

工程结构裂缝控制

——步入“王铁梦法”及论补

STEPPING INTO "WANG TIEMENG METHOD" & EMENDED TEXT
of the Control of Cracking in Engineering Structure

徐荣年 著

XU RONGNIAN

中国建筑工业出版社

工程结构裂缝控制

——步入“王铁梦法”及诠释

STEPPING INTO “WANG TIEMENG METHOD” & EMENDED TEXT
of the Control of Cracking in Engineering Structure

徐荣年 著
XU RONGNIAN

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程结构裂缝控制——步入“王铁梦法”及谏补/徐荣年著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 5
ISBN 978-7-112-14298-9

I. ①工… II. ①徐… III. ①工程结构-建筑物-裂缝-修缮加固 IV. ①TU746. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 091518 号

本书对处理混凝土工程结构非荷载体积变形裂缝控制的“王铁梦法”核心计算式中的各个计算因子进行了详细的诠释、解读和讨论,并结合现行的大体积混凝土施工规范对《工程结构裂缝控制》一书的相关内容进行了补充,重点介绍如何正确理解“王铁梦法”。同时对“无缝分块放抗法”(原称“跳仓法”)进行了讨论,并根据工程实测资料提出了初步的近似计算建议。对《工程结构裂缝控制》一书中容易引起读者误解的一些问题进行了详尽的讨论,并较为详细地提示了裂缝控制计算中的注意事项;对《工程结构裂缝控制》一书中的个别瑕疵进行了探讨和修正,提出了进一步完善“王铁梦法”需要研究的一些问题。本书可供土木工程领域科研、设计、监理、施工及管理人员和高等院校相关专业的师生参考。

责任编辑:王跃 刘平平
责任设计:张虹
责任校对:张颖 刘钰

工程结构裂缝控制

——步入“王铁梦法”及谏补

STEPPING INTO “WANG TIEMENG METHOD” & EMENDED TEXT
of the Control of Cracking in Engineering Structure

徐荣年 著

XU RONGNIAN

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市燕鑫印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 32¼ 字数: 803 千字

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月第一次印刷

定价: 69.00 元

ISBN 978-7-112-14298-9

(22338)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作者简介

徐荣年，1968年毕业于唐山铁道学院（现西南交通大学）桥梁隧道系桥梁隧道专业，高级工程师。1968~1984年在铁道部第三工程局从事技术工作，1984~2006年在宝钢运输部从事技术和管理工作。

1982~1986年，学长罗离先生和作者在一起合作起草编写的中华人民共和国铁道部标准《铁路架桥机架梁规则》TBJ 213—86获1989年铁道部优秀工程建设标准规范二等奖。

作者在宝钢工作期间，先后参加了宝钢一、二、三期的施工建设和生产管理工作。1985年起研究混凝土温度应力和裂缝控制，2005年编著的《工程结构裂缝控制——“王铁梦法”应用实例集》和2010年编著的《工程结构裂缝控制——“王铁梦法”应用实例集（第二集）》由中国建筑工业出版社出版发行。



2011年4月，中国著名的裂缝控制专家王铁梦在某大学组织的“施工相关学科发展高层论坛学术报告会”上作关于“超长大体积混凝土结构裂缝控制新技术”的专题演讲报告。介绍了大体积混凝土裂缝控制理论和控制混凝土温度收缩变形有害裂缝的新方法，提出“抗与放”的设计原则和超长无缝混凝土结构可以采用“跳仓法”进行施工。演讲结束时和莘莘学子互动问答，与会者都感到受益匪浅。

循规范而不泥条文，

脱规范而顺合自然。

与不断探索自然规律

而敢于创新的工程师们

共勉

前 言

如何理解“王铁梦法”?这是在编写《工程结构裂缝控制——王铁梦法应用实例集(第二集)》时,一些论文作者在讨论温度裂缝控制计算问题时经常向笔者提出的问题之一;网上的土木建筑结构论坛中也不时有网友提出类似的问题,一个经常发生的混凝土裂缝问题使一些工程师感到非常困惑。

毫无疑问,“王铁梦法”(含《建筑物裂缝控制》[M].上海:上海科学技术出版社,1987;《工程结构裂缝控制》[M].北京:中国建筑工业出版社,1997;《工程结构裂缝控制“抗与放”的设计原则及其在“跳仓法”施工中的应用》[M].北京:中国建筑工业出版社,2007),在各地作者公开发表的讨论混凝土裂缝控制方面论文的参考文献中,一定有一席之地。

