

中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院

烟窗工程手册

YANCONG GONGCHENG SHOUC



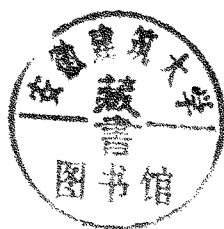
中国计划出版社



烟 囱 工 程 手 册

中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院

牛春良 主 编



中 国 计 划 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

烟囱工程手册 / 中国冶金建设集团包头钢铁设计研究
总院编. —北京: 中国计划出版社, 2004. 7

ISBN 7-80177-338-1

I. 烟... II. 中... III. 烟囱—工程施工—技术
手册 IV. TU761.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 063602 号

烟 囱 工 程 手 册

中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院 编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906413 63906414)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 39 印张 1018 千字

2004 年 7 月第一版 2004 年 7 月第一次印刷

印数 1—3000 册

☆

ISBN 7-80177-338-1/TU · 179

定价: 78.00 元

前 言

新版《烟囱设计规范》GB 50051—2002 已于 2003 年 5 月 1 日起正式实施。为了配合该规范的实施,便于读者更好地理解和应用规范,规范的主编单位——中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院会同参编单位编写完成了这本《烟囱工程手册》。

从编制原《烟囱设计规范》GBJ 51—83 至这次完成新版《烟囱设计规范》和《烟囱工程手册》,我院会同大连理工大学、西北电力设计院、华东电力设计院、中冶长天国际工程有限责任公司等十个兄弟单位,精诚合作近三十年。参加规范编制工作的同志,始终锲而不舍地对烟囱进行理论研究、实际工程调查和科学试验,积累了丰富的知识和经验,成为烟囱方面的资深专家。新版《烟囱设计规范》对原规范实施二十多年间,随着技术和工艺的发展进步所出现的烟囱型式和应用技术等方面的实践和探索进行了系统地总结和提炼,并在大量验证试验基础上对重要的计算理论有所创新,凝聚了编写单位的心血和智慧,是专家们辛勤劳动的结晶。

作为新旧两版《烟囱设计规范》的主编单位,在近三十年的漫长岁月里,在参编单位的积极参与和支持配合下,我院始终高度关注烟囱工程建设工艺和技术的发展进步,并在新版规范修编中努力做到有所发展、有所创新,这在本次新版《烟囱设计规范》中有所体现:

1. 在烟囱设计理论方面,有所创新。抗震,是世界性课题,也是有关烟囱使用安全的重要问题,如何使理论分析结果更加符合震害规律,是广大抗震工作者一贯追求的目标。我院《烟囱设计规范》组在规范编制、管理和长期工程实践中对抗震理论进行了深入研究并结合大量震害分析,认为用“冲量原理”来分析竖向地震作用,其计算结果更加符合震害规律。为了验证该理论,我院委托大连理工大学作了检验性试验。试验结果与采用“冲量原理”的计算结果吻合较好,该结论经专家审核会议通过,因而写进了规范。

2. 重视调查研究,总结实际工程的经验。例如烟囱腐蚀严重影响烟囱安全和使用寿命,需要对烟囱腐蚀等级给出量化标准,并按此标准采取相应防腐措施及相应烟囱型式。《烟囱设计规范》组对此作了大量有意义的工作,填补了这方面的空白。

3. 重视科学试验工作,进一步完善有关章节。结构计算理论是基于试验的一门学科。在编写规范过程中,我院作为主编单位,支持《烟囱设计规范》组与兄弟单位配合,先后进行了“烟囱在竖向地震作用下的响应”等七项科学试验,对遇到的一些技术难题或理论创新的探索,都经过试验加以验证。例如在以往设计的高温烟囱基础,经调查都被烧酥,破坏严重。但是,原计算方法对此问题一直未予解决。为此,我们专门作了“地下温度场试验”。通过实测,得到了简化计算公式,使有关的规范编制工作,有了可靠的理论基础。

4. 吸收国内外最新实践成果,充实规范内容。例如钢烟囱,在国外已有大量应用,而我国建造数量远少于砖烟囱和钢筋混凝土烟囱。旧版《烟囱设计规范》没有这方面内容。为此,新版《烟囱设计规范》增加了钢烟囱部分,包括自立式、拉索式、塔架式钢烟囱和套筒烟囱,填补了这方面的空白。

