移造成塌落。经修复后于1977年7月9日建成通车。大桥桥面净宽9m,两侧留有人行道,道宽1.5m,工程总投资2778万元。后经专家组认定,该桥受超限车辆长期作用,内部预应力严重受损。事故发生前,大连某运输公司一辆自重30t的大货挂车,载着80t的水泥,在严重超载情况下通过该桥(该桥在2007年7月被确定通行车辆限重15t、限速20km/h),重载冲击力使大桥第9孔悬臂端预应力结构瞬间脆性断裂,致使桥板坍塌,如图1-1所示。

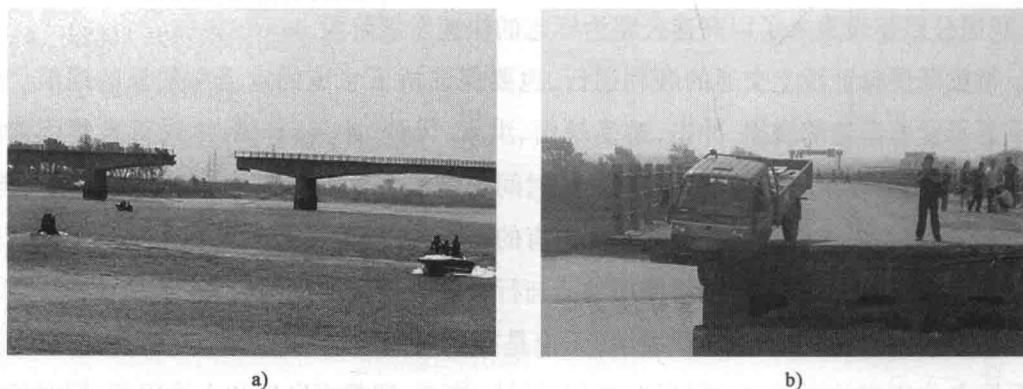


图1-1 辽宁盘锦田庄台大桥垮塌事故

2. 广东九江大桥事故

广东九江大桥是325国道上的一座特大型桥梁,位于广东省佛山市南海区九江镇与鹤山市杰洲之间,跨越珠江水系西江主干流,是广湛公路上一座特大型公路桥梁,全长1675.2m,采用塔、梁、墩固结体系,桥面净宽16m。其中:主桥由两孔160m(跨径为 $2 \times 160\text{m}$)独塔混凝土斜拉桥与21孔50m连续箱梁组成,全长1370m,引桥由20孔16m先张法预应力混凝土空心板组成,全长320m,塔高80m(自桥面起)。于1985年9月开工,1988年6月正式建成通车。

2007年6月15日清晨5时15分左右,九江大桥被一艘“南桂机035”号运砂船撞击桥墩,约200多米桥面坍塌,造成8人死亡,4辆汽车坠江,如图1-2所示。

3. 钱江三桥引桥事故

1997年1月28日,钱江三桥通车。钱江三桥位于杭州钱江一桥、二桥之间,总长5700m,主桥1280m,南北高架引桥4420m,双向六车道。主桥桥型为双独塔等跨单索面预应力混凝土斜拉桥,其主墩上两座矩形索塔高百米,平行的15对拉索呈竖琴状。这



a)



b)

图 1-2 广东九江大桥垮塌事故

是浙江省首座具有世界先进水平的现代斜拉索桥梁。钱江三桥的设计与施工创造了中国桥梁建筑史上多项之最。发生塌陷的引桥上部梁板结构为预应力空心板,俗称小空板。板与板之间通过铰缝连接。

2011年7月15日凌晨,钱江三桥引桥北向距离滨江转盘不到800m处右侧部分桥面突然塌落,如图1-3所示。

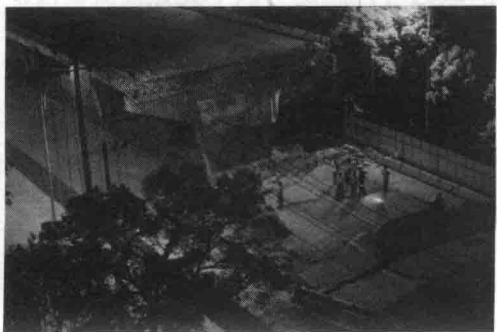
4. 株洲市红旗路高架桥事故

株洲市红旗路高架桥是湖南省首座城市高架桥,设计寿命为50年。1995年投入使用,全长2750m,共有121个桥墩,为板式桥墩,高架桥的梁采用预应力预制箱梁。

2009年5月17日下午,原定爆破拆除的该高架桥发生坍塌事故,现场有24辆车被损毁,造成至少9人死亡,16人受伤,如图1-4所示。



图 1-3 钱江三桥引桥垮塌事故



a)



b)