《建筑物裂缝控制》1984年首先由原冶金部建筑研究总院(内部)出版(548千字)。1985年作者因宝钢铁路桥梁及原料码头的裂缝和荷载问题求教于王铁梦先生时,有幸拜读了《建筑物裂缝控制》(1984年内部版),并就书中的一些计算公式与王铁梦先生进行了坦诚的探讨。1987年,上海科学技术出版社公开出版了王铁梦先生修订完善后的《建筑物裂缝控制》(643千字)。1997年,原书在工程实践基础上增加了大量工程实例并进行了相应修正后更名为《工程结构裂缝控制》(989千字),由中国建筑工业出版社出版发行。2007年,随着“跳仓法”(本书称之为“无缝分块放抗法”)施工的日益完善成熟,介绍“跳仓法”施工的《工程结构裂缝控制“抗与放”的设计原则及其在“跳仓法”施工中的应用》由中国建筑工业出版社出版。也就是说,其实这四本书是一脉相承的,几本书中的主要理论即裂缝控制(“放与抗”)设计原则的基础(结构长度和温度应力呈非线性关系)和大部分内容是一致的。笔者统计了这一系列裂缝控制书籍公开发行后各地工程技术人员在借鉴引用“王铁梦法”后公开发表的论文数量,自1991年到2009年,不完全统计的论文总数已达5100余篇。其中1991年有10篇,1992年有17篇,1993年有16篇,1994年有21篇,1995年有24篇,1996年有38篇,1997年有33篇,1998年有56篇,1999年有91篇,2000年有130篇,2001年有195篇,2002年有261篇,2003年有278篇,2004年有436篇,2005年有504篇,2006年有679篇,2007年有787篇,2008年有778篇,2009年有778篇。随着大体积混凝土工程项目的飞跃发展,从上述数据中可以看出,参考文献中列入“王铁梦法”的裂缝控制论文也呈逐年增多态势。2000~2009的10年中,年均已超过480篇。

笔者在编著《工程结构裂缝控制——王铁梦法应用实例集》和《工程结构裂缝控制——王铁梦法应用实例集(第二集)》时,对这5000余篇公开发表的论文都拜读了一遍,对入选应用实例集的论文则研究了数遍,并和部分论文作者进行了沟通和讨论;这些研究论文和讨论意见,使本人受益匪浅。在沟通和讨论的过程中深深感到:问题的一方面是大量的土木工程界的同仁们在引用和借鉴“王铁梦法”,另一方面是“王铁梦法”在传播过程中

的一些瑕疵未能得到及时的说明和修正，这些瑕疵有一些是《工程结构裂缝控制》等书中本身就有的，另一些则是个别应用者对这些瑕疵没有准确理解而照搬应用后，在提供的公开发表的研究论文中产生的。所以笔者撰写本书目的本意就是如何准确理解“王铁梦法”，即如何正确把握“王铁梦法”的原则和精神，而不拘泥于其中的个别推导、计算、文字叙述和结论。以避免以讹传讹，再误诸多读者，影响混凝土工程质量和工程结构裂缝控制的实际运作。

本书之所以谓“诠释”而未称之为解读，是因为解读只有说明和解释之意，“诠”则兼有说明和解释之意；“补”则以补充为基础兼有对瑕疵的补正和打个补丁进行修补之意。二者合之，则为“诠释”。

本书是笔者近 30 年来学习混凝土温度收缩裂缝控制的一些心得和体会，温度收缩裂缝控制的近似计算是不是准确？唯一的检验标准是看是不是符合工程结构裂缝的实际情况。如不符合，其误差是多少？是不是在允许误差范围之内？引起这些误差的原因是什么？能不能和如何纠正这些误差？这些误差可能纠正多少？这些都是本书讨论的重点之一。

在混凝土裂缝研究领域，土木工程界的同仁们对非荷载尤其是温度变形引起的裂缝已占到全部裂缝的大部分这一点深有体会；他们中的绝大多数人在实践中都在用专门研究混凝土非荷载温度裂缝的“王铁梦法”来解决所遇到的裂缝问题，笔者在拜读这些公开发表的论文时对这一点感觉尤其深刻。