凡此种种,新版《烟囱设计规范》,与旧版相比,有了不少创新、发展,充实、完善了许多新内容。

本《烟囱工程手册》正是在系统解释新版《烟囱设计规范》的基础上,全面总结了烟囱工程发展的最新成果。其中一些设计理念和方法不但适用烟囱工程,对其他一些工程设计也有一定的参考借鉴作用。该手册既有理论方面的阐述,也有工程实践的调研,又有科学试验的成果,还有大量的例题、典型工程实例和设计施工参考资料,可以为理解规范和指导烟囱的设计与施工,提供有益的帮助。

《烟囱工程手册》编写人员来自冶金、电力和高等院校的专家和教授,他们将各行业的共性与特性进行了有机的结合,集理论与实践于一体,使本手册成为有较高学术价值的工具书,适用于工程设计、施工与监理,也可作为高等院校教学和研究的参考书籍。

值得提出的是:这本百万字的手册,仅用一年时间就完成了。这首先基于专家们几十年心血凝聚的厚实理论功底和经验积累,也是全体参编人员艰苦努力的结果。在编写过程中,得到了中国冶金建设协会和中国计划出版社的关注和支持。在此,向所有关注和支持本书出版的兄弟单位和同志表示谢意。并希望在今后工程实践中得到广大工程技术人员和专家的指正,以便进一步总结经验,不断取得进步。

中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院

院长 李国忠

二〇〇四年二月十八日

序

烟囱是工业和民用建筑中广泛应用且不可缺少的工程建设项目。虽然它在整个工程项目中投资比例较小，但它的设计并不比高层建筑结构简单，特别从荷载作用的角度，它甚至比高层建筑结构更复杂。首先它要考虑高温作用，设计中不仅要计算高温，考虑高温作用的影响，还要采取隔热措施；另外由于烟囱结构的特殊型式，导致风荷载和地震作用引起的效应与一般高层建筑不同，这些都是需要研究的问题。烟囱结构从工程技术上讲可谓是麻雀虽小五脏俱全，无论是从所用建筑材料还是结构形式都不比高层建筑简单。从所用建筑材料分，有砖烟囱、钢烟囱和钢筋混凝土烟囱；从结构型式上分，有单筒烟囱、多管烟囱、拉索式钢烟囱、塔架式钢烟囱和自立式钢烟囱；从结构组成上分，有烟囱、烟道、地基基础。近年来随着工业的发展和科学研究的深入，烟囱的结构型式也日益增多，需要在新烟囱设计规范和烟囱工程手册中补充。为此，烟囱设计规范编制组十多年来开展了广泛深入的科学试验研究和理论分析，完成了修编工作。

《烟囱工程手册》就是在新版《烟囱设计规范》的基础上，既解释了如何应用新烟囱设计规范，又总结了新烟囱设计规范的科研成果而编写的。在科学试验上，它总结了烟囱竖向地震的试验研究成果、钢筋混凝土烟囱承载力的试验研究成果、钢筋混凝土烟囱正常使用状态的试验研究成果、钢筋混凝土烟囱基础地下温度场的试验研究成果、空腔壳基础的试验研究成果、砖烟囱筒壁的温度试验研究成果以及钢筋混凝土烟囱圆环形平板基础的试验研究成果。在计算理论上，它总结了竖向地震的计算模型、烟囱筒壁承载力和正常使用极限状态的计算模型以及烟囱基础温度场的计算模型等。增加了套筒式、多管式烟囱和钢烟囱。介绍了烟囱的防腐蚀和烟道的防水设计。对各种类型的烟囱、烟道及基础均给出了计算实例，便于工程设计人员应用。