图 1-4 株洲市红旗路高架桥垮塌事故



1.2 桥梁事故原因分析

1.2.1 桥梁事故分类

桥梁事故可以从事故发生的基本原因、事故桥梁结构类型、事故桥梁的组建材料、事故桥梁所处阶段、事故桥梁的严重程度等多方面进行分类。分类的最终目的是方便对桥梁事故进行统计和研究,掌握其发生的规律。

桥梁事故基本原因分类,有人为失误和自然灾害两种。人为失误主要包括设计原因、施工原因、管理原因、碰撞原因及其他人为原因等,该类桥梁事故的特点表现为事故比例占桥梁事故总数较高,事故原因也较为复杂。自然因素主要包括洪水灾害、地质灾害、气象灾害、地震灾害等,此类事故表现为事故数占桥梁事故总数比例相对较低,受自然因素影响较大,往往不易控制和预防。

基于事故发生的严重程度,桥梁事故可以分为基本完好、轻微损伤、中度损伤、严重损伤、损毁(倒塌)5种。

基于事故发生的分类阶段,桥梁事故可以分为桥梁施工阶段事故、桥梁运营阶段事故、桥梁拆除阶段事故。

综合研究桥梁事故发生的案例可以看出,桥梁事故发生的原因往往不只是由单一因素所致,而是多方面因素共同作用导致的结果,但其中势必存在导致事故发生的一个首要或主要原因。

1.2.2 桥梁事故原因

从选取的一些实例中不难看出,桥梁垮塌的原因可以总结为以下几点。

1. 设计原因

- (1) 设计中支架整体稳定性不足;
- (2) 对结构特性认识不深,设计理论不成熟;
- (3) 设计中对结构在荷载作用下空间受力特性和应力分布规律分析不够;
- (4) 无证设计和非法转包设计。

2. 水文地质因素和自然灾害原因

- (1) 过度采砂导致桥墩塌陷;

(2)对水文地质变化估计不足。

3. 施工技术不当和质量缺陷

(1)施工工艺方法、施工设备存在问题;

(2)施工技术差,钢管焊接存在质量问题;

(3)预应力施工存在严重问题;

(4)施工中偷工减料,工程质量低劣。

4. 运营管理原因

(1)桥梁养护和维修没有得到重视;

(2)车辆超限超载常禁不止;

(3)监管及维修养护不及时;

(4)车辆撞击;

(5)检测评估制度不健全。

1.2.3 桥梁预应力混凝土事故原因

影响预应力混凝土桥梁安全的关键因素有预应力张拉施工质量差、管道压浆不饱满以及施工过程中存在一些安全隐患。

预应力为桥体提供的消压弯矩能有效保证构件的预应力度。根据分析,150m 的全预应力连续箱梁,预应力对挠度的效应是 7cm,如果预应力张拉施工不当,梁体内不能建立有效的预应力,在混凝土徐变的共同作用下,梁体必将发生严重的下挠。若挠度过大不但会使跨中主梁下凹,破坏桥面的铺装层,影响桥梁的使用寿命和行车舒适,甚至危及行车时的安全。

在预应力桥梁使用中发现,有相当数量的混凝土箱梁在顶板、腹板、底板、横隔板以及齿块等部位出现了不同形式的裂缝。通过对国内有代表性的预应力混凝土桥梁裂缝情况进行调查分析得出:裂缝的成因主要有在建过程中预应力张拉没有达到规范要求,在使用过程中,有效预应力降低,致使后期出现不同程度的裂缝现象,严重危及桥梁的使用寿命。

不当的压浆工艺会产生压浆不饱满,空洞处的潮湿空气环境使得钢筋加速氧化腐蚀,继而导致桥梁承载力下降。



1.3 预应力混凝土的发展

1.3.1 预应力混凝土历史

1928年,法国工程师欧仁·费莱西奈(Enugene Freyssinet)发明了可靠而又经济的张拉锚固工艺技术,首次将高强度钢丝应用于预应力混凝土结构中,从而推动了现代预应力材料、设备及工艺技术的发展。预应力混凝土是在第二次世界大战后迫切要求恢复战争创伤,而从西欧国家迅速发展起来的。