从某种意义上说，裂缝研究是一门实证科学，主要是应该被用来解释混凝土工程结构裂缝产生的原因、位置、时间以及如何控制、预防和解决混凝土有害裂缝问题。由于电脑的普及和广泛应用，一些研究人员过分依赖精确的计算方程式和电脑分析，使得裂缝研究正在失去这个重要功能。一些研究者在精确计算时的某些数学模型、假设前提、边界条件以及使用的数据是否准确？或者有些假设本身就就可能不对头；计算结果是否与实际情况相符就值得商榷了。计算机的记忆和运算能力确实比人类强大、精确；但计算机的行为只不过是对所收到的外界指令做出按预先设计和输入的程序的主观反应。它并不能判别设计和输入的程序是否正确？也不能判别输入的原始数据是否正确？它只能处理被指令的过程。也就是说：输出质量是由输入质量决定的。如果一个数学模型表达不当，答案就不太可能正确。同样的，如果不正确的数据输入到一个正确的程序之中，输出的结果也可能就是无用信息。计算机科学中的术语“垃圾进，垃圾出”[GIGO (garbage in, garbage out)] 概念就非常恰当地讲清楚了这个关系。

本书对“王铁梦法”中容易引起读者误解的一些问题进行了详尽的讨论，对原书中的个别瑕疵进行了修正；对裂缝控制的一些问题进行了分析探讨：如剪应力问题，判断裂缝是不是出现时的应变计算问题，无缝分块放抗法（“跳仓法”）如何计算的问题，地下混凝土构筑物的环境地温问题等等；书中还提出了进一步完善“王铁梦法”时需要研究的一些建议。书中探讨的裂缝控制若干需要研究的问题，截至现阶段公开发表的研究资料中，尚未有实质性成果取得的报道；希望有志的读者能继续努力，把工程结构裂缝控制提升到一个新的水平。

本书第六章的近似计算取材于公开发表的裂缝控制实例数据，但笔者又依据对“王铁梦法”的基本精神、现行的大体积混凝土施工规范理解和本书分析探讨的建议，全部对这

些裂缝数据和控制问题重新进行了一遍试算；因此近似计算结果和原研究者的计算肯定有出入。特此提前说明，至于哪一种近似计算更接近工程实际情况，还盼望原研究者不吝赐教。

本书力争写得比较可靠可信可取，实事求是地介绍其然，又实事求是地分析叙述其所以然，还有哪些欠缺或不足之处需要讨论和修订。夹叙夹议，希望能做到深入浅出，为读者解惑答疑，读了以后能感到从中可以吸取知识，引发思考，帮助解决在工程实践中所遇到的问题；而不是误导读者看某种宣传品或广告。能不能达到这个目的。有劳诸位读者评判了。

最后必须说明的是本书只是作为一家之言提出了对一些问题的个人见解，而且是一个欢迎广大土木工程界同仁和读者探讨指正的见解。本着在学术问题上可以有的“百花齐放、百家争鸣”精神，抛砖引玉提出的一些探讨问题，期待读者们进一步的研究和探讨。科学需要有质疑精神，但不能是无原则的质疑，不能怀疑一切；而是需要有理由的质疑，有依据的质疑。书中的讨论、分析和质疑只是重申每一个读者都可以主张的怀疑权利，以达到我们可以向自然规律真相逐步接近的目的，并无任何其他功利。但由于笔者的水平所限，不可避免的也会有不当论述，如本书有说明、论证及计算讹谬之处，恳请各位读者指正。