本手册内容丰富，资料翔实，是一本既具有理论价值又具有实用价值的高水平的工程手册。该手册的出版必将促进我国烟囱设计的进一步发展。

中国工程院院士 赵国藩教授

二〇〇四年二月二十日

主编单位、参编单位及编写人员名单

主编单位及参编人员：中国冶金建设集团包头钢铁设计研究总院

牛春良 杨春田 张长信 于淑琴

周世炜 翟密侠 朱向前 王昭伦

参编单位及参编人员：大连理工大学：宋玉普

中冶长天国际工程有限责任公司：赵德厚 鞠洪国

西北电力设计院：陆卯生 解宝安

华东电力设计院：蔡洪良

北京市市政工程设计研究总院：鞠建英

编写人员分工（按章节出现顺序排列）

牛春良 第一章；第五章中第一节、第二节和第四节、第五节；第七章中第四节、第五节；第十一章；第十二章中第七节；第十三章中第二节；第十五章；附录 D 部分内容。

于淑琴 第二章中第一节、第二节和第四节；第三章中第六节；第十二章中第二节；附录 D 部分内容。

翟密侠 第二章中第三节；第八章第七节中第二部分。

杨春田 第三章中第一节～第五节；第四章；第十六章；第十七章中第一节和第二节。

朱向前 第四章中第六节；第八章第八节中第二部分。

赵德厚 第五章中第三节、第六节；第十章第三节中“非燃煤锅炉烟囱”部分。

解宝安 第六章中第一节；第十二章中第一节、第三节；附录 C。

蔡洪良 第六章中第二节；第九章中第一节；第十二章中第四节。

张长信 第七章中第一节～第三节，第五节；第十二章中第五节、第六节；第十七章中第五节、第六节；附录 D 部分内容。

鞠洪国 第八章中第一节、第二节和第四节、第七节第一部分和第八节第一部分。

周世炜 第八章中第三节、第六节、第七节第三部分和第八节第三部分；第十三章中第一节和第四节。

宋玉普 第八章中第五节；第九章第二节；第十三章中第三节；第十四章；第十七章中第三节和第四节。

鞠建英 第九章中第三节。

陆卯生 第十章。

王昭伦 附录 A；附录 B。

目 录

第一章 总则	(1)
第一节 适用范围	(1)
一、烟囱筒身	(1)
二、烟囱基础	(1)
三、烟道	(1)
第二节 设计一般要求	(1)
一、应执行的有关规范	(1)
二、筒壁的选择	(2)
第三节 设计资料	(2)
一、自然条件	(2)
二、设计条件	(2)
三、避雷与安全设施	(3)
四、检修或安装设施	(3)
五、其他有关资料	(3)
第四节 基本规定	(3)
一、一般规定	(3)
二、计算规定	(4)
三、受热温度允许值	(6)
四、钢筋混凝土烟囱最大裂缝宽度限值	(7)
第二章 材料	(8)
第一节 砖石	(8)
一、砖烟囱筒壁	(8)
二、烟囱及烟道的内衬	(9)
三、石砌基础	(11)
第二节 混凝土	(12)
一、钢筋混凝土筒壁	(12)
二、基础及烟道的混凝土强度等级	(13)
三、混凝土强度标准值及设计值	(13)
第三节 钢筋与钢材	(14)
一、钢筋	(14)
二、钢材	(15)
第四节 隔热及内衬材料	(22)

一、隔热材料的选择	(22)
二、材料热工计算指标	(22)
三、材料性能简介	(23)