在现代预应力技术的发展过程中,随着预应力筋及预应力张拉锚固体系性能的不断提高,预应力施工工艺也在不断地完善和创新。因此,预应力技术的应用已使得预应力混凝土结构成为当前世界上最重要、最有发展前途的结构之一。

半个多世纪以来,预应力混凝土技术从理论、材料、工艺到土建工程中的应用,都取得了巨大的发展。尤其是随着预应力概念的逐步成熟,混凝土突破了受拉能力差的约束,大大扩展了它的应用范围。

目前,预应力混凝土已成为国内外土建工程最主要的一种结构材料,而且预应力技术已扩大应用到型钢、砖、石、木等各种结构材料,并用以处理结构设计和施工中用常规技术难以解决的各种疑难问题。我国预应力混凝土的起步比西欧大约晚10年,但发展迅速,应用数量庞大。我国近年来在土木工程投资方面和建设规模方面均居世界前列。在混凝土工程中,预应力技术的应用取得了巨大进步。近二三十年来,我国预应力混凝土桥梁发展快速,无论在桥型、跨径、施工方法及技术方面都有突破性进展,不少预应力混凝土桥梁的修建技术已达到国际先进水平。

1.3.2 预应力混凝土材料

预应力是指在构件(或结构)中预先施加应力,预应力技术则是指预应力的锚固方式与张拉体系(简称锚固张拉体系),包括结构的设计计算、预应力的施加与锚固、预应力材料等方面。

预应力筋按材料类型可分为:钢丝、钢绞线、钢筋和非金属预应力筋4种。根据预应力筋深加工工艺或施工方法的不同,预应力筋又可分为:有黏结、缓黏结、无黏结和体外预应力筋。

随着预应力技术的发展和实践经验的积累,已开发出多种高强度的预应力筋品种,配套形成一系列制作、张拉、锚固、保护与防腐蚀工艺,在此基础上开发形成了多种预应力工法和专利技术。预应力锚固体系经过几十年的发展,技术日臻完善;预应力产品已达到标准化、系列化,品种齐全,可以满足各种不同土建工程的需要。

从我国已建成的预应力混凝土桥梁来看,大多都采用 C40 ~ C50 混凝土,进而采用减水剂等添加剂制备塑性混凝土,并发展了泵送混凝土工艺。随着桥梁跨径的增加,为减少桥梁结构的自重,混凝土逐渐向高强度、轻质化方向发展。

目前使用的预应力钢材主要有高强度钢丝、钢绞线及高强度粗钢筋 3 大类。桥梁上使用的预应力钢材一直在朝着高强度、低松弛、大直径的方向发展。20 世纪 80 年代中期以前,我国预应力钢材的性能比国际上落后较多,近 20 多年来差距逐渐缩小。预应力钢材由于工厂的生产工艺不断改进而成为性能更好、更经济的材料。为提高效率,近年来,材料强度有所增加,但在某些情况下,强度的增加是以降低材料的延性与韧性为代价的。强度较高的预应力钢材,有时会增加钢筋的应力腐蚀的危险。这些不利的特性应予以重视。新型材料如纤维增强塑料,过去主要用于航天和航空工业,现已进入建筑业。采用这些材料主要有在各种环境下具有耐久和抗腐蚀的特性,重量轻、强度高和无磁性等优点。

大吨位预应力钢束的采用大大简化了后张拉工艺。对于采用悬浇施工的桥梁,每一循环预应力束数可大大减少,且通过预应力束平弯使锚点位置在断面上的布置固定,大大节省了穿束、张拉、压浆等工序所用的时间,从而加快施工进度。另外,采用大吨位预应力束,布束容易,经合理选择后可以做到减少因不易布束加大结构尺寸而造成材料浪费的现象,同时减少繁杂的锚固齿块,便于简化模板,加快工期。无黏结预应力筋是指带润滑防锈涂层的后张预应力筋,施工时这种预应力筋可以同普通钢筋一样直接安装在模板中。无黏结预应力筋无需预留孔道、后期穿束、压浆等工序并可节省材料,加快施工进度,因此具有施工简便、施工效率高等优点,但其强度和刚度与相应的有黏结预应力筋相比稍低。从耐久性能看,应对其进行防锈及认真处理锚具封端。有黏结预应力筋由于压浆工艺问题也存在耐久性问题,预应力管道压浆往往存在压浆不满不密实等问题,由此导致的预应力筋锈蚀问题不容忽视。

当前,无黏结预应力筋在我国大跨径桥梁上的应用正日益增加。无黏结预应力筋因其自身的优点将会越来越受到重视,但关于其强度和耐久性问题仍然需要进一步加强研究,不断完善。