目 录

第一章 裂缝控制概论	1
1.1 混凝土裂缝与王铁梦法	2
1.2 约束	8
1.3 温度应力与应变	9
1.4 混凝土胶凝材料裂缝机理	11
1.5 荷载裂缝与非荷载裂缝	12
1.6 温度收缩裂缝	14
1.7 有害裂缝与无害裂缝	15
1.8 大体积混凝土	17
1.9 裂缝区域	21
1.10 三代混凝土裂缝控制技术发展简述	23
第二章 裂缝控制计算基础知识	29
2.1 混凝土收缩与当量温差	30
2.2 混凝土抗拉性能	48
2.3 混凝土的徐变与应力松弛	63
2.4 混凝土的徐变与极限拉伸	73
2.5 混凝土线膨胀系数	91
第三章 混凝土温度控制	99
3.1 混凝土浇筑温度（入模温度）	100
3.2 胶凝材料水化热总量	102
3.3 混凝土绝热升温曲线	105
3.4 混凝土内部热量放散降温	107
3.5 混凝土内部最高温度估算的讨论	108
3.6 混凝土内部降温温差估算	121
3.7 混凝土浇筑后表面保温层	125
3.8 地温问题——地下工程结构围护岩土温度的讨论	127
第四章 裂缝控制近似计算基本式	151
4.1 温度应力工程近似计算式的推导	152
4.2 温度正（拉（压））应力讨论	162
4.3 光弹性实验新解兼论温度剪应力近似计算	168
4.4 主应力讨论	191
4.5 伸缩（裂）缝间距讨论	198
4.6 裂缝宽度讨论	207
4.7 裂缝控制各计算结果与相应计算因子之间的关系	217

4.8	近似计算结果与实测资料对比分析	218
4.9	地基水平阻力系数	228
4.10	结构综合计算系数	240
第五章	“无缝分块放抗法”(JSCRR)	251
5.1	“无缝分块放抗法”(JSCRR)	252
5.2	无缝分块放抗法(“跳仓法”)工程实例简介	259
5.3	无缝分块放抗法工程单向分块实例(厦门地下商业街顶板)分析	292
5.4	无缝分块放抗法工程双向分块实例(宝钢地下箱形基础底板)分析	331
5.5	无缝分块放抗法计算建议(附后浇带法)	338
5.6	混凝土无缝分块放抗法方案优化	346
第六章	混凝土温度裂缝控制工程近似计算实例	357
6.1	温度裂缝控制工程近似计算流程	358
6.2	大体积混凝土基础计算实例	366
6.3	高水化热的厚基础承台裂缝控制近似计算	378
6.4	无缝分块放抗法工程计算实例(厦门地下商业街顶板)	391
6.5	无缝分块放抗法工程计算实例(宝钢地下箱形基础底板)	408
6.6	楼板温度裂缝近似计算实例	423
6.7	桥梁温度裂缝近似计算实例	437
6.8	地下构筑物温度裂缝近似计算实例	456
6.9	水池池壁裂缝控制近似计算实例	462
6.10	水工构筑物温度裂缝近似计算实例	469
6.11	关于单面配筋钢筋混凝土矩形梁线差温度应力的讨论	476
附录 A	新旧规范混凝土强度对照表	495
附录 B	工程结构裂缝控制——“王铁梦法”应用实例集(第一、二集)目录	497
后记	505

第一章

裂缝控制概论

根据目前的研究水平、设计指南和施工工艺，各国土木工程界已经认识到：混凝土建筑结构出现裂缝的现象是不可避免的，但其有害程度是可以人为控制的。一个现实的裂缝处理原则是把混凝土可见裂缝分为有害裂缝和无害裂缝两种，工程师的任务就是因地制宜地采取适当的工程技术措施把混凝土可见裂缝控制在无害范围内。即其工作是杜绝有害裂缝，减少无害裂缝的影响。

真正影响混凝土结构耐久性的问题是裂缝的深度，裂缝深度要比裂缝宽度更加重要；而国际、国内的规范并没有这方面的规定，而仅仅是对裂缝的宽度做了一些相应的规定。

1.1 混凝土裂缝与王铁梦法

1 混凝土发展简述

现代混凝土是由水泥、粗骨料、细骨料、水和根据施工需要参加的外加剂经过搅拌而合成的人工胶凝材料。砂浆是没有粗骨料和外加剂的混凝土，所以也可以划入混凝土一并讨论。

当前混凝土已经成为现代文明社会的基础，在人类生活的各个方面都直接或间接地涉及混凝土。混凝土作为现代工程结构的主要材料，在我国已经得到了广泛而大规模的应用，有资料统计 2003 年工程建设中钢筋混凝土结构消耗的混凝土量约为 15 亿立方米，钢筋量约为 2500 万吨，规模之大可跃居世界前列。

混凝土在发展过程中经历了一系列变革。文物考古学者认为，混凝土的起源可以追溯到公元前 3000 年，埃及建筑工匠用熟石膏和石灰混合在一起建造的金字塔可以视作现存的最早混凝土构筑物。其后在古希腊和罗马时代，用这种原始混凝土建造了很多建筑物和道路。