第三章 荷载与作用

第一节 荷载与作用的分类

第二节 风荷载

一、基本风压

二、风荷载计算

三、塔架式钢烟囱风荷载计算

四、排烟筒的体型系数 μ_s

五、横向风振

第三节 安装检修荷载

一、砖砌内筒

二、钢内筒

三、塔架式钢烟囱

四、拉索式钢烟囱

第四节 裹冰荷载

一、裹冰厚度

二、拉索及构架裹冰计算

第五节 地震作用

一、关于计算的几项规定

二、关于水平抗震计算方法

三、竖向地震作用计算

第六节 温度作用

一、计算原则

二、受热温度计算

三、计算例题

四、假定受热温度的经验公式

第四章 砖烟囱

第一节 砖烟囱类型的选择

一、砖烟囱的形式

二、地震区砖烟囱

三、非地震区的砖烟囱

第二节 配环箍的砖烟囱

一、计算原则

二、筒壁水平截面计算

三、环箍计算

第三节 配环筋的砖烟囱·····	(56)
一、环筋计算·····	(56)
二、水平截面计算·····	(56)
第四节 配竖向钢筋的砖烟囱·····	(56)
一、竖向钢筋计算·····	(57)
二、配竖向钢筋的砖烟囱应同时配环向钢筋·····	(58)
第五节 构造要求·····	(58)
一、砖筒壁·····	(58)
二、环箍的构造·····	(58)
三、环筋的构造·····	(59)
四、竖向钢筋的构造·····	(59)
五、内衬及隔热层构造·····	(60)
六、隔烟墙·····	(61)
七、烟囱附件·····	(61)
第六节 施工要点·····	(62)
一、砖筒壁施工·····	(62)
二、内衬和隔热层·····	(63)
三、冬季施工·····	(64)
四、施工安全·····	(64)
五、砖烟囱烘干·····	(65)
第五章 钢筋混凝土烟囱·····	(66)
第一节 计算原则·····	(66)
一、受热温度计算·····	(66)
二、附加弯矩计算·····	(66)
三、承载能力极限状态计算·····	(66)
四、正常使用极限状态的应力计算·····	(66)
五、正常使用极限状态的裂缝宽度验算·····	(67)
第二节 构造要求·····	(67)
一、单筒烟囱筒壁·····	(67)
二、内衬和隔热层·····	(71)
三、烟囱附件·····	(72)
四、隔烟墙、灰斗平台及护坡·····	(77)
第三节 附加弯矩计算·····	(78)
一、附加弯矩的定义、定义公式及附加弯矩的计算公式·····	(78)
二、附加弯矩的计算步骤·····	(80)
三、关于曲率计算公式中刚度折减(修正)系数的取值说明·····	(83)
第四节 极限承载能力状态计算·····	(85)
第五节 正常使用极限状态计算·····	(87)
一、荷载标准值作用下的水平截面应力计算·····	(87)

二、荷载标准值和温度共同作用下的水平截面应力计算	(90)
三、温度作用下水平截面和垂直截面应力计算	(93)
四、筒壁裂缝宽度验算	(93)
第六节 施工要点	(94)
一、烟囱的施工方法	(94)
二、钢筋混凝土烟囱施工要点	(95)
三、烟囱质量要求	(98)
四、施工安全	(99)
 第六章 套筒式与多管式烟囱	(101)
第一节 砖砌排烟筒结构	(101)
一、烟囱结构型式	(101)
二、计算原则	(102)
三、构造要求	(105)
四、施工要点	(106)
第二节 多管式钢内筒烟囱	(107)
一、多管式钢内筒烟囱的组成	(107)
二、多管式钢内筒烟囱的结构类型	(107)
三、一般规定	(107)
四、多管式钢内筒烟囱的结构计算	(107)
五、多管式钢内筒烟囱的构造	(109)
六、多管式砖内筒烟囱的构造	(116)
七、钢内筒的选材防腐及腐蚀速率	(118)
八、多管式钢内筒烟囱内筒施工技术简介	(120)
 第七章 钢烟囱	(123)
第一节 一般规定	(123)
一、结构型式	(123)
二、烟囱高度和直径的确定	(123)
三、钢烟囱钢材的选用及一般规定	(123)
四、钢烟囱的涂漆保护	(156)
第二节 自立式钢烟囱	(170)
一、自立式钢烟囱概述	(170)
二、自立式钢烟囱计算	(172)
三、自立式钢烟囱的构造要求	(182)
第三节 拉索式钢烟囱	(187)
一、适用条件	(187)
二、拉索式钢烟囱与自立式烟囱相同的内容	(187)
三、拉索式钢烟囱内力计算	(188)

四、拉索（钢丝绳）的规格、连接和零件	(189)
第四节 塔架式钢烟囱	(215)
一、塔架式钢烟囱设计原始资料	(215)
二、荷载	(216)
三、材料与结构形式的选择	(217)
四、塔架结构计算	(219)
五、排烟筒内力计算	(233)
六、构造要求	(233)
第五节 钢烟囱施工要点	(238)
一、一般规定	(238)
二、焊接材料	(238)
三、碳素钢及合金钢的焊接	(242)
四、钢烟囱筒壁的拼接、组装和吊装	(244)
五、内衬和隔热层的施工	(245)
六、塔架施工要求	(245)
第八章 地基基础	(251)
第一节 基础类型及其适用范围	(251)
一、基础类型	(251)
二、适用范围	(251)
第二节 地基计算	(252)
一、计算内容	(252)
二、基础底面压力计算	(252)
三、基础变形计算	(253)
第三节 无筋扩展基础	(258)
一、基础材料	(258)
二、基础计算	(258)
第四节 板式基础	(259)
一、基础合理外形	(259)
二、计算公式	(260)
三、例题 地下烟道基础温度场计算	(264)
第五节 壳体基础	(265)
一、壳体基础的外形尺寸	(265)
二、壳体基础的内力计算	(268)
三、配筋计算	(270)
四、受冲切承载力计算	(270)
五、环梁	(271)
第六节 桩基础	(272)
一、桩的类型与特点	(272)
二、单桩竖向承载力	(273)