预应力混凝土桥梁施工工艺的发展与施工技术的发展是密不可分的,施工技术水平直接影响桥梁的跨径、线型、截面形式等。预应力混凝土连续梁在初期大多采用满布支架法施工,其跨径一般在 40m 以内,且施工周期长,施工用料多。

1.4 预应力技术的发展

1.4.1 我国预应力技术的当前概况

1955 年,由铁道部科学研究院、铁道部定型事务研究所和丰台桥梁厂联合进行的 12m 后张法预应力梁试验研究取得成功。1956 年,由丰台桥梁厂预制后用 80t 悬臂架桥机架设在陇海线的新汴河桥上。中国第一座预应力混凝土桥的建成,开创了铁路桥梁工业化大批量生产的道路,也促进了日后 32m 预应力混凝土铁路标准梁的发展,为中国桥梁建设做出了重要的贡献。在经历过改革开放 30 年的基础建设高峰期后,我国大跨径预应力混凝土连续刚构桥和连续梁桥的建桥技术,已居于国际领先水平。

但是,随着建桥事业的发展,国内也有不少大跨径预应力混凝土桥梁不断发生严重的病害,尤其近年以来,国内多座大型桥梁出现的垮塌事故,让我们不得不面对我们不愿意看到的另一面:很多桥梁的施工质量存在重大缺陷,无法达到设计要求,预应力张拉技术在应用中出现问题越来越引起人们的关注。作为预应力智能张拉与压浆技术发明人的湖南联智桥隧技术有限公司总经理梁晓东先生深有体会,他说:“预应力作为预应力体系的核心,其施工质量的好坏直接关乎桥梁的生命。近年以来,施工质量不断下降,预应力桥梁的安全性和耐久性令人堪忧,新建造的桥梁仅仅运行 20~30 年,就出现了严重的病害,如下挠超限、严重开裂、倒塌等。”此外,他还讲道:“在我刚毕业的时候,我在施工单位亲自进行预应力张拉压浆。一年之后,我带了一个徒弟我就不进行操作了,再过一年,我的徒弟也不操作了,由民工进行张拉压浆,徒弟作为技术员在边上进行旁站指导。再后来,技术员、监理员都在施工现场旁站,张拉压浆操作、记录都由民工进行,张拉压浆质量已转移到民工手里。2007 年,湖南省交通运输厅委托我单位进行了预应力质量的检测,我亲自带队检测了 1200 多片预制梁和 7 座连续刚构桥,发现张拉压浆各存在一些严重问题。”

目前,我国桥梁预应力技术存在的主要问题如下。

(1) 张拉方面

①张拉力控制误差大,达到了 $\pm 15\%$ 。

②张拉伸长值测量误差大,回缩量基本上不可测。

③两端同步性低,同步性基本不可控,往往导致张拉两端伸长值差值大或伸长值不满足规范要求。

④无法实现张拉力与伸长值的双重控制,伸长值测量不及时、不准确,伸长值误差未能起到校核的作用。一旦出现压力示值设备故障或示值错误,极易导致过张,甚至发生重大安全事故。

⑤缺乏可靠的过程控制手段和有效的检测评估办法。施工记录都是合格的,但实际质量不合格。

(2) 压浆方面

①压浆材料问题。目前所使用的压浆材料泌水率大,流动性损失快,出现收缩等问题,导致压浆操作难,压浆后空洞大和孔隙率大。应采用低水胶比、高流动度、零泌水率的压浆材料,最好采用压浆料。

②工艺问题。传统压浆方式一端压浆,另一端出现与进口流动度相同的浆液时关闭出口进入持压阶段,现场无法判断出口浆液的流动度(污染环境)。这种一见到浆液就关闭出口的做法,使得孔道内存在很多气室致压浆不饱满不密实。

③设备问题。传统的压浆设备在压浆过程中容易在浆液中混入空气,压力波动较大。制浆设备不能形成高速涡流、并对浆液形成充分剪切,浆液性能达不到规范要求。

④施工组织问题。再好的材料、工艺和设备都需要人工进行操作,管理者在思想上不重视,不进行标准化、规范化施工就会导致施工质量不达标。

要想保证预应力桥梁的安全性和耐久性,预应力施工质量必须得到保证。提高施工精度,消除预应力施工中人为因素影响的智能化、标准化施工技术将会得到进一步应用,预应力自动张拉压浆技术将会是预应力施工新趋势。