现代意义上的混凝土是随着水泥的发明而问世的，水泥的发明前后经历了近 30 年左右时间。1796 年，英国人杰姆斯·帕克（James Parker）用含有黏土的不纯石灰石球，烧制成天然水硬性胶凝材料。在他之后 17 年，法国人维卡（Vicat）于 1813 年用石灰石和黏土的合成物，经煅烧制成了人工水硬性胶凝材料。再过了 11 年，1824 年 10 月 21 日，直到一个英国利兹的泥水匠约瑟夫·阿斯普丁（Joseph Aspdin）提出的“波特兰”水泥发明获得英国第 5022 号“波特兰水泥”专利证书，才诞生了现代意义上的水泥。它是由煅烧某些磨细的石灰石，掺入磨细的黏土，再将混合物在窑内煅烧到 CO_2 被分解逸出。最后将烧成的物质磨细制成水泥应用。因为该水泥硬化后的颜色类似英国波特兰地区建筑用石材的颜色，所以被称之为“波特兰水泥”（我国称硅酸盐水泥）。

现在的水泥名字在土木工程中是一个通用材料术语，可适用于所有胶凝材料。当使用的胶凝材料是非硅酸盐水泥时，以成分区别命名，例如铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥，环氧树脂混凝土等等。

波特兰水泥发明以后，各国的工程技术人员利用这种新型的建筑材料建造各种构筑物并进行相关研究，各种混凝土结构在世界各地开始出现。混凝土结构在不到 200 年的时间里发生了多次变革。而这些变革从某种意义上讲都与控制混凝土构筑物的裂缝有关。

混凝土材料问世后，工程技术人员对如何克服混凝土抗拉强度很低而在构筑物上出现裂缝的问题进行了研究和变革。1854 年，法国技师朗波特（J. L. Lambot）用钢筋网为骨架，制造了一条钢筋混凝土小船，并在 1855 年的巴黎博览会上进行了展出。这可以说是最早的钢筋混凝土制品，它标志了钢筋混凝土（RC）时代的开始。

由于荷载作用，钢筋混凝土结构普遍是带着混凝土裂缝工作的。为了控制这些荷载裂

缝，1886年，美国人杰克逊（P. H. Jackson）提出了对混凝土结构预加适度的预压应力控制混凝土结构裂缝的预应力混凝土结构概念并取得了专利；但由于当时材料方面的限制，预应力结构中采用的是一般强度的钢材，预加的压应力被混凝土的徐变和收缩抵消了，所以这个发明专利没有得到多少实际应用而一度停留在专利证书上了。直到1928年，法国工程师弗列辛涅（E. Freyssinet）提出混凝土收缩和徐变理论，并采用高强钢丝研制预应力锚具，为预应力技术在混凝土结构中的应用奠定了基础。

随着预应力混凝土结构的推广，各国工程师们发现预应力技术虽然可以消除在全部动、静荷载作用下的荷载裂缝，但并不能消除混凝土结构上的全部裂缝，而且预应力技术需付出较大的成本；另外，预应力结构从出现裂缝到破坏时，提供给使用者的前兆很小，预应力混凝土结构会形成脆性破坏。虽然也有部分预应力结构的研究，但并不能适用于所有工程需要。二次大战以后各国研究人员开始了高性能混凝土的研制进程。

高性能混凝土的研究一开始从高强度混凝土（HSC）结构开始，但随后的研究表明：由于混凝土是脆性材料，高强度混凝土等级越高脆性越突出，其抗拉强度的增长远远小于其抗压强度的增长，高强度混凝土构筑物非但没有减少混凝土裂缝，反而增加了一些构筑物上的裂缝。而裂缝的存在却影响了混凝土结构的耐久性。

20世纪60年代，工程界对过去太偏重强度发展的高强度混凝土进行了反思，一些学者转而提出高性能混凝土（HPC）概念。1968年后，日本、美国、加拿大、法国和德国等国的一些研究人员研究和开发了高性能混凝土，并将其用于一些重要工程。1990年，美国国家标准与技术研究院（NIST）和ACI201委员会正式认可了高性能混凝土。但对高性能混凝土的含义目前工程界仍没有完全明确和统一，总体上是希望更充分的发挥各种原材料的性能，同时使混凝土的性能更能适应现代土木结构的施工要求和使用要求。各国的学者虽有着各种不同的意见；但比较一致的看法是高性能混凝土应是具有工作可靠、体积稳定、经久耐用和保护环境的性能，在恶劣的自然环境下构筑物的使用寿命可以符合设计要求的混凝土。1994年在新加坡召开的第一届高性能混凝土国际会议上，许多研究人员认为高性能混凝土应是具有高质量和高耐久性的混凝土，但未定出具体的质量指标和耐久性指标。