三、单桩水平承载力	(275)
四、桩基础设计	(275)
第七节 基础构造	(279)
一、板式基础	(279)
二、壳体基础	(280)
三、桩基础	(281)
第八节 基础施工要点	(283)
一、环形及圆形基础	(283)
二、壳体基础	(284)
三、桩基础	(285)

第九章 烟道

第一节 架空烟道	(289)
一、一般规定	(289)
二、架空烟道的构造	(290)
第二节 地下烟道和地面烟道	(291)
一、烟道的材料和结构型式	(291)
二、烟道的构造	(291)
三、烟道的计算	(292)
第三节 地下水位以下烟道的防水要求	(293)
一、一般要求	(293)
二、设计要求	(293)
三、材料要求	(295)
四、施工要求	(296)
五、防水混凝土施工的具体要求	(299)
六、防水混凝土施工过程中质量控制与检查要求	(304)
七、防水混凝土质量验收要求	(305)

第十章 烟囱的防腐蚀

第一节 砖烟囱和钢筋混凝土烟囱	(307)
第二节 钢内筒多管式烟囱	(308)
第三节 烟气腐蚀性类别的划分	(315)
一、燃煤锅炉烟囱	(315)
二、非燃煤锅炉烟囱	(315)
三、其他	(316)
第四节 排放腐蚀性烟气烟囱的结构型式选择	(316)
第五节 砖烟囱的防腐蚀设计	(316)
第六节 单筒式钢筋混凝土烟囱的防腐蚀设计	(317)
第七节 砖内筒的套筒式和多管式烟囱的防腐蚀设计	(317)

第八节 钢内筒的套筒式和多管式烟囱的防腐蚀设计·····	(318)
第九节 钢烟囱的防腐蚀设计·····	(319)
第十节 烟道结构的防腐蚀设计·····	(319)
第十一章 航空障碍灯和标志 ·····	(320)
第一节 术语和定义·····	(320)
第二节 一般规定·····	(320)
一、障碍物标志 ·····	(320)
二、净空区障碍物限制面要求 ·····	(321)
三、障碍灯性能要求 ·····	(322)
第三节 障碍灯和标志·····	(323)
第四节 障碍灯的分布·····	(323)
第五节 障碍灯的工作要求·····	(324)
第十二章 烟囱计算实例 ·····	(325)
第一节 砖烟囱·····	(325)
一、设计资料 ·····	(325)
二、材料选择 ·····	(325)
三、计算依据 ·····	(325)
四、烟囱形式 ·····	(325)
五、筒身自重计算·····	(326)
六、风荷载及风弯矩计算 ·····	(327)
七、烟囱筒身受热温度计算(环壁法) ·····	(328)
八、筒壁在自重和风荷载共同作用下的水平截面极限承载力计算·····	(331)
九、环箍或环筋计算 ·····	(331)
十、抗震计算 ·····	(334)
第二节 单筒式钢筋混凝土烟囱·····	(336)
一、设计资料 ·····	(336)
二、材料选择及计算指标 ·····	(336)
三、计算依据 ·····	(336)
四、烟囱形式 ·····	(337)
五、筒身自重计算·····	(337)
六、风荷载及风弯矩计算 ·····	(339)
七、地震作用及内力计算 ·····	(341)
八、筒身受热温度计算 ·····	(342)
九、附加弯矩计算 ·····	(346)
十、筒壁水平截面承载力极限状态计算 ·····	(351)
十一、正常使用极限状态计算 ·····	(351)
第三节 套筒式烟囱·····	(362)