众所周知,预应力张拉施工质量是影响桥梁整体质量的非常关键的因素。在传统预应力张拉施工中,机具设备的可靠度和操作工人的施工水平及责任心都是直接影响张拉施工质量的重要因素。随着近年来国内多家科研机构及相关科技企业陆续开发出基于数控的自动化张拉设备,预应力张拉施工的标准化现已逐步开始推广。

1.4.2 自动(智能)张拉技术的发展

虽然早在1988年吕志涛院士就提出了开发预应力张拉机器人的设想,但却未得到



重视,没有进行专业化研究和实施。2000年以后,有部分高校或科研单位进行了预应力自动张拉设备的研制,但未实现预应力张拉的准确控制。一直到2010年湖南联智桥隧技术有限公司发明了预应力智能张拉系统 LZ5901,实现了张拉过程控制的自动化与远程监控。虽然国内各单位开发的预应力张拉自动化控制设备的工作原理有所区别,但



图 1-5 第一代智能张拉设备(LZ5901)

其共同点就是能有效克服人工控制存在的诸多弊病。交通建设的各级主管部门都已经开始关注这项新技术的发展和推广。

2010年5月,湖南联智桥隧技术有限公司研制出了第一代张拉设备 LZ5901(图 1-5),实现了预应力自动张拉,并正式推向市场。LZ5901 实现了预应力力值的精确测量和控制,并实现了钢绞线伸长值的实时准确测量。

2011年4月,湖南联智桥隧技术有限公司采用步进电动机进行油量的调节,采用无线局域网进行无线通信的改进,稳定性较第一代设备有明显的提升,诞生了智能张拉第二代产品(LZ5902),如图 1-6 所示。

2011年10月,由于压力传感器置于油泵处,压力的传输具有一定的时差性,略微不准,经过研究将压力传感器改放在千斤顶处,提高了张拉力值精度。后又采用变频器进行油量调节,提高了张拉过程中的油量控制,特别保证了同步性在2%以内。在位移传感器的外面增加了金属套筒,对其加强了保护,诞生了第三代智能张拉设备(LZ5903),如图 1-7 所示。



图 1-6 第二代智能张拉设备(LZ5902)



图 1-7 第三代智能张拉设备(LZ5903)

2012年8月,对第三代智能张拉设备控制系统进行了模块化设计,性能更加稳定。研制出第四代智能张拉设备 LZ5905,并得到了很好的应用。此控制系统与前卡式千斤顶结合,应用于高铁预制梁场,如图 1-8 所示。

2013年6月,湖南联智桥隧技术有限公司又在 LZ5905 的基础上进行了技术升级,对液压系统、通信系统、控制系统等进行了全面优化。采用超高压单向阀和球阀确保了液压系统的稳定性;采用工业级通信技术手段,确保了通信稳定;采用集成式电气控制模块,确保了控制系统的稳定,并命名为“张拉大师”,是当前预应力行业最先进的技术和设备,即第五代智能张拉设备(LZ59M10),如图 1-9 所示。

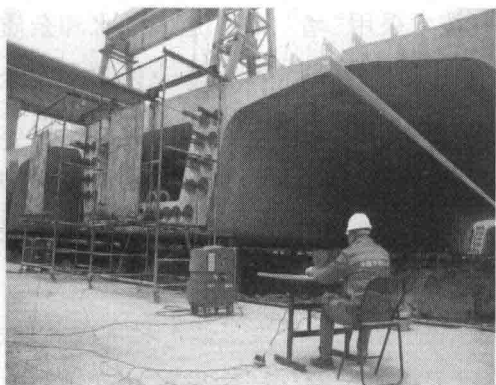


图 1-8 第四代智能张拉设备(LZ5905)



图 1-9 第五代智能张拉设备(LZ59M10)

1.4.3 自动(智能)压浆技术的发展

钢绞线在高应力状态下的锈蚀速度约是普通状态下的 6 倍,因此钢绞线在张拉后应进行及时有效的保护,以保证预应力体系的安全性和耐久性。其预应力孔道的压浆质量至关重要,英国政府曾发文要求在预应力孔道压浆质量没有得到解决之前不得采用后张法预应力技术。

2011年8月1日起施行的《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)中,将预应力孔道压浆质量提到了前所未有的高度,并指出了传统压浆模式中存在以下四个方面的严重问题:

- (1) 工艺不合理。对于长管道,一次过浆,管道内的空气和杂质根本无法悉数排除。
- (2) 人为因素影响严重。现场工人通过随意加水改善浆液的可操作性,为加快施工进度不进行持压等。