混凝土耐久性，已成为土木工程界的追求目标和技术热点，对结构耐久性问题，很多人已经把它视作和安全问题同样重要的地位。低劣的耐久性经常是和结构的裂缝联系在一起，提高耐久性首先要解决结构的裂缝问题。混凝土作为人工合成材料，其质量有很大的随机性和离散性，至今尚是一门实验科学，其中就混凝土裂缝问题而言，尚有很多问题需要我们去探索、研究和解决。

2 “王铁梦法”概述

（1）“王铁梦法”的发展过程

1954年，就读于哈尔滨工业大学土木工程系的王铁梦随前苏联专家在工地调查，他发现这些专家面对诸多中国工程师们关于伸缩缝和裂缝的一些质疑时，只是回答要按前苏联的规范执行，是建设经验，其他的理由就讲不出什么来时，开始萌生了要研究混凝土裂缝的想法。1955年起，王铁梦先生开始了对混凝土构筑物非荷载裂缝的研究；他投身于工程建设实践中，从工厂矿山到城市乡村，从工业与民用建筑到国防工程，从交通运输工

程、地下空间开发、隧道桥梁到核电建设，哪里有裂缝就克服重重困难赶赴工地。在处理了大量的工程实际裂缝问题和确保工程建设质量的同时进行了大量的现场裂缝研究工作。

1958~1961年间，他写出最初的伸缩缝研究文章，质疑前苏联规范中有关伸缩缝的规定并提出工程结构温度收缩应力的弹性计算结果是不能应用在工程实践中，工程结构的伸缩（裂缝）缝还必须考虑混凝土徐变、裂缝刚度、装配式系数、混凝土的后期强度等（见《哈工大学报》1957年第3期）。文章经前苏联建筑科学院审查，发表在前苏联工业建筑杂志1958年No 10期，1961年No 4期，论文发表后受到前苏联同行的广泛关注和讨论。

1958年他应邀参加人民大会堂等北京十大工程伸缩缝及裂缝控制的研讨和实践，对人民大会堂132m主体框架作了温度收缩应力计算后，在工程实施中提出了可以扩大伸缩缝间距以及为了避免施工期间的较大温差，建议采用“临时性1.0m宽变形缝”的技术方案解决裂缝问题（即后来被称作“后浇带”而取代了永久性伸缩缝的第二代裂缝控制方法），此理论和方法在北京人民大会堂工程中采用后效果明显，随即在国内外许多工程中得到了推广应用。其后又经过十多年的探索，功夫不负有心人，他在研究混凝土结构非荷载温度收缩裂缝领域方面进行了开创性的工作，在突破了规范的相关条文规定后，在前人研究的力学理论基础，1960~1965年间提出了框排架温度收缩应力的计算公式。1974~1976年间，在工程现场实测分析的基础上，他提出了混凝土结构承受连续式约束温度收缩应力和伸缩缝许可间距以及裂缝宽度的基本公式，此基本计算式1991年被冶金行业标准《块体基础大体积混凝土施工技术规程》YBJ 224—91采纳。

而随着“后浇带法”在应用过程中逐步暴露出来的不足，“王铁梦法”发展到了“抗放兼施、先放后抗、以抗为主”的第三代裂缝控制方法“无缝分块放抗法”（“跳仓法”）以取代第二代裂缝控制方法“后浇带法”。经过国内外五十多年近千万立方米混凝土工程的实践验证和总结，王铁梦先生形成了“抗与放”兼施的一整套有关设计、施工、材料、监测等综合控制理论和近似计算方法（王铁梦裂缝综合控制法，简称“王铁梦法”）。“王铁梦法”的主要计算方法和“抗与放”兼施的一整套裂缝综合技术措施也被2009年10月1日起实施的中华人民共和国国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496—2009所吸收并纳入规范的主要条文。