一、设计资料	(362)
二、材料选择	(362)
三、设计计算依据	(362)
四、烟囱布置形式	(363)
五、烟囱钢筋混凝土承重外筒附加荷重计算	(363)
六、烟囱钢筋混凝土承重外筒计算	(368)
七、砖砌排烟筒计算	(368)
八、斜撑式支承台计算	(369)
九、积灰平台和烟道计算	(374)
十、扶(直)梯休息平台、信号照明平台和避雷系统等钢结构计算	(374)
第四节 多管式内筒烟囱计算实例	(374)
一、基本资料	(374)
二、钢筋混凝土外筒	(375)
三、钢内筒	(379)
第五节 拉索式钢烟囱	(384)
一、设计资料	(384)
二、材料选择	(384)
三、计算依据	(386)
四、烟囱型式	(386)
五、筒壁受热温度计算	(386)
六、筒身自重计算及拉索自重、拉索覆冰荷载	(386)
七、风荷载及产生的弯矩和拉索拉力计算	(387)
八、地震作用效应计算	(389)
九、承载力极限状态设计	(389)
第六节 自立式钢烟囱	(392)
一、设计资料	(392)
二、材料选择	(392)
三、计算依据	(393)
四、烟囱型式	(393)
五、筒壁受热温度计算	(394)
六、筒身自重计算	(395)
七、风荷载及弯矩计算	(396)
八、地震作用效应计算	(404)
九、承载力极限状态设计	(407)
第七节 塔架式钢烟囱	(417)
一、实例简介	(417)
二、实例计算	(420)

第十三章 基础计算实例

第一节 刚性基础计算实例	(429)
--------------------	-------

一、设计条件	(429)
二、基础计算	(429)
第二节 板式基础	(430)
一、设计条件	(430)
二、基础外形尺寸确定	(430)
三、地基承载力验算	(431)
四、冲切强度验算	(431)
五、底板配筋计算	(432)
六、沉降与倾斜验算	(433)
第三节 壳体基础	(436)
一、原始资料	(436)
二、壳体基础的主要尺寸	(437)
三、下壳计算	(440)
四、正锥壳计算	(445)
五、环梁计算	(446)
第四节 桩基础计算实例	(446)
一、设计条件	(446)
二、初步确定承台尺寸及桩的数量	(446)
三、桩承载力验算	(447)
四、群桩承载力与变形验算	(447)
五、承台结构设计	(447)
第十四章 烟道计算实例	(448)
第一节 拱形钢筋混凝土烟道设计	(448)
一、烟道温度计算	(448)
二、计算简图	(454)
三、内力计算	(455)
四、节点处内力计算	(461)
五、配筋计算	(463)
第十五章 混凝土受热后力学性能概况及概率统计分析	(467)
第一节 混凝土受热后力学性能概况	(467)
第二节 受热混凝土力学性能概率统计	(470)
一、原始数据	(470)
二、折减系数概率分布函数的假设与检验	(473)
三、折减系数概率分布与常温下混凝土强度概率分布之联合概率分布	(475)
四、高温作用下和作用后以及有先期应力作用等三种条件下混凝土力学性能比较	(479)

第十六章 烟囱抗震	(483)
第一节 水平地震作用	(483)
一、概述	(483)
二、水平地震作用的计算方法	(483)
第二节 竖向地震作用	(490)
一、概述	(490)
二、采用冲量原理计算竖向地震作用	(492)
三、烟囱的竖向地震响应模型试验	(495)
四、上海东方明珠电视塔抗震试验	(501)
五、试验结论	(503)
六、多层建筑的竖向地震作用	(503)
七、单层工业厂房竖向地震作用的计算公式	(508)
八、对竖向刚度突变截面的振动效应分析	(509)
九、自由物体的上抛现象分析	(511)
第三节 竖向地震震害实例	(512)
一、烟囱的震害	(513)
二、多层建筑中间层坍塌的震害	(516)
 第十七章 烟囱的模型试验	(519)
第一节 钢筋混凝土烟囱承载力试验	(519)
一、试验目的	(519)
二、试验概况	(520)
三、测试内容	(522)
四、破坏阶段试验	(523)
五、烟囱极限承载能力的标志	(524)
六、有关规范公式的检验	(524)
七、结论	(525)
第二节 烟囱正常使用状态试验研究	(525)
一、试验情况及结果	(525)
二、计算分析	(529)
三、使用阶段设计规范修订建议	(535)
第三节 钢筋混凝土烟囱基础地下温度场试验研究	(536)
一、概述	(536)
二、试验内容	(536)
三、试验设计	(537)
四、试验结果及分析	(538)
五、烟囱基础温度计算	(550)
第四节 空腔壳基础的试验研究	(554)
一、概述	(554)