“王铁梦法”不仅在国内，而且在国外工程如：美国M-1工程、俄罗斯圣彼得堡波罗的海明珠工程、巴基斯坦恰希玛核电工程、南非和中东地区的不同结构的工程中应用后取得了良好的技术、经济、社会效益。其方法的特点是简单、明了、实用，为大量工程结构裂缝控制，确保工程质量作出了贡献。

（2）“王铁梦法”简介

“王铁梦法”的全称是王铁梦工程结构温度收缩裂缝综合控制法；其核心是根据大量的工程实践和现场研究，对具有规范性质的“温度收缩缝许可间距”问题提出了质疑，认为在允许存在无害裂缝的基础上，温度收缩缝是可以有条件地取消、扩大甚至取消的。国内建筑工程界在20世纪90年代将其简称为“王铁梦法”。

“王铁梦法”的理论基础是王铁梦先生在20世纪70年代探索出的混凝土框排架结构及承受不同形式约束条件下混凝土长墙结构的温度收缩应力、经验性伸缩（裂）缝间距和裂缝宽度基本公式，基本公式解释了结构长度与结构温度收缩应力呈非线性关系，温度收

缩应力有最大值,并提出了“抗与放”兼施的一整套有关设计、施工、材料、监测等综合控制理论和近似设计方法。“王铁梦法”经过了国内外几十年近千万立方米混凝土工程的实践验证,证明了根据“王铁梦法”,可以以比较简单的计算和相对准确的近似计算结果回答工程结构裂缝的性质、裂缝出现的部位、裂缝的间距和宽度,以及如何预防和控制裂缝,以指导施工现场的工程技术人员控制对结构能产生危害的有害裂缝。

“王铁梦法”是一个不断发展和完善的探索性实践方法。它根据变形效应的能量守恒原理与实践经验,提出了解决工程结构裂缝问题的“抗与放”的设计原则(抗:利用混凝土的弹塑性拉应变吸收能量;放:利用变形(施工)缝的位移释放能量)。第一代“永久变形缝法”按“王铁梦法”的解释是“以放为主”。第二代的“后浇带法”是“抗放兼施以抗为主”。但随着“后浇带法”在应用过程中暴露的缺点和不足,“王铁梦法”提出了在允许无害裂缝基础上“抗放兼施、先放后抗、以抗为主”的“无缝分块放抗法”(“跳仓法”)以取代“后浇带法”,这是第三代裂缝控制方法。这样就辩证地统一了长期以来留缝与无缝之间的关系。

“王铁梦法”应用辩证的概念认识混凝土结构的裂缝问题,即裂缝是不可避免的,但其有害程度是可以控制的,工程师的全部艺术是把裂缝控制在无害范围内,减少无害裂缝,控制不出现、少出现有害裂缝,而有害与无害的界限由生产工艺和生活条件及结构形式决定。实践证明,裂缝的可修复性远远易于变形缝。

根据实践经验,工程裂缝带有高度的随机性和偶然性,运用现有的弹性理论及弹性有限元计算方法和框架结构的弹性计算方法一样,过高地估算了温度应力,很难得到符合实际的计算结果。“王铁梦法”在研究探索中所运用的力学近似方法及计算公式属于建立在实践基础上的“概念设计”范畴,即含百分之七十的经验和百分之三十的基本理论相互有机结合的多系数法,这些多系数有的有提供的表格数据可查,有的则需要根据使用者个人的工程经验取舍定夺。这种近似计算方法解决实际工程问题是有效的,为广大业内人士提供了有益的参考。

数十年来,“王铁梦法”在国内外重大工程建设得到应用,由此在工程结构裂缝控制问题上积累了丰富的裂缝处理经验;“王铁梦法”中的“无缝分块放抗法”(“跳仓法”),即用分块浇筑法取代“永久性伸缩缝法”或“后浇带法”以解决超长工程控制裂缝的研究和实践,乃属国内原创,处于国际混凝土裂缝控制领域的领先地位。

国内很多土木工程师在参考、学习了“王铁梦法”的裂缝控制方法后,不受规范个别条文的规定约束,把“抗与放”兼施这一整套综合控制理论和方法先后参考并创造性地应用到了各自的工程、研究项目中,在工作中成功地解决了经常遇到的工程结构长度对裂缝影响的非线性问题后又创造性地提出了综合性处理裂缝各自的见解,发展、完善了裂缝控制技术。也可以说,“王铁梦法”在实质上是代表了一大批勇于探索控制温度收缩裂缝的工程技术人员经验和学术观点,是一个集体成果的结晶。

关于大体积混凝土的温度应力计算问题,目前国内外的规范(规程)有:

中华人民共和国行业标准《块体基础大体积混凝土施工技术规范》YBJ 224—91 中华人民共和国冶金部 1991年10月1日施行。

中华人民共和国国家标准《大体积混凝土施工规范》GB 50496—2009 中华人民共和国住房和城乡建设部 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2009-10-01日实施。

中华人民共和国行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》JTS 202-1—2010 中华人民共和国交通运输部 2010-09-01 实施。

美国混凝土学会 ACI 207 委员会的 Effects of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Mass Concrete ACI 207. 2R。

其中有三个规范（规程）中的温度应力计算是采用了“王铁梦法”的近似计算式，它们分别是：块体基础大体积混凝土施工技术规范、大体积混凝土施工规范和水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程。美国 ACI 207 委员会建议的温度应力计算式与实测资料不符，使用在裂缝控制中的不多（详细的讨论可见第四章）。

另外，国内的一些大型施工企业也已经把温度应力的“王铁梦法”近似计算式编入了本企业混凝土裂缝控制的技术标准。国内的主管部门和大型施工企业认可并采用了应用“王铁梦法”来计算混凝土温度裂缝控制这一点说明了“王铁梦法”在工程应用方面的可靠性，所以本书顺应这个趋势，专门诠释和讨论这一领域的相关问题。

（3）普通混凝土好好打

自 1975 年武钢 1700 超长 686m 箱形混凝土热轧基础开始，大体积混凝土结构基础的裂缝控制经历了近 40 年数十项数百万立方米的施工实践。例如：1978 年宝钢一期工程初轧厂 912m 基础、2003 年宝钢不锈钢 1780 热轧工程设备 428m 超长大型地下箱形基础混凝土工程、上广电第五代显示器项目 237.6m 超长清水无缝混凝土楼面井字梁结构以及首钢、太钢等超长 686m 箱形混凝土无缝浇筑热轧基础，等等；这些无缝结构的直线长度从 200m 到 912m，全部采用了中低强度等级混凝土，裂缝控制都取得了成功。

在总结数十年来混凝土施工的这些裂缝控制经验时，王铁梦先生把指导各地工程实践中一些好的做法、深刻体会以及注意事项，精炼和总结成为提高混凝土质量的关键要害；即是实现“普通混凝土好好打”八个字。随之即在各种场合进行介绍和推荐，并把这些经验从工业建筑领域移植到民用建筑领域，借以提高我国的超长 686m 箱形混凝土工程质量和工程结构裂缝控制水平。

由于混凝土是典型的非均质材料并具有较高的脆性，理论研究和施工实践都证明改善混凝土的均质性是提高混凝土抗拉性能特别是混凝土的极限拉伸变形能力和解决混凝土裂缝问题的要害，而“普通混凝土好好打”被实践证明可以提高混凝土的均质性，它不采用任何特殊材料和施工方法，不埋设冷却水管，只是严格的执行一些技术要求和措施，即：优选有利于降低水化热、减少收缩、提高抗拉性能的混凝土配合比；施工中采取良好的保温保湿措施；混凝土强度保持在 C20~C40 之间，利用后期强度代替 28 天强度；加强构造设计减少约束效应；配置细而密的构造钢筋以提高混凝土的韧性；控制并降低水泥用量、坍落度、用水量和适宜的水胶比；合理优选外加剂和掺合料；严格控制粗细骨料的含泥量。

从标准化作业的角度来衡量：“普通混凝土好好打”确实是一句简简单单的大白话，只是一个定性的要求，并没有讲清楚这一步细节怎么做？下一步相对不同类型的工程又怎么办？那么怎么才算是“普通混凝土好好打”呢？根据我们的理解，它应该牵涉到设计、监理、施工、材料等各个方面的工作，而非施工方单方面努力就可以做到的，当然施工方在这个问题上的工作量是最大的。也就是说，这个问题贯穿了该工程设计、监理、施工的全过程，需要大家的共同努力才能做好。

就施工方面的要求而言，“普通混凝土好好打”作业标准涵盖了从混凝土的原材